



Elinkeino-, liikenne- ja  
ympäristökeskus

Uusimaa

# Mäntsälän Hunttijärven hapetussuunnitelma

11/2011

Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen julkaisuja



# Mäntsälän Hunttijärven hapetussuunnitelma

Anne-Marie Hagman

**11/2011**

Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja  
ympäristökeskuksen julkaisuja

ISBN 978-952-257-352-0 (PDF)  
ISSN-L 1798-8101  
ISSN 1798-8071 (verkkajulkaisu)

Julkaisu on saatavana vain verkkajulkaisuna:  
<http://www.ely-keskus.fi/uusimaa/julkaisut>  
<http://www.ely-centralen.fi/nyland/publikationer>

Taitto: Anne-Marie Hagman  
Valokuvat: Anne-Marie Hagman  
Kartat: Anne-Marie Hagman © Maanmittauslaitos lupa nro 7/MML/11, Affecto Finland Oy,  
Karttakeskus, lupa L4659 ja SYKE

# Sisällys

<b>1 Johdanto.....</b>	<b>5</b>
<b>2 Aineisto ja menetelmät.....</b>	<b>7</b>
<b>3 Hapetus järven kunnostusmenetelmänä - teoriaa .....</b>	<b>8</b>
<b>3.1 Hapetuksen vaikutus järven lämpötilakerrostuneisuuteen.....</b>	<b>8</b>
<b>3.2 Hapetuksen vaikutus eliöyhteisöön.....</b>	<b>8</b>
<b>3.3 Hapetuksen ja tehokalastuksen mahdollinen yhteisvaikutus .....</b>	<b>9</b>
<b>4 Hunttijärven veden happipitoisuus ja lämpötila .....</b>	<b>10</b>
<b>4.1 Happipitoisuus .....</b>	<b>10</b>
<b>4.2 Lämpötila .....</b>	<b>12</b>
<b>5 Sulkasääsken toukkien ekologiaa .....</b>	<b>13</b>
<b>6 Hapetuslaitteen valinta ja mitoitus .....</b>	<b>14</b>
<b>6.1 Hapetuslaitteen tyyppi .....</b>	<b>14</b>
<b>6.2 Hapetustarve .....</b>	<b>14</b>
6.2.1 Kesäaikainen hapetustarve .....	15
6.2.2 Talviaikainen hapetustarve.....	15
<b>7 Tarkasteltavat hapetuslaitteet.....</b>	<b>16</b>
<b>7.1 Ilmastimet .....</b>	<b>16</b>
7.1.1 Waterix AIRIT 70 .....	16
7.1.2 Waterix AIRIT 200 .....	17
7.1.3 Visiox-ilmastin (Vesi-Eko Oy) .....	17
7.1.4 Enviro Botnia System (Enviro Botnia Oy) .....	18
7.1.5 Meduusa (Lainpelto Oy) .....	19
<b>7.2 Hapettimet .....</b>	<b>19</b>
7.2.1 Mixox-hapetin (Vesi-Eko Oy).....	19
<b>7.3 Sekoittimet.....</b>	<b>20</b>
7.3.1 Kasco-jäänestäjä (Nautikulma).....	20
<b>7.4 Laitteiden sähkönkulutus .....</b>	<b>21</b>
<b>8 Hunttijärven hapettaminen .....</b>	<b>22</b>
<b>9 Turvallisuusnäkökohdat.....</b>	<b>23</b>
<b>10 Hapetuksen seuranta.....</b>	<b>24</b>
<b>10.1 Happipitoisuus .....</b>	<b>24</b>
10.1.1 Happinäytteiden ottaminen .....	24
10.1.2 Happipitoisuuden määrittäminen happimittarilla.....	24
<b>10.2 Muut analyysit .....</b>	<b>25</b>
<b>10.3 Veden näkösyvyys .....</b>	<b>25</b>
<b>11 Hapetuksen kesto .....</b>	<b>26</b>
<b>11.1 Hapetustarpeen uudelleen arviointi .....</b>	<b>26</b>
<b>11.2 Hapettamisen aloitusajankohdan määrittäminen kesällä.....</b>	<b>26</b>
<b>11.3 Hapettamisen aloitusajankohta talvella .....</b>	<b>26</b>
<b>11.4 Hapetuksen lopettaminen.....</b>	<b>27</b>
<b>12 Yhteenveto .....</b>	<b>28</b>

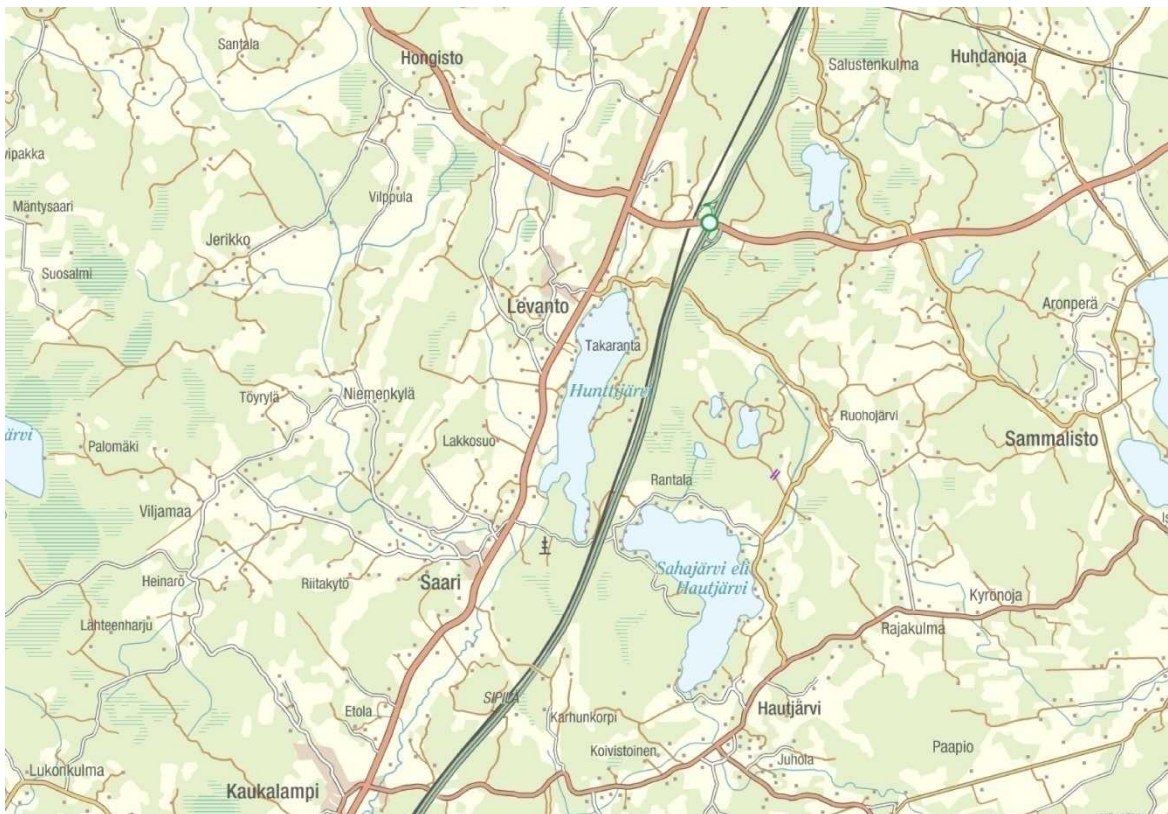
<b>Kirjallisuus</b> .....	<b>29</b>
<b>Liitteet</b> .....	<b>31</b>
<b>KUVAILEHTI</b> .....	<b>32</b>
<b>PRESENTATIONSBLAD</b> .....	<b>33</b>

# 1 Johdanto

Mäntsälän kunnassa sijaitsevassa Hunttijärvessä (kuva 1) esiintyy pääosin kesäaikaisia happikatoja. Joskus myös talvella on ollut hapettomuutta. Järvelle on tehty kunnostussuunnitelma (Hagman ym. 2008) ja sen kuormitusta (Tuominen ja Asukas 2006, Hyytiä ja Laitio 2006, Rantala 2008) ja kalaston rakennetta on selvitetty (Savola 2006). Kunnostussuunnitelmassa hapetusta ei nähty vielä tarpeelliseksi, mutta havaittiin, että happipitoisuus oli ollut kesällä 2002 ja talvella 2003 hyvin alhainen jo kuuden metrin syvyydessä. Sen jälkeen Hunttijärvessä on esiintynyt happikatoja useammin.

Mäntsälän kunnan, Hunttijärven yhteisen vesialueen osakaskunnan ja Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen yhteistyöprojektina Hunttijärvelle tehtiin hapetussuunnitelma vuonna 2011. Suunnitelmassa esitellään Hunttijärvelle sopivia hapetus- ja ilmastuslaitteita. Lisäksi laitteen sijoituspaikka ja hapetus-/ilmastusaika esitetään suunnitelmassa ja annetaan ohjeita hapetuksen vaikutuksen seurantaan.

Työtä ovat kommentoineet Sirpa Penttilä ja Jarmo Vääriskoski (Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus). Samoin Hunttijärven yhteisen vesialueen osakaskunta on kommentoinut suunnitelmaa.



Kuva 1. Hunttijärven sijainti Mäntsälässä. Mittakaava 1 : 50 000. Luvat: Maanmittauslaitos lupa nro 7/MML/11, Affecto Finland Oy, Karttakeskus, lupa L4659.

Hunttijärvelle on suositeltu tehtäväksi ulkoisen kuormituksen vähentämistä (Hagman ym. 2008). Samoin järvelle on suositeltu tehokalastusta. Hunttijärvessä esiintyvien sulkasääsken toukkien runsautta on selvitetty vuonna 2008 Malinen ym. 2008). Peledsiian istutuksella pitäisi voida poistaa mahdollinen sulkasääsken toukkien aiheuttama haitta tehokalastuksen jälkeen. Sulkasääsken toukat käyttävät ravinnokseen eläinplanktonia kuten tehokalastuksessa poistettavat kalatkin. Peledsiat taas voivat syödä sulkasääsken toukkia, jolloin niiden istutuksella täytetään poistettavasta kalamäärästä syntyvä aukko ja kontrolloidaan sulkasääsken toukkien määrää.

Sulkasääsken toukat saavat suojaa sameudesta ja hapettomuudesta. Hapettomuus aiheuttaa sisäistä kuormitusta, koska alhaisissa happitilanteissa järven pohjasedimentistä voi alkaa vapautua fosforia. Hapettamalla on tarkoitus ehkäistä ja vähentää sisäistä kuormitusta. Toissijaisena päämääränä voidaan nähdä hapetuksen aiheuttama sulkasääsken toukkien suojapaikkojen vähentäminen.

Pelkästään hapettamalla Hunttijärveä ei saada kunnostettua. Etenkin ulkoisen kuormituksen vähentäminen on erittäin tärkeää. Niin kauan kuin järveen tulee liikaa ulkoista kuormitusta, jatkuu rehevöityminen. Käytännössä ulkoisen kuormituksen vähentäminen on usein hyvin pitkän ajan projekti. Useinkaan ei ole helppoa saada vähennettyä ulkoista kuormitusta järven sietämälle tasolle. Jotta järven tila ei huononisi enempää, voidaan järvessä tehtävillä toimenpiteillä yrittää pitää järven tila ainakin samanlaisena tai jopa sen veden laatua paremmaksi. Järveen tulevan ulkoisen kuormituksen todellista määrää on hyvin vaikea arvioida, siksi käytetään laskennallisia arvioita. On mahdollista, että järveen päätyy näitä arvioita vähemmän kuormitusta.

Järvessä tehtävät toimenpiteet ovat enemmänkin oireiden hoitoa, ja tästä syystä niitä joudutaan jatkamaan useita vuosia. Ainakin niin kauan kuin ulkoinen kuormitus on liian suurta, joudutaan kunnostusta jatkamaan. Luultavasti toimenpiteitä joudutaan jatkamaan sen jälkeenkin, riippuen järven tilasta ja järvessä syntyvästä sisäisestä kuormituksesta. Hapetuksella on tarkoitus ehkäistä sisäistä kuormitusta ja näin parantaa järven veden laatua ja ainakin estää tilan huonontuminen.



## 2 Aineisto ja menetelmät

Hapetussuunnitelmassa esiteltyjen hapetus- ja ilmastuslaitteiden tiedot kerättiin kunkin laitevalmistajan www-sivuilta. Jotta vertailu laitteiden välillä oli mielekästä, on valmistajien antamat tiedot muunnettu samanlaisiksi.

