



Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus

Uusimaa

Karkkilan Pyhäjärven hapetus- suunnitelma

Karkkilan kuntakohtainen järvikunnostusohjelma

11/2010

Uudenmaan elinkeino-, liikenne ja ympäristökeskuksen julkaisuja

Karkkilan Pyhäjärven hapetus-/ ilmastussuunnitelma

Karkkilan kuntakohtainen järvikunnostusohjelma

Anne-Marie Hagman

Helsinki 2010

Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus



UUDENMAAN ELINKEINO-, LIIKENNE- JA YMPÄRISTÖKESKUKSEN JULKAISUJA 11 | 2010
Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus

Kannen taitto: Anne-Marie Hagman

Julkaisu on saatavana myös internetistä:
<http://www.ely-keskus.fi/uusimaa/julkaisut>

ISBN 978-952-257-091-8 (PDF)
ISSN 1798-8071 (verkkokj.)

SISÄLLYS

1	Johdanto.....	4
2	Aineisto ja menetelmät.....	5
3	Hapetus tai ilmastus kunnostusmenetelmänä.....	6
4	Pyhäjärven veden happipitoisuus.....	7
5	Hapetus- tai ilmastuslaitteen valinta ja mitoitus	9
5.1	Hapetus- tai ilmastuslaitteen tyyppi.....	9
5.2	Hapetus- tai ilmastustarve	9
6	Tarkasteltavat hapetus- tai ilmastuslaitteet	10
6.1	Ilmastimet.....	10
6.1.1	Waterix AIRIT 70.....	10
6.1.2	Waterixin AIRIT 200	11
6.1.3	Visiox-ilmastin (Vesi-Eko Oy).....	11
6.1.4	Enviro Botnia System (Enviro Botnia Oy)	12
6.1.5	Meduusa (Lainpelto Oy).....	13
6.2	Hapettimet.....	13
6.2.1	Mixox-hapetin (Vesi-Eko Oy).....	13
6.3	Sekoittimet.....	14
6.3.1	Kasco-jäänestäjä (Nautikulma)	14
6.4	Sähkönkulutus.....	15
6.5	Ilmastuslaitteiden sijainti	16
7	Turvallisuuskohdat	17
8	Hapetuksen seuranta	18
8.1	Happipitoisuus.....	18
8.1.1	Happinäytteiden ottaminen	18
8.1.2	Happipitoisuuden määrittäminen happimittarilla.....	18
8.2	Muut analyysit	18
8.3	Veden näkösyvyys.....	19
9	Ilmastuksen kesto.....	20
9.1	Ilmastustarpeen uudelleen arviointi	20
9.2	Ilmastamisen aloitusajankohdan määrittäminen kesällä	20
9.3	Ilmastamisen aloitusajankohta talvella.....	21
9.4	Ilmastuksen lopettaminen	21
10	Yhteenveto.....	22
	Lähteet	23
	Liitteet.....	24
	Kuvailulehti.....	25
	Presentationsblad.....	26

1 Johdanto

Karkkilan kaupungissa sijaitsevassa Pyhäjärvessä (kuva 1) esiintyy kesäaikaisia happikatoja. Järvelle tehdyssä kunnostussuunnitelmassa (Hagman 2009) suositeltiin tarkemman hapetus-ilmastussuunnitelman tekemistä. Karkkilan kaupungin ja Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen yhteistyöprojektina tehtiin hapetus-/ilmastussuunnitelma vuonna 2010. Suunnitelmassa esitellään Pyhäjärvelle sopivia hapetus- ja ilmastuslaitteita. Lisäksi hapettimen / ilmastimen sijoituspaikka ja hapetus-/ilmastusaika esitetään suunnitelmassa ja annetaan ohjeita hapetuksen / ilmastuksen vaikutuksen seurantaan.

Työtä ovat kommentoineet Minna Sulander (Karkkilan kaupunki), Sirpa Penttilä ja Jarmo Vääriskoski (Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus). Samoin osakaskuntien Erkki Olsson on hyväksynyt suunnitelman.



Kuva 1. Pyhäjärven sijainti Karkkilassa. Mittakaava 1 : 75 000. Luvat Maanmittauslaitos lupa nro 7/MLL/08 ja Genimap Oy, lupa L4659/42.

Pyhäjärven kunnostussuunnitelmassa suositeltiin hapetussuunnitelman lisäksi järven kunnostamiseksi toimenpiteitä, jotka vähentävät järven ulkoista kuormitusta. Samoin tehokas ehdotettiin jatkettavan. Järvi kärsii kesäaikaisin sisäisestä kuormituksesta ja tähän pitäisi voida vaikuttaa hapetuksella/ ilmastuksella. Pelkäämään hapettamalla/ilmastamalla ei järven tilaa saada parannettua. Hapettamalla /ilmastamalla voidaan vähentää sisäistä kuormitusta ja sitä kautta parantaa myös veden laatua.

2 Aineisto ja menetelmät

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

Pyhjärvestä löytyy paljon vedenlaatutietoa, joten sen hapetus-/ilmastustarpeen arviointi on luotettavalla pohjalla. Kesäaikainen sallittu alenema on noin 0,07 mg/l/d (Lappalainen ja Lakso 2005). Pyhjärven havaittu hapen alenema laskettiin ajalle 1.5. - 15.8. Tälle välille tulee yhteensä 107 päivää. Touko-kuussa oletetaan alusveden happipitoisuuden olleen 12 mg/l kevättäyskierron seurauksena. Elokuun puolessa välissä happipitoisuus oli seitsemän metrin syvyydessä enää 0,5 mg/l. Alenema on siis $(12 - 0,5)/107 = 0,11$ mg/l /d.

