

JÄÄHDYTYSVESIEN JOHTAMISEN VAIKUTUS HOLLOLAN VÄHÄ-TIILIJÄRVEN HAPPI- JA LÄMPÖTILAKERROSTUNEISUUTEEN

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Insinööri AMK
Energia- ja ympäristötekniikka
Syksy 2019
Toivo Viljakainen

Tiivistelmä

Tekijä(t) Viljakainen, Toivo	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Valmistumisaika Syksy 2019
	Sivumäärä 51	
Työn nimi Jäähdytysvesien johtamisen vaikutus Hollolan Vähä-Tiilijärven happi- ja lämpötilakerrostuneisuuteen		
Tutkinto Insinööri (AMK), Energia- ja ympäristötekniikka		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyössä selvitettiin, onko palvelukoti Onnenkodon jäähdytysvesien johtamisella Hollolan Vähä-Tiilijärveen ollut vaikutusta järven lämpötilakerrostuneisuuteen, happipitoisuuteen ja alusvesikerroksen paksuuteen. Tutkimuksia suoritettiin vuoden 2019 kesä-elokuussa ja niissä tarkkailtiin Vähä-Tiilijärven sekä jäähdytysveden lämpötilaa ja happipitoisuuksia.</p> <p>Palvelukoti Onnenkodon viilentämiseen käytetään Salpa-Mattilan vedenottamon pohjavettä, joka puretaan Vähä-Tiilijärveen käytön jälkeen. Järven tila on yleisesti pysynyt hyvänä, mutta viime vuosina kesän sinileväkukinnat ovat lisääntyneet. Vuoden 2018 kesällä järvestä esiintyi massiivinen sinileväkukinta, minkä johdosta järven tilaa on alettu selvittämään laajemmin.</p> <p>Työn toimeksiantajana toimi Päijät-Hämeen Vesijärvisäätiö. Säätiön tarkoituksena on kerätä varoja Vesijärven ja sen valuma-alueen tutkimuksiin, hoitoon ja kunnostukseen. Vesijärvisäätiö hallinnoi hanketta, jossa Vähä-Tiilijärven tilaa kartoitetaan kokonaisvaltaisesti ja lisääntyneiden sinileväkukintojen syitä selvitetään, jotta mahdollisia kunnostusmenetelmiä voidaan nimetä.</p> <p>Työssä keskityttiin selvittämään, ovatko lisääntyneet sinileväkukinnat johtuneet jäähdytysveden aiheuttamista muutoksista Vähä-Tiilijärven happi- ja lämpötilakerrostuneisuudessa. Työn teoriassa käsitellään järven kerrostuneisuutta ilmiönä sekä Vähä-Tiilijärven ja palvelukoti Onnenkodon aikaisempien vuosien tapahtumia.</p> <p>Työn tuloksena oli onnistunut tutkimusjakso, jossa selvisi, että jäähdytysvesi ei aina virtaa pohjanmyötäisesti syvänteeseen. Yksiselitteisiä johtopäätöksiä siitä, pitkittääkö jäähdytysvesi järven kerrostuneisuutta tai lisääkö se sinileväkukintoja, ei kuitenkaan voitu tehdä työn tulosten perusteella. Opinnäytetyössä esitetyt huomiot ja ehdotetut jatkotoimenpiteet kannattaa huomioida Vähä-Tiilijärvi hankkeen lopullisia päätöksiä tehtäessä.</p>		
Asiasanat Järven kerrostuneisuus, Järven happipitoisuus, Alusvesi, Pohjaveden hyödyntäminen jäähdytyskäytössä, Sinileväkukinta		

Abstract

Author(s) Viljakainen, Toivo	Type of publication Bachelor's thesis	Published Autumn 2019
	Number of pages 51	
Title of publication Effects of Cooling Water Discharge on the Oxygen and Thermal Stratification into Lake Vähä-Tiilijärvi in Hollola		
Name of Degree Bachelor of Energy and Environmental Technology		
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to examine, if discharging of Onnenkoto's cooling water to Hollola's Lake Vähä-Tiilijärvi affects the lake's thermal stratification, oxygen content and hypolimnion's thickness. To determine these matters researches were conducted between June – August of 2019 and the focus was to monitor the temperature and oxygen content of lake Vähä-Tiilijärvi and the cooling water.</p> <p>The water which is used to cool the real-estate of Onnenkoto is from Salpa-Mattila's water intake. The water is pure groundwater and after it is used in Onnenkoto the cooling water is discharged to Lake Vähä-Tiilijärvi. The condition of the lake has generally remained good, but in recent years cyanobacteria blooms have increased during summers. In the summer of 2018, a massive cyanobacteria bloom appeared in the lake, which is the reason why more extensive studies were launched.</p> <p>The thesis was commissioned by Lake Vesijärvi Foundation of Päijät-Häme, whose aim is to raise funds for the study, management, and rehabilitation of Lake Vesijärvi and its catchment basin. Lake Vesijärvi Foundation is managing a project whose aim is to find out what is causing the increase of cyanobacterial blooms, so potential remediation methods can be implemented.</p> <p>The thesis focused on solving if the cooling water cause any changes in the lake's oxygen and thermal stratification and therefore increased the cyanobacterial blooms. The theory section of this thesis addresses lake's stratification and the events of previous years in lake Vähä-Tiilijärvi and Onnenkoto residence.</p> <p>As a result of this thesis, a successful research period took place and it became clear that the hypolimnion thickens. Unambiguous conclusions as to whether the cooling water prolongs the stratification of the lake or whether it increases cyanobacterial blooms, could not be concluded from the results of this thesis. However, the presented observations and follow-up measures in this thesis should be taken into account when making the final decisions in the Vähä-Tiilijärvi project.</p>		
Keywords Lake Stratification, Lake Oxygen Content, Hypolimnion, The Usage of Groundwater for Cooling Purposes, Cyanobacteria		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	JÄRVEN KERROSTUNEISUUS	2
2.1	Lämpötilan kerrostuneisuus järvissä	2
2.2	Järven happipitoisuus	5
3	VÄHÄ-TIILIJÄRVI	8
3.1	Yleiskuvaus ja nykytilanne	8
3.2	Veden laatu	10
4	PALVELUKOTI ONNENKODON JÄÄHDYTYSVESI.....	13
4.1	Lupapäätös pohjaveden käytöstä Onnenkodossa.....	13
4.2	Jäähdytysveden määrä ja laatu	14
4.3	Purkuputken muutos.....	16
5	TYÖSSÄ KÄYTETYT MENETELMÄT	17
5.1	Tutkimusmenetelmät	17
5.2	Aikataulu.....	21
6	TULOKSET.....	22
6.1	Vähä-Tiilijärven lämpötila.....	22
6.2	Vähä-Tiilijärven happipitoisuus	23
6.3	Vähä-Tiilijärven näkösyvyys.....	26
6.4	Jäähdytysveden lämpötila ja happipitoisuus	27
6.5	Jäähdytysveden määrä.....	29
7	TULOSTEN ANALYSOINTI	32
7.1	Vähä-Tiilijärvi	32
7.2	Jäähdytysvesi	36
7.3	Jatkotoimenpiteet	40
8	YHTEENVETO	41
	LÄHTEET	43
	LIITTEET	46

1 JOHDANTO

Vähä-Tiilijärvi on Hollolan kunnassa sijaitseva kirkasvetinen ja vähähumuksinen järvi. Se muodostaa yhdessä Keski- ja Iso-Tiilijärven kanssa kolmen järven ketjun, jotka sijaitsevat Salpakankaan pohjavesialueella. Vähä-Tiilijärvi on ulkoilijoiden ja uimareiden suosima virkistyskohde ympäri vuoden. Järven veden laatu on yleisesti pysynyt hyvänä, mutta viime vuosina järvessä on kuitenkin esiintynyt kesäisin haitallisia sinileväkukintoja. Helteisenä kesänä vuonna 2018 järvessä esiintyi erittäin runsas sinileväkukinta, minkä johdosta järven tilan muutokseen vaikuttaneita tekijöitä on alettu selvittämään laajemmin.

Työn toimeksiantajana toimii Päijät-Hämeen Vesijärvisäätiö, jonka tarkoituksena on kerätä varoja Vesijärven ja alueen pienten järvien seurantaan, tutkimuksiin ja kunnossapitoon (Päijät-Hämeen Vesijärvisäätiö 2019a). Vesijärvisäätiö hallinnoi Vesienhoidon toimenpiteet Lahden seudulla 2019 – 2020 -hanketta, jonka yhtenä osana on selvittää Vähä-Tiilijärven kunto ja sinileväkukintojen lisääntymisen syy. Hollolan kunta toimii myös rahoittajana Vähä-Tiilijärven tutkimuksissa ja tilan selvittämisessä. Hankkeessa järven tilaa selvitetään kokonaisvaltaisesti koekalastuksen, veden laadun mittausten, vesikasvillisuuden ja pieneliöstön kartoittamisen avulla. (Päijät-Hämeen Vesijärvisäätiö 2019b.)

Vähä-Tiilijärven läheisyydessä sijaitsee palvelukoti Onnenkoto. Onnenkodon kiinteistön viilentämiseen käytetään Salpa-Mattilan varavedenottamosta johdettua pohjavettä, joka käytön jälkeen puretaan järveen. Oletuksena on ollut, että puhtaalla pohjavedellä olisi positiivinen vaikutus järveen. Sinileväkukintojen lisääntyessä on kuitenkin esitetty, että kylmä jäähdytysvesi painuisi järven pohjalle työntäen ravinteikkaampaa vettä levien käytettäväksi.

Tämän työn tarkoituksena on selvittää, onko jäähdytysveden johtamisella Vähä-Tiilijärveen ollut vaikutuksia järven lämpötilakerrostuneisuuteen, happipitoisuuteen ja alusvesikerroksen paksuuteen niin, että sinileväkukinnat olisivat lisääntyneet. Järven veden laatua seurataan joka toinen vuosi näytteenotolla, mutta kesän 2019 aikana järven happi- ja lämpötilamittauksia on suoritettu viikoittain kesä-elokuun aikana. Tämän työn tutkimukset ovat keskittyneet Vähä-Tiilijärven ja jäähdytysveden lämpötilojen sekä happipitoisuuden tarkailuun.