Hunttijärvestä on otettu jonkin verran vesinäytteitä 2000-luvulla. Näytteitä on otettu vuosina 2001, 2002, 2003, 2006 ja 2009. Hunttijärven havaittu hapen alenema laskettiin tästä syystä vuosien 2006 ja 2009 perusteella. Kesäaikainen sallittu alenema on noin 0,07 mg/l/d (Lappalainen ja Lakso 2005).

Hapen alenema lasketaan kaavalla:

Alenema = (happipitoisuus jakson alussa, mg/l – happipitoisuus jakson lopussa, mg/l) / jakson pituus, päiviä.

Hapetustarvetta olisi yksinkertaista arvioida vähentämällä alenemasta sallittu arvo. Saatu tulos pitäisi tuottaa hapettamalla. Tämä kuitenkin on yleensä liian alhainen, koska yleensä hapetuksen alkuvaiheessa mikrobien aktiivisuus kasvaa ja samalla myös hapentarve.

Lappalaisen ja Lakson (2005) mukaan hapetustarve voidaan laskea ottamalla hajotusaktiiviteetin kasvaminen huomioon seuraavalla yhtälöllä:

$HT = Ba * (dO_2/dt - KrdO_2/dt) * Vh$ , jossa

HT = todellinen hapetus-/ilmastustarve (kg/d happea),

Ba = mikrobiaktiivisuuden kohoamiskerroin (yleensä 1,5...2 – 4 siten, että kesällä alusveden lämpötilan kohotessa Ba on suuri eli 2 – 4 ja talvella pieni eli 1,5 – 2),

$dO_2/dt$  = havaittu alusveden happipitoisuuden alenemisnopeus (mg/l d),

$KrdO_2/dt$  = kriittinen alusveden happipitoisuuden alenemisnopeus (mg/l d) ja

Vh = alusveden tai tarkasteltavan altaan tilavuus (1 000 m<sup>3</sup>).

Hunttijärven hapetustarve laskettiin sekä Ba-arvolla 2 että 4 kuuden metrin ja sitä syvemmän vesimassan tilavuuden mukaan.

Sähkönkulutuksen arvioinnissa käytettiin Fortumin www-sivuilla (9.5.2011) annettua yleissähkön hintaa (7,45 c/kWh). Lisäksi huomioitiin sähkönsiirtohintaa ja sähkövero (Fortumin Internet-sivut 9.5.2011). Näiden yhteenlaskettu summa kerrottiin laitteiden vuorokaudessa käyttämällä kilowattien määrällä.

## 3 Hapetus järven kunnostusmenetelmänä - teoriaa

Hapettaminen voi vähentää sisäistä kuormitusta ja tätä kautta fosforin vapautumista sedimentistä. Fosfori sitoutuu rauta- ja mangaaniyhdisteisiin hapellisissa olosuhteissa (Lappalainen & Lakso 2005).

### 3.1 Hapetuksen vaikutus järven lämpötilakerrostuneisuuteen

Hapetuksella voidaan rikkoa järven lämpötilakerrostuneisuus joko tarkoituksella tai tahattomasti. Kesäaikana tästä saattaa seurata sekä hyviä että huonoja vaikutuksia veden laatuun. Voimakas kerrostuneisuus estää ravinteiden siirtymisen alusvedestä pintaveteen, jolloin esimerkiksi leväkukintojen syntyminen on epätodennäköisempää. Kerrostumattomassa järvessä koko vesimassa voi sekoittua jatkuvasti, jolloin myös resuspensio kasvaa (Evans 1994). Resuspensiolla tarkoitetaan sedimentin sekoittumista vesimassaan eli järven pohjaan sedimentoituneet ainekset tulevat käyttöön uudelleen. Kerrostuneessa järvessä tyyni sää voi johtaa vesimassan vakauden kautta sinilevien parempaan kilpailukykyyn (Cooke ym. 2005). Sinilevät voivat säädellä esiintymissyvyyttään kaasuvakuoliensa avulla. Kaasuvakuoli on sinileväsolun sisällä oleva kaasurakkula. Kerrostuneisuuden purkautuminen lisää veden sekoittumista ja nopeasti vajoavat kasviplanktonilajit (esim. piilevät) tulevat kilpailukykyisemmiksi (Cooke ym. 2005).

Jungon ym. (2001) mukaan sekoittumisella voidaan vaikuttaa kasviplanktonin koostumukseen, jos kasviplanktonilajien esiintymistä rajoittaa valon puute. Jos ravinteet ovat rajoittavana tekijänä kasviplanktonille, niin sekoittuminen voi lisätä levien määriä, jos ravinnepitoisuus kasvaa sekoittumisen myötä. Kerrostuneessa järvessä päällysvedessä yhteyttäminen johtaa alhaiseen hiilidioksidipitoisuuteen ja sitä kautta korkeaan pH-arvoon. Alusvedessä on vastaavasti korkea hiilidioksidipitoisuus ja alhainen pH-arvo. Sekoittumisen myötä alusveden pH-arvo voi nousta, jolloin fosforia saattaa alkaa vapautua sedimentistä.

**Hunttijärvi kerrostuu, eikä hapetuksella haluta sekoittaa vesikerroksia. Siksi hapetukseen soveltuvat ainoastaan sellaiset laitteet, jotka eivät riko kerrostuneisuutta. Hunttijärven vesi ei ole kirkasta muttei myöskään kovin sameaa. Todennäköisesti ravinteet rajoittavat valoa enemmän levien muodostumista. Tämän takia vesikerrosten sekoittuminen on hyvä estää.**

### 3.2 Hapetuksen vaikutus eliöyhteisöön

Hapetuksella on vaikutuksia eliöyhteisön rakenteeseen. Sillä voidaan vaikuttaa kalakannan rakenteeseen estämällä kalakuolemia. Yleensä happikadoissa kuolee etenkin suuria petokaloja. Happikadosta selviävät parhaiten särkikalat ja niistä erityisesti ruutanat ja suutarit. Happikatojen jälkeen järveen syntyy usein runsas näistä kaloista koostuva kalasto. Hapettamalla voidaan ehkäistä tällaisen tilanteen syntymistä. Kerrostuvissa järvissä alusvedessä voi olla selvästi pintakerrosta alhaisempi happipitoisuus. Myös matalissa järvissä voi esiintyä selvästi alhaisempia happipitoisuuksia pohjanläheisissä vesissä, vaikka kerrostuneisuus olisikin heikko. Osa vesikirpuista voi hakea suojaa vähähappisuudesta. Toisaalta hapetus on lisännyt vesikirppujen määriä selvästi toisissa tutkimuksissa (Cooke ym. 2005). Näiden tutkimusten mukaan alusveden hapellisuus mahdollistaa eläinplanktonin vaeltamisen syvemmälle suojaan saalistusta. Eläinplankton koostuu alkueläimistä, rataseläimistä, vesikirpuista ja hankajalkaisäyriäisistä. Lisäksi siihen voi kuulua sulkasääsken toukkia ja halkoisjalkaisäyriäisiä. Monissa Uudenmaan syvemmissä ja savisameissa järvissä saattaa esiintyä sulkasääsken toukkia. Ne saavat suojaa kalojen saalistusta vastaan hapettomuudesta ja toisaalta veden sameudesta. Sulkasääsken toukat käyttävät ravinnokseen vesikirppuja ja hankajalkaisia. Nämä syövät kasviplanktonia eli levää ja normaalitilanteessa pystyvät näin estämään leväkukintojen muodostumista.

**Hunttijärvellä esiintyy sulkasääsken toukkia, mikä on huomioitu hapetussuunnitelmassa. Sulkasääsken ekologiasta kerrotaan enemmän kappaleessa 5.**

### 3.3 Hapetuksen ja tehokalastuksen mahdollinen yhteisvaikutus

Kun järvi rehevöityy, alkaa levää syntyä enemmän. Eläinplanktonin tuotanto on levätuotantoa hitaampaa, eivätkä vesikirput ja hankajalkaiset sen vuoksi pysty säätämään levän määrää. Samaan aikaan kalaston rakenteen muuttuminen särkikalavaltaisempaan suuntaan aiheuttaa eläinplanktoniin kohdistuvan saalistuksen suurentumista. Eli vesikirppuja ja hankajalkaisia syödään enemmän, jolloin niiden mahdollisuus syödä levää vähentyy entisestään. Kalojen lisäksi sulkasääsken toukat syövät eläinplanktonin vesikirppuja ja hankajalkaisia. Kalat taas syövät myös sulkasääsken toukkia.

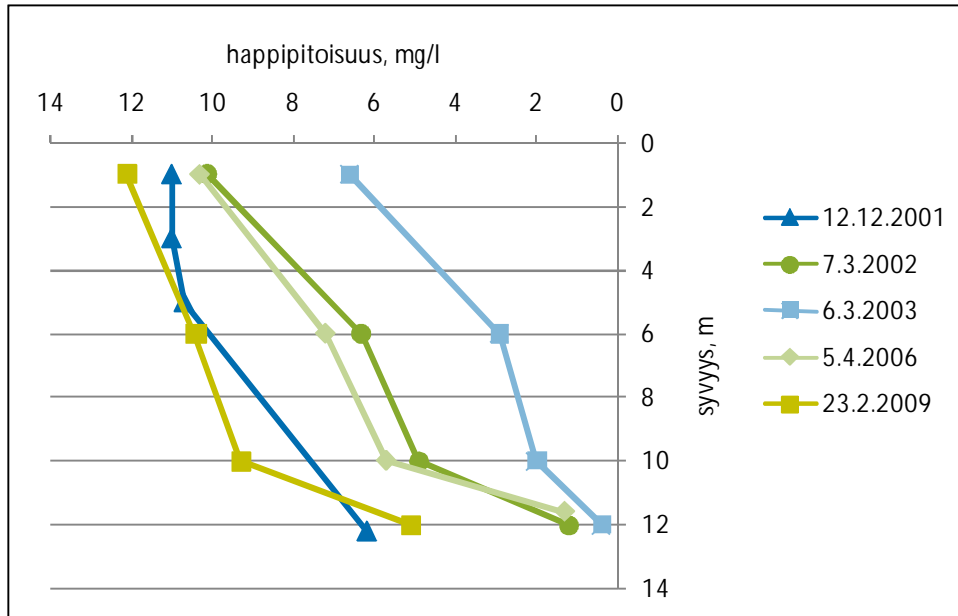
Tehokalastuksen ideana on poistaa eläinplanktonia syöviä kaloja. Kun vesikirppuja syöviä kaloja on vähemmän, pitäisi vesikirppujen määrän kasvaa. Joskus saattaa käydä niin, ettei tehokalastus vaikuta halutulla tavalla. Syy saattaa löytyä siitä seikasta, että kalojen sulkasääskien toukkiin kohdistama saalistus on vähentynyt kalastuksen seurauksena, jolloin puolestaan sulkasääsken toukat ovat alkaneet saalistaa suuremmassa mittakaavassa eläinplanktonia. Tällöin leväkukinnot jatkuvat, vaikka poistettu kalasaalis olisikin ollut suuri. Tässä tilanteessa kaksi järvien kunnostusmenetelmää kohtaavat. Hapettamalla on mahdollisuus poistaa sulkasääskien toukilta hapettomuuden aiheuttama suojapaikka. Tällöin kalat voivat käyttää myös niitä ravinnokseen. Hapetus voisi olla keino parantaa tällaisissa tilanteissa tehokalastuksen toimivuutta.