Hapetus-/ilmastustarvetta olisi yksinkertaista arvioida vähentämällä alenemasta sallittu arvo eli $0,11 - 0,07 = 0,04$ mg/l /d. Saatu tulos pitäisi tuottaa hapettamalla tai ilmastamalla. Tämä kuitenkin on yleensä liian alhainen, koska yleensä hapetuksen tai ilmastuksen alkuvaiheessa mikrobien aktiivisuus kasvaa ja samalla myös hapentarve. Lappalaisen ja Lakson (2005) mukaan hapetus-/ilmastustarve voidaan laskea ottamalla hajotusaktiiviteetin kasvaminen huomioon seuraavalla yhtälöllä:

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

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

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 m³).

Sähkönkulutuksen arvioinnissa käytettiin Fortumin www-sivuilla (14.1.2010) annettua yleissähkön hintaa (6,36 c/kWh). Lisäksi huomioitiin sähkönsiirtohintaa ja sähkövero. Näiden yhteenlaskettu summa kerrottiin laitteiden vuorokaudessa käyttämällä kilowattien määrällä.

Tarjouspyyntö laitettiin HILMAan ja lähetettiin valituille laitevalmistajille 1.4.2010.

3 Hapetus tai ilmastus kunnostusmenetelmänä

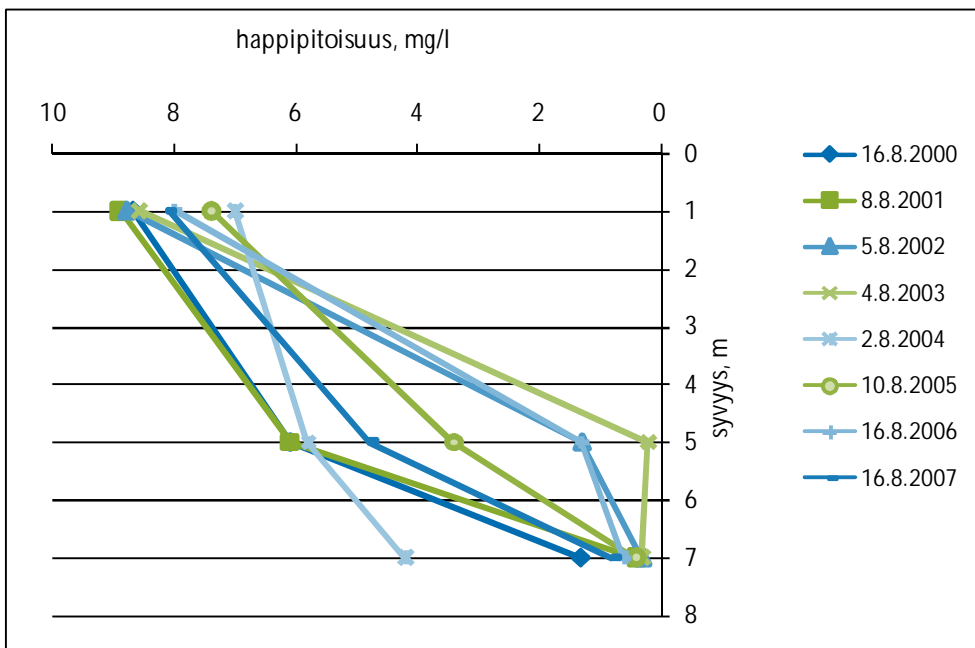
Hapettaminen tai ilmastaminen voi vähentää sisäistä kuormitusta ja tätä kautta fosforin vapautumista sedimentistä. Fosfori sitoutuu rauta- ja mangaaniyhdisteisiin hapellisissa olosuhteissa (Lappalainen & Lakso 2005). Hapetuksella/ilmastuksella voidaan rikkoa järven lämpötilakerrostuneisuus joko tarkoituksella 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 epäodennäköisempää. 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 kaasu-rakkula. Kerrostuneisuuden purkautuminen lisää veden sekoittumista ja nopeasti vajoavat kasviplanktonilajit (esim. piilevät) tulevat kilpailukykyisemmiksi (Cooke ym. 2005).

Hapetuksella/ilmastuksella 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/ilmastamalla 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 vesikirppuista 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.

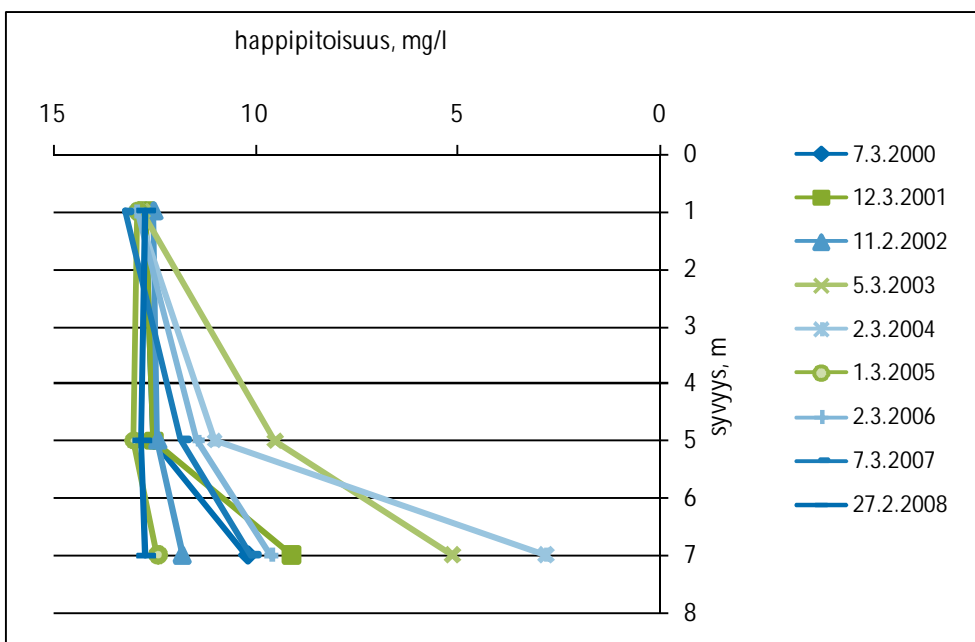
Jungon ym. (2001) mukaan sekoittumisella voidaan vaikuttaa kasviplanktonin koostumukseen, jos kasviplanktonilajien esiintymistä rajoittaa valon puute. Jos ravinteet ovat rajoittavana tekijänä kasviplanktonille, niin sekoittuminen voi lisätä levien määriä, jos ravinnepitoisuus kasvaa sekoittumisen myötä. 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.

