

Vanajavesikeskus/Suvi Mäkelä
suvi.makela@vanajavesi.fi

COOLOX-MENETELMÄN SOVELTUVUUDESTA PANNUJÄRVEN KUNNOSTUKSEEN

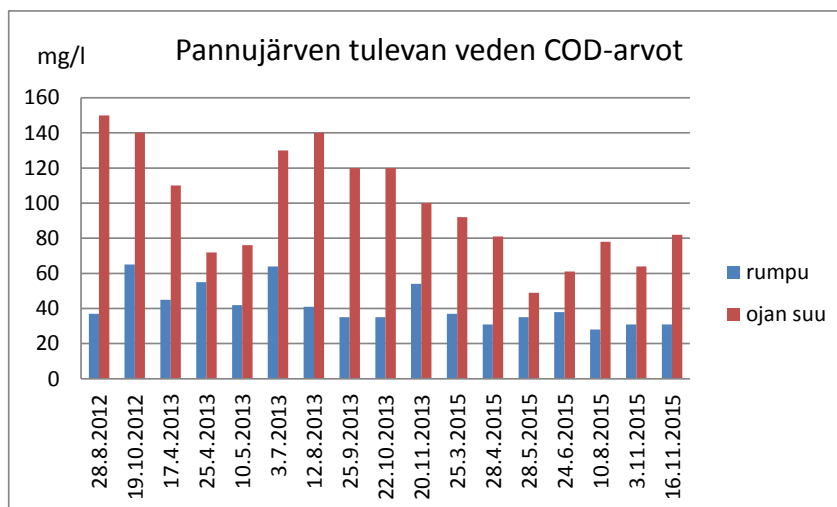
1. PANNUJÄRVEEN TULEVAN VEDEN LAATU

Pannujärveen tulevan veden laatu heikkeni huomattavasti vuoden 2012 lopulla Veitsijärven suon ojitusten ja mätästyksen yhteydessä. Kuvissa 1-6 on kuvattu veden laadun kehitystä 2012-2015. Rummusta otettava näyte edustaa veden laatua ennen suoaluetta ja ojan suun tuloksissa on mukana suoalueen vaikutus.

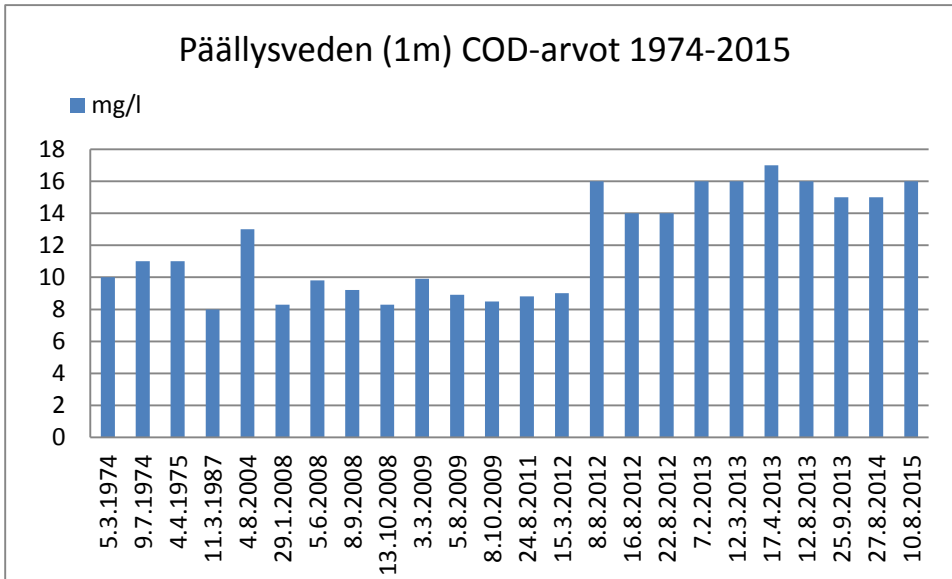
1.1 Humuspitoisuus

Humuspitoisuus kohosi voimakkaasti vuosina 2012 ja 2013, mutta on kääntynyt sen jälkeen laskuun (kuva 1). Taso on edelleen kuitenkin hyvin korkea (60-80 mg/l), kun Pannujärven normaali taso oli vuoteen 2012 asti 8-10 mg/l. Yläpuolisen valuma-alueen pitoisuustaso (rumpu) kohoaa 2-3 -kertaiseksi suoalueen vaikutuksesta.