**Hunttijärvellä hapetuksella voidaan mahdollistaa kalaston rakenteen parantaminen teho- tai hoitokalastuksella. Kalasto on todettu särkikalavaltaiseksi vuoden 2005 koenuotauksessa.**

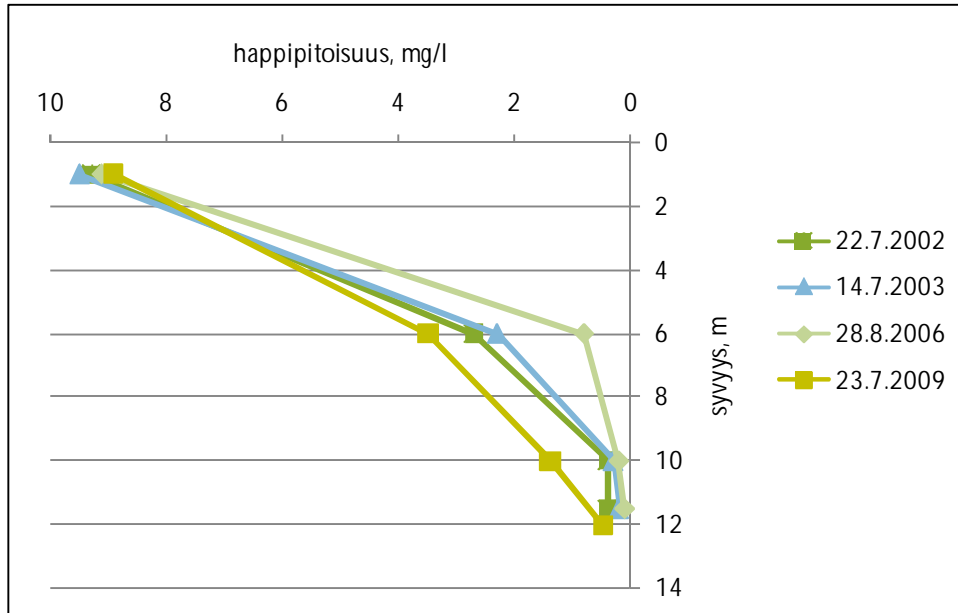
# 4 Hunttijärven veden happipitoisuus ja lämpötila

## 4.1 Happipitoisuus

Hunttijärnessä on esiintynyt happikatoja sekä loppukesäisin että loppupalvisin 2000-luvulla (kuvat 2 ja 3). Hapetta on ollut kesäisin huonoimmillaan 2 mg/l viiden metrin syvyydessä.



Kuva 2. Hunttijärven happiprofiilit loppupalvisin.



Kuva 3. Hunttijärven happiprofiilit loppukesäisin.

Hunttijärvessä on havaittu happikatoja hyvin usein loppukesäisin, muutamana kertana myös loppupalvisin. Lisäksi happikatoja on voinut olla myös ajankohtina, joilta ei ole havaintoja. Kesäaikaan alhaisia happipitoisuuksia on ollut kuuden metrin syvyydessä. Muutamina kertoina happea on ollut arviolta enää 2 mg/l viiden metrin syvyydessä. Kun happea on alle 2 mg/l, voi fosforia alkaa vapautua pohjan sedimentistä. Eli pitoisuuden pitäisi pysyä tätä korkeammalla. Kaloille tämä ei ole vielä riittävä vaan ne vaativat ainakin 4 mg/l happea.

Viiden metrin ja sitä syvempää vettä on 37 % alasta ja 25 % tilavuudesta (taulukot 1 ja 2). Kuuden metrin syvyydestä ja sitä syvempää vettä on Hunttijärvessä 26 % koko järven alasta ja 20 % tilavuudesta.

Taulukko 1. Hunttijärven tilavuudet ja niiden osuudet syvyysluokittain.

syvyys, m	tilavuus, m <sup>3</sup> *10 <sup>3</sup>	osuus, %
0 – 1	1456,09	20
1 – 2	1350,35	18
2 – 3	1140,42	16
3 – 4	842,4	11
4 – 5	647,29	9
5 – 6	459,57	6,3
6 – 7	333,98	4,6
7 – 8	284,2	3,9
8 – 9	246,45	3,4
9 – 10	212,96	2,9
10 – 11	178,71	2,4
11 – 12	126,06	1,7
12 – 13	48,08	0,7
13 – 14	0,9	0,0
Yhteensä	7327,46	100

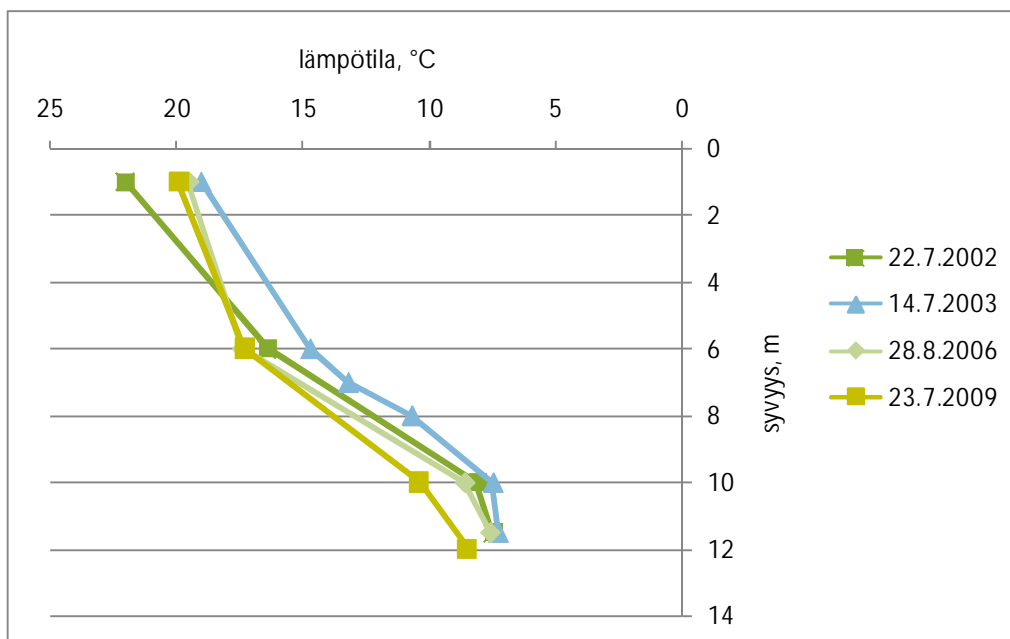
Taulukko 2. Hunttijärven pinta-ala eri syvyyksissä.

syvyys, m	pinta-ala, ha	osuus, %
0	150,23	100
1	140,91	94
2	127,38	85
3	98,7	66
4	73,52	49
5	54,97	37
6	37,22	25
7	30,65	20
8	26,4	18
9	22,93	15
10	19,66	13
11	15,84	11
12	8,33	6
13	0,98	1

Hunttijärvi on pohjavesivaikutteinen. Sen länsipuolella järven valuma-alueella on pohjaveden muodostumisalue. Usein pohjavedet ovat hapettomia, mikä voi sinällään lisätä hapetustarvetta. Hapetustarve lasketaan järvestä havaituista happipitoisuuksista eli tietoa pohjaveden laadusta ei tässä yhteydessä tarvita. On kuitenkin hyvä ottaa huomioon järven kunnostusta yleensä suunniteltaessa, että kaikki happikato ei välttämättä johdu sisäisestä kuormituksesta vaan järveen voi tulla valmiiksi vähähappista tai hapetonta pohjavettä.

## 4.2 Lämpötila

Hunttijärveltä on vain muutamia kesäaikaisia veden lämpötilatietoja, joiden perusteella voi piirtää lämpötilakäyrän ja määrittää harppauskerroksen sijaintia. Kaikki käytettävät mittaukset ovat 2000-luvulta. Hunttijärven harppauskerros sijaitsee luultavasti 6 – 8 metrin välissä (kuva 4).

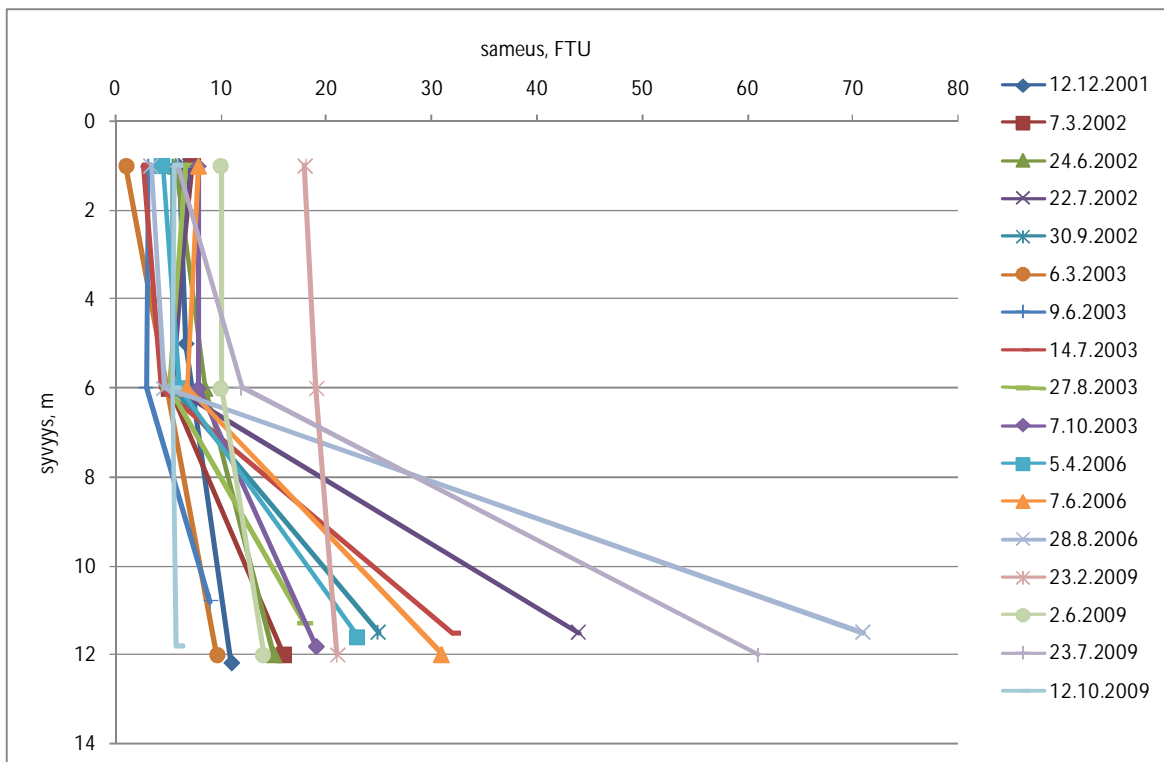


Kuva 4. Hunttijärven veden lämpötila.

## 5 Sulkasääsken toukkien ekologiaa

Hunttijärvessä esiintyy sulkasääsken toukkia syvänealueilla (Hertta 2011b). Toukkien runsautta on tutkittu vuonna 2007 ja 2008 (Malinen 2008). Selvityksen mukaan sulkasääsken toukkien esiintyminen rajoittui touko-kesäkuussa vuonna 2007 yli 10 metrin syvyisille alueille. Syyskuussa toukat olivat keskittyneet vielä syvemmille alueille. Samaisen selvityksen mukaan kuitenkin runsain pohjaeläintaksoni Hunttijärvessä on surviaissääsken toukat ja vasta toiseksi runsain on sulkasääsken toukat.

Sulkasääsken toukilla on todennäköisesti suuri merkitys järven ravintoverkkoon (Malinen 2008). Toukkien runsauden ajateltiin johtuvan selvityksen mukaan veden kesäaikaisesta vähähappisuudesta ja savisameudesta. Hunttijärvessä esiintyy happikatoja alusvedessä, mutta kovin sameaa vesi ei ole (kuva 5). Hapettomuus alkoi jo kuuden metrin syvyydessä. Sameusarvot vaihtelivat kuuden metrin syvyydessä 2,9 – 19,6 FTU. Erään tutkimuksen mukaan sameuden tulee olla 30 NTU, jotta syntyisi suojapaikkavaikutus (Liljendahl-Nurminen 2006). Sameuden yksiköt NTU ja FTU tarkoittavat samaa ja niitä voidaan vertailla suoraan keskenään.



Kuva 5. Hunttijärven sameusprofiilit eri vuosina.

Sulkasääsken toukat uivat ylempiin vesikerrokseen saalistamaan eläinplanktonia. Vaellus tapahtuu usein hiukan ennen auringonlaskua, jolloin ne itse pystyvät välttämään kalojen saalistusta. Hunttijärven veden vähähappisuus alkaa jo kuuden metrin syvyydessä. Sulkasääsken toukat esiintyvät tätä selvästi syvemmällä. Jos Hunttijärven alusveden happipitoisuutta parannetaan hapettamalla, voidaan poistaa toukilta suojapaikka ja mahdollistaa kalojen saalistus syvemmällä vesipatsaassa.