4 Pyhäjärven veden happipitoisuus

Pyhäjärven veden happipitoisuus on loppukesäisin 2000-luvulla ollut hyvin usein alle 2 mg/l seitsemän metrin syvyydessä (kuva 2). Talvisin happipitoisuus on pysynyt pääosin hyvänä (kuva 3). Happipitoisuutta ei ole määritetty 2000-luvulla seitsemää metriä syvemmältä. Luultavasti vesi on hapetonta aivan pohjan lähellä. Tällöin myös ravinteiden vapautuminen on todennäköisempää.



Kuva 2. Pyhäjärven happiprofiilit loppukesäisin.



Kuva 3. Pyhäjärven lopputalven happiprofiilit.

Myös kuuden metrin syvyydessä voidaan olettaa olevan hyvin alhaisia happipitoisuuksia. Tässä syvyydessä ja sitä syvemmillä on 19 % koko järven tilavuudesta ja 37 % pinta-alasta (taulukot 1 ja 2). Täältä alalta voi vapautua fosforia. Pyhjärven koko tilavuus on 6 438 10³ m³.

Taulukko 1. Pyhjärven tilavuudet ja niiden osuudet syvyyssuokittain.

Syvyyssuokka	Tilavuus, 10 ³ m ³	Osuus (%) tilavuudesta
0 – 1	1 299,77	20
1 – 2	1 113,13	17
2 – 3	856,36	13
3 – 4	712,84	11
4 – 5	633,35	10
5 – 6	553,98	9
6 – 7	476,2	7
7 – 8	384,94	6
8 – 9	269,15	4
9 – 10	131,63	2
10 – 11	6,8	0
Yhteensä	6 438,15	100

Taulukko 2. Pyhjärven pinta-ala eri syvyyksissä.

Syvyys, m	ala, ha	Osuus (%) alasta
0	137,88	100
1	123,05	89
2	98,26	71
3	75,89	55
4	67,21	49
5	59,51	43
6	51,42	37
7	43,73	32
8	32,79	24
9	20,69	15
10	4,14	3

5 Hapetus- tai ilmastuslaitteen valinta ja mitoitus

5.1 Hapetus- tai ilmastuslaitteen tyyppi

Pyhäjärvelle täytyy valita sellainen hapetus-/ilmastuslaite, joka tuottaa tarvittavan määrän happea. Tarkoitus on estää ravinteiden vapautumista sedimentistä ja näin vähentää sisäistä kuormitusta. Laitteen valinnassa tulee ottaa huomioon mikrobiotoininnan lisääntyminen happipitoisuuden kohotessa, mikä lisää hapetus-/ilmastustarvetta. Pyhäjärvelle sopii sekä päällysvettä alusveteen kierrättävä hapetin että sellainen ilmastintyyppinen laite, joka imee pohjan läheltä vähähappista vettä ylös ja ilmastaa sen. Ilmastettu vesi pitää palauttaa putkea pitkin takaisin alusveteen. Laite ei saa rikkoa järven lämpötilakerrostuneisuutta.

5.2 Hapetus- tai ilmastustarve

Syvien järvien hapetus mitoitetaan vastaamaan alusveden tilavuutta. Pyhäjärven alusvedeksi katsotaan kuuden metrin syvyydessä ja sitä syvemmällä oleva vesimassa. Sen tilavuus on $1268,72 \cdot 10^3 \text{ m}^3$. Kriittinen sallittu hapenkulutus kesällä on $0,07 \text{ mg/l d}$ (Lappalainen ja Lakso 2005). Pyhäjärven laskettu hapen alenema oli $0,11 \text{ mg/l}$ päivässä. Tuloksen mukaan Pyhäjärvellä on selvää hapetus-/ilmastustarvetta. Hapetuksella tai ilmastuksella pitäisi periaatteessa saada tuotettua näiden lukujen erotus, mutta käytännössä hapetus-/ilmastustarve on todennäköisesti suurempi.

Pyhäjärven hapetus-/ilmastustarve laskettiin yhtälöllä $HT = Ba \cdot (dO_2/dt - KrdO_2/dt) \cdot Vh$, jossa HT = todellinen hapetus-/ilmastustarve (kg/d happea), Ba = mikrobiaktiivisuuden kohoamiskerroin (yleensä $1,5 \dots 2 - 4$ 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 ($1\ 000 \text{ m}^3$). Hapetus-/ilmastustarve laskettiin sekä Ba -arvolla 2 että 4 . Tulokseksi saatiin $Ht_2 = 2 \cdot (0,115 \text{ mg/l d} - 0,07 \text{ mg/l d}) \cdot 1268,72 \text{ m}^3 = 114 \text{ kg/d}$ ja $Ht_4 = 4 \cdot 0,115 \text{ mg/l d} - 0,07 \text{ mg/l d}) \cdot 1268,72 \text{ m}^3 = 228 \text{ kg/d}$.