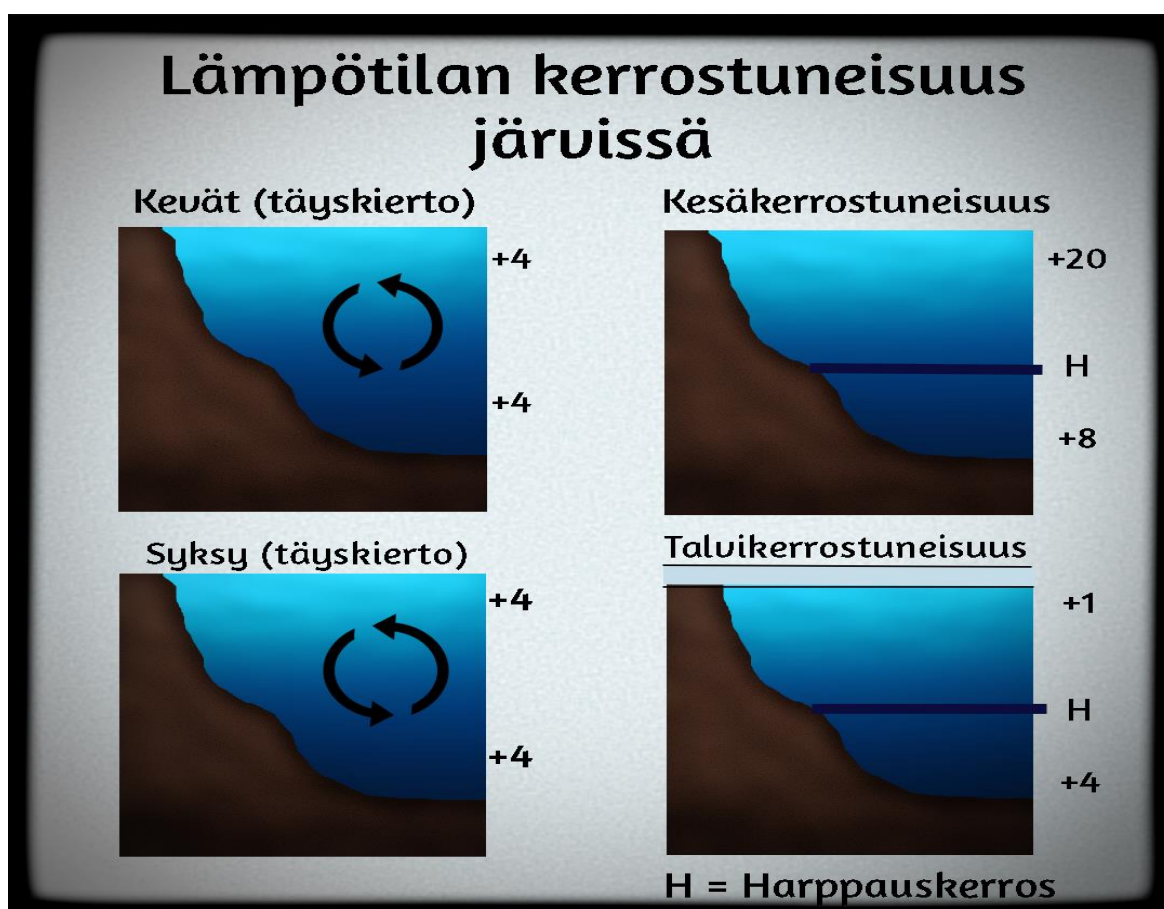
Pohjaveden käyttöä Onnenkodon rakennuksen viilentämisessä voidaan pitää energiatehokkaana ratkaisuna, jota sovelletaan varmasti myös tulevaisuuden rakentamisessa. Kuitenkaan pohjaveden purkamista suoraan järveen ei tiedettävästi esiinny muualla Suomessa. Jos Onnenkodon tapaisia ratkaisuja kannattaa suosia myös jatkossa, tämä työ luo sille vertailupohjan.

2 JÄRVEN KERROSTUNEISUUS

2.1 Lämpötilan kerrostuneisuus järvissä

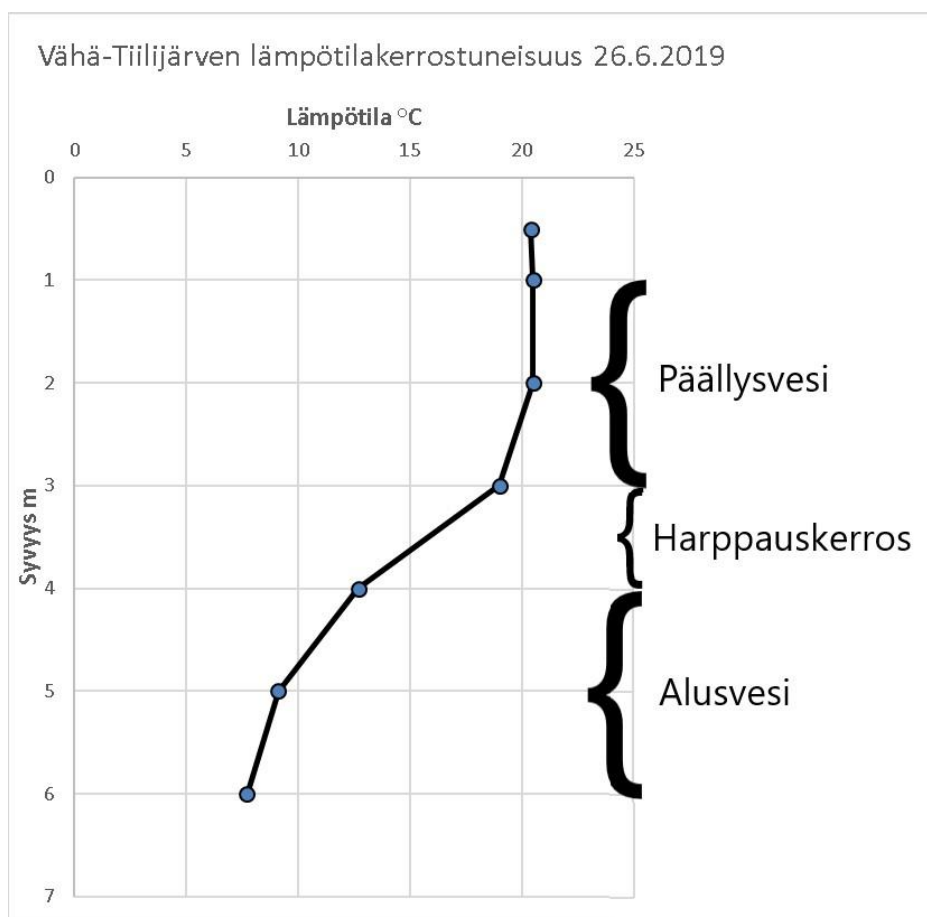
Vuodenaikojen vaihtelun synnyttämät prosessit vesiluonnossa ovat tärkeä osa järvien hyvinvointia. Eri vuodenaikoina veden lämpötila muuttuu ja vesimassat käyttäytyvät eri tavoin eri lämpötilojen vallitessa. (Peda.net 2019.) Veden tiheys on tärkeä ominaispiirre, joka on riippuvainen lämpötilasta sekä suolapitoisuudesta. Vesi on maksimitiheydessään +3,94 asteessa eli yleisesti +4 asteessa. Suomessa järvien lämpötilakerrostuneisuuden muutokset jakautuvat neljälle eri vuodenajalle. (Särkkä 1996, 24.)

Keväällä, kun jäät sulavat, aurinko alkaa lämmittää pintavettä. Kun pintavesi saavuttaa saman lämpötilan kuin alusvesi, tapahtuu niin kutsuttu kevätkierto (kuva 1). Kevätkierrossa koko järven vesimassa lämpenee noin +4 asteesta +8-asteiseksi ja eri syvyyksien vesimassat pääsevät sekoittumaan keskenään. (Särkkä 1996, 34.) Yleisesti ottaen tällöin järven tila paranee, kun pinnan hapekas vesi ja pohjan ravinteikas vesi sekoittuvat (Peda.net 2019). Täyskierron kesto on täysin riippuvainen tuulista, vesialtaan muodosta sekä sääoloista (Särkkä 1996, 34).



KUVA 1. Järven täyskierto ja kerrostuminen (mukailtu Peda.net 2019)

Kesällä ilman lämmitessä, kun pintaveden lämpötila nousee lähelle 10 astetta, veden kerrokset alkavat erottua. Kesäkerrostuneisuuden vallitessa järven vesimassa voidaan jakaa kolmeen kerrokseen lämpötilan mukaan. Päälyysvesi eli *epilimnion* on ylin kerros, jossa vesi pysyttelee 15 – 20 asteisena ja lämpötila laskee vain vähän siirryttäessä syvemmälle. Tämän kerroksen alapuolella sijaitsee harppauskerros eli *metalimnion*, jossa lämpötila laskee nopeasti lyhyellä matkalla. Harppauskerroksen alapuolella oleva syvin ja kylmin vesikerros on alusvesi eli *hypolimnion*. Järven ollessa kerrostuneena eri vesikerrokset eivät pääse sekoittumaan keskenään. Tällöin happea ei kulkeudu enää päälyysvedestä alusveteen eikä myöskään alusvedestä siirry ravinteita päälyysveteen. (Särkkä 1996, 34 - 35; Päijänne 2019.) Tämä vaikuttaa vähitellen alusveden happitilanteeseen ja pahimmillaan syvänteen happikatoon, josta tarkemmin luvussa 2.2. Esimerkkejä kesäkerrostuneisuudesta on esitetty kuvassa 1 ja 2.