# 6 Hapetuslaitteen valinta ja mitoitus

## 6.1 Hapetuslaitteen tyyppi

Hunttijärvelle tulee valita sellainen hapetuslaite, joka tuottaa tarvittavan määrän happea. Hapetuksella on tarkoitus estää ravinteiden vapautumista sedimentistä ja näin vähentää sisäistä kuormitusta. Laitteen valinnassa tulee ottaa huomioon mikrobitoiminnan lisääntyminen happipitoisuuden kohotessa, mikä lisää hapetustarvetta. Hapetuksessa voidaan käyttää sekä päällysvettä alusveten kierrättävä hapetinta että sellaista ilmastintyyppistä laitetta, joka imee pohjan läheltä vähähappista vettä ylös ja ilmastaa sen. Ilmastettu vesi pitää palauttaa putkea pitkin takaisin alusveten.

Laite ei saa rikkoa järven lämpötilakerrostuneisuutta. Periaatteessa tarpeeksi tehokkaan laitteen pitäisi hapettaa vesi siten, että sekoittuminen ei haittaisi. Kuitenkin käytännössä on hyvin vaikea pystyä arvioimaan hapetustehoa tarpeeksi tehokkaaksi ilman että kustannukset nousevat huomattavasti. Ravinteikkaan alusveden sekoittuminen pinnan läheiseen veteen voi huonontaa veden laatua selvästi. Näistä syistä johtuen tässä työssä katsotaan, että järvelle sopiva laitetyyppi ei riko lämpötilakerrostuneisuutta.

## 6.2 Hapetustarve

Syvien järvien hapetus mitoitetaan vastaamaan alusveden tilavuutta. Hunttijärven harppauskerros sijaitsee 6 – 8 metrin syvyydessä eli sen alusvedeksi katsotaan kuuden metrin syvyydessä ja sitä syvemmällä oleva vesimassa. Sen tilavuus on  $1\,431,34 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ . Kriittinen sallittu hapenkulutus kesällä on 0,07 mg/l d (Lappalainen ja Lakso 2005).

Hunttijärven havaittu hapen alenema laskettiin tästä syystä vuosien 2006 ja 2009 perusteella. Vuonna 2006 alenema laskettiin ajalle 1.5. - 28.8. Tälle välille tulee yhteensä 120 päivää. Touko-kuussa oletetaan alusveden happipitoisuuden olleen 12 mg/l kevätäyskierron seurauksena. Elokuun loppupuolella happipitoisuus oli 6 m:n syvyydessä ainoastaan 0,8 mg/l. Alenema on siis  $(12 - 0,8)/120 = 0,11 \text{ mg/l /d}$ . Vuonna 2009 alenema laskettiin ajalle 1.5. - 23.7. Tälle välille tulee yhteensä 84 päivää. Heinäkuun alussa happipitoisuus oli 6 m:n syvyydessä 3,5 ja 10 m:n syvyydessä 1,4 mg/l. Alenema oli  $(12 - 3,5)/84 = 0,10 \text{ mg/l}$  ja  $(12 - 1,4)/84 = 0,13$ .

Hunttijärven kesäaikaiseksi hapen alenemaksi saatiin 0,10 – 0,13 mg/l päivässä. Näistä keskiarvoksi saadaan 0,115 mg/l päivässä. Laskelman perusteella voidaan todeta, että järvestä on selvää hapetustarvetta. Hapetuksella pitäisi teoriassa pystyä tuottamaan näiden lukujen erotus, mutta käytännössä hapetustarve on usein suurempi.

Hapetustarvetta olisi yksinkertaista arvioida vähentämällä alenemasta sallittu arvo eli  $0,10 - 0,07 = 0,03 \text{ mg/l}$  päivässä,  $0,11 - 0,07 = 0,04 \text{ mg/l}$  päivässä ja  $0,13 - 0,07 = 0,06 \text{ mg/l}$  päivässä. Kyseinen määrä pitäisi tuottaa hapettamalla. Arvio on yleensä liian alhainen, koska usein hapetuksen alkuvaiheessa mikrobien aktiivisuus kasvaa ja samalla myös järven hapentarve.

Saarijärven (2010) mukaan enin osa hapen kulutuksesta tapahtuu järven pohjasedimentissä, joten hapen kulumisnopeus voidaan arvioida myös alusveden alle jäävän sedimentin pinta-alalla. Hunttijärven kuutta metriä syvempien alueiden pinta-ala on 37,22 ha eli  $372\,200 \text{ m}^2$ . Rehevällä Kevättömänjärvellä Pohjois-Savossa sedimentin hapenkulutus vaihteli  $500 - 900 \text{ mg/m}^2/\text{d}$  välillä 6 – 23 asteen lämpötiloissa (Saarijärvi 2010 ref. Liikanen 2002).



## 6.2.1 Kesäaikainen hapetustarve

Kesäinen hapetustarve laskettiin sekä Ba-arvolla 2 että 4 kuuden ja sitä syvemmän vesimassan mukaan. Tulokseksi saatiin  $H_{t_2} = 2 * (0,115 \text{ mg/l d} - 0,07 \text{ mg/l d}) * 1\,431,34 \text{ m}^3 = 129 \text{ kg/d}$  ja  $H_{t_4} = 4 * (0,115 \text{ mg/l d} - 0,07 \text{ mg/l d}) * 1\,431,34 \text{ m}^3 = 258 \text{ kg/d}$ . Jos kesäinen hapetustarve lasketaan seitsemän metrin ja sitä syvemmän vesimassa mukaan, saadaan tulokseksi  $H_{t_2} = 2 * (0,115 \text{ mg/l d} - 0,07 \text{ mg/l d}) * 1\,097,36 \text{ m}^3 = 98 \text{ kg/d}$  ja  $H_{t_4} = 4 * (0,115 \text{ mg/l d} - 0,07 \text{ mg/l d}) * 1\,097,36 \text{ m}^3 = 196 \text{ kg/d}$ .

Hunttijärven elo- ja heinäkuun kuuden metrin tulosten keskiarvo oli 17,4 astetta, joten hapenkulumisnopeus lienee suuruusluokkaa  $800 \text{ mg/m}^2/\text{d}$ . Hapen kulumisnopeus olisi tällöin  $0,8 \text{ g/m}^2/\text{d} * 372\,200 \text{ m}^2 = 298 \text{ kg/d}$ . Jos edellä lasketuista luvuista vähennetään ns. sallittu alenema,  $0,07 \text{ mg/l/d}$ , saadaan:  $298 \text{ kg/d} - (0,07 \text{ g/m}^3/\text{d} * 1431,34 * 10^3 \text{ m}^3) = 298 \text{ kg/d} - 100 \text{ kg/d} = 198 \text{ kg/d}$ . Tällöin alempi arvio kulutuslukemasta olisi noin  $198 \text{ kg/d}$ . Seitsemän metrin ja syvempien vesikerrosten perusteella laskettuna hapetustarpeeksi saataisiin tällä laskutavalla hapen kulumisnopeudeksi  $0,8 \text{ g/m}^2/\text{d} * 306\,500 \text{ m}^2 = 245 \text{ kg/d}$ . Jos edellä lasketuista luvuista vähennetään ns. sallittu alenema,  $0,07 \text{ mg/l/d}$ , saadaan:  $245 \text{ kg/d} - (0,07 \text{ g/m}^3/\text{d} * 1097,36 * 10^3 \text{ m}^3) = 245 \text{ kg/d} - 77 \text{ kg/d} = 168 \text{ kg/d}$ .

## 6.2.2 Talviaikainen hapetustarve

Hunttijärvestä on otettu happinäytteet joulukuussa 2001, maaliskuussa 2002 ja 2003, huhtikuussa 2006 ja helmikuussa 2009. Joulukuussa 2001 tilanne oli odotetusti hyvä, yleensä happikato syntyy vasta lopputalvella. Vuonna 2002 talvinäytteen perusteella järven happitilanne oli hyvä. Vuosi 2003 oli yleisesti tunnettu happikatotalvi. Tällöin myös Hunttijärvestä ilmeni selvää hapetustarvetta. Huhtikuussa 2006 Hunttijärven happitilanne oli samankaltainen kuin maaliskuussa 2002. Aivan syvänteessä esiintyi happikatoa, mutta jo kymmenen metrin syvyydessä happea oli riittävästi. Helmikuussa 2009 Hunttijärven happipitoisuus pysyi hyvänä kaikissa syvyyksissä. Yhden poikkeuksellisen vuoden tulosten perusteella ei ole järkevää alkaa laskea talvista hapetustarvetta. Hunttijärven talviaikaisia happipitoisuuksia suositellaan seurattavan. Tulosten perusteella voidaan selvittää tarvitaanko hapetusta myös talvella.

**Yhteenveto:** Hunttijärvestä on tarvetta tällä hetkellä kesäaikaiselle hapetukselle. Talviaikaista happitilannetta suositellaan seurattavan. Hunttijärven hapetustarve arvioidaan aluksi seitsemän metrin syvyyden ja sitä syvemmän vesimassan mukaan. Tällöin eri laskutapojen mukaan saadaan hapetustarpeeksi noin  $170 - 200 \text{ kg}$  vuorokaudessa. Laite ei saa rikkoa järven lämpötilakerrosteisuutta.

## 7 Tarkasteltavat hapetuslaitteet

Hapetuksella on tarkoitus vähentää Hunttijärven alusveden loppukesäisiä ja myöhemmin tarvittaessa loppupalvisia happikatoja ja sitä kautta myös sisäistä kuormitusta.

### 7.1 Ilmastimet

Ilmastimen toimintaperiaatteen mukaan laite imee pohjan läheltä vähähappista vettä ylös ja ilmastaa sen. Ilmastettu vesi palautetaan putkea pitkin takaisin alusveeteen. Tällöin laite ei riko järven lämpötilakerrostuneisuutta.

#### 7.1.1 Waterix AIRIT 70

Waterix OY:n Internet-sivuilla kerrotaan Airit 70 -laitteesta seuraavaa:

"Waterix AIRIT® 70 on kooltaan erittäin kompakti ja kevyt ilmastin, joka soveltuu niin pienien jätevesialtaiden kuin järvienkin ilmastukseen. Waterix AIRIT® 70 ilmastin on erityisen suosittu myös kaatopaikkojen valumavesialteiden ilmastuksessa, jolloin sen ominaisuuksista korostuvat varsinkin helppo käsiteltävyys, luotettava rakenne sekä alhainen energiankulutus.

AIRIT® 70 ilmastin vaatii noin kolmen metrin halkaisijaltaan olevan tilan altaasta. Lisäksi ilmastimeen on saatavilla imuputki, jonka maksimipituus on 12 metriä. Imuputkella varustettuna laite soveltuu hyvin syvienkin altainen tai järvien ilmastukseen.

Laitteen käsiteltävyys on erinomainen. Useat asiakkaat ovat valinneet Waterix AIRIT® 70 ilmastimen kellukkeilla, jolloin se voidaan sijoittaa ilmastusaltaisiin, missä veden pinta voi sekä nousta että laskea vapaasti. AIRIT® 70 ilmastin liikuttaa suuren määrän vettä ja siksi prosessi vaatii hyvin vähän tai ei ollenkaan lisäsekoitusta. Kevyenä laitteena ja yksinkertaisen kokonaisuutensa vuoksi Waterix AIRIT® 70 ilmastimet ovat hyvin helppoja asentaa. Verrattuna esimerkiksi pohjailmastukseen, jossa putkitus ja kompressori vaativat raskaan infrastruktuurin rakentamisen, ei Waterixin AIRIT® 70 ilmastin vaadi kuin altaan ja sähkön. Samalla sen hyötysuhde pysyy korkeana koko käyttöajan ajan.

Waterix AIRIT® 70 ilmastimia voidaan tarvittaessa asentaa myöhemmin lisää. Tällöin laitoksen kapasiteettia ei tarvitse mitoittaa aluksi ylisuureksi, vaan kapasiteettia voidaan lisätä vuosien mitaan. Huollon kannalta AIRIT® 70 ilmastin on erinomainen. Koska yleisesti asennetaan useampi laite yhteen altaaseen, voidaan huolto suorittaa prosessikatkoksia varten ei tarvita toista linjaa. Waterix ilmastimissa ei myöskään ole säännöllisesti vaihdettavia osia, joten huollon tarve on pieni.

- Moottori: 1,5 kW
- Veden virtaus: 69 l/s
- Veden virtaus: 248 m<sup>3</sup>/h
- Hyötysuhde 2,0 kgO<sub>2</sub>/kWh
- Tuotto: 3,0 kgO<sub>2</sub>/h
- Tuotto: 72 kgO<sub>2</sub>/d
- Paino kellukkeilla: 34 kg"

(Waterix OY:n Internet-sivut 31.1.2011)

**Tämän laitteen valinnasta:** Hunttijärven hapetustarpeeksi arvioitiin 170 – 200 kg happea päivässä. Jotta hapetus voidaan hoitaa Airit 70 -ilmastimilla, niitä tulisi olla kolme kappaletta. Tällöin hapen tuotto on 216 kg päivässä. Jokaisessa laitteessa tulee olla pressuputki, jotta järven lämpökerrostuneisuus ei purkaannu.