Saarijärven (2010) mukaan enin osa hapen kulutuksesta tapahtuu järven pohjasedimentissä, joten hapen kulumisnopeus voidaan arvioida myös alusveden alle jäävän sedimentin pinta-alalla. Kuutta metriä syvempien alueiden pinta-ala on $51,42 \text{ ha}$ eli $514\ 200 \text{ m}^2$. 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). Karkkilan Pyhäjärven elokuun seitsemän metrin tulosten keskiarvo oli 2000 -luvulla $12,9$ astetta, joten hapenkulumisnopeus lienee suuruusluokkaa $700 \text{ mg/m}^2/\text{d}$. Hapen kulumisnopeus olisi tällöin $0,7 \text{ g/m}^2/\text{d} \cdot 514\ 200 \text{ m}^2 = 360 \text{ kg/d}$. Jos edellä lasketuista luvuista vähennetään ns. sallittu alenema, $0,07 \text{ mg/l/d}$, saadaan: $360 \text{ kg/d} - 0,07 \text{ g/m}^3/\text{d} \cdot 1268,72 \cdot 10^3 \text{ m}^3 = 360 \text{ kg/d} - 88,8 \text{ kg/d}$. Tällöin alempi arvio kulutuslukemasta olisi noin 270 kg/d .

Yhteenveto

Pyhäjärvelle hankittavan hapettimen tai ilmastimen tulee tuottaa happea 270 kg vuorokaudessa. Hapetus- tai ilmastustarve valittiin korkeimman kertoimen mukaiseksi, jotta laite ei osoittautuisi alitehoiseksi. Laite ei saa rikkoa järven lämpötilakerrostuneisuutta.

6 Tarkasteltavat hapetus- tai ilmastuslaitteet

Pyhjärven hapetuksella tai ilmastuksella on tarkoitus vähentää alusveden loppukesäisiä happikatoja ja sitä kautta myös sisäistä kuormitusta.

6.1 Ilmastimet

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

6.1.1 Waterix AIRIT 70

"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 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 mittaan. Huollon kannalta AIRIT® 70 ilmastin on erinomainen. Koska yleisesti asennetaan useampi laite yhteen altaaseen, voidaan huolto suorittaa prosessia keskeyttämättä. Tämä alentaa kokonaiskustannuksia, koska huollon aikaisia 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, 248 m³/h

Hyötysuhde: 2,0 kg O₂/kWh

Tuotto: 3,0 kg O₂/h, 72 kg O₂/d

Paino kellukkeilla: 34 kg

(Waterixin Internet-sivut 5.5.2010)

Tämän laitteen valinnasta: Airit 70 -laitteita tarvitaan neljä kappaletta Pyhjärven ilmastukseen. Toinen tapa on laittaa yksi Airit 70 ja yksi Airit 200 laite Pyhjärven.

6.1.2 Waterixin AIRIT 200

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

Laitteen maksimituotto on 8,3 kiloa happea tunnissa eli 200 kiloa vuorokaudessa. AIRIT® 200 ilmastimen korkea hyötysuhde takaa pienen energiankulutuksen ja laitteen hyötysuhde pysyy korkeana koko käyttöiän ajan. Laite on edullinen hankkia ja sen elinkaaren kokonaiskustannukset ovat huomattavasti markkinoilla olevia laitteita edullisempia. Koska AIRIT® 200 ilmastimen asennus ei tarvitse putkistoa tai kompressorihuoneita, vaan ainoastaan altaan ja sähköt, sen asennus on helppoa ja kapasiteettia voidaan lisätä jos puhdistamon kuormitus tilanne tulevaisuudessa niin vaatii. Kevyenä laitteena ja yksinkertaisena kokonaisuutena AIRIT® 200 ilmastimet ovat hyvin helppoja asentaa.

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

Laite voidaan asentaa joko puomikiinnityksenä huoltosiltaan, erillisellä sivupuomilla tai omilla kellukkeilla. 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 kokonaiskustannuksia, 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, 824 m³/h

Hyötysuhde: 1,8 kg O₂/kWh

Tuotto: 8,3 kg O₂/h, 199 kg O₂/d

Paino kellukkeilla: 110 kg

(Waterixin Internet-sivut 5.5.2010)

Tämän laitteen valinnasta: Airit 200 tuottaa happea 199 kg päivässä, sen lisäksi tarvitaan yksi Airit 70 laite.

6.1.3 Visiox-ilmastin (Vesi-Eko Oy)

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

Hyödyt ja ominaisuudet lyhyesti:

- Ei riko vesistön kerrostuneisuutta, jolloin alusveden ravinteet pysyvät harppauskerroksen alapuolella.
- Parantaa kalaston ja eliöstön elinmahdollisuuksia erityisesti loppupalvesta, jolloin vesistön omat happivarat ovat vähimmillään

- Hapettaa pohjanläheistä vettä, jolloin vesistön sisäinen kuormitus pienee ravinteiden vapautumisen 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 (Sassi ja Keto 2005). 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-esitys 2007).

Sähköteho, kW	3,0	4,0	5,5	7,5
Veden virtaama, l/s	130	160	200	230
Hapetusteho, kg O ₂ /d	72	100	135	155

(Vesi-Ekon Internet-sivut 5.5.2010)

Tämän laitteen valinnasta: Kaksi Visiox (5,5 kW) -laitetta riittää Pyhäjärven ilmastukseen.

6.1.4 Enviro Botnia System (Enviro Botnia Oy)

"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 typpikaasun 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 2500 kuutiota/tunti tehoon saakka. Yhteen pumppuun voidaan liittää 5 pohja-ilmastuskennoa (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, lintualltaat, kalan- ja ravunkasvatusaltaat, venepaikat, laiturit...)"

- "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 internetsivut 5.5.2010)

Tämän laitteen valinnasta: EBS-menetelmä ei sovi Pyhäjärven ilmastukseen, koska se rikkoo järven lämpötilakerrostuneisuuden.