KUVA 2. Vähä-Tiilijärven lämpötilakerrostuneisuus 26.6.2019

Kesän jälkeen syksyllä veden lämpötila alkaa jälleen viilentyä ja lopulta, kun koko vesimassa on saman lämpöistä, tapahtuu syystäyskierto. Peda.netin (2019) mukaan syksyi-

nen täyskierto tapahtuu vasta koko vesimassan viilennettyä +4-asteiseksi, kun taas Särkän (1996, 35) mukaan täyskierto alkaa jo +10 asteessa. Vuonna 2008 julkaistussa ympäristöoppaassa (Heinonen, Kettunen & Mäkelä) asia kuitenkin on selitetty tarkemmin. Päälysveden lämpötilan laskiessa ja tuulien vaikutuksen alaisena päälysvesi on jatkuvassa kierrossa. Tällöin kierrossa oleva vesi alkaa hiljalleen vetää mukaansa saman lämpöistä vettä harppauskerroksesta. Tämän kierron jatkuessa päälysvesi ylettyy koko ajan syvemmälle, kunnes lopulta kerrostuneisuus murtuu ja syystäyskierto alkaa. Täyskierto jatkuu +4 asteeseen, jonka jälkeen vesimassa on maksimitiheydessään ja on valmis jäätymään pinnasta. (Heinonen ym. 2008, 19.) Kuitenkin jonain vuosina järven syystäyskierto saattaa jäädä toteutumatta heikkojen tuulien sekä veden äkillisen jäähtymisen johdosta. Koska täyskierrot parantavat alusveden happitilannetta, syystäyskierron epäonnistuminen on järven toiminnan osalta haitallista. Varsinkin rehevien järvien tila heikkenee entisestään talvella. (Peda.net 2019.)

Talvisin järven pintaan muodostuu jääpeite ja järvestä vallitsee talvikerrostuneisuus. Järveen muodostuvat samat kerrokset kuin kesällä, mutta talvisin lämpimämpi +4-asteinen vesi jää alusvesikerrokseen ja kylmä +1-+2-asteinen vesi sijaitsee päälysvedessä. Järven kerrostuneisuus on siis käänteinen, koska veden tiheys painaa +4-asteisen maksimitiheydessä olevan veden pohjalle. Talvisin harppauskerros sijaitsee yleensä lähempänä pintaa. Lämpötilan kerrostuneisuus voi vaihdella vuosittain eikä ole välttämättä yhtä selkeää, koska jäätyyshetkellä oleva lämpötilanne jää veteen pysyväksi sulamishetkeen asti. (Särkkä 1996, 35; Heinonen ym. 2008, 19.) Koska jääpeite estää ilmassa olevan hapen välittymistä veteen, uutta happea liukenee veteen hyvin vähäisiä määriä (Peda.net 2019). Esimerkiksi sillä, mikä lämpötila veteen jää järven jäätyessä, voi olla iso vaikutus siihen, kuinka paljon talven aikana happea kuluu, koska pienikin lämpötilaero vaikuttaa paljon (Särkkä 1996, 36). Talven aikana alusvesikerroksessa on käynnissä jatkuvaa hajotustoimintaa, joka puolestaan kuluttaa happea (Peda.net 2019).

Järvissä voi esiintyä myös pysyvää kerrostumista. Tällaisia järviä kutsutaan meromiktiksi. Meromiktisten järvien vesimassa ei pääse sekoittumaan kokonaan, koska vesikerroksien väliin syntyy kemokliininen kerros, joka ei sekoitu. Kemokliini on järvestä oleva vesikerroksen raja, joka muodostuu veteen sen suolapitoisuuden tai kemikaalipitoisuuden takia. (Anttila & Lauri 2017, 3.) Kun veden suola- tai kemikaalipitoisuus muuttuu, myös veden tiheys muuttuu. Tiheyden muutos voi olla niin suuri, että edes täyskiertojen aikana kemokliinin alapuolinen syvin vesikerros ei sekoitu järven muun vesimassan kanssa. Meromiktisten järvien alusvesikerros on tämän takia aina täysin hapeton. Järvi voi myös olla ajoittain meromiktinen, jos suola- tai kemikaalipitoisuuksia johtuu järveen vain tiettyinä vuodenaikoina. (Seppänen 1984, 37 - 39; Wetzel 2001, 83.)

2.2 Järven happipitoisuus

Happi on järven hyvinvoinnin kannalta yksi merkittävimpiä tekijöitä, joka määrittelee vesiympäristön elinolosuhteita. Hapetta liukenee järveen suoraan ilmakehästä sekä syntyy fotosynteesin eli yhteyttämisen avulla. Hapetta myös kuluu jatkuvasti kasvien ja eläinten hengityksessä sekä bakteerien hajotustoiminnassa. Nämä osatekijät säätelevät järven happitasapainoa. Veden happipitoisuuden avulla voidaan arvioida, missä kunnossa järvi on. Esimerkiksi järvien syvänteiden happipitoisuus kertoo paljon sen kunnosta. (Särkkä 1996, 50 - 51; Vääränen 2004.)

Hapen liukeneminen veteen on suhteellisen heikkoa verrattuna ilmaan, minkä takia vedessä voi helposti esiintyä hapen puutetta. Lisäksi hapen liukeneminen veteen riippuu paljon veden lämpötilasta. Kylmään veteen liukenee enemmän hapetta, kun taas lämpimämpään vähemmän. (Särkkä 1996, 50-51.) Taulukossa 1 on esitetty eri lämpötiloissa veteen liuenneen hapen 100 prosenttiset kyllästysarvot eli teoreettiset hapen liukenemismäärät.

TAULUKKO 1. Veteen liuenneen hapen 100 % kyllästysastetta vastaava määrä eri lämpötiloissa ja normaalipaineessa (mukailtu Cole 1983, Särkän 1996, 52 mukaan)

lämpötila °C	happi mg/l	lämpötila °C	happi mg/l	lämpötila °C	happi mg/l
0	14,62	10	11,29	20	9,09
1	14,22	11	11,03	21	8,91
2	13,83	12	10,78	22	8,74
3	13,46	13	10,54	23	8,58
4	13,11	14	10,31	24	8,42
5	12,77	15	10,08	25	8,26
6	12,45	16	9,87	26	8,11
7	12,14	17	9,66	27	7,97
8	11,84	18	9,47	28	7,83
9	11,56	19	9,28	29	7,69

Taulukon 1 arvot eroavat hieman Ympäristöoppaan (Heinonen ym. 2008, 20) arvoista, joissa esimerkiksi 0-asteiselle vedelle hapen määrä on ilmoitettu olevan 14,2 mg/l ja 10 asteiselle 10,9 mg/l.

Järven happipitoisuutta mitattaessa veden lämpötila otetaan huomioon ja tulokset ilmoitetaan myös kyllästysprosentteina. Kyllästysprosentti kertoo, kuinka lähellä otetun näytteen happimäärä (mg/l) on teoreettista maksimia. (Heinonen ym. 2008, 21.) Esimerkiksi, jos veden lämpötila on 19 asteista ja veteen liuenneen hapen määrä on 9,45 mg/l, voidaan kyllästysprosentti laskea jakamalla saatu tulos 9,45 mg/l, taulukon vastaavalla lämpötilan ar-

volla 9,28 mg/l. Tällöin kyllästysprosentiksi saadaan 101,8 %. Jos vedessä tapahtuu paljon yhteyttämistä levien ja kasvillisuuden takia, happi voi esiintyä ylikyllästyneenä, jolloin kyllästysprosentti nousee yli 100 (Särkkä 1996, 52; Heinonen ym. 2008, 21).

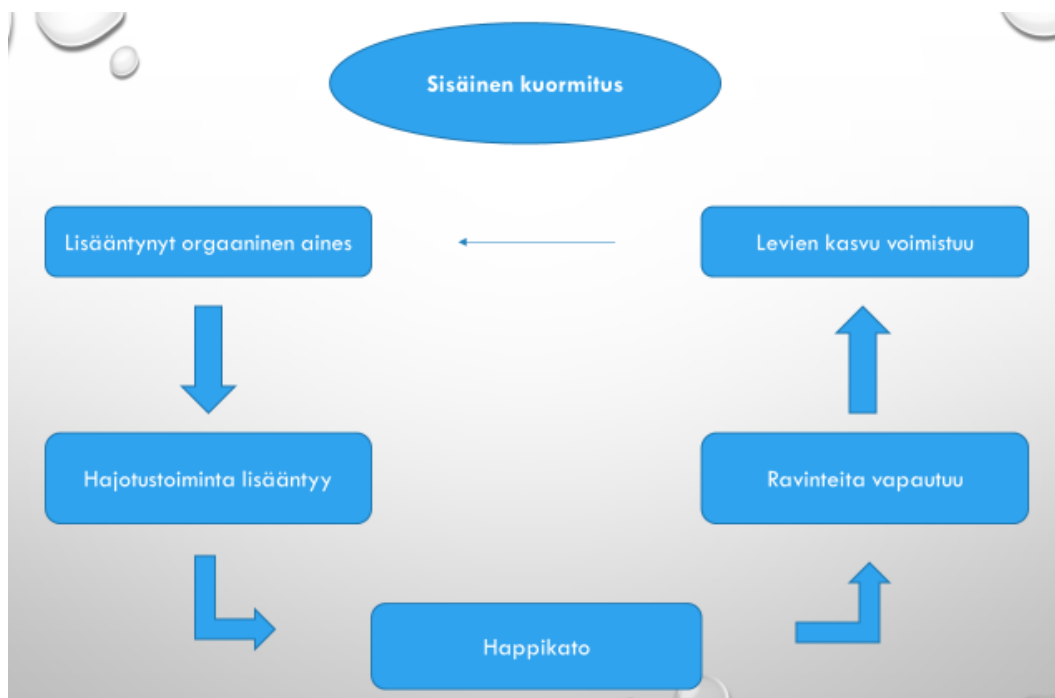
Selvittäessä järven happitilaa tulee ottaa huomioon muutamia seikkoja. Valoisana aikana happea vapautuu eniten, koska auringon säteily mahdollistaa kasvien ja levien yhteyttämisen. Pimeällä happea kuluu enemmän levien hengityksen johdosta. Hapen minimi- ja maksimipitoisuuksien välinen ero korostuu järven rehevöitymisen kasvaessa. Näytteitä ottaessa mittaukset tulee suorittaa samoina vuorokauden aikoina, jotta tulokset ovat vertailukelpoisia. (Heinonen ym. 2008, 21.) Maalis- ja elokuussa happitilanteen tutkiminen on otollisinta, koska kerrostuminen on loppuillaan ja happitilanne heikoimmillaan (Oravainen 1999, 4).