## 7.1.2 Waterix AIRIT 200

Waterix OY:n Internet-sivuilla kerrotaan Airit 200 -laitteesta seuraavaa:

"Waterix AIRIT 200 -ilmastin soveltuu erinomaisesti suurempiin ilmastus/hapetustarpeisiin. Sen pääasialliset käyttökohteet ovat kuntien ja teollisuuden jätevedenpuhdistusprosessit sekä ta-sausaltaiden ilmastus. AIRIT 200 ilmastin liikuttaa suuren määrän vettä ja siksi prosessi vaatii hyvin vähän tai ei ollenkaan lisäsekoitusta. Laitte vaatii noin neljä metriä halkaisijaltaan olevan tilan altaasta.

Laitteen maksimituotto on 8,3 kiloa happea tunnissa eli 200 kiloa vuorokaudessa. AIRIT 200 ilmas-timen korkea hyötysuhde takaa pienen energiankulutuksen ja laitteen hyötysuhde pysyy korkeana koko käyttöajan ajan. Laitte on edullinen hankkia ja sen elinkaaren kokonaiskustannukset ovat huo-mattavasti markkinoilla olevia laitteita edullisempia. Koska AIRIT 200 ilmastimen asennus ei tarvit-se putkistoa tai kompressorihuoneita, vaan ainoastaan altaan ja sähköt, sen asennus on helppoa ja kapasiteettia voidaan lisätä jos puhdistamon kuormitus tilanne tulevaisuudessa niin vaatii. Kevy-enä laitteena ja yksinkertaisena kokonaisuutena AIRIT 200 -ilmastimet ovat hyvin helppoja asen-taa.

Mikäli käyttökohte sisältää useita laitteita, voidaan ne muiden Waterix-ilmastimien tapaan kytkeä yhden taajuusmuuntajan taakse. Näin ilmastuksen tehoa voidaan säätää portaattomasti ja saavu-tetaan mahdollisimman kustannustehokas ratkaisu.

Laitte voidaan asentaa joko puomikiinnityksenä huoltosiltaan, erillisellä sivupuomilla tai omilla kel-lukkeilla. Kellukkeita suositellaan asennuksiin joissa puomin jänneväli tulee liian suureksi tai veden pinnan korkeuden vaihtelut vaikeuttavat kiinteää kiinnitystä. Koska yleisesti asennetaan useampi laite yhteen altaaseen, voidaan huolto suorittaa prosessia keskeyttämättä. Tämä alentaa koko-naiskustannuksia, koska toista linjaa huollon aikaisia prosessikatkoksia varten ei tarvita. Waterix-ilmastimissa ei myöskään ole säännöllisesti vaihdettavia osia, joten huollon tarve on pieni.

- Moottori: 5,5 kW
- Veden virtaus: 229 l/s
- Veden virtaus: 824 m<sup>3</sup>/h
- Hyötysuhde: 1,8 kgO<sub>2</sub>/kWh
- Tuotto: 8,3 kgO<sub>2</sub>/h
- Tuotto: 199 kgO<sub>2</sub>/d
- Paino kellukkeilla: 110 kg"

(Waterix OY:n nettisivut 31.1.2011)

**Tämän laitteen valinnasta:** Yksi AIRIT 200 -laitte soveltuu Hunttijärven hapetukseen. Lisäksi pitää hankkia pressuputki estämään lämpötilakerrostuneisuuden purkautuminen.

## 7.1.3 Visiox-ilmastin (Vesi-Eko Oy)

Vesi-Eko Oy:n Internet-sivuilla kerrotaan Visiox-ilmastimesta näin:

"Visiox ilmastimen toimintaperiaate on johtaa huonohappista alusvettä pinnalle hapetettavaksi ja palauttaa se happirikkaana takaisin alusveeseen. Tämä menetelmä soveltuu erityisesti olosuhteisiin, jossa pohjan ravinnerikkaampaa vettä ei haluta sekoittaa hapekkaamman pintaveden kanssa. Laitte ei riko vesistön lämpökerrostuneisuutta.

Hyödyt ja ominaisuudet lyhyesti:

- Ei riko vesistön kerrostuneisuutta, jolloin alusveden ravinteet pysyvät harppauskerroksen ala-puolella.
- Parantaa kalaston ja eliöstön elinmahdollisuuksia erityisesti loppupalvesta, jolloin vesistön omat happivarat ovat vähimmillään
- Hapettaa pohjanläheistä vettä, jolloin vesistön sisäinen kuormitus pienenee ravinteiden va-pautumisen vähentyessä

- Toimintavarma myös talviolosuhteissa, ei heikennä jäätä laajalta alueelta.
- Hiljainen, käyntiäänenä pelkkä veden kohina
- Ilmastimiemme teho 0,75 - 100 kWh, mitoitetaan tarpeen mukaan

Visiox-ilmastimemme oli mukana VTT:n hapetinlaitetutkimuksessa. Tutkimuksen loppuraportti julkaistiin lokakuun 2005 lopulla. Tulosten perusteella Visiox-laitteen teho ja luotettavuus osoittautuivat hyviksi."

*Taulukko 3. Visiox- suihkuilmastinlaitteiden eri kokovaihtoehdot. Taulukossa on esitetty tyypillisimmät kokoluokat, joita voidaan muuttaa tarvittaessa (Visiox-esite 2007).*

Sähköteho, kW	3,0	4,0	5,5
Veden virtaama, l/s	130	160	200
Hapetusteho, kg O <sub>2</sub> /d	72	100	135
Sähköteho, kW	3,0	4,0	5,5

(Vesi-Eko OY:n Internet-sivut 31.1.2011)

**Tämän laitteen valinnasta:** Kaksi Visiox-laitetta (tehot 3 kW ja 4 kW) riittänee Hunttijärven hapeutukseen. Laite ei riko lämpötilakerrostuneisuutta.

#### 7.1.4 Enviro Botnia System (Enviro Botnia Oy)

Enviro Botnia OY:n Internet-sivuilla kerrotaan EBS-ilmapumpuista seuraavaa:

"EBS-ilmapumppuun liitetty pohjailmastuskenno ja/tai ilmahissi ovat tehokkain tapa hapettaa vesi edullisesti. Pohjailmastuskennoja voidaan käyttää aina 4 metrin syvyyteen saakka. Yli 4 metrin vesissä käytetään ilmahissejä, joilla vältetään tyyppikaasun muodostuminen. EBS-menetelmässä erikoisrakenteinen pumppu painaa ilmaa pohjailmastuskennoon, jonka 8 000 – 10 000 reiän kautta ilma vapautuu veteen, hapettaen sitä tehokkaasti.

EBS-menetelmää voidaan soveltaa tarpeen mukaan pieniin ja isoihin kohteisiin. Pumppuja on 60 erilaista, 18 kuutiota/tunti -tehosta 2 500 kuutiota/tunti tehoon saakka. Yhteen pumppuun voidaan liittää 5 pohjailmastuskennoa (2 eri kokoa) tai ilmapumppua.

Ilmastuslaitteiston tehontarve ja laajuus määritellään käyttökohteen mukaan. Niihin vaikuttavat: veden syvyys ja lämpötila, vesialueen koko ja muoto, saostuminen, talvella jäädä vapaana pidettävän alueen koko (avantouintipaikat, lintualtaat, kalan- ja ravunkasvatusaltaat, venepaikat, laiturit...)

Kiistattomat edut:

- Korkea happipitoisuus nopeasti
- Tehokas hapen leviäminen
- Nopeampi orgaanisen aineen häviäminen
- Raudan, fosforin ja mangaanin nopea saostuminen
- Metaanin, typen ja rikkivedyn häviäminen
- Myrkyllisten levien kasvun estyminen
- Kerroksisuuden häviäminen vedestä
- Jään muodostumisen estyminen
- Helppo asentaa ja hoitaa
- Alhaiset käyttökustannukset
- Hyvät käyttäjäkokemukset Suomessa jo vuodesta 1988"

Enviro Botnian internet-sivut 31.1.2011

**Tämän laitteen valinnasta:** EBS-menetelmää ei voida käyttää Hunttijärven hapeutuksessa, koska laite rikkoo järven lämpökerrostuneisuuden.

### 7.1.5 Meduusa (Lainpelto Oy)

Lainpelto OY:n Internet-sivuilla kerrotaan Meduusa-laitteesta seuraavaa:

"Meduusa on Suomessa kehitetty patentoitu vedenilmastin, joka toimii uudella tavalla. Edistyksellisten teknisten ratkaisujen ansiosta Meduusa on pienempi, tehokkaampi, hiljaisempi ja taloudellisempi kuin perinteiset laitteet.

Valovirtaa käyttävä laite on rakennettu kestäväksi Suomen ankarat olosuhteet. Käytössä erittäin hiljainen laite ei häiritse ympäristöään ja pitää avantonsa itse auki. Siro laite on vaivaton kuljettaa ja se on mahdollista asentaa jopa yksin.

Meduusa on kaikin puolin ympäristöystävällinen. Se on rakennettu kierrätysmateriaaleista ja kuluttaa hyvin vähän energiaa.

Laite imee tulovedensuodattimen kautta pohjan hapetonta vettä ja nostaa sen ylös nousuputkea pitkin, joka on säädettävissä järven syvyyden mukaan. Sumutin rikastaa veden hapella 58 % tehokkuudella ja siirtää hapellisen veden takaisin järveen. Jatkuva vesisuihku pitää avannon auki.

- Leveys: n. 1,6 m (vakaajien kanssa)
- Pituus: n. 1 – 6 m (nousuputki säädettävissä)
- Paino: n. 30 kg
- Energiakulutus vuorokaudessa: 6 KWH / 0.35 €, kuukaudessa: 180 KWH / 10.5 €
- Vedenkäsittelyvolyymi vuorokaudessa: 180 m<sup>3</sup>, kuukaudessa 5 400 m<sup>3</sup>
- Hapetuskyky vaihtelevasti riippuen lähtötilanteesta esim. lähtötilanne vesi 0.4 mg / l O<sub>2</sub>, lopputilanne 8 mg / l O<sub>2</sub>; käytännössä n. 58 % "

(Lainpellon Internet-sivut 31.1.2011)

**Tämän laitteen valinnasta:** Meduusa on liian tehoton laite Hunttijärven hapettamiseen. Hunttijärven kuuden ja sitä syvemmillä olevan vesimassan tilavuus on 1431,34 \* 10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>. Yksi laite käsittelee tästä tilavuudesta vuorokaudessa 0,013 %.

## 7.2 Hapettimet

Hapettimen toimintaperiaatteen mukaan laite kierrättää päällysvettä alusveteen. Laitteet eivät saa rikkoo järven lämpötilakerrostuneisuutta, mutta ne saattavat kasvattaa alusveden tilavuutta.

### 7.2.1 Mixox-hapetin (Vesi-Eko Oy)

Vesi-Eko OY:n Internet-sivuilla kerrotaan Mixox-hapettimista seuraavaa:

"Mixox-hapetusmenetelmä on tehokas, luotettava ja edullinen järvien hapettamistapa. Vedenpinnan alle asennettava laite pumppaa vedenjohtosukkaa myöden päällysvettä lähelle pohjaa. Alusveden ja päällysveden väliset lämpötila- ja tiheyserot saavat aikaan rauhallisen, mutta laaja-alaisen ja siksi tehokkaan kiertosekoituksen, jossa järven luonnollinen lämpötilakerrostuneisuus säilytetään.

Mixox-menetelmän tarkoitus on yksinkertaisesti elvyttää rehevöityneen järven omat puhdistusmenetelmät pitämällä alusvesi hapellisena, jolloin pohjasedimentin fosforinsitomiskyky tehostuu.

Hyödyt ja ominaisuudet lyhyesti:

- Erittäin hyvä hapensiirtokyky käytettyä kilowattituntia kohden (6 - 12 kg happea / kWh)
- Toimintavarma ja vakiintunut malli joka on käytössä kymmenissä erilaisissa vesistöissä
- Helposti asennettava ja huollettava, huoltovälinä on yksi vuosi
- Ei melu- ja maisemahaittoja

- Tehostaa samalla myös typen haihtumista kaasuna ilmaan

Mixox-hapettimia on neljää peruskokoa. Käyttötarve ja sovellusvariaatiot mitoitetaan ja suunnitellaan aina kohteen mukaisesti. Järjestelmän käynninvalvonta hoidetaan nykyisin GSM-tekniikan avulla. (Mixox-esitys 2003)."