Kuormitus on kohottanut Pannujärven humusleiman puolitoistakertaiseksi vuoden 2012 jälkeen (kuva 2). Muutos näkyy myös veden värin lisääntymisenä ja näkösyvyyksien pienentymisenä. Humuksen (= orgaanisen kuormituksen) lisääntyminen heijastuu myös lisääntyneenä hapen kulutuksena.



Kuva 1. Pannujärveen tulevan veden COD-arvot 2012-2015.

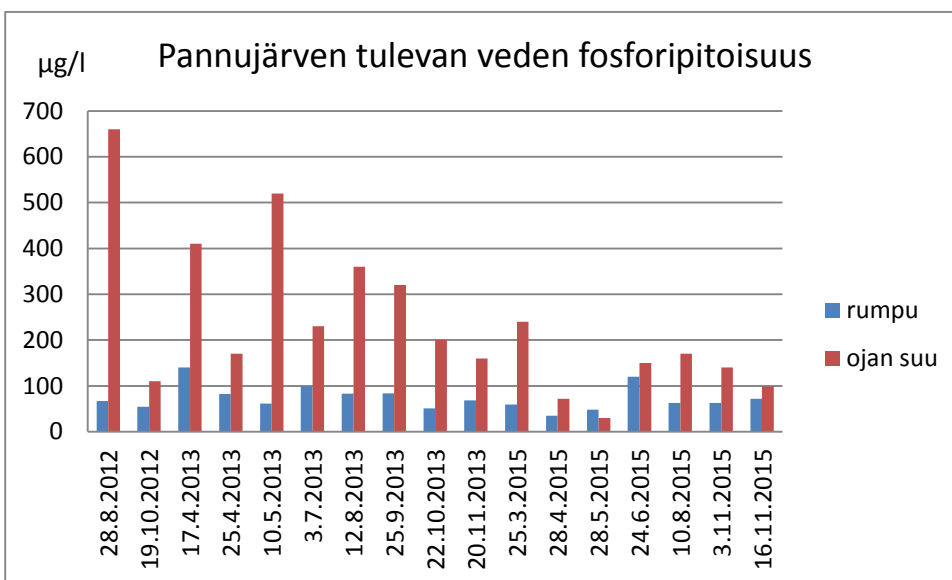


Kuva 2. Pannujärven päällysveden COD_{Mn}- arvoja 1974-2015.

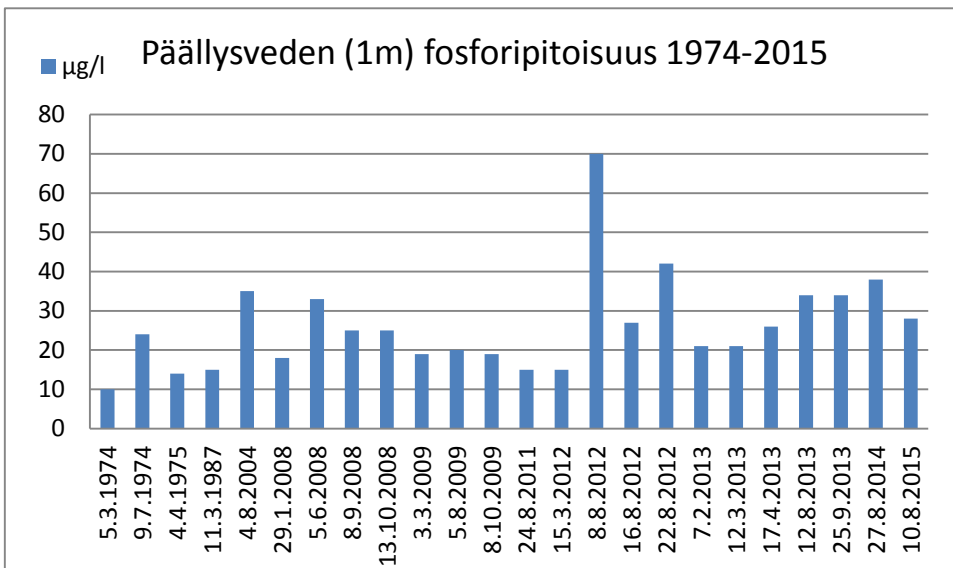
1.2 Fosforipitoisuus

Fosforipitoisuudessa tapahtui jyrkkä nousu vuoden 2012 lopulla. Fosforipitoisuus oli alkuun jätevesimäinen (400-600 µg/l). Pahimmillaan fosforipitoisuus oli 10-kertainen yläpuoliseen valuma-alueeseen verrattuna (kuva 3). Fosforipitoisuus on laskenut selvästi vuoden 2015 puolella, mutta on jäänyt silti korkeaksi (yli 100 µg/l).