Yleisesti järven happitilaa voidaan pitää hyvänä, jos talvisin lämpötilassa 0,5 – 1,0 °C päällysveden happipitoisuus on 12 – 13 mg/l, jolloin happikylläisyysaste on 80 – 90 %. Kesäisin happitilanne on hyvä, jos 18 – 20 °C lämpötilassa happipitoisuus on 8-9 mg/l, jolloin happikylläisyysaste on myös 80 – 90 %. Alusveden happitilaa voidaan pitää hyvänä, jos se kerrostuneisuudenkin aikana on 4 – 8 mg/l. Järvioltaan muoto ja syvyys kuitenkin vaikuttavat luontaisesti siihen, paljonko happea alusvedessä on kerrostuneisuuden vallitessa. (Oravainen 1999, 4.)

Järven ollessa kerrostunut päällyysvesi on aina hapekkaampaa kuin alusvesi. Tämä johtuu siitä, että harppauskerros eristää alusveden päällyysvedestä. Tällöin ilmasta liukeneva happi ja pääasiallisesti päällyysvedessä tapahtuvan yhteytyksen tuottama happi ei kulkeudu alusveteen. Kun alusvesi ei saa yhtä säännöllistä happitäydennystä kuin päällyysvesi, alusveden happea kuluu. Vaikka päällyysvesi on hapekkaampaa, se myös kuluttaa happea voimakkaammin korkeammasta lämpötilasta johtuen. Alusveden tilavuus määrittää suuresti koko järven happivarastoa. Kerrostuneisuuden vallitessa ja alusveden tilavuuden ollessa pieni happi voi kulua loppuun. (Särkkä 1996, 52 - 54.)

Suurin osa alusveden hapen kulumisesta aiheutuu perustuotannossa eli yhteyttämisestä syntyneestä ja muualta tulleesta orgaanisesta aineesta (Särkkä 1996, 53). Päällyysvedessä olevan kasviplanktonin kuollessa kasviplankton alkaa vajota syvemmälle vedessä. Vajoamisen yhteydessä bakteeritoiminta alkaa hajottaa kuollutta planktonia. Kun vajoava plankton saavuttaa harppauskerroksen, jossa veden tiheys alkaa muuttua, vajoaminen hidastuu. Mitä syvemmälle hajoava orgaaninen aines vajoaa, sitä hitaammin se etenee. Hajoamista tapahtuu joka kerroksessa, mutta hapen kulutus korostuu syvissä kerroksissa hitaan vajoamisen takia. Tämä prosessi kuluttaa alusveden happea entisestään ja saattaa pahimmillaan johtaa syvänteeseen happikatoon. (Heinonen ym. 2008, 22 - 23.)

Pitkään jatkuneen happikadon seurauksena järvessä voi esiintyä sisäistä kuormitusta (kuva 3). Sisäinen kuormitus on itseään voimistava kierre, jossa järven pohjasedimenttiin varastoituneet ravinteet vapautuvat takaisin veteen. Kun järvi on voimakkaasti kerrostunut ja sen alusvesikerros vähähappinen (alle 0,5 mg/l), pohjasedimenttiin varastoitunut fosfori vapautuu veteen. Fosfori voimistaa levien kasvua ja tällöin myös hajotustoiminta lisääntyy. (Järvi & meriwiki 2014.)



KUVA 3. Sisäinen kuormitus järvessä (mukailtu Järvi & meriwiki 2014)

Runsaat leväkukinnat yleensä heikentävät järven happitilaa merkittävästi, koska järvessä on tällöin enemmän hajotettavaa aineista ja enemmän hajottajia. Runsa kasviplanktonin esiintyminen ei kuitenkaan ole ainoa syy järvien happitilan heikentymiseen ja happikatoon. Järven lämpötila, humus- ja ravinnepitoisuus sekä järvaltaan muoto ja syvyys vaikuttavat suuresti sen happitilanteeseen. (Heinonen ym. 2008, 22 - 23.)

Vähä-Tiilijärvi on matalin kolmesta Tiilijärvestä ja laskee ojan kautta Keski-Tiilijärveen, josta vedet laskevat lopulta Iso-Tiilijärveen. Järvet sijaitsevat Salpakankaan pohjavesialueella. Yleisesti kaikkien Tiilijärvien veden laatu on ollut hyvä vähäisen kuormituksen ja pohjavesivaikutuksen takia. (Vahanen Environment Oy 2019b, 3.) 2000-luvulla Vähä-Tiilijärvessä on esiintynyt satunnaisesti haitallisia leväkukintoja. Viime vuosina kukinnat ovat kuitenkin yleistyneet loppukesästä. Helteisenä kesänä vuonna 2018 järvessä kehittyi erittäin runsas ja pitkäkestoinen sinileväkukinta.

Sinilevät eli syanobakteerit ovat vedessä eläviä yhteyttäviä bakteereja (Illinois Department of Public Health 2019). Sinileviä esiintyy montaa eri lajia, joista jotkin ovat myrkyllisiä, erityyppisen ihoa ärsyttäviä yhdisteitä sekä haitallista hermomyrkkyä. Niitä esiintyy luonnollisesti kaikissa vesistöissä ympäri maailmaa. Vesistössä on aina vähintään pieniä määriä sinilevää, mutta niistä tulee haitallisia, kun ne lisääntyvät äkillisesti. (Rissanen 2003, 19.) Kun vesistössä on runsaasti ravinteita sekä veden ja ilman lämpötilat ovat korkealla, sinilevät lisääntyvät räjähdysmäisesti ja esiintyvät haitallisina massakukintoina (Illinois Department of Public Health 2019).

Levien määrän kasvu on yksi järven rehevöitymisen merkkejä (Ympäristöhallinto 2013). Kun järvessä on selviä merkkejä rehevöitymisestä, minimiravinteiden eli järvissä tavallisesti fosforin määrä on kasvanut. Lisääntynyt fosfori kasvattaa järven perustuotantoa, jolloin kasviplanktonin tuotanto ja biomassan määrä kasvavat. Orgaanisen aineen lisääntyminen vaikuttaa järven hapen kulutukseen. (Särkkä 1996, 126.) Levien määrän kasvuun vaikuttaa fosforin lisäksi myös typpi, jota jotkin sinilevälajit pystyvät hyödyntämään suoraan ilmakehästä (Särkkä 1996, 89). Jos typpi on kasvua rajoittava ravinne järvessä, sinilevillä on kilpailuetu muihin kasveihin ja leviin nähden.

Vähä-Tiilijärven kirkas vesi myös mahdollistaa yhteyttämisen syvemmissä vesikerroksissa, joka lisää levien otollista elintilaa. Vähä-Tiilijärven näkösyvyys on pysynyt 2000-luvulla keskimäärin 2,5 metrissä. Järven tuottavan kerroksen paksuudeksi on arvioitu, näkösyvyyden ja järven väriluvun avulla, 1,5 kertaa näkösyvyys. Tällöin tuottava kerros, eli valoisa kerros missä tapahtuu yhteyttämistä, ylittäisi syvimmillään lähes 4 metriin. Näkösyvyyden ajoittaiset vaihtelut huomioiden voidaan kuitenkin olettaa tuottavan kerroksen yltävän noin 3 metriin. Vähä-Tiilijärvi on matalahko järvi (kuva 5), joten sen tilavuudesta 74 % kattaa 3 metrin syvyyden. (Vahanen Environment Oy 2019a, 12.)



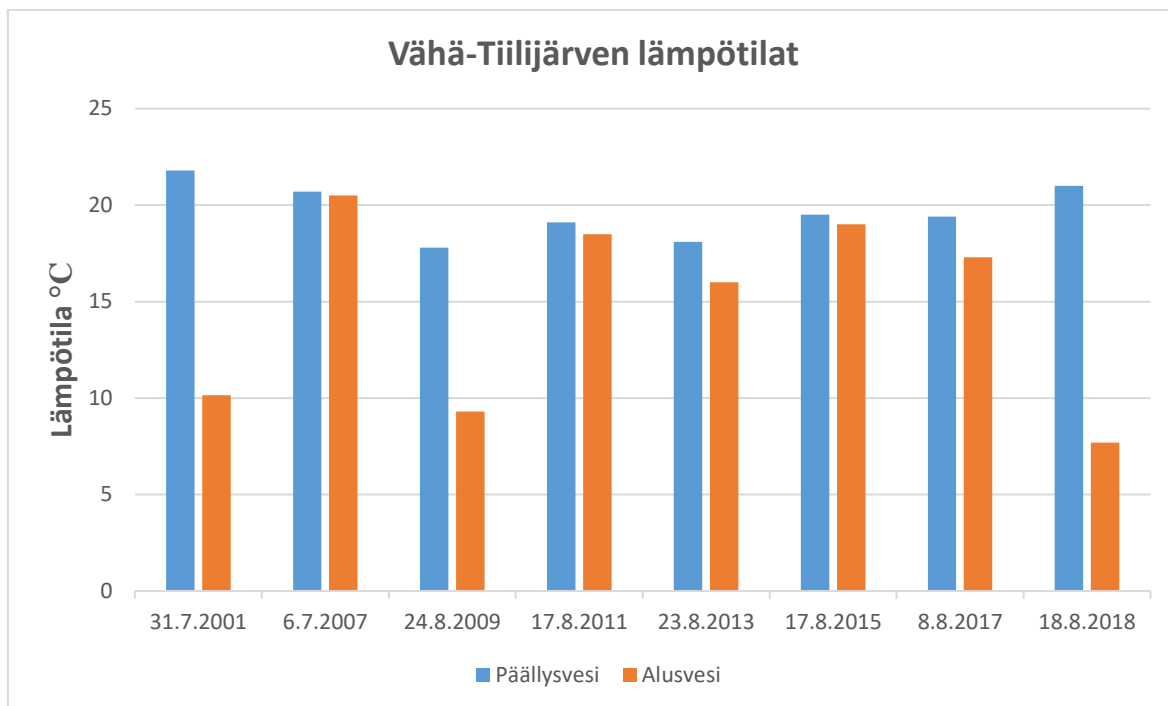
KUVA 5. Vähä-Tiilijärven syvyyskartta (mukailtu Ylönen 2019; Karttapohja ladattu osoitteesta <https://avaa.tdata.fi/web/avaa/openstreetmap>)

3.2 Veden laatu

Lahden seudun ympäristöpalvelut ja sittemmin Hollolan kunta on vastannut Vähä-Tiilijärven veden laatua koskevista tutkimuksista, joita on toteutettu joka toinen vuosi. Vesinäytteet otetaan kaksi kertaa vuodessa, maaliskuussa ja elokuussa. Näytteenotolla seurataan muun muassa järven ravinnepitoisuuksia, lämpötilakerrostuneisuutta ja happipitoisuutta. (Vahnen Environmental Oy 2019b, 6.)