Taulukko 4. Mixox-hapettimien peruskoot (Mixox-esitys 2003).

	MC-500	MC-750	MC-1000	MC-1100
Hapensiirtoteho (kgO <sub>2</sub> /d)	150	350	700	800
Tehotarve (kW)	0,6	1,1	2,1	2,5
Virtaama (m <sup>3</sup> /d)	17 000	35 000	70 000	87 000
Käyttöalue (ha)	1 – 50	5 – 100	10 – 300	20 – 500

Vesi-Eko Oy:n internet-sivut 31.1.2011.

**Tämän laitteen valinnasta:** Hunttijärven hapettamistarve on 170 – 200 kg happea päivässä. Kyseinen hapentuotto osuu kahden Mixox laitekoon väliin. Mixox-laite sopii Hunttijärven hapetukseen. MC-500 on liian tehoton, MC-750 turhankin tehokas. Mixox-laitteista voidaan valita sellainen joka tuottaa lasketun tarpeen. Jos laitekokojen välillä ei ole säätövaraa, on Hunttijärven hapetukseen soveltuva laite MC-750.

## 7.3 Sekoittimet

### 7.3.1 Kasco-jäänestäjä (Nautikulma)

Nautikulma OY:n Internet-sivuilla kerrotaan Kasco-jäänestäjästä seuraavaa:

"Kasco-jäänestäjä on nykyaikainen, energiaa säästävä huoltovapaa laite, jota on valmistettu yli 30 vuotta. Kasco-jäänestäjä toimii potkurivirralla. Suurella potkurilla (Ø 23cm) saadaan suuret vesimassat liikkeelle ja veden virtaus on tasaista ja ulottuu laajalle alueelle. KASCO asennetaan yleensä noin 1,5 metrin syvyyteen, jolloin sen suurella potkurilla veden virtaus on tasaista ja ulottuu laajalle alueelle. KASCO-virrankehitin nostaa lämmintä vettä pohjasta pintaan ja estää näin jäätyksen.

KASCO-virrankehitin on myös erinomainen veden hapettaja. Asennettaessa KASCO lähelle pintaa kellukkeeseen, saadaan aikaan voimakas veden nousu ja ilmastuminen kesäaikaan. Pintaveden happipitoisuus lisääntyy ja levähaitat poistuvat."

Taulukko 5. Kasco-jäänestäjä, eri kokovaihtoehdot.

	Kasco 2400	Kasco 3400	Kasco 4400	Kasco 8400
Työntövoima, kg	10,5	14,5	22	35
Paino, kg	11,5	16	18	25
Teho	½ hv (2,2A / 220V)	¾ hv (3,5A / 220V)	1 hv (5,7 A / 220V)	1 ½ hv (6,9A / 220V)

(Nautikulma OY:n Internet-sivut 31.1.2011)

**Tämän laitteen valinnasta:** Kasco-virrankehitin ilmeisesti sekoittaa vettä ja siten voi rikkoa lämpöeristyneisyyden. Laite ei tunnu sopivan syvien alueiden hapetukseen.

## 7.4 Laitteiden sähkönkulutus

Sähkönkulutusta selvitettiin Hunttijärvellä aiemmin todetuista soveltuvista laitteista. Hapetusajaksi on kolme kuukautta vuodessa. Kun tarkastellaan hapettimien ja ilmastimien sähkönkulutusta, voidaan vertailla laitteiden tehoja (kW). Fortumin ilmoittama (26.4.2011) kaksivuotisen Takuusopimuksen yleissähkön hinta on 7,45 c/kWh eli 0,0745 euroa/kWh. Sähkön yleissiirron hinta on 2,79 c/kWh eli 0,0279 euroa/kWh. Sähkövero on 2,0947 c/kWh eli 0,020947 euroa/kWh. Yhteensä näistä tulee 0,123347 euroa/kWh (taulukko 6).

Taulukko 6. Hunttijärvellä soveltuvien hapetuslaitteiden sähkönkulutus eri ajanjaksoina.

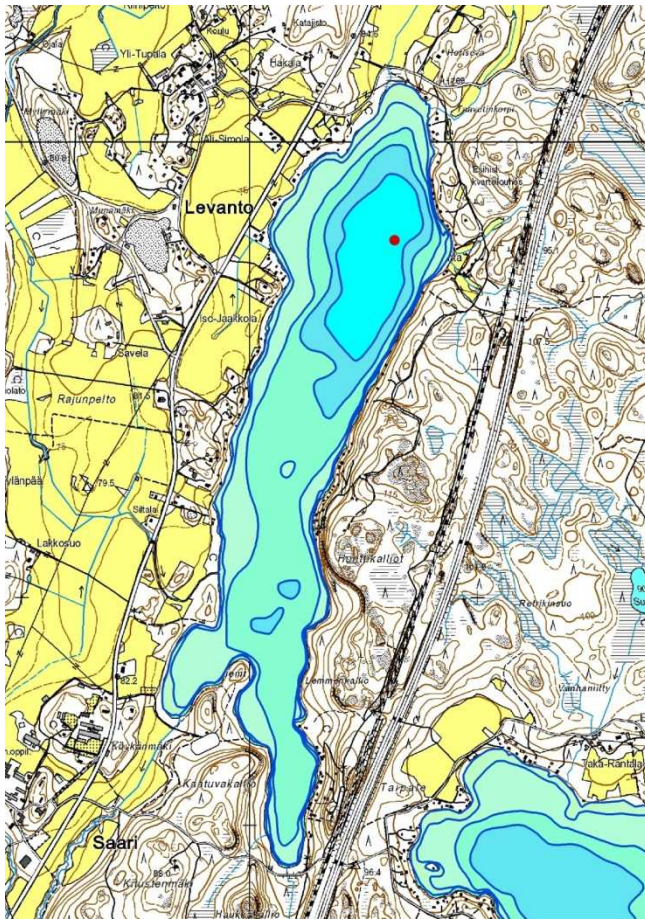
	Airit 70 * 3	Airit 200	Visiox * 2	Mixox 500 – 750
teho	1,5 kWh * 3 = 4,5 kWh	5,5 kWh	3 kWh + 4 kWh = 7 kWh	ka 0,85kWh
sähkönkulutus, euroa/kk	400	488	622	75
sähkönkulutus, euroa/ kesäisin 3 kk	1 199	1 465	1 865	226
sähkönkulutus, euroa/ kolmessa vuodessa, kesäi- sin 3 kk	3 597	4 396	5 595	679
sähkönkulutus, euroa/ viidessä vuodessa, kesäi- sin 3 kk	5 995	7 327	9 325	1 132

Ilmastintyyppiset laitteet kuluttavat enemmän sähköä, mutta ovat hankintakustannuksiltaan edullisempia kuin hapettimet. Tämä kannattaa huomioida laitteiden kilpailutuksessa.



## 8 Hunttijärven hapettaminen

Hunttijärven hapetus voidaan hoitaa joko yhdellä tai useammalla laitteella. Laite kannattaa asentaa lähelle syvintä kohtaa tai ainakin syvännealueelle (kuva 6). Sähkökaapin paikka olisi hyvä saada jonkun paikallisen aktiivin tontille.



Kuva 6. Hunttijärven syvännealue. Luvat Maanmittauslaitos 7/MML/11 ja SYKE.

Hapetuslaitteiden hinnat vaihtelevat suuresti laitetypistä riippuen. Hapettimet ovat ilmastimia kalliimpia, mutta kuluttavat vähemmän sähköä. Hunttijärven hapetuksessa voidaan käyttää sellaista laitetta, joka tuottaa happea 170 - 200 kg vuorokaudessa, eikä riko järven lämpökerrostuneisuutta. Järveä hapetettaisiin aluksi pelkästään kesäkaudella. Hapetus aloitettaisiin heinäkuun alusta ja sitä jatkettaisiin kolme kuukautta eli syyskuun loppuun. Hapetusta tulee jatkaa aluksi 3 – 5 vuotta.

Hapetuslaitteita voi vuokrata tai ostaa. On hyvä ottaa etukäteen selvää voidaanko maksettu vuokra vähentää laitteen ostohinnasta, jos laitteen haluaakin ostaa myöhemmin omaksi.

Koska hapetustehoa voidaan joutua lisäämään ensimmäisen hapetusjakson jälkeen, tulee osto- tai vuokrasopimuksessa sopia hapetuksen tehostamisen mahdollisuudesta. Sopimukseen olisi hyvä saada happitakuu. Tällöin hapettimen myyjä/vuokraaja sitoutuu tuottamaan tietyn määrän happea kohdejärveen. Myyjältä/vuokraajalta tulee saada raportti vuosittain hapetuksen riittävydestä. Lisäksi on hyvä selvittää, miten monen vuoden takuu laitteella on ja miten huollot hoidetaan.



## 9 Turvallisuusnäkökohdat

Hunttijärven talviaikaisesta happitilanteesta on hyvin vähän tietoa. Tämänhetkisen tiedon valossa järvelle ei lähdetä suositteluun talviaikaista hapettamista. Parempi olisi seurata talviaikaisia happipitoisuuksia muutaman vuoden ajan esimerkiksi happimittarin avulla. Happimittarin toiminta kannattaa tarkistaa ottamalla joskus samanaikainen vesinäyte, josta määritetään happipitoisuus.

Talviaikaan hapetettaessa tulee huolehtia siitä, että järvellä ja rannalla liikkujat tietävät heikentyneistä jäistä. Tiedottamisessa voidaan hyödyntää paikallislehtiä. Järven rannalle tulee pystyttää varoituskylttejä. Järveen tulee merkitä heikentyneen jään alue esimerkiksi lippusiimalla. Ilmastuksesta kannattaa tiedottaa paikallislehdissä. Myös uimarannan ilmoitustaululle on syytä laittaa tiedote. Ilmastimet pitää poistaa järvestä talven ajaksi, jos niitä ei käytetä, jotta ne eivät rikkoontuisi. Jos laitteita ei haluta poistaa, täytyy ne käynnistää ennen jäiden tuloa. Hapettimet voidaan jättää järveen.

Hapetuslaitteiden toimintaympäristö edellyttää huolellisuutta sähköasennusten tekemisessä. Sähkökaapin tulisi olla lukittu ilkeivallan ehkäisemiseksi ja varustettu kWh-mittarilla hapettimen sähkönkulutuksen seuraamiseksi (Sassi ja Keto 2005).

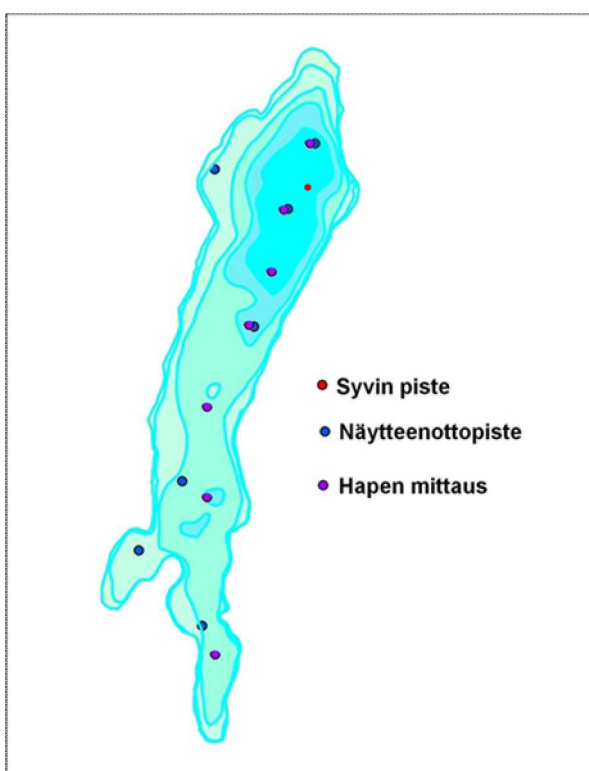
# 10 Hapetuksen seuranta

## 10.1 Happipitoisuus

### 10.1.1 Happinäytteiden ottaminen

Hunttijärven veden laatua seurataan Uudenmaan ELY-keskuksen toimesta. Näytteitä otetaan Takaranta 5 -nimisestä näytteenotto paikasta kolmen vuoden välein neljä kertaa vuodessa (yksi talvella, kaksi kesällä ja yksi syksyllä).