Kuormitus on kohottanut myös Pannujärven fosforipitoisuuden puolitoistakertaiseksi vuoden 2012 jälkeen (kuva 4). Kesän 2012 lopulla oli voimakas fosforipiikki kuormitusvaiheen alussa. Muutos näkyy rehevyyden voimistumisena. Pannujärvessä on esiintynyt sinileväkukintoja. Ilmeisesti myös limalevä on lisääntynyt, koska se tykkää ravinteikkaista happamista humusvesistä. Leväbiomassan lisääntyminen heijastuu myös lisääntyneenä hapen kulutuksena.



Kuva 3. Pannujärven tulevan veden fosforipitoisuus 2012-2015.

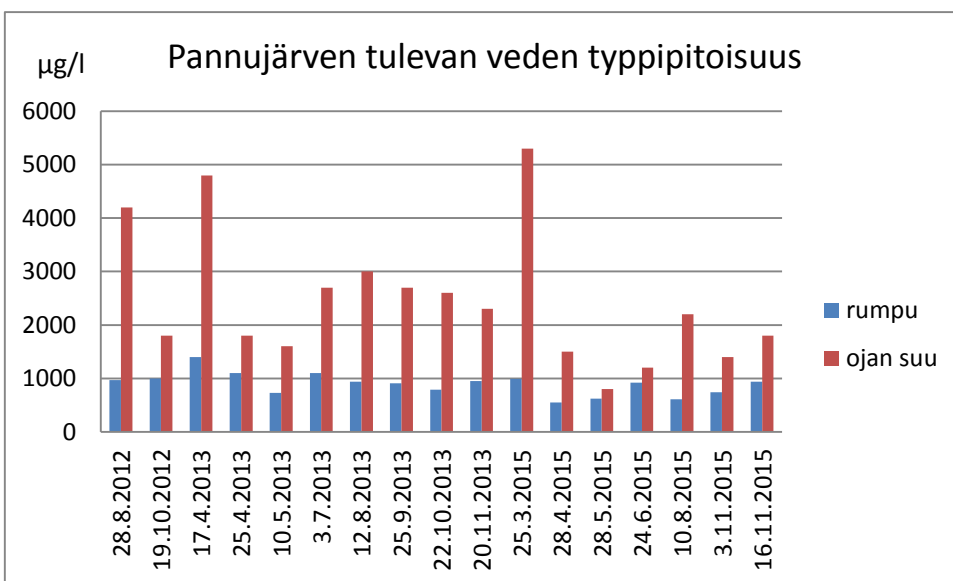


Kuva 4. Pannujärven päällysveden fosforipitoisuuksia 1974-2015.