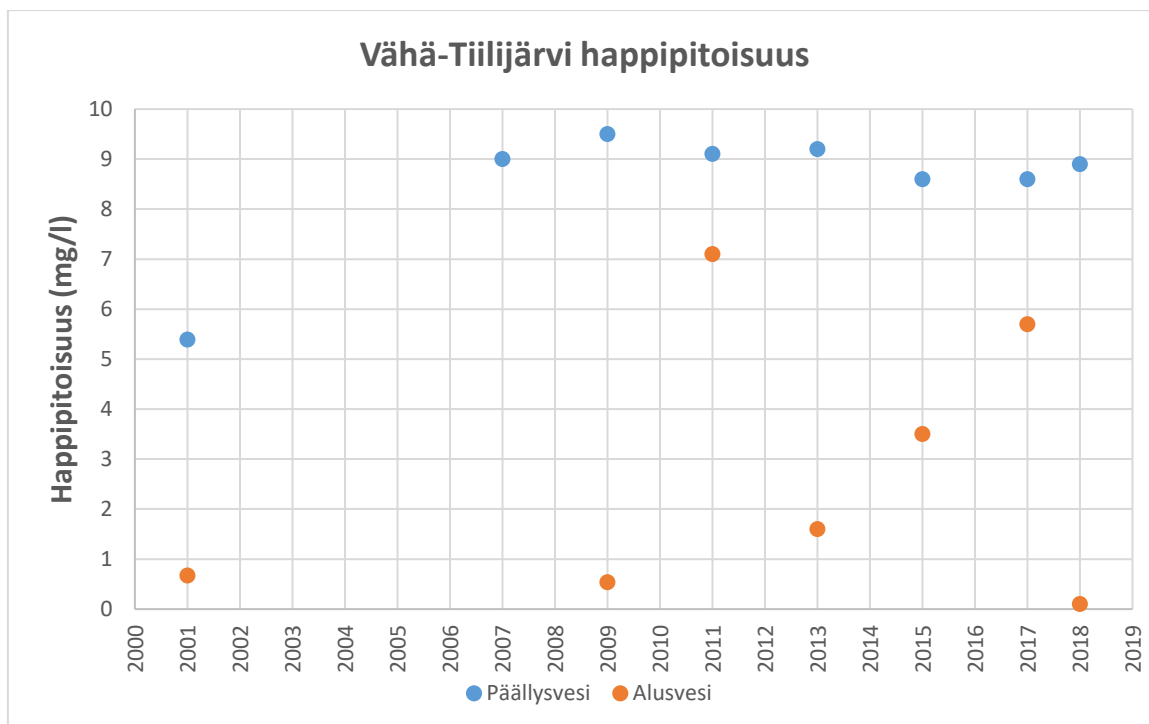
Kirkasvetisissä ja matalissa, alle 10 metriä syvissä, järvissä esiintyy harvemmin lämpötilakerrostuneisuutta, koska tuuli pääsee yleensä sekoittamaan vesikerrokset keskenään (Vahnen Environment Oy 2019b, 9). Vähä-Tiilijärvessä on kuitenkin 2000-luvun aikana esiintynyt lämpötilakerrostuneisuutta ainakin vuosien 2001, 2009 ja 2018 kesinä (kuvio 1). Järven päänveden lämpötilat on mitattu 1 metrin syvyydestä, kun taas alusveden mittaus-syvyydet vaihtelevat. Pääsääntöisesti lämpötilaa on mitattu järven syvänteestä noin 6 metrin syvyydestä, mutta vuosina 2011 – 2017 mittaus-syvyytenä oli keskimäärin 4 metriä (Lahden ympäristöpalvelut 2019.) Lämpötilakerrostuneisuus ei välttämättä tule ilmi vielä

tässä syvyydessä. Vähä-Tiilijärvi on hyvin tuulelta suojassa, joten vesi kerrostuu kesäisin varsinkin tuulettomina jaksoina (Vahanen Environment Oy 2019b, 9 - 10).



KUVIO 1. Vähä-Tiilijärven kesäajan päälyys- ja alusveden lämpötilat 2000-luvulla (mukailtu Lahden ympäristöpalvelut 2019)

Happipitoisuutta on seurattu 2000-luvulla päälyys- ja alusveden osalta samoissa syvyyksissä kuin edellä mainittiin (kuvio 2). Tällöin vuosien 2011 – 2017 happipitoisuuksissa ei tule selville onko syvänteessä ilmennyt happikatoa. 4 metrin syvyydessä happi on kuitenkin ollut alle 4 mg/l vuosina 2013 ja 2015, joka viittaa siihen, että syväanne on myös ollut vähähappinen. Päälyysveden happipitoisuus on pysynyt hyvänä, mutta vuosien 2001, 2009 ja 2018 kesinä pohjan happitilanne on ollut heikko. (Lahden ympäristöpalvelut 2019.)



KUVIO 2. Vähä-Tiilijärven kesäajan päällysv- ja alusveden happipitoisuudet 2000-luvulla (mukailtu Lahden ympäristöpalvelut 2019)

Järven päällysv- ja alusveden kokonaisfosfori- ja kokonaistyyppipitoisuuksia ($\mu\text{g/l}$) seuraamalla voidaan arvioida, onko järvi rehevöitynyt (Oravainen 1999, 17). Eri kokoisille ja eri tyyppisille järville on olemassa kriteerejä, minkä laatuista niiden vesi on, esimerkiksi pienen vähähumuksisen järven vedenlaatu on hyvä kokonaisfosforipitoisuuden ollessa alle $18 \mu\text{g/l}$ (Aroviita ym. 2012, 57). Luonnontilaisen kirkkaan järven veden laatua voidaan pitää hyvänä tyyppipitoisuuden ollessa $200\text{--}500 \mu\text{g/l}$ (Oravainen 1999, 19). Yhteyttämisessä fosforia ja typpeä tarvitaan Suomen järvissä keskimäärin 1:25 painosuhteessa (Särkkä 1996, 67).

Vähä-Tiilijärven kokonaisfosforipitoisuus ei ole noussut vuosien 2015 – 2017 välillä yli $18 \mu\text{g/l}$. Vuoden 2018 loppukesästä kokonaisfosforipitoisuus kuitenkin nousi päällysvvedessä $22 \mu\text{g/l}$:aan ja alusvedessä $71 \mu\text{g/l}$:aan. Järven kokonaistyyppipitoisuus on pysynyt viime vuosina hyvässä luokassa, mutta vuoden 2018 loppukesästä päällysvveden tyyppipitoisuus nousi $1400 \mu\text{g/l}$:aan ja alusvedessä $1100 \mu\text{g/l}$:aan. (Lahden ympäristöpalvelut 2019.) Ravinnepitoisuuksien nousu viittaa järven rehevöitymiseen. Fosforipitoisuuden nousuun alusvedessä on mahdollisesti vaikuttanut pohjassa vallinnut happikato. Sinilevien runsas esiintyminen on todennäköisesti vaikuttanut tyyppipitoisuuden nousuun, koska jotkin sinilevät pystyvät sitomaan typpeä ilmakehästä.

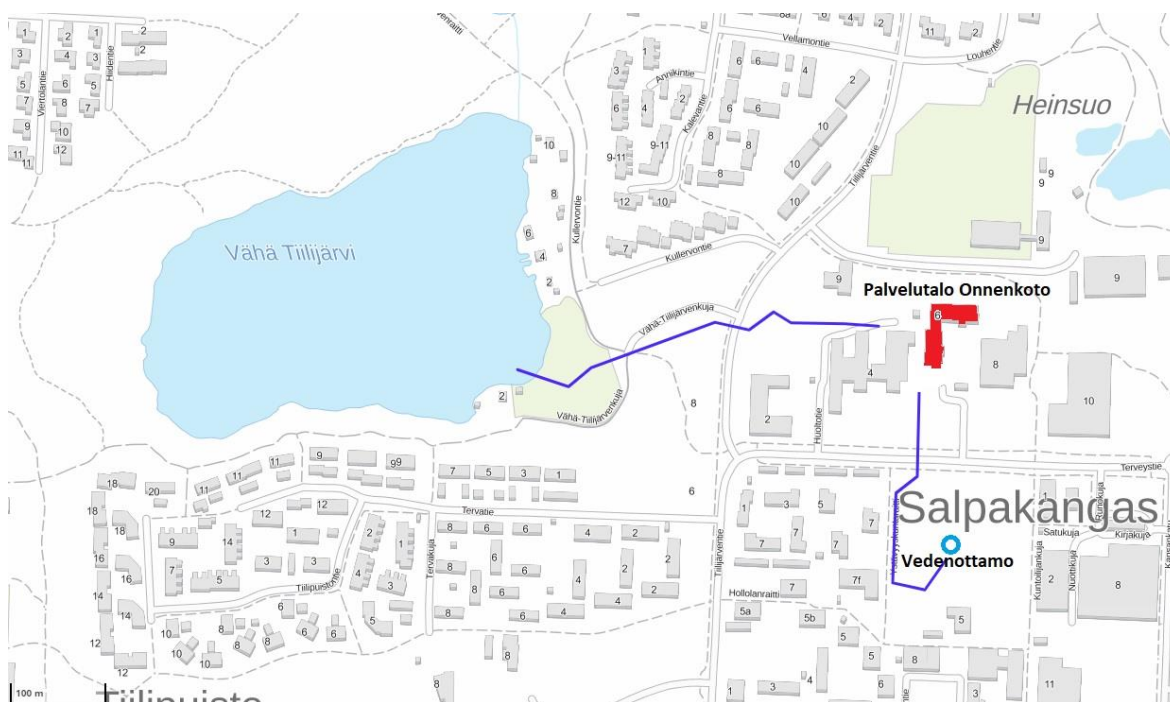
4 PALVELUKOTI ONNENKODON JÄÄHDYTYSVESI

4.1 Lupapäätös pohjaveden käytöstä Onnenkodossa

Vuoden 2013 lopussa Hollolan Salpakankaalle valmistui Lahden Talojen tytäryhtiö Lahden Palveluasunnot Oy:n rakennuttama palvelukoti Onnenkoto (Lahden Talot Oy 2013). Palvelukoti on vuokrattu Hollolan kunnan liikelaitos Peruspalvelukeskus Oivalle (nyk. osa Päijät-Hämeen hyvinvointikuntayhtymää). Onnenkoto on matalaenergiatalo, jonka kaikissa tiloissa on viilennysmahdollisuus (Etelä-Suomen Sanomat 2013.) Kiinteistön viilennyksessä käytetään läheistä Salpa-Mattilan vedenottamon pohjavettä (Lahden Talot Oy 2013).