Hunttijärven hapetuksen vaikutusta kannattaa seurata mittaamalla veden happipitoisuutta joko ottamalla happinäytteitä tai happimittarin avulla. Mahdollisia näytteenotto paikkoja on esitelty kuvassa 7. Tärkeimmät ajankohdat näytteiden otolle ovat loppukesällä heinä-elokuussa. Talviaikaista happitilannetta tulisi myös seurata. Paras ajankohta näytteiden otolle tai hapen mittaukselle on helmi- ja maaliskuun loppu. Happinäytteitä olisi hyvä ottaa ainakin kerran kuukaudessa.



Kuva 7. Hunttijärven hapenseurantapaikat (sekä käytössä olevat että mahdolliset). Luvat Maanmittauslaitos 7/MML/11 ja SYKE.

### 10.1.2 Happipitoisuuden määrittäminen happimittarilla

Happipitoisuuden seuranta varten voisi olla kannattavaa ostaa happimittari. Mittarin avulla veden happipitoisuutta voidaan seurata vaikka viikoittain (katso tarkemmat ohjeet, liite 1). Happea kannattaa seurata kuitenkin vähintään kerran kuukaudessa. Happi kannattaa mitata sekä pinnasta että pohjan läheltä. Pinnasta mittaus kannattaa tehdä 50 – 100 cm:n syvyydestä. Happea voi mitata tämän jälkeen puolen metrin – metrin välein ja kirjata lukemat ylös. Syvyyden määrittämistä varten kannattaa merkitä happimittarin kaapeliin pituus 50 cm:n välein ilmastointiteipillä. Saatuja tuloksia kannattaa verrata vesinäytteiden antamiin happipitoisuuksiin. Happimittari tulee kalibroida laitteen mukana tulevien ohjeiden mukaan sekä huolehtia että sen mittausanturissa on mittauksen onnistumiseen vaadittavia kemikaaleja. Samoin happimittarin huolto on järjestettävä laitteen ohjeiden mukaisesti. Happimittaria käyttävän henkilön tulee lukea tarkkaan laitteen käyttöohjeet. Jos

mittaaja vaihtuu, kannattaa aiemmin mitanneen henkilön opastaa uusi mittaaja laitteen käyttämiseen.

Markkinoilla olevia happimittareita:

- YSI ProODO, Pro20
- HQD-mittarit
- Marvet Junior 2000
- Hanna HI 9142
- Oxi 3210 ja 3310

## 10.2 Muut analyysit

Kesäaikaisista näytteistä tulisi määrittää ainakin kokonaisravinteet, happi, lämpötila, väriluku, sameus, kiintoaine ja klorofylli-a. Talvisesta näytteestä voidaan jättää klorofylli-a-pitoisuus pois. Lämpötilaa seuraamalla voidaan mahdollisesti saada kiinni hapetuksen vesimassaa sekoittava vaikutus.

## 10.3 Veden näkösyvyys

Näkösyvyydellä tarkoitetaan sitä syvyyttä, josta veteen upotetun valkoisen levyn pystyy erottamaan. Se kuvaa vedessä olevan levän (kasviplankton), humuksen ja saven määrää. Näkösyvyysarvoista voidaan päätellä kyseisen vesistön veden laadusta. Mittaaminen on hyvin helppoa. Halkaisijaltaan noin 20 cm oleva valkoinen pyöreä levy lasketaan veneen varjon puolelta narun varassa veteen. Syvyys, jossa levyn pystyy vielä erottamaan, on kyseisen järven näkösyvyysarvo (cm).

# 11 Hapetuksen kesto

## 11.1 Hapetustarpeen uudelleen arviointi

Hapetus on pääsääntöisesti useita vuosia kestävä jätteen kunnostamista. Se parantaa veden happipitoisuutta ja voi vähentää sisäistä kuormitusta. Niin kauan kun Hunttijärveen tulee järven sietokyvyn ylittämä määrä ulkoista kuormitusta, joudutaan hapetusta luultavasti jatkamaan.

Järvessä hapetuksen vaikutusta voidaan arvioida mittaamalla veden happipitoisuutta eri syvyyksissä. Jos alusveden happipitoisuudet alkavat olla yli 4 mg/l, on hapetus tarpeeksi tehokasta. Jo yli 2 mg/l pitoisuudet estävät fosforin vapautumista sedimentistä.

Yleensä hapetuksen lopettaminen aiheuttaa alusveden happipitoisuuksien alentumisen, jos järvi on rehevä ja sinne tulee rehevöitymistä kiihdyttävää ulkoista kuormitusta. Hapetus voi vähentää sisäistä kuormitusta, mutta sen lopettamisen seurauksena sisäinen kuormitus voi käynnistyä nopeastikin.

## 11.2 Hapettamisen aloitusajankohdan määrittäminen kesällä

Jos halutaan määrittää hapetuksen aloitusajankohta kesällä, voidaan aloittaa happipitoisuuden mittaus happimittarilla toukokuussa. Mittaamalla happipitoisuus viikoittain nähdään alusveden pitoisuuden alentuminen ajoissa. Happipitoisuuden ei tule antaa laskea liian alhaiseksi, koska laitteilla menee oma aikansa korjata tilanne.

Hunttijärvessä on esiintynyt alusveden alhaisia happipitoisuuksia tai hapettomuutta loppukesäisin 2000-luvulla. Vesinäytteet on otettu heinä- ja elokuussa eli kesäkuun tilanteesta ei ole tietoa. Yleensä toukokuussa vesimassa on vielä sekoittunut kevätkierron seurauksena ja veden happipitoisuus on hyvä. Kesäkuussa voidaan havaita alusveden happipitoisuudessa jo alentumista.

Hapetus tulee näiden pohdintojen valossa aloittaa heinäkuun alussa, mutta alusveden happipitoisuuden seurannalla voidaan havaita mahdollinen aikaisempi ilmastutarve. Ilmastusta kannattaa jatkaa syyskuun loppuun.

## 11.3 Hapettamisen aloitusajankohta talvella

Hunttijärvelle ei vielä suositella talviaikaista hapettamista. Jos tilanne muuttuu jossain vaiheessa, kannattaa aloitusajankohta pitää ajoittaa jäiden tulon. Eli laitteet tulee käynnistää ennen koko järven jäätymistä.

## 11.4 Hapetuksen lopettaminen

Hapetuksen tarkkaa lopettamisajankohtaa on vaikea arvioida. Kun ulkoista kuormitusta on saatu vähennettyä, voidaan harkita hapetuksen vähentämistä. Ulkoisen kuormituksen määrän arviointi on kuitenkin hyvin vaikeaa. Päätöksen tulee perustua kyseessä olevan kesän alusveden hyviin happipitoisuuksiin. Jos happipitoisuudet ovat alhaisia, ei ole järkevää lopettaa hapetusta. Jos happipitoisuus on alle 2 mg/l, voi fosforia alkaa vapautua sedimentistä. Kalojen kannalta happipitoisuuden tulisi olla yli 4 mg/l.

Jos Hunttijärven loppukesän alusveden happipitoisuudet alkavat olla hyvällä tasolla, on mahdollista jättää hapetus väliin. Aivan pohjan lähellä kuten koko alusvedessäkin happipitoisuuden olisi hyvä olla noin 4 mg/l. Jos hapetus päätetään lopettaa, tulee happipitoisuuksia seurata, jotta niiden heikentyessä laitteet saadaan käynnistettyä uudelleen.

## 12 Yhteenveto

Hunttijärven kesäaikaisia happikatoja ehkäistään hapettamalla. Laskelmien perusteella voidaan todeta, että järvessä on selvää hapetustarvetta. Kesäaikaiseksi hapetustarpeeksi arvioitiin 170 - 200 kg happea päivässä. Laite ei saa rikkoa järven lämpötilakerrostuneisuutta. Talviaikaista hapetusta ei vielä nähdä tarpeelliseksi. Talvella kannattaa seurata kuitenkin veden happipitoisuutta tiiviimmin, jolloin mahdollinen tarve saadaan näkyviin.

Hunttijärven veden laatua tulee seurata, jotta hapetuksen vaikutukset alusveden happipitoisuuteen ovat havaittavissa. Hapetuslaitteen toimittajalta tulee saada vuosittain raportti hapetuksen riittävydestä. Veden happipitoisuus kannattaa määrittää sekä vesianalyysin että happimittarilla.

Hankkeesta on erittäin tärkeää tiedottaa paikanpäällä esimerkiksi uimarannan ilmoitustaululla että yleisemmin mäntsäläläisille sekä osakaskunnille. Yleistä tiedotusta voidaan tehdä paikallislehtien avulla.

# Kirjallisuus

- Cooke G. D., Welch E. B., Peterson S. A. & Nichols S. A. 2005. Restoration and management of lakes and reservoirs. Kolmas painos, Lewis Publishers. 591 s. ISBN 1-56670-625-4.
- Fortumin Internet-sivut. (Päivitysaika ei selviä sivuilta). [www.fortum.fi](http://www.fortum.fi). Fortum > Tuotteet ja hinnat > Hinnat > Fortum Takuu. [viitattu 26.4.2011.]
- Fortumin Internet-sivut. (Päivitysaika ei selviä sivuilta). [www.fortum.fi](http://www.fortum.fi). Fortum > Tuotteet ja hinnat > sähkön siirto ja liittymät [viitattu 9.5.2011.]
- Enviro Botnian internetsivut. (Päivitysaika ei selviä sivuilta). [www.envirobotnia.com](http://www.envirobotnia.com). Enviro Botnia > Ilmastuslaite. [Viitattu 31.1.2011.]
- Evans R. D. 1994. Empirical evidence of the importance of sediment resuspension in lakes. *Hydrobiologia* 284 (1) : 5–12.
- Hagman A.-M. Serenius K. ja Rajajärvi S. 2008. Mäntsälän järvien kunnostuksen yleissuunnitelma. Uudenmaan ympäristökeskus, Helsinki. Uudenmaan ympäristökeskuksen raportteja 3/2008. 158 s. ISBN 978-952-11-3013-7.
- Hertta 2011a. Vedenlaatutiedot koskien Hunttijärveä.
- Hertta 2011b. Pohjaeläintiedot koskien Hunttijärveä.
- Hyytiä R ja Laitio H. 2006. Mäntsälän Hunttijärven kunnostaminen. Uudenmaan ympäristökeskus, Helsinki. Uudenmaan ympäristökeskuksen raportteja 5 / 2006. s. 23 – 31. ISBN 952-11-2425-3.
- Jungo E., Visser P. M., Stroom J. & Mur L. R. 2001. Artificial mixing to reduce growth of the blue-green alga *Microcystis* in Lake Nieuwe Meer, Amsterdam: an evaluation of 7 years of experience. *Water Science and Technology: Water Supply* 1 (1): 17 – 23.
- Lainpellon internetsivut. (Päivitysaika ei selviä sivuilta). [www.lainpelto.fi](http://www.lainpelto.fi). Lainpelto > Meduusa. [Viitattu 31.1.2011.]
- Lappalainen K. M. ja Lakso E. 2005. Järvien hapetus. Teoksessa: Järvien kunnostus (toim. Ulvi T. ja Lakso E.). Suomen ympäristökeskus. Helsinki. Ympäristöopas 114. s.151 – 168.
- Liikanen, A. 2002. Greenhouse Gas and Nutrient Dynamics in Lake Sediment and Water Columns in Changing Environment. Kuopio University publications C. Natural and Environmental Sciences 147. Väitöskirja. 603 s.
- Liljendahl-Nurminen A. 2006. Invertebrate predation and trophic cascades in a pelagic food web – The multiple roles of *Chaoborus flavicans* (Meigen) in a clay-turbid lake. Helsingin yliopisto, Helsinki. Biotieteellinen tiedekunta. Väitöskirja. 35 s.
- Mixox-esite. 2003. Mixox-hapetus. Vesi-Eko Oy. 18.3.2003. [www.vesieko.fi](http://www.vesieko.fi). Vesi-Eko > hapetus ja ilmastus > Mixox-hapetin > lataa esite [julkaisematon esite.]
- Nautikulman internetsivut. (Päivitysaika ei selviä sivuilta). [www.nautikulma.fi](http://www.nautikulma.fi). Nautikulma > Tuotteet > Laituritarvikkeet > jäänestäjä. [Viitattu 18.2.2011.]
- Rantala H. 2008. Hunttijärven vedenlaadunseuranta. Eteläinen laskuoja. Laurea-ammattikorkeakoulu, Hyvinkää. 10 s. [julkaisematon selvitys].
- Saarijärvi E. 2007. Visiox-ilmastimien tuotetiedot, muistio 27.4.2007. Vesi-Eko Oy. [www.vesieko.fi](http://www.vesieko.fi). Vesi-Eko > hapetus ja ilmastus > Visiox-ilmastin > Visiox-ilmastimien tekninen kuvaus. [Julkaisematon esite.]
- Sassi J ja Keto A. 2005. Järvien kunnostuksen menetelmät. Hapetuslaitteiden laboratorio- ja kenttäkokeet. VTT tiedotteita 2307. 88 s.