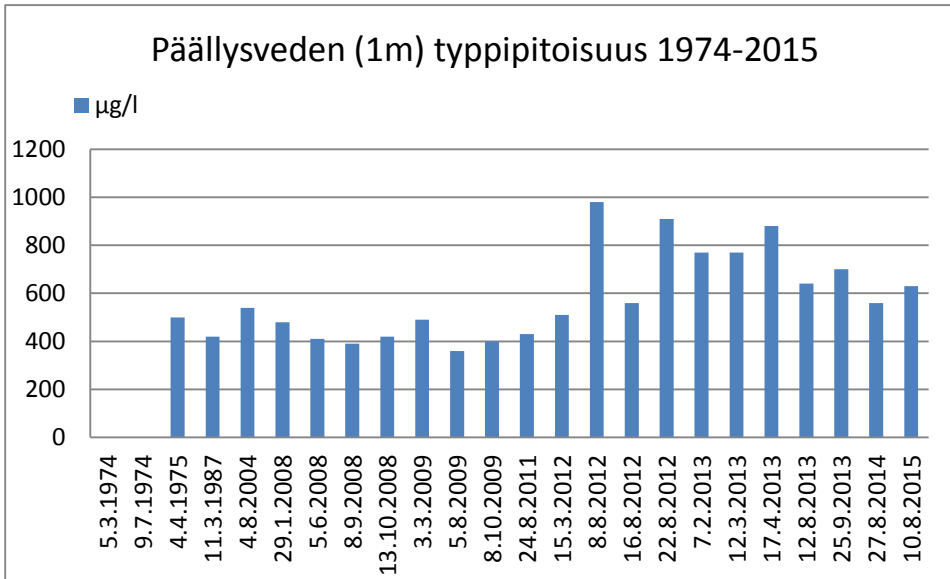
1.3 Typpipitoisuus

Myös typpipitoisuudet kohosivat 3-4 -kertaisiksi yläpuoliseen alueeseen verrattuna. Typpipitoisuus laskenut selvästi vuoden 2015 puolella, mutta on jäänyt silti koholle (kuva 5).

Kuormitus on kohottanut myös Pannujärven typpipitoisuuden puolitoistakertaiseksi vuoden 2012 jälkeen (kuva 6). Kesän 2012 lopulla oli voimakas fosforipiikki kuormitusvaiheen alussa. Muutos näkyy rehevyyden voimistumisena. Pannujärnessä on esiintynyt sinileväkukintoja. Ilmeisesti myös limalevä on lisääntynyt, koska se tykkää ravinteikkaista happamista humusvesistä. Leväbiomassan lisääntyminen heijastuu myös lisääntyneenä hapen kulutuksena.



Kuva 5. Pannujärven tulevan veden typpipitoisuus 2012-2015.



Kuva 6. Pannujärven päällysveden typpipitoisuuksia 1974-2015.

2. PANNUJÄRVEN VEDEN LAATU

2.1 Happitilanne/fosforipitoisuus

Pannujärvelle on ominaista vesimassan voimakas lämpötilakerrosteisuus. Kierrot jäävät lyhyiksi tuulelta suojaisen sijainnin takia, joten alusvesi ilmastuu heikosti kiertojen yhteydessä. Tämä näkyy selvänä happivajeena jo kerrosteisuuskausien alussa. Myös vesimassan alhaiset kesälämpötilat kertovat kiertojen vajavaisuudesta. Toisaalta talvisin vesimassa jää lämpimäksi syyskierron lyhyiden ja ilmeisesti myös pohjavesivaikutusten takia. Liitetaulukoidessa 1 ja 2 on esitetty Pannujärven tuloksia eri vuosilta (1974-2015). Taulukon perusteella voidaan tehdä mm. seuraavia havaintoja.

Vaikka talvi 1974 oli vähävetinen ja pitkä alusveden viileys takasi hyvän happitilanteen loppupalveen saakka. Seuraavana talvea alusvesi oli puolestaan lämmintä ja happi loppui pohjalta.

Kesällä 2008 happi oli alusvedestä vähissä jo kesäkuussa, kierron jäätyä vajaaksi (lämpötila pohjalla 6,9 °C). Happi oli pohjalta lopussa aina lokakuulle saakka. Syyskierto alkoi siten varsin myöhään (järvet jäätyivät lauhan syksyn takia vasta marraskuun lopulla). Alusvesi jäikin hyvin lämpimäksi (4,0-4,6 °C), jolloin korkea lämpötila lisäsi hapen kulumista. Happi olikin maaliskuussa 2009 alusvedestä kokonaan lopussa. Myös elokuussa 2009 alusvesi oli hapeton, joten vuonna 2009 pohjalietteestä saattoi vapautua runsaasti fosforia alusveteen.

Fosforipitoisuus oli loppukesällä 2008 pohjalla jopa 210 µg/l. Sama tilanne jatkui talvella 2009 (fosforipitoisuus 220 µg/l) ja edelleen loppukesällä 2009 (110 µg/l). Syksyyn mennessä fosforipitoisuus kohosi tasoon 170 µg/l). Näiden tulosten perusteella on ilmiselvää, että alusveden happipitoisuudella on merkittävä vaikutus Pannujärven sisäiseen kuormitukseen.