Etelä-Suomen Aluehallintaviraston päätöksessä vuonna 2012 (Päätös Nro 173/2012/2, 2 - 3) on myönnetty muutos Salpa-Mattilan vedenottamon vedenottolupa. Lupapäätöksen mukaan pohjavettä käytetään talousvetenä sekä kesäisin palvelukodin jäähdytykseen ja talvisin ilmanvaihdon esilämmitykseen. Kesällä vettä käytettäisiin enintään 5,6 l/s eli 480 m³/vrk. Vedenottamolta rakennetaan vesilinja palvelukodille, josta pohjavesi johdetaan LVI-järjestelmän lämmönvaihtimeen suljettuun kiertoon. Onnenkodolta käytetty vesi puretaan jäähdytysvesilinjaa pitkin Vähä-Tiilijärveen. Veden purkulämpötilaksi on luvassa määrätty +11 astetta jäähdytyskäytössä ja +2 astetta lämmityskäytössä. Salpa-Mattilan vedenottamo sijaitsee noin 250 metrin päässä Onnenkodosta.

Kuvassa 6 on esitetty palvelukoti Onnenkodon sijainti Vähä-Tiilijärveen ja Salpa-Mattilan vedenottamoon nähden. Vedenottamon vesilinja ja palvelukodin jäähdytysvesilinjasto on merkitty kuvaan 6 mukaillen Ramboll Finland Oy:n suunnitelmaa. Onnenkodon jäähdytysvesilinjan purkupää sijaitsee Vähä-Tiilijärven uimarannassa vedenpinnan alapuolella vajaa 2 metrin syvyydessä eteläisen laiturin alla. Vähä-Tiilijärvi sijaitsee noin 400 metrin päässä palvelukodista (ESAVI Päätös Nro 173/2012/2, 2).



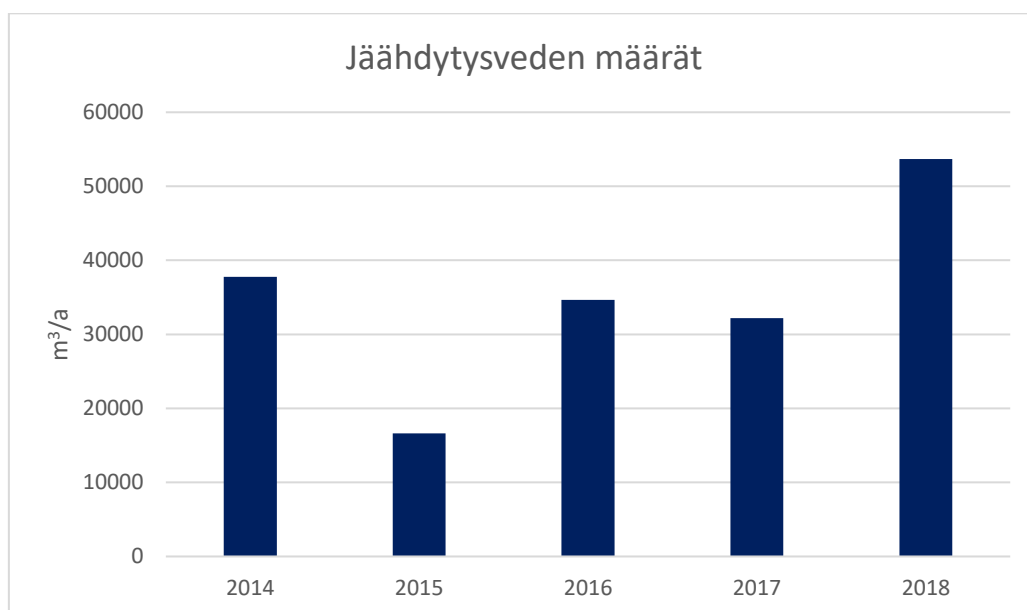
KUVA 6. Salpa-Mattilan vedenottamon ja palvelukoti Onnenkodon vesilinjojen sijainti (mukaillu Vahanen Environment Oy 2019b; Liite 1: Maanmittauslaitos 2019)

Lupapäätöksen (ESAVI Päätös Nro 173/2012/2, 3) mukaan pohjaveden johtamisella Vähä-Tiilijärveen on positiivinen vaikutus. Samalla pohjaveden johtaminen järveen helpottaisi Iso-Tiilijärven vedenpinnan säätelyä. Veteen ei aiheudu muutoksia lämmitys- ja jäähdytysprosessin yhteydessä, joten purettu vesi on puhdasta pohjavettä. On myös mainittu, että jäähdytys- ja lämmitysvedenottoa voidaan mahdollisesti vähentää, jos pohjavettä otetaan täysimääräisesti talousvesikäyttöön. Pumpatun pohjaveden laatua ja määrää tarkkaillaan rakennusautomaatioon liitettyjen laitteiden avulla. Tarkkailutuloksista toimitetaan vuosittain selvitys Hämeen ELY-keskukselle ja Hollolan kunnan ympäristönsuojeluviranomaiselle (ESAVI Päätös Nro 173/2012/2, 6).

4.2 Jäähdytysveden määrä ja laatu

Onnenkodon jäähdytysveden käytön määrä vaihtelee suuresti lämpötilan mukaan. Helteillä vettä käytetään runsaammin, kun taas viileinä päivinä jäähdytysvedelle ei ole tarvetta (Vahanen Environmental Oy 2019a, 6.) Vuodesta 2014 lähtien jäähdytysveden vuosittainen määrä on vaihdellut 16 637 – 53 690 m³ välillä (kuvio 3) (Lahden Talot Oy 2019). Vettä käytetään runsaiten aina kesäisin. Vuosina 2014 ja 2016 jäähdytysvettä käytettiin keskimäärin 300 – 400 m³/vrk kesäkuukausina. Vuonna 2015 jäähdytysvettä käytettiin vähemmän ja käyttö painottui elokuu-syyskuu välille. Vuoden 2017 kesä- ja heinäkuun sekä vuoden 2018 kesäkuukausien jäähdytysvesitiedot puuttuvat kokonaan teknisten yhteyson-

gelmien takia. (Vahanen Environment Oy 2019a, 6-7.) Helteisen kesän 2018 jäähdytysveden määräksi on kuitenkin arvioitu kesä-syyskuussa olleen noin 480 m³/vrk ja lähes 55 000 m³ koko vuotena. (Lahden Talot Oy 2019; Vahanen Environment Oy 2019a, 7).



KUVIO 3. Jäähdytysveden kokonaismäärä (m³/a) vuosina 2014 – 2018 (mukailtu Lahden Talot Oy 2019)

Jäähdytysveden purkuputki on halkaisijaltaan 16 cm. Kun käytetyn veden määrän on ollut päivässä 300 – 480 m³, purkuputken virtausnopeus vastaa 0,2 – 0,3 m/s. (Vahanen Environment Oy 2019a, 16.) Talvisin käytetyn lämmitysveden määrä on jäänyt vuosittain vain muutamiin satoihin litroihin ja käyttö on ollut satunnaista (Vahanen Environment Oy 2019a, 7).

Kesäaikaana puretun jäähdytysveden lämpötila on ollut vuosina 2014 - 2017 keskimäärin 8,00 – 8,25 °C. Lämpötiloissa esiintyy ajoittain pientä vaihtelua, kun vesi seisoo jäähdytysvesijärjestelmän putkistossa ja jäähdytysvesilinjaston tarkastuskaivoissa. Purettavan jäähdytysveden lämpötila on kuitenkin usein lähellä Salpa-Mattilan pohjavedenottamon veden lämpötilaa (7-8°C), ollessaan jatkuvassa toiminnassa. Talvisin ilmanvaihtoa esilämmitetään käyttäen samaa vettä. Vähä-Tiilijärveen puretun lämmitysveden lämpötila on tällöin ollut noin 22 - 23 °C (Vahanen Environment Oy 2019a, 10.) Lämmitysveden lämpötila nousee yli 20 °C, koska vettä käytetään talvella päivittäin vain muutamia litroja, joten vesi ehtii lämmitä kiinteistön putkistossa. Vähä-Tiilijärveen puretut jäähdytys- ja lämmitysvedet ovat kesällä alittaneet ja talvella ylittäneet Aluehallintoviraston lupapäätöksessä määrätyt lämpötilojen raja-arvot.

Aluehallintoviraston lupapäätöksen määräyksissä on vaadittu selvitystä paluuveden happipitoisuudesta ensimmäiseltä toimintavuodelta (ESAVI Päätös Nro 173/2012/2, 6). Happipitoisuutta mitattiin neljä kertaa vuonna 2014 touko-elokuun välillä. Puretun veden happipitoisuus vaihteli 8,7 – 9,9 mg/l välillä ja hapen kyllästysaste 83 - 104% välillä. (Vahanen Environment Oy 2019a, 10.)