6.1.5 Meduusa (Lainpelto Oy)

"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 kestämaan 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 kierräysmateriaaleista 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. 1,6.6 m (vakaajien kanssa)
- Pituus: n. 1 – 6 m (nousuputki säädettävissä)
- Paino: n. 30 kg
- Energiakulutus: vuorokaudessa 6 KWH / 0.35 €
- Vedenkäsittelyvolyymi: vuorokaudessa 180 m³
- Hapetuskyky: vaihtelevasti riippuen lähtötilanteesta esim. lähtötilanne vesi 0.4 mg / l O₂, lopputilanne 8 mg / l O₂; käytännössä n. 58 %

(Lainpellon Internet-sivut 5.5.2010)

Tämän laitteen valinnasta: Meduusa ei sovi Pyhäjärven ilmastukseen, koska se rikkoo järven lämpötilakerrostuneisuuden. Myöskään sen teho ei luultavasti riitä Pyhäjärven ilmastustarpeeseen.

6.2 Hapettimet

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

6.2.1 Mixox-hapetin (Vesi-Eko Oy)

"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 tiheuserot 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-esite 2003).

Taulukko 4. Mixox-hapettimien neljä eri peruskokoa ominaisuuksineen.

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

Tämän laitteen valinnasta: Mixox-750-laite sopii Pyhäjärvelle.

6.3 Sekoittimet

6.3.1 Kasco-jäänestäjä (Nautikulma)

"Kasco jäänestäjä toimii potkurivirralla. Suurella potkurilla (Ø 23cm) saadaan suuret vesimassat liikkeelle ja veden virtaus on tasaista ja ulottuu laajalle alueelle. Laitteita on saatavissa kolmea erilaista (taulukko 5).

Taulukko 5. Kasco-jäänestäjien kolme eri kokoa.

	Kasco 2400	Kasco 3400	Kasco 8400
Työntövoima, kg	11	14	35
Paino, kg	12	16	25
Teho	½ hv (2,2A / 220V)	¾ hv (3,5A / 220V)	1 ½ hv (6,9A / 220V)

(Nautikulman Internet-sivut 5.5.2010)

Tämän laitteen valinnasta: Jäänestäjä ei hapeta vaan ainoastaan sekoittaa vettä. Tästä syystä Kasco-jäänestäjä ei riitä tuottamaan tarpeeksi happea Pyhäjärven alusveteen.

6.4 Laitteiden sähkönkulutus

Sähkönkulutus tarkasteltiin vain Pyhäjärvelle sopivista laitteista. Kun tarkastellaan hapettimien ja ilmastimien sähkönkulutusta, voidaan vertailla laitteiden tehoja (kW). Fortumin ilmoittama (14.1.2010) Takuu-sopimuksen yleissähkön hinta on 6,36 c/kWh eli 0,0636 euroa/kWh. Sähkön yleissiirron hinta on 2,77 c/kWh eli 0,0277 euroa/kWh. Sähkövero on 1,0773 c/kWh eli 0,010773 euroa/kWh. Yhteensä näistä tulee 0,102073 euroa/kWh (taulukko 6).

Taulukko 6. Eri laitteiden tehot ja sähkönkulutus.

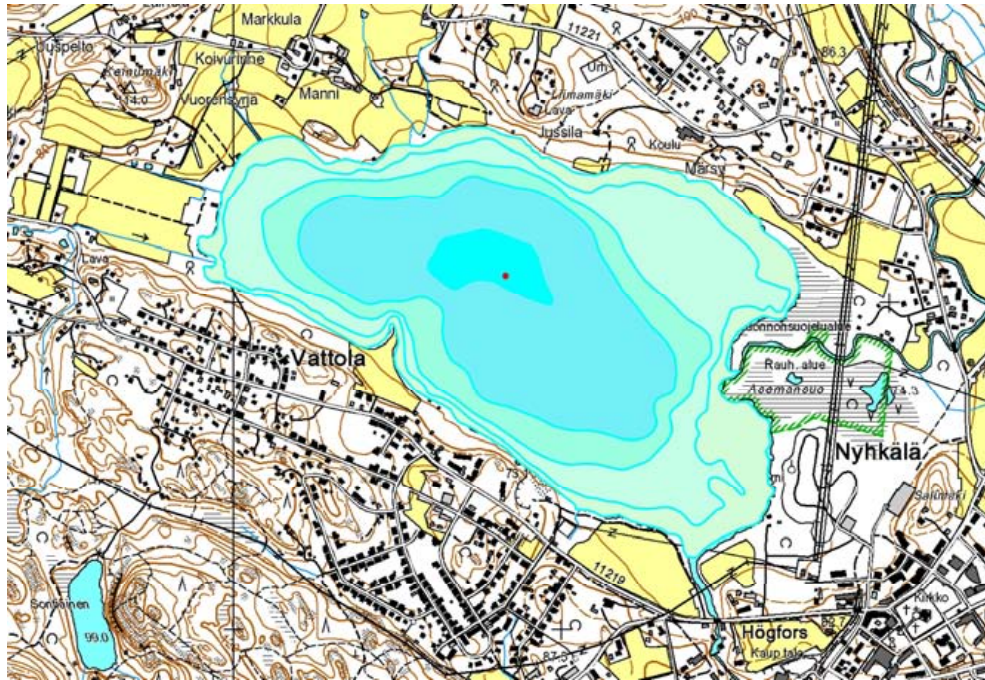
	Airit 70	Airit 200	Airit 70 + 200	Mixox- 750	Visiox (2 kpl ; 5,5 kW)
Teho, kW	1,5	5,5	7,0	1,1	11
sähkönkulutus, kWh/vrk	36	132	168	26,4	312
Hinta, euroa /vrk	3,67	13,47	17,15	2,69	31,8
Hinta, euroa / kk	110	404	514	81	955

7 Pyhäjärven ilmastaminen

Karkkilan kaupunki päätti hankkia Pyhäjärvelle Waterixin Airit 200- ja Airit 70-ilmastimet. Nämä tuottavat happea yhdessä 272 kg.