Fosforipitoisuudet ovat olleet pohjalla 2010-luvulla aikaisempaa alhaisempia. Elokuussa 2011 fosforipitoisuus oli 130 µg/l alusveden ollessa viileää (5,8 °C). Loppupalvella 2013 fosforia oli hapettomassa vedessä 190 µg/l. Vuonna 2015 alkukesä oli kylmä ja alusvesi tuulettui hyvin. Silloin fosforipitoisuus oli pohjalla ”vain” 61 µg/l. Tuulettumisesta kertoo korkeahko lämpötila (7,9 °C). Vaikka alusveden fosforipitoisuudet ovat laskeneet, päällysveden rehevyys on lisääntynyt. Tämä viittaa vahvasti siihen,

että *nykyinen rehevyys johtuu ravinteikkaiden ojavesien vaikutuksesta eikä niinkään sisäisestä kuormituksesta*. Happitilanne on ollut alusvedessä ajoittain heikko jo 2000-luvun alkuvuosinakin, joten siinä suhteessa tilanne ei ole merkittävästi muuttunut. Alusveden happitilannetta säätelee enemminkin kerrosteisuusolojen vaihtelu kuin rehevyys. Happitilanne heikkenee silloin, kun kevätkierto jää lyhyeksi tai talvilämpötila korkeaksi. *Näihin seikkoihin voidaan vaikuttaa merkittävästi COOLOX- hapetuskierrätyksellä.*

3. COOLOX- HAPETUSKIERRÄTYS

3.1 Menetelmän periaate

COOLOX menetelmän ideana on viilentää ja sekoittaa vesimassaa talviaikana, jolloin hapekasta vettä kulkeutuu vähitellen pohjaan saakka. Sekoitus saa aikaan myös laajan sula-alueen, jonka kautta hapetta sitoutuu pintaveteen. Vesimassan viileneminen hidastaa biologista hajotustoimintaa ja samalla hapen kuluminen vähenee.

Pitkällä aikavälillä syvänteiden pohjalietteet tervehtyvät ja sisäinen kuormitus vähenee, kun pohjan pinta pysyy pääosan vuotta hapellisena. Lopullisena tavoitteena on rehevöitymiskehityksen pysäyttäminen, mutta se vaatii vuosien hapetushoidon, johon kalliimmilla menetelmillä ei ole useinkaan mahdollisuuksia.

3.2 Aikaisemmat kokemukset

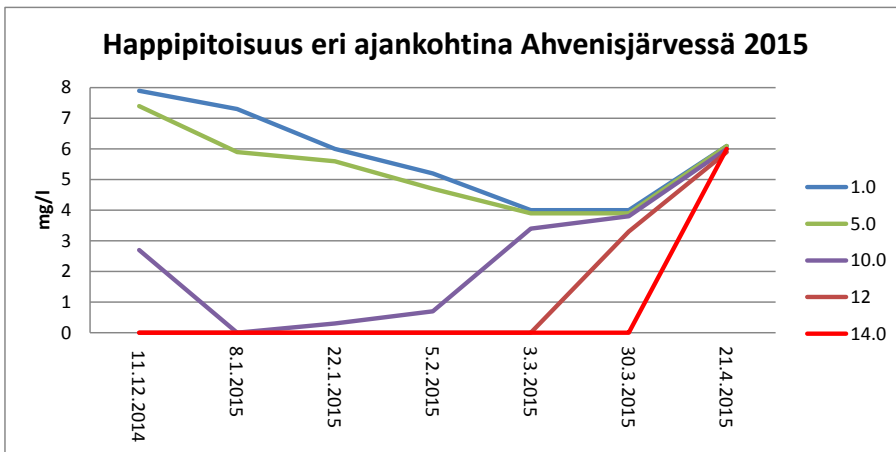
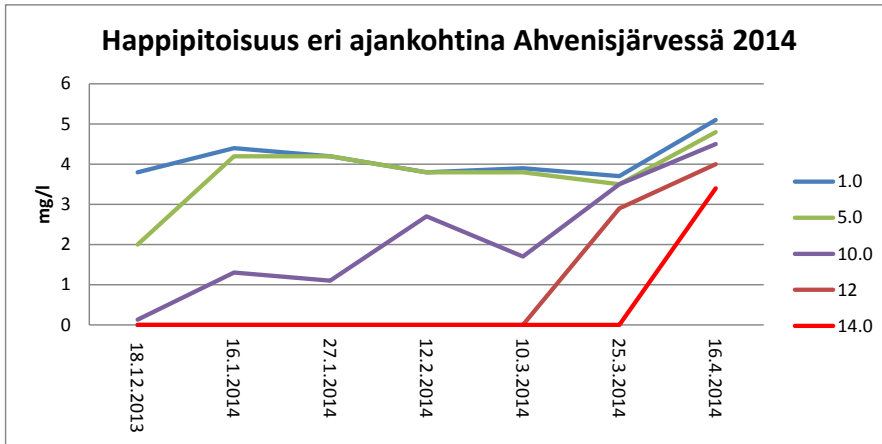
Menetelmää on testattu Tampereen Ahvenisjärvellä ja Kokemäen Pitkäjärvellä sekä Vuoreksen alueella Iso Virolaisessa.