4.3 Purkuputken muutos

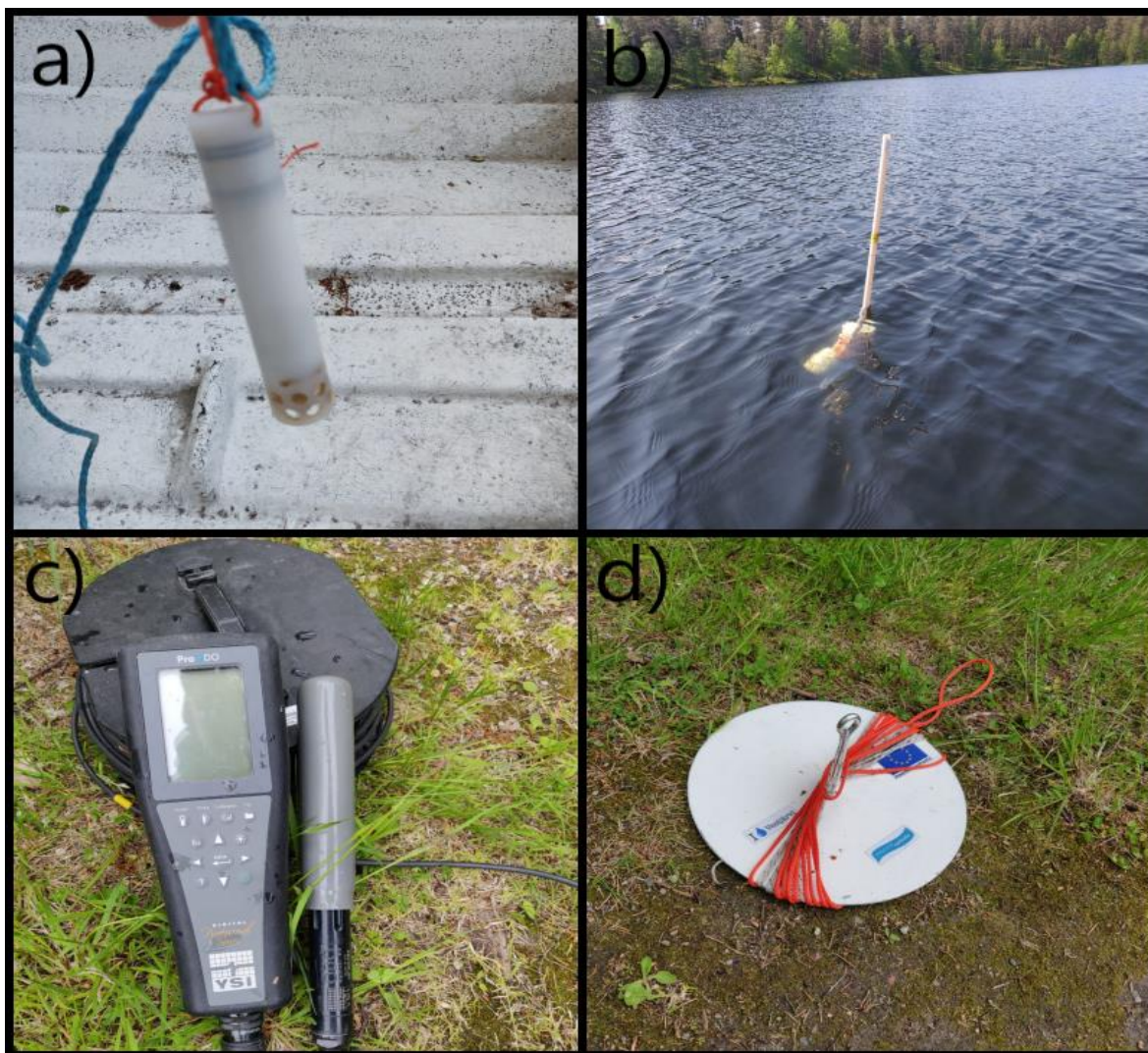
Vuoden 2019 heinäkuussa jäähdytyslinjaston purkuputken päätä päätettiin muuttaa Hollolan kunnan toimesta. Vahanen Environment Oy:n (2019a, 16 - 17) julkaiseman Vähä-Tiilijärven jäähdytysvesiselvityksen johtopäätöksissä todetaan, että kylmän pohjaveden ollessa tiheämpää, pohjavesi painuu suoraan alusvesikerrokseen. Tällöin alusvesikerroksen lämpimämpi vesimassa työntyy ylemmäs tuoden ravinteita ylempiin vesikerroksiin, levien käytettäväksi. Vaikka putken virtaus on pieni, se voi aiheuttaa pyörteitä veteen. Pyörteiden virtaukset saattavat nostattaa järven pohjasedimenttiä, jolloin happea kuluu alusvedessä ja sedimenttiin sitoutunutta fosforia liukenee veteen.

Ramboll Finland Oy:n selvityksessä (2019, 1 - 2) yhdytään siihen, että kylmä pohjavesi voi mahdollisesti syrjäyttää ja työntää ravinteikasta lämpimämpää vettä alusvesikerroksesta ylemmäs. Kuitenkin purkuputken virtausnopeuden todetaan olevan niin pieni, että sedimentin liikkumista tapahtuu luultavasti enemmän uimareiden ja tuulien toimesta, kuin putken virtauksesta. Lisäksi selvityksessä listataan erinäisiä toimenpiteitä jäähdytysveden mahdollisten vaikutuksien pienentämiseksi, kuten purkuputken pään muutosta.

Kummassakin selvityksessä todetaan, että asiaa tulisi vielä selvittää tarkemmin jatkotutkimuksilla asian todentamiseksi. Näiden lausuntojen seurauksena purkuputken päälle tilattiin muutos 3.7.2019, jossa putken päätä nostettiin 1 metrin syvyyteen, haaroitettiin kahden suuntaan ja rei'itettiin rungosta, jotta veden virran suuntaus tapahtuisi pinnanmyötäisesti. Muutoksilla pyritään siihen, että kylmä jäähdytysvesi virtaisi ensimmäiseksi pintaveeteen, jossa purkuveden lämpötila nousisi. Tällöin purettu vesi leviäisi tasaisemmin kummallekin puolelle rantaa eikä johtuisi suoraan pohjanmyötäisesti.

Tutkimuksissa käytettiin yhteensä yhdeksää lämpötilaloggeria. Näistä seitsemän upotettiin järven syvänteeseen, pisteeseen VT1, pystysuoraan linjaan. Järven syvänteen syvyys oli paikan päällä mitattuna 6,1 metriä. Kuusi loggeria sidottiin naruun metrin välein niin, että niistä viimeinen oli syvänteen pohjalla kuuden metrin syvyydessä. Seitsemäs loggeri sidottiin lähes pintaan noin 0,5 metrin syvyyteen. Narun toiseen päähän kiinnitettiin kivi painoksi ja toiseen päähän koho, jotta naru pysyisi vertikaalisesti paikoillaan (kuva 8b). Lisäksi yksi lämpötilaloggeri upotettiin, samanlaista menetelmää käyttäen, väliasemalle 4,25 metrin syvyyteen syvänteen ja jäähdytyslinjaston purkuputken väliin. Viimeinen loggeri asetettiin jäähdytysvesilinjan tarkastuskaivoon. Loggerit mittasivat lämpötilaa 30 minuutin välein jatkuvakestoisesti. Loggereiden toiminta tarkastettiin kesä- ja elokuussa purkamalla data, jolloin mittaukset keskeytyivät muutamiksi tunneiksi.

Mittausdatan purkamiseksi loggerit noudettiin järvestä, jotta ne voitiin kytkeä tietokoneeseen, jossa tiedot purettiin SeaStar-ohjelman avulla. Tulokset latautuivat tietokoneelle taulukkomuodossa. Lopullinen esitysmuoto ja muokkaaminen toteutettiin Microsoft Excel -ohjelman avulla.



KUVA 8. Tutkimuksissa käytetyt näytteenottovälineet: a) Star-Oddi Starmon Mini – lämpötilaloggeri, b) Lämpötilaloggeriketju syvänteessä, c) Ysi Pro ODO -optinen hapen ja lämpötilan kenttämittari, d) Secchi-levy

Hapen ja lämpötilan vertikaalimittaukset

Hapen ja lämpötilan vertikaalimittauksia toteutettiin viikoittain Ysi Pro ODO -optisella hapen ja lämpötilan kenttämittarilla (kuva 8c). Kenttämittari soveltuu erityisesti niukkahappisten alueiden kartoittamiseen järvivesissä. Mittari kalibroitiin viikoittain kuljetushylsyn avulla. Kuljetushylsyn pohjalle asetettiin vedessä kostutettu paperi kalibrointia varten. Mittari asetettiin roikkumaan pystysuoraan 5 minuutin ajaksi, jolloin hylsyn sisällä oleva anturi tuli ilmakyllästetyksi. Tämän jälkeen kalibrointi suoritettiin painamalla kalibrointipainiketta. (GWM-Engineering Oy 2019.) Mittaukset suoritettiin laskemalla anturi pystysuorassa haluttuun syvyyteen ja odottamalla noin 30 sekuntia lukemien tasaantumiseksi. Mittarin sen-

sori ilmoitti mitatun syvyyden lämpötilan, ilmanpaineen, happikylläisyyden ja happipitoisuuden. Mittarin kelattu johto sisälsi metrin välein keltaisia numeroituja merkkejä, jotka ilmoittivat mitatun syvyyden.

Mittauksia suoritettiin viikoittain kuvassa 7 näkyvissä kolmessa eri pisteessä (VT1, VT2, VT3) sekä jäähdytysvesilinjan alimmasta tarkastuskaivosta. Taulukossa 2 on esitetty Vähä-Tiilijärven vertikaalimittausten näytteenottosyvyydet eri pisteiltä. Mittauspisteiden tuloksista esitetyt taulukot ja kuvaajat on luotu käyttäen Microsoft Excel -ohjelmaa.

TAULUKKO 2. Vähä-Tiilijärven mittauspisteiden näytteenottosyvyydet

VT1 (m)		VT2 (m)		VT3 (m)
0,5		0,5		0,5
1		1		1
2		2		2
3		3		3
4		4		
5		4,4		
6				

Näkösyyvyys

Näkösyyvyttä mitattiin Secchi-levyllä, jonka halkaisija on 30 senttimetriä (kuva 8d). Näkösyyvyys mitattiin samoissa pisteissä kuin happi- ja lämpötila. Näkösyyvyden mittaamisella selvitettiin veden kirkkautta. Sen avulla voidaan seurata järven tilaa ja mahdollista rehevöitymistä. Näkösyyvyteen voi vaikuttaa moni asia, kuten leväsamennus, rehevöityminen, myrskyt, valumavedet tai maaperän humus. Vaikka näkösyyvyteen vaikuttaa moni eri tekijä, mittauksia suoritettiin happi- ja lämpötilamittausten tukena indikoimaan järven levämäärää.