7.1 Ilmastuslaitteiden sijainti

Ilmastuksella on tarkoitus vähentää alusveden hapettomuutta Pyhäjärven alueella. Ilmastuslaitteet sijoitetaan syvännealueelle (kuva 4).



Kuva 4. Ilmastuslaitteet sijoitetaan Pyhäjärven syvännealueelle. Syvin kohta (10,55 m) näkyy kartassa punaisena pisteellä. Mittakaava 1: 10 000. Luvat SYKE ja Maanmittauslaitos lupa nro 7/MLL/10.

8 Turvallisuusnäkökohdat

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

Ilmastuksesta kannattaa tiedottaa paikallislehdissä. Myös uimarannan ilmoitustaululle on hyvä laittaa tiedote.

Pyhjärven talviaikaiset happipitoisuudet ovat olleet hyvällä tasolla, eikä järven talviaikaista ilmastusta nähdä tarpeellisena. Pyhjärvelle hankitut ilmastimet pitää poistaa järvestä talven ajaksi, jos niitä ei käytetä, jotta ne eivät rikkoontuisi (Martikainen, suullinen tiedonanto). Jos laitteita ei haluta poistaa, täytyy ne käynnistää ennen jäiden tuloa. Talviaikaan ilmastettaessa tulee huolehtia siitä, että järvellä ja rannalla liikkujat tietävät heikentyneistä jäistä. Tiedottamisessa voidaan hyödyntää paikallislehtiä. Järven rannalle kannattaa pystyttää varoituskylttejä. Järveen voidaan merkitä heikentyneen jään alue esimerkiksi lippusiimalla.



Kuva 5. Airit 200 odottamassa asentamista kesällä 2010.

9 Ilmastuksen seuranta

9.1 Happipitoisuus

9.1.1 Happinäytteiden ottaminen

Pyhäjärven veden laatua seurataan Hiidenveden yhteistarkkailun vapaaehtoisessa osuudessa. Näytteitä otetaan tarkkailussa kaksi kertaa vuodessa.

Pyhäjärven ilmastuksen vaikutusta kannattaa seurata mittaamalla veden happipitoisuutta joko ottamalla happinäytteitä tai happimittarin avulla. Tärkeimmät ajankohdat näytteiden otolle ovat loppukesällä heinä-elokuussa. Happinäytteitä olisi hyvä ottaa ainakin kerran kuukaudessa.

9.1.2 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 mitaus 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 mittaja vaihtuu, kannattaa aiemmin mitanneen henkilön opastaa uusi mittaja laitteen käyttämiseen.

Markkinoilla olevia happimittareita:

YSI ProODO, Pro20

HQD-mittarit

Marvet Junior 2000

Hanna HI 9142

Oxi 3210 ja 3310

9.2 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.

9.3 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).



Kuva 6. Airit 70 -laite odottamassa asennusta uimarannalla kesällä 2010.

10 Ilmastuksen kesto

10.1 Ilmastustarpeen uudelleen arviointi

Ilmastus on pääsääntöisesti useita vuosia kestävää järven kunnostamista. Se parantaa veden happipitoisuutta ja voi vähentää sisäistä kuormitusta. Niin kauan kun Pyhäjärveen tulee järven sietokyvyn ylittämä määrä ulkoista kuormitusta, joudutaan ilmastusta luultavasti jatkamaan.

Järven tulevan ulkoisen kuormituksen arviointi perustuu laskennallisiin malleihin. Kuormitusarviointi voidaan tehdä esimerkiksi viiden vuoden kuluttua uudelleen. Tähän arviointiin kannattaa sisällyttää myös maastokäyntejä. Maastokäynneillä käydään katsomassa järven lähivaluma-alueen tulopurojen kuntoa. Oleellista on selvittää, minkälaista vettä puroissa kulkee. Onko se savista tai humusta sisältävää. Samoin uoman kasvillisuutta kannattaa tarkastella; onko uoma kasvamassa umpeen. Myös uoman reunojen kuntoa kannattaa selvittää, ovatko ne eroosioherkkiä.

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

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

10.2 Ilmastamisen aloitusajankohdan määrittäminen kesällä

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

Pyhäjärvässä on usein esiintynyt alusveden alhaisia happipitoisuuksia tai happettömyyttä loppukesäisin. Vesinäytteet on otettu elokuussa, eli kesä- ja heinäkuun tilanteesta ei ole tietoa. On täysin mahdollista, että alusveden happipitoisuus on hyvin alhainen jo heinäkuussa. Yleensä toukokuussa vesimassa on vielä sekoittunut kevättäyskierron seurauksena ja veden happipitoisuus on hyvä. Kesäkuussa voidaan havaita alusveden happipitoisuudessa jo alentumista.

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

10.3 Ilmastamisen aloitusajankohta talvella

Pyhäjärvässä ei tarvitse ilmastaa talvella, koska veden happipitoisuudet ovat pysyneet hyvinä talviaikaan. Kuitenkin ilmastimien toiminnan kannalta talviaikainen ilmastus on hyväksi. Laitteet pitäisi poistaa järvestä talveksi, jos niitä ei aiota käynnistää niiden rikkoutumisen ehkäisemiseksi.

Aloitusajankohta pitää ajoittaa jäiden tuloon. Eli ilmastimet tulee käynnistää ennen koko järven umpeen jäätymistä.