Ahvenisjärven ongelmat ovat samat kuin Pannujärven; jyrkkä lämpötilakerrosteisuus, vaillinaiset kevät- ja syyskierrrot ja alusveden jatkuvasti toistuva hapettomuus. Sen seurauksena pohjaliete on pelkistynyt ja sisäinen kuormitus lisääntynyt.

Hapetuskierrätys on ollut kokeilussa talvet 2004 ja 2005. Sekoitus on saanut aikaan laajan sula-alueen (kuva 7). Vesi on viilennyt vähitellen ja saavuttanut syvänteen maaliskuuhun vaihteeseen mennessä, jolloin hapetta on ollut pohjalla saakka (kuva 8). Kevätkierto tehostuu lämpötilan laskiessa ja täydentää happivarastoto luontaista kautta.

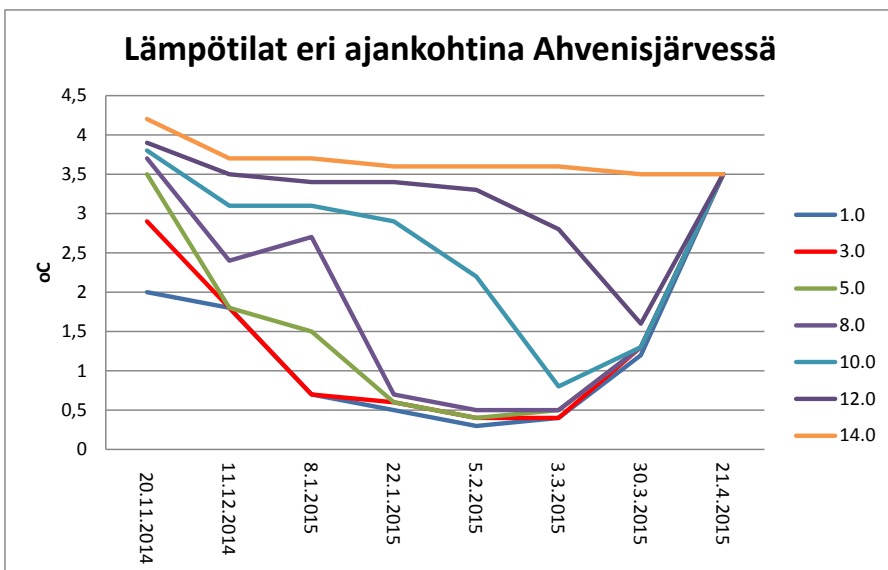


Kuva 7. Virrankehittimet saavat aikaan laajan sula-alueen



Kuva 8. Ahvenisjärven happipitoisuudet talvella 2014 ja 2015.

Sekoittava vaikutus ulottuu varsin nopeasti (noin kuukaudessa) 10 metriin saakka, joka näkyy lämpötilan voimakkaana alenemisena (kuva 9). pohjan pinnassa muutos näkyi vasta loppupalvella. Matalammassa Pitkäjärvessä vaikutus ulottui pohjaan saakka alle kuukaudessa (taulukko 1). Samalla alusveden lämpötila laski voimakkaasti.



Kuva 9. Ahvenisjärven lämpötilat eri syvyyksillä talvella 2015.

Taulukko 1. Pitkäjärven syvänteen lämpötilat ja happipitoisuudet kuukauden kuluttua hapetuskierrätyksen aloituksesta.