- Savola P. 2006. Mäntsälän Hunttijärven kunnostaminen. Uudenmaan ympäristökeskus, Helsinki. Uudenmaan ympäristökeskuksen raportteja 5 / 2006. s. 35 – 50. ISBN 952-11-2425-3.
- Tuominen A ja Asukas J. 2006. Mäntsälän Hunttijärven kunnostaminen. Uudenmaan ympäristökeskus, Helsinki. Uudenmaan ympäristökeskuksen raportteja 5 / 2006. s. 8 – 18.
- Vesi-Ekon internetsivut. (Päivitysaika ei selviä sivuilta). [www.vesieko.fi](http://www.vesieko.fi). Vesi-Eko > hapetus ja ilmastus > Mixox-hapetin. [Viitattu 31.1.2011.]
- Vesi-Ekon internetsivut. (Päivitysaika ei selviä sivuilta). [www.vesieko.fi](http://www.vesieko.fi). Vesi-Eko > hapetus ja ilmastus > Visiox-ilmastin. [Viitattu 31.1.2011.]
- Waterixin internetsivut. (Päivitysaika ei selviä sivuilta). [www.waterix.com](http://www.waterix.com). Waterix > tuotteet > Airit ilmastimet > Airit 70. viitattu 31.1.2011]
- Waterixin internetsivut. (Päivitysaika ei selviä sivuilta). [www.waterix.com](http://www.waterix.com). Waterix > tuotteet > Airit ilmastimet > Airit 200. viitattu 31.1.2011]



## LIITTEET

### Liite 1.

#### Hapen mittaaminen happimittarilla – tarkemmat ohjeet

##### Yleistä mittarin käsittelystä

Happimittaria tulee käsitellä huolella ja varovaisesti. Laitte sisältää pieniä osia, jotka voivat mennä rikki tai vääntyä. Kaapeli ruuvataan mittariin kiinni ilman voimaa. Kaapelin ei tule antaa venyä. Mittausanturissa on usein vaihdettava kalvo tai kemiallista liuosta. Luotettavan mittaustuloksen saamiseksi kalvon tulee olla ehjä ja / tai anturissa tulee olla kemikaaliliuosta. Anturin avaaminen esimerkiksi kemikaalien lisäyksen tai kalvon vaihdon yhteydessä on tehtävä varovaisesti. Yleensä tällaiset toimet kannattaa tehdä kuivalla maalla eikä veneessä mittaustaikalla.

##### Mittaustaikat

Happea kannattaa mitata useasta paikasta, jotta nähdään riittääkö laitteiden teho ilmastamaan koko järven alusveden.

Mittaustaikojen syvyydet tulee määrittää ennen ensimmäistä hapen mittausta esim. edellisenä päivänä laskemalla jokin paino narun varassa pohjaan. Tämän jälkeen mittaustaikojen syvyydet tiedot kannattaa merkitä karttaan. Määrittämällä mittaustaikojen syvyydet etukäteen, voidaan arvioida milloin anturi on lähellä pohjaa ja / tai onko se pohjassa.

##### Mittaus

Happimittarin käyttö on pääsääntöisesti hyvin helppoa. Syvyyden määrittämistä varten kannattaa merkitä happimittarin kaapeliin pituus metrin välein ilmastointiteipillä. Mittausanturi lasketaan haluttuun syvyyteen ja odotetaan, kunnes mittarin antama lukema vakiintuu. Mittaus tehdään pinnasta pohjaa kohti. Tällöin estetään pohjasedimentin sekoittuminen vesimassaan, jos anturi vahingossa osuu pohjaan. Anturin osuminen pohjaan aiheuttaa sedimentin pölyämistä, mikä voi näkyä hapettomuutena. Jos anturi osuu pohjaan, on hyvä vaihtaa mittaustaikaa muutaman metrin päähän. Ensimmäinen mittaus kannattaa tehdä yhden metrin syvyydestä. Tämän jälkeen mittauksia voi tehdä metrin välein ja kirjata lukemat ylös. Tämä helpottuu jos mittausta tekee kaksi henkilöä. Mittaajan vaihtuessa edellisen mittaajan kannattaa opastaa seuraajansa mittarin käyttöön.

##### Kalibrointi

Happimittarin kalibroinnin voi joidenkin mittareiden kohdalla tehdä itse tai laitteen voi lähettää kalibrointivaksi. Jos kalibrointi tehdään itse, tulee se tehdä kyseisen laitteen mukana tulevien ohjeiden mukaan. Kalibroinnissa pitää tarkistaa, että anturin kalvo on ehjä ja / tai että siinä on riittävästi kemikaaliliuosta.

##### Huolto

Happimittarin huolto on järjestettävä tarvittaessa laitteen ohjeiden mukaisesti.

Julkaisusarjan nimi ja numero Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen julkaisu 11/2011				
Vastuualue Ympäristö ja luonnonvarat				
Tekijät Anne-Marie Hagman		Julkaisuaika Lokakuu 2011		
		Julkaisija Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus		
		Hankkeen rahoittaja/toimeksiantaja Mäntsälän kunta, Hunttijärven yhteisen vesialueen osakaskunta ja Uudenmaan ELY-keskus		
Julkaisun nimi <b>Mäntsälän Hunttijärven hapetussuunnitelma</b>				
Tiivistelmä Mäntsälän kunnassa sijaitsevassa Hunttijärvessä esiintyy pääosin kesäaikaisia happikatoja. Joskus myös talvella on ollut hapettomuutta. Järvelle on tehty kunnostussuunnitelma ja sen kuormitusta ja kalaston rakennetta on selvitetty. Kunnostussuunnitelmassa hapetusta ei nähty vielä tarpeelliseksi, mutta havaittiin, että happipitoisuus oli ollut kesällä 2002 ja talvella 2003 hyvin alhainen jo kuuden metrin syvyydessä. Sen jälkeen Hunttijärvessä on esiintynyt happikatoja useammin. Mäntsälän kunnan, Hunttijärven yhteisen vesialueen osakaskunnan ja Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen yhteistyöprojektina Hunttijärvelle tehtiin hapetussuunnitelma vuonna 2011. Suunnitelmassa esitellään Hunttijärvelle sopivia hapetuslaitteita. Lisäksi laitteen sijoituspaikka ja hapetusaika esitetään suunnitelmassa ja annetaan ohjeita hapetuksen vaikutuksen seurantaan.  Hunttijärven kesäaikaisia happikatoja ehkäistään hapettamalla. Laskelmien perusteella voidaan todeta, että järvessä on selvää hapetusarvetta. Kesäaikaiseksi hapetustarpeeksi arvioitiin 170 - 200 kg happea päivässä. Laitte ei saa rikkoa järven lämpötilakerrostuneisuutta. Talviaikaista hapetusta ei vielä nähdä tarpeelliseksi. Talvella kannattaa seurata kuitenkin veden happipitoisuutta tiiviimmin, jolloin mahdollinen tarve saadaan näkyviin.  Hunttijärven veden laatua tulee seurata, jotta hapetuksen vaikutukset alusveden happipitoisuuteen ovat havaittavissa. Hapetuslaitteen toimittajalta tulee saada vuosittain raportti hapetuksen riittävydestä. Veden happipitoisuus kannattaa määrittää sekä vesianalyysin että happimittarilla.  Hankkeesta on erittäin tärkeää tiedottaa paikanpäällä esimerkiksi uimarannan ilmoitustaululla että yleisemmin mäntsäläläisille sekä osakaskunnille. Yleistä tiedotusta voidaan tehdä paikallislehtien avulla.				
Asiasanat Mäntsälä, järvien kunnostus, Hunttijärvi, hapetus				
ISBN (painettu)	ISBN (PDF) 978-952-257-352-0	ISSN-L 1798-8101	ISSN (painettu)	ISSN (verkojulkaisu) 1798-8071
Kokonaissivumäärä 33		Kieli Suomi		Hinta (sis. alv 8 %)
Julkaisun myynti/jakaja Julkaisu on saatavana vain verkossa: <a href="http://www.ely-keskus.fi/uusimaa/julkaisut">www.ely-keskus.fi/uusimaa/julkaisut</a>				
Julkaisun kustantaja				
Painopaikka ja -aika				

# PRESENTATIONSBLAD

Publikationens serie och nummer Närings-, trafik- och miljöcentralen i Nylands publikationer 11/2011				
Ansvarsområde Miljö och naturresurser				
Författare Anne-Marie Hagman		Publiceringsdatum Oktober 2011		
		Utgivare Närings-, trafik- och miljöcentralen i Nyland		
		Projektets finansiär/uppdragsgivare Mäntsälä kommun, Delägarlaget för samfällt vatten i sjön Hunttijärvi, Närings-, trafik- och miljöcentralen i Nyland		
Publikationens titel <b>Mäntsälän Hunttijärven hapetussuunnitelma</b> (Plan för syrsättning av sjön Hunttijärvi i Mäntsälä.)				
Sammandrag Sjön Hunttijärvi i Mäntsälä kommun lider i allmänhet av syrebrist under sommarhalvåret, men sällan under vintern. En iståndsättningsplan har utarbetats för sjön, därtill har belastningen på den och fiskbeståndet i den kartlagts. Syrsättning rekommenderas inte i ståndsättningsplanen, men man noterade att syrehalten var mycket låg redan på sex m djup sommaren 2002 och vintern 2003. Under senare år har syrebrist ofta förekommit i sjön. År 2011 utarbetade Mäntsälä kommun, delägarlaget för samfällt vatten i sjön Hunttijärvi och Närings-, trafik- och miljöcentralen i Nyland tillsammans en syrsättningsplan. I den presenteras lämpliga syrsättningsanläggningar, placeringsplats och syrsättningsperiod. I planen ingår även instruktioner om hur effekterna av syrsättningen bör följas upp.  Syrebristen i sjön Hunttijärvi under sommaren kan förhindras genom syrsättning. Beräkningarna visar att ett syrsättningsbehov föreligger. Under sommarhalvåret beräknas behovet vara 170-200 kg syrgas per dag. Syrsättningen får inte utföras så, att den bryta temperaturskiktningen i sjön. Tillsvidare anses det inte finnas behov av syrsättning vintertid. Det är dock skäl att noggrant följa upp syrgashalten i vattnet under vinterhalvåret för att klarlägga ett eventuellt syrsättningsbehov.  Vattenkvaliteten i sjön Hunttijärvi bör följas upp så, att syrsättningens inverkan på syrgashalten i vattnet klargörs. Den som levererar syrsättningsanläggningen bör årligen rapportera om mängden syrgas varit tillräcklig. Det är skäl att mäta syrgashalten i vattnet både i laboratorium och med syrgasmätare.  Det är ytterst viktigt att tydligt informera om syrsättningen på anslagstavlan vid badstranden och dessutom sprida information till alla kommuninvånare och delägarlag, t ex via lokaltidningar.				
Nyckelord Mäntsälä, restaurering av sjöar, Hunttijärvi, syrsättning				
ISBN (tryckt)	ISBN (PDF) 978-952-257-352-0	ISSN-L 1798-8101	ISSN (tryckt)	ISSN (webbpublikation) 1798-8071
Sidantal 33		Språk finska		Pris (inneh. moms 8%) -
Beställningar/distribution Publikationen finns endast på webben: <a href="http://www.ely-centralen.fi/nyland/publikationer">www.ely-centralen.fi/nyland/publikationer</a>				
Förläggare				
Tryckeri, ort och tidpunkt				



Uudenmaan elinkeino-, liikenne-  
ja ympäristökeskus  
Asemapäällikönkatu 14  
PL 36, 00521 Helsinki  
puh. 020 63 60070  
[www.ely-keskus.fi/uusimaa](http://www.ely-keskus.fi/uusimaa)

ISSN 1798-8071 (verkkojulkaisu)  
ISBN 978-952-257-352-0 (verkkojulkaisu)