10.4 Ilmastuksen lopettaminen

Edellä mainitun pohdinnan perusteella on vaikea arvioida, koska ilmastuksen voi lopettaa kokonaan. Kun ulkoista kuormitusta on saatu vähennettyä, voidaan harkita ilmastuksen keston vähentämistä. Päätöksen pitää pohjautua kyseessä olevan kesän alusveden hyviin happipitoisuuksiin. Jos happipitoisuudet ovat alhaisia, ei ole järkevää lopettaa ilmastusta.

Jos Pyhäjärven loppukesän alusveden happipitoisuudet alkavat olla hyvällä tasolla, on mahdollista jättää ilmastus väliin. Mutta happipitoisuuksia kannattaa seurata, jotta niiden heikentyessä ilmastimet saadaan käynnistettyä.

11 Yhteenveto

Pyhäjärven kesäaikaisia happikatoja ehkäistään aloittamalla ilmastus kesällä 2010. Hapetustarpeeksi arvioitiin 270 kg happea päivässä. Laite ei saa rikkoa järven lämpötilakerrostuneisuutta. Laitteen hankinnasta tehtiin avoin tarjouskilpailu.

Karkkilan kaupunki päätti hankkia Waterixin Airit 70- ja Airit 200 -laitteiden yhdistelmän, joka tuottaa happea veteen 272 kg päivässä. Ilmastimet asennetaan syvänealueelle kesäkuun 2010 puolessa välissä.

Pyhäjärven veden laatua seurataan, jotta ilmastuksen vaikutukset alusveden happipitoisuuteen ovat havaittavissa. Veden happipitoisuus kannattaa määrittää sekä vesianalyysein että happimittarilla.

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

LÄHTEET

- 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 internetsivut. (Päivitysaika ei selviä sivuilta). www.fortum.fi. Fortum > Tuotteet ja hinnat > Fortum Takuu sähkö > Hinnat > Fortum Takuu. [viitattu 14.1.2010.]
- Enviro Botnian internetsivut. (Päivitysaika ei selviä sivuilta). www.envirobotnia.com. Enviro Botnia > Ilmastuslaite. [Viitattu 5.5.2010.]
- Evans R. D. 1994. Empirical evidence of the importance of sediment resuspension in lakes. *Hydrobiologia* 284 (1) : 5–12.
- Hagman A.-M. 2009. Karkkilan Pyhäjärven kunnostussuunnitelma. Uudenmaan ympäristökeskus, Helsinki. Uudenmaan ympäristökeskuksen raportteja 14 /2009. 51 s. ISBN 978-952-11-3580-4.
- 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. Lainpelto > Meduusa. [Viitattu 5.5.2010.]
- 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, 603 s. (Väitöskirja)
- Martikainen T. 22.4.2010. Suullinen tiedonanto.
- Mixox-esite. 2003. Mixox-hapetus. Vesi-Eko Oy. 18.3.2003. www.vesieko.fi. Vesi-Eko > hapetus ja ilmastus > Mixox-hapetin > lataa esite [julkaisematon esite.]
- Nautikulman internetsivut. (Päivitysaika ei selviä sivuilta). www.nautikulma.fi. Nautikulma > Tuotteet > Laituritarvikkeet > jäänestäjä. [Viitattu 5.5.2010.]
- Saarijärvi E. 2010. Sähköposti 12.4.2010 koskien Pyhäjärven hapetustarpeen arviointia.
- Saarijärvi E. 2007. Visiox-ilmastimien tuotetiedot, muistio 27.4.2007. Vesi-Eko Oy. 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.
- Vesi-Ekon internetsivut. (Päivitysaika ei selviä sivuilta). www.vesieko.fi. Vesi-Eko > hapetus ja ilmastus > Mixox-hapetin. [Viitattu 5.5.2010.]
- Vesi-Ekon internetsivut. (Päivitysaika ei selviä sivuilta). www.vesieko.fi. Vesi-Eko > hapetus ja ilmastus > Visiox-ilmastin. [Viitattu 5.5.2010.]
- Waterixin internetsivut. (Päivitysaika ei selviä sivuilta). www.waterix.com. Waterix > tuotteet > Airit ilmastimet > Airit 70. viitattu 5.5.2010]
- Waterixin internetsivut. (Päivitysaika ei selviä sivuilta). www.waterix.com. Waterix > tuotteet > Airit ilmastimet > Airit 200. viitattu 5.5.2010]

Liite 1.**Hapen mittaus happimittarilla – tarkemmat ohjeet****Yleistä mittarin käsittelystä**

Happimittaria tulee käsitellä huolella ja varovaisesti. Laite 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 mittauspai-
kalla.

Mittauspaikat

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

Mittauspaikkojen syvyydet tulee määrittää ennen ensimmäistä hapen mittaus-
ta esim. edellisenä päivänä laskemalla jokin paino narun varassa pohjaan. Tämän jälkeen mittaustaikojen syvyydet 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 ilmastointi-
teipillä. 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 muuta-
man metrin päähän. Ensimmäinen mittaus kannattaa tehdä yhden metrin syvyy-
destä. Tämän jälkeen mittauksia voi tehdä metrin välein ja kirjata lukemat ylös. Tämä helpottuu jos mittauksia tekee kaksi henkilöä. Mittaajan vaihtuessa edellisen mittaajan kannattaa opastaa seuraajansa mittarin käyttöön.

Kalibrointi

Happimittarin kalibroinnin voi joidenkin mittareiden kohdalla tehdä itse tai lait-
teen voi lähettää kalibroitavaksi. Jos kalibrointi tehdään itse, tulee se tehdä kysei-
sen 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.