Syvyys	28.1.2014		12.1.2015	
	lämpötila	Happi	lämpötila	Happi
m	°C	mg/l	°C	mg/l
1	1,4	9,8	0,2	10,6
3	1,4	9,9	0,5	10,4
5	1,5	9,5	0,7	10,3
7	1,5	9,3	1,2	9,7

Vuoreksen Iso Virolaisessa laitetta käytettiin menestyksellisesti muodostuneen suolakerrosteisuuden murtamiseen. Samalla alusvesi sai happitäydennyksen. Edellisen kolmen vuoden aikana vesimassa ei kiertänyt lainkaan voimakkaan suolakerrosteisuuden takia.

4. KUSTANNUKSET

COOLOX-hapetuksessa käytetään vedensekoittimia, jotka panevat veden liikkeeseen potkurin avulla. Yhden laitteen hinta on noin 1100 €. Laitteen teho on 0,5 kW, joten sähkönkulutus on 12 kW/d.

Varsinaiset hapettimet ovat huomattavasti kalliimpia. Waterrix Airit 70 laite maksaa 16 300 € + alv.

Mixox M1000 käytetty maksaa 30 000 € + alv ja uusi 50 000 € +alv.

Varsinaisten hapettimien hinnat ovat moninkertaisia. Lisäksi sähkönkulutus on huomattavan suuri. Lisäksi tulevat vielä asennus, huolto ym. kulut.

COOLOX- menetelmän ja varsinaisten hapettimien suurin ero on siinä, että COOLOX-laitetta ei kannata käyttää kesäaikana (kesä, heinä, elokuu), koska alusveden lämmittämisestä seuraisi hapen kulutuksen lisääntyminen. Talviaikana COOLOX- menetelmä hoitaa saman asian kuin kalliimmatkin laitteet.

5. JOHTOPÄÄTÖKSET

Edellisuosien kokemuksiin perustuen COOLOX-hapetuskierrätys soveltuu hyvin Pannujärven talvisen kerrosteisuuden purkamiseen ja sitä kautta alusveden hapettamiseen. Koska järven kokonaissyvyys on noin 12 metriä, vesimassan sekoittuminen tapahtuu kuukauden sisällä. Sekoituksen myötä alusveden lämpötila laskee selvästi alle tavanomaisen lämpötilan. Tämä vähentää alusveteen kohdistuvaa hapenkulutuspainetta biologisen toiminnan hidastuessa.

Alentunut lämpötila pakottaa vesimassan keväällä normaalia tehokkaampaan kevätkiertoon. Jotta vesimassa voi kerrostua uudelleen, lämpötilan on kohottava 4-5 asteeseen. Ilman sekoitusta lämpötila voi olla pohjalla koko talven noin 4 astetta, jolloin uusi kerrosteisuus voi syntyä ilman tehokasta sekoittumista. Näin tapahtuu, jos sää lämpenee nopeasti ja on tuuleton.

Sekoitusta kannattanee jatkaa keväällä jopa sulamisen jälkeen niin, että lämpötila saavuttaa pohjalla tason 6-7 astetta. Tällöin syyskierto alkaa aiemmin ja luontainen hapettuminen tehostuu. Tästä on esimerkkinä kesä 2015, jolloin alkukesän tuulisuus sekoitti vettä pitkään ja se lämpeni normaalia enemmän. Lämpötila oli 10.8.2015 10 metrissä 13,0 °C ja pohjalla 7,9 °C. Syyskierto on alkanut tällöin lämpötilan laskiessa noin 8 asteeseen. Jos vesi on pohjalla 6,5 astetta, kierto pääsee alkamaan selväs-

ti myöhemmin. Marraskuussa 3.11.2015 vesimassa oli hapettunut täysin syyskierrossa ja happea oli pohjallakin 11,1 mg/l (kyll.% 85).

Kesäaikana laite on pysäytettävä, koska alusveden liiallinen lämpeneminen johtaa hajotustoiminnan kiihtymiseen ja sitä kautta happitilanteen heikkenemiseen, josta on lähinnä haitallisia seurauksia.

Lopputoteamus on, että COOLOX-hapetuskierrätystä kannattaa kokeilla Pannujärvessä. Kokeilussa on syytä varautua useamman vuoden pituiseen koejaksoon. Kustannukset jäävät varsin alhaisiksi edullisen laitteiston ja vähäisten sähkökulujen ansiosta. Vuosittaiset pääomakulut ovat hyvin vähäiset.

KOKEMÄENJOEN VESISTÖN VESIENSUOJELUYHDISTYS RY

Laatinut:



Limnologi

Reijo Oravainen

Hyväksynyt:



Toiminnanjohtaja

Jukka Mattila

Liitteet: tulostaulukot 1 ja 2

Liitetaulukko 1

Pannujärven tuloksia vuosilta 1974-2015

NäytePvm	HavPaik	Näytteen n	Lämpöti	*Happi	Kyll.%	*Sameus	*Sähkönj	*pH	Väri	*Alkalin	*COD(Mn)	*Kok.N	*NO23-N	NH4-N	Kok.P	*po4-p	*Fe	*Mn,kok	*Klorof
			°C	mg/l	%	FNU	mS/m		mg/l Pt	mmol/l	mg/l O2	µg/l	µg/l N	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/m3
5.3.1974	PANNUJA	1	0,7	10,6	77		3,4	6,5	92		10				10				
5.3.1974	PANNUJA	3	2,2	9,1	70														
5.3.1974	PANNUJA	5	2,7	7,9	62		3,3	6,5	99		10								
5.3.1974	PANNUJA	8	3,1	5,8	46		3,3	6,2	110		10				10				
9.7.1974	PANNUJA	1	18,6	8,6	95		3,4	6,6	70		11				24				
9.7.1974	PANNUJA	3	16,8	8	85		3,3	6,5	73		12								
9.7.1974	PANNUJA	5	14,0	6,1	60		3,3	6,1	81		10								
9.7.1974	PANNUJA	6	9,5	5,4	49		3,3	6	92		11								
9.7.1974	PANNUJA	7	7,8	4,4	38		3,3	6	104		11								
9.7.1974	PANNUJA	11	6,5	2,6	22		3,3	6	175		14				61				
4.4.1975		1	1,5	10,1	75			6,2		0,07	11	500			14				
		6	3,5	5	39			5,9			11	330			24				
		11	4,1	0	0			6,1			24	1700			160				
11.3.1987		1	0,6	12,1	84						8	420			15				
		3	2,4	8,9	65														
		8	3,4	4,7	35						7,7	580			20				
4.8.2004	PANNUJA	1	20,5	8,9	99	3,2	3,5	7	70	0,12	13	540	<10	<5	35		780	25	
4.8.2004	PANNUJA	3	18,5	5,4	57	2,6	3,6	6,4				400			18				
4.8.2004	PANNUJA	7	7,5	0	0														
4.8.2004	PANNUJA	8,5	7,2	0	0	23	4,6	6,3				740			73				
4.8.2004	PANNUJA	0-2,0																	41
29.1.2008		1	2,0	9,4	68		4	6,4			8,3	480			18				
		5	3,3	6,1	46		4,1	6,1			8,4	490			22				
		9,4	3,8	1,7	13		4,3	6			11	700			34				
5.6.2008		1	17,9	9,1	96						9,8	410			33				
		5	6,6	3,4	30						9,4	380			24				
		10,8	5,9	0,1	0						9,4	470			41				
8.9.2008		1	14,2	9,4	92		3,9	7,2			9,2	390			25				
		5	7,5	6,5	62		4	6,5			8,8	370			19				
		10,8	6,6	0	0		9,5	6,8			20	1700			210				
13.10.2008		1	8,3	8,6	73						8,3	420			25				
		5	8,3	8,6	73						8,1	430			25				
		10,8	6,8	0	0						19	1500			200				
3.3.2009		1	1,8	9,8	70			6,3			9,9	490			19				
		5	4,0	6	46			6			9,9	470			21				
		10,7	4,6	0	0			6,5			18	1300			220				
5.8.2009		1	20,7	8,6	96			7			8,9	360			20				
		5	12,8	0,7	6			7			10	430			33				
		11	6,4	0	0			6,3			14	730			110				
8.10.2009		1	7,8	8,5	71		3,9	6,7			8,5	400			19				
		5	7,8	8,6	72		3,9	6,6			8,4	380			19				
		10,8	7,1	3,4	28		4,7	6,3			12	550			170				