KUVAILEHTI

Julkaisusarjan nimi ja numero Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen julkaisuja 11/2010				
Vastuualue Ympäristö ja luonnonvarat				
Tekijät Anne-Marie Hagman		Julkaisuaika Kesäkuu 2010		
		Julkaisija Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus		
		Hankkeen rahoittaja/toimeksiantaja		
Julkaisun nimi Karkkilan Pyhäjärven hapetus-/ilmastussuunnitelma Karkkilan kuntakohtainen järvikunnostusohjelma				
Tiivistelmä Karkkilan kaupungin taajamassa sijaitsevassa Pyhäjärnessä esiintyy kesäaikaisia happikatoja. Järvelle tehtiin vuonna 2009 kunnostussuunnitelma Uudenmaan ympäristökeskuksen ja Karkkilan kaupungin yhteistyöprojektina. Suunnitelmassa esitettiin tarkemman hapetus- tai ilmastussuunnitelman tekemistä. Pyhäjärven kunnostussuunnittelua jatkettiin vuonna 2010 tekemällä Karkkilan kaupungin ja Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen yhteistyöprojektina Pyhäjärvelle hapetus/ilmastussuunnitelma. Suunnitelmassa laskettiin Pyhäjärven hapetustarve ja esitettiin laitteen sijoituspaikka ja hapetusaika. Lisäksi suunnitelmassa esitettiin ohjeita hapetuksen vaikutuksen seurantaan sekä ilmastuksen aloittamisajankohdan määrittämiseksi. Pyhäjärven kesäaikaisia happikatoja ehkäistään aloittamalla ilmastus kesällä 2010. Hapetustarpeeksi arvioitiin 270 kg happea päivässä. Ilmastuslaite ei saa rikkoa järven lämpötilakerrostuneisuutta. Laitteen hankinnasta pidettiin avoin tarjouskilpailu. Karkkilan kaupunki päätti hankkia Waterixin Airit 70- ja Airit 200 -laitteiden yhdistelmän, joka tuottaa happea veteen 272 kg päivässä. Ilmastimet asennetaan syvänealueelle kesäkuun 2010 puolella välissä. Pyhäjärven veden laatua seurataan, jotta hapetuksen vaikutukset alusveden happipitoisuuteen voidaan havaita. Veden happipitoisuutta voidaan mitata myös happimittarilla. Hankkeesta on erittäin tärkeää tiedottaa karkkilalaisia sekä osakaskuntia.				
Asiasanat Karkkila, järvet, rehevöityminen, ilmastus, järvien kunnostus, seuranta				
ISBN (painettu)	ISBN (PDF) 978-952-257-091-8	ISSN-L 1798-8101	ISSN (painettu)	ISSN (verkkopainettu) 1798-8071
Kokonaissivumäärä 26		Kieli suomi		Hinta (sis. alv 8%)
Julkaisun myynti/jakaja Julkaisu on saatavana vain verkossa: www.ely-keskus.fi/Uudenmaan ELY/ajankohtaista/julkaisut				
Julkaisun kustantaja				
Painopaikka ja -aika				

PRESENTATIONSBLAD

Publikationens serie och nummer Närings-, trafik- och miljöcentralen i Nyland publikationer 11/2010				
Ansvarsområde Miljö och naturresurser				
Författare Anne-Marie Hagman		Publiceringsdatum Juni 2010		
		Utgivare Närings-, trafik- och miljöcentralen i Nyland		
		Projektets finansör/uppdragsgivare		
Publikationens titel Karkkilan Pyhäjärven hapetus-/ilmastussuunnitelma Karkkilan kuntakohtainen järvikunnostusohjelma (Syrstättnings/luftningsplan för Pyhäjärvi i Högfors)				
Sammandrag Sjön Pyhäjärvi i centrum av Högfors stad lider sommartid av syrebrist. År 2009 utarbetade Nylands miljöcentral och Högfors stad tillsammans en iståndsättningsplan för sjön och i den föreslogs att en noggrannare plan för att syrsätta sjön görs upp. Staden och Nylands närings-, trafik- och miljöcentral har fortsatt sitt samarbete under 2010 och utarbetat en syrsättnings/luftningsplan för sjön. Syrstättningsplanen inbegriper en uppskattning av syrsättningsbehovet och utplaceringsplats samt syrsättningsperiod. Planen ger även instruktioner om hur effekterna av syrsättningen bör följas upp och när syrsättnings/luftningsanläggningen bör kopplas på. I sjön Pyhäjärvi uppstår ingen syrebrist under sommaren om syrsättningen inleds sommaren 2010. Syrsättningsbehovet beräknas vara 270 kg syre/d. Luftningsanläggningen får inte bryta temperaturskiktningen i sjön. Anbudsförfarande tillämpades för val av lämplig anläggning. Högfors stad beslöt sig för företaget Waterix Ab:s kombinationssystem Airit 70 och Airit 200, som har en syrsättningseffekt om 272 kg syre per dag. I mitten av juni 2010 installeras anläggningssystemet i den djupaste delen av sjön. Vattenkvaliteten i sjön Pyhäjärvi bör följas upp för att erhålla uppgifter om hur luftningen inverkar på syrgashalten i djupvatt-net. Förslagsvis kunde man mäta halten med en syrgasmätare. Det är ytterst viktigt att informera alla högforsbor och delägar om syrsättningen.				
Nyckelord Högfors, sjöar, eutrofiering, luftning, restaurering av vattendrag, uppföljning				
ISBN (tryckt)	ISBN (PDF)	ISSN-L	ISSN (tryckt)	ISSN (webbpublikation)
	978-952-257-091-8	1798-8101		1798-8071
Sidantal	Språk		Pris (inneh. moms 8%)	
26	finska			
Beställningar/distribution Publikationen finns endast på webben: www.ely-centralen.fi/Nyland/aktuellt/publikationer				
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

ISSN 1798-8071 (verkkojulkaisu)
ISBN 978-952-257-091-8 (verkkojulkaisu)