Näkösyyvyttä mitattiin veneestä upottamalla levy veteen veneen varjopuolelta. Levyn annettiin vajota niin syvälle, kunnes se alkoi hävitä näkyvistä. Tämän jälkeen levy nostettiin jälleen näkyviin ja nämä vaiheet toistettiin. Rajakohta, jossa levy häviää näkyvistä ja tulee uudelleen näkyviin, on mitattavan pisteen näkösyyvyys. Näkösyyvyysarvo määritettiin veden pinnan tasolta mittanarusta. Mittanaruun tehtiin metrin välein merkkejä, joista pystyttiin määrittämään näkösyyvyys. Tiedot kirjattiin ylös ja käsiteltiin Microsoft Excel -ohjelman avulla.

5.2 Aikataulu

Luvussa 5.1 mainittuja tutkimusmenetelmiä tehtiin aikavälillä 6.6.2019 – 31.8.2019 (kuva 9). Mittaukset aloitettiin 6.6.2019 viikolla 23, jolloin syvänteen lämpötilaloggerit asetettiin paikalleen ja ensimmäiset hapen ja lämpötilan vertikaalimittaukset sekä näkösyvyys mitattiin. Alimman tarkastuskaivon ja väliaseman loggerit asetettiin paikoilleen vasta seuraavalla viikolla.

Tutkimusten aikataulu	vko 23	vko 24	vko 25	vko 26	vko 27	vko 28	vko 29	vko 30	vko 31	vko 32	vko 33	vko 34	vko 35	vko 36
Syvänteen loggeri				Purku					Purku					Purku
Kaivon loggeri				Purku					Purku					Purku
Väliaseman loggeri				Purku					Purku					Purku
Hapen ja lämpötilan vertikaalimittaukset					Eurofins			Eurofins						
Näkösyvyys														

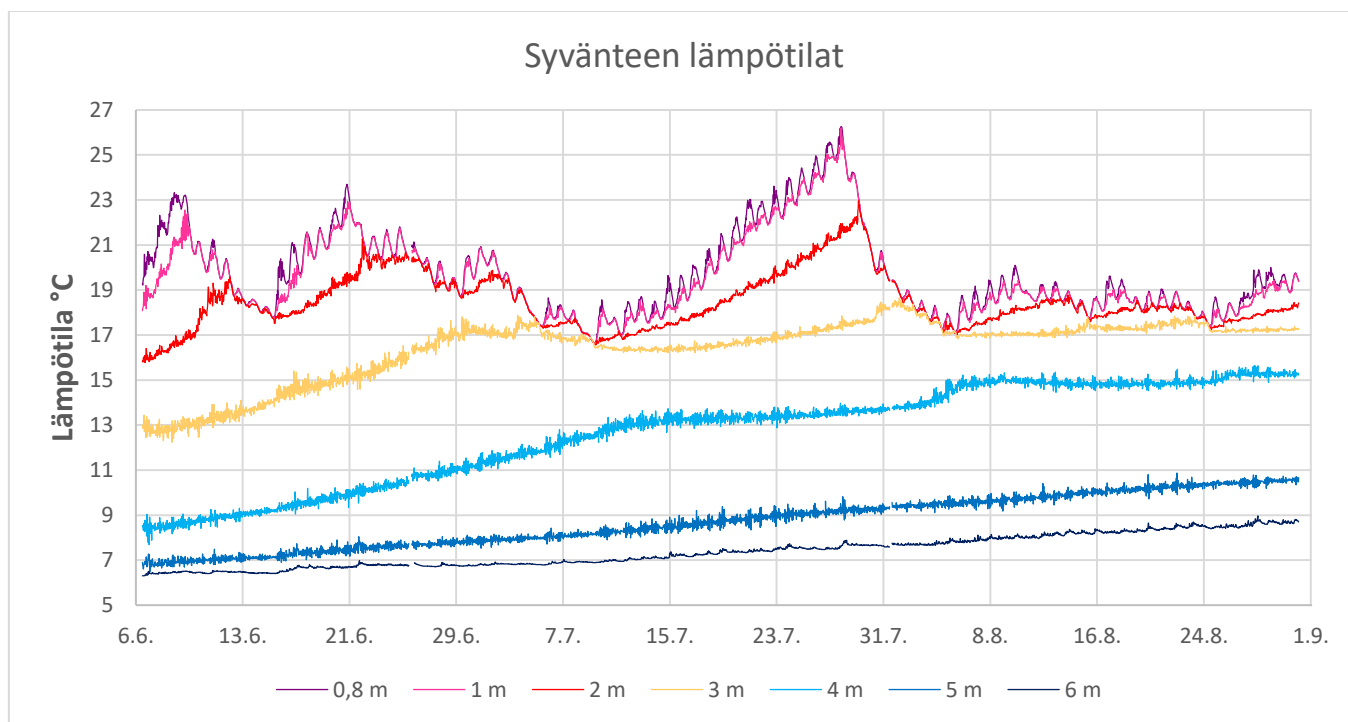
KUVA 9. Tutkimusten aikataulu

Lämpötilaloggereiden data purettiin kolme kertaa tutkimusjakson aikana. Viimeinen purku tehtiin syyskuun ensimmäisellä viikolla. Hapen ja lämpötilan vertikaalimittauksia tehtiin viikoittain koko tutkimusjakson aikana. Viikoilla 27 ja 30 Eurofins Environmental Oy oli Vähä-Tiilijärvellä ottamassa kasvi- ja eläinplanktonnäytteitä sekä vesinäytteitä, joiden yhteydessä he mittasivat näkösyvyyden sekä tekivät hapen ja lämpötilan vertikaalimittaukset. Näillä mittauskerroilla jäähdytysveden happipitoisuutta ei mitattu ja vertikaalimittaukset sekä näkösyvyys otettiin vain järven syvänteestä pisteestä VT1.

6 TULOKSET

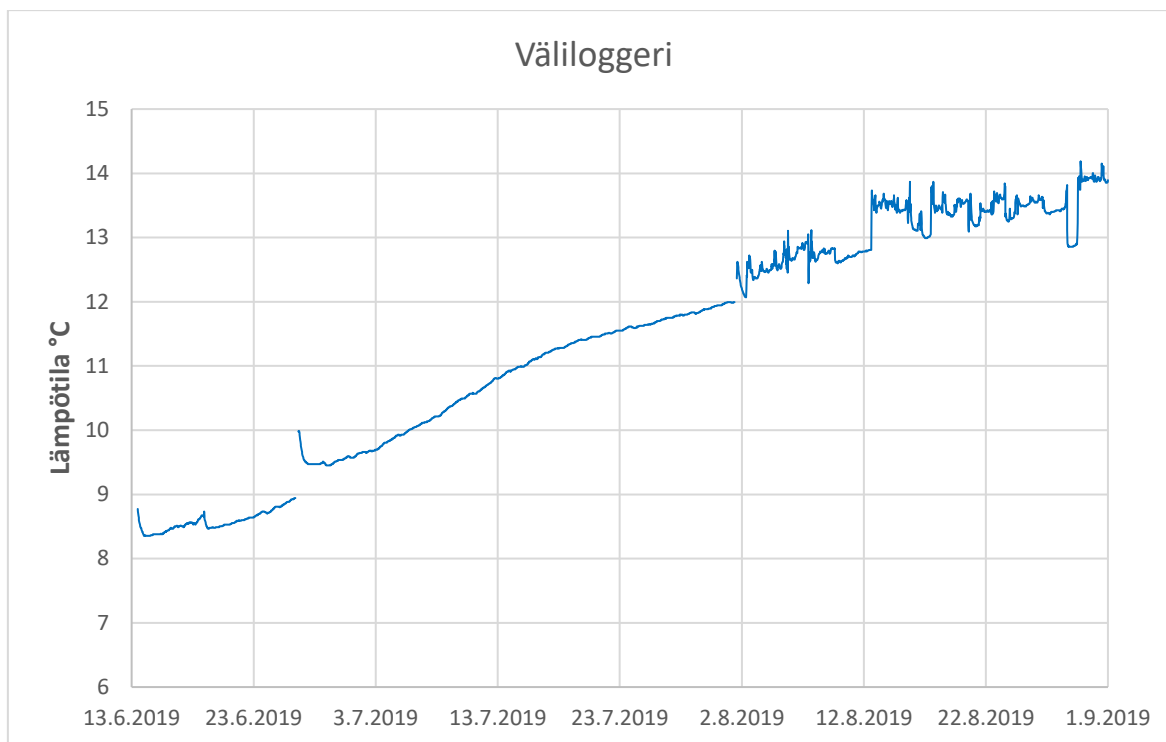
6.1 Vähä-Tiilijärven lämpötila

Vähä-Tiilijärveen asetetut lämpötilaloggerit tallensivat lämpötilatietoja yhtäjaksoisesti koko tutkimusjakson ajan, eikä teknisiä virheitä ilmennyt. Järvi oli selvästi kerrostunut jo ennen ensimmäisiä mittauksia. Järven päällysvesikerros muodostui 0 – 3 metrin syvyyteen, jossa veden lämpötila vaihteli 15 – 25 °C välillä. Harppauskerros muodostui 3 – 4 metriin, jossa veden lämpötila tippui nopeasti. 4 – 6 metrissä oleva alusvesikerros pysyi selvästi viileämpänä ja lämpeni hitaasti koko kesän ajan. Järvessä vallitsi koko kesän vahva lämpötilakerrostuneisuus, jonka takia järvessä tapahtunut vesimassojen sekoittuminen ylettyi vain 3 metriin asti (kuvio 4).



KUVIO 4. Vähä-Tiilijärven loggereiden mittaustulokset pisteessä VT1

Jäähdytysvesilinjaston putken pään ja syvänteen väliin asetetun lämpötilaloggerin lämpötila oli myös noussut tasaisesti kesän aikana (kuvio 5). Loggereiden datan purun yhteydessä 1.8.2019 huomattiin, että väliaseman tuloksien käyrässä ei esiinny samanlaista sahalaitaista liikettä veden turbulenssin takia kuin syvänteen käyrissä. Väliaseman mittaus-syvyyttä nostettiin 4 metriin, koska tuloksien perusteella pääteltiin loggerin olevan liian lähellä tai kokonaan pohjasedimentissä. Väliaseman elokuun data on tästä syystä selvästi muuttunut. Kuviossa 5 näkyvät tyhjät kohdat ja yksittäinen lämpötilapiikki 26.6.2019 johtuvat datan purkamisesta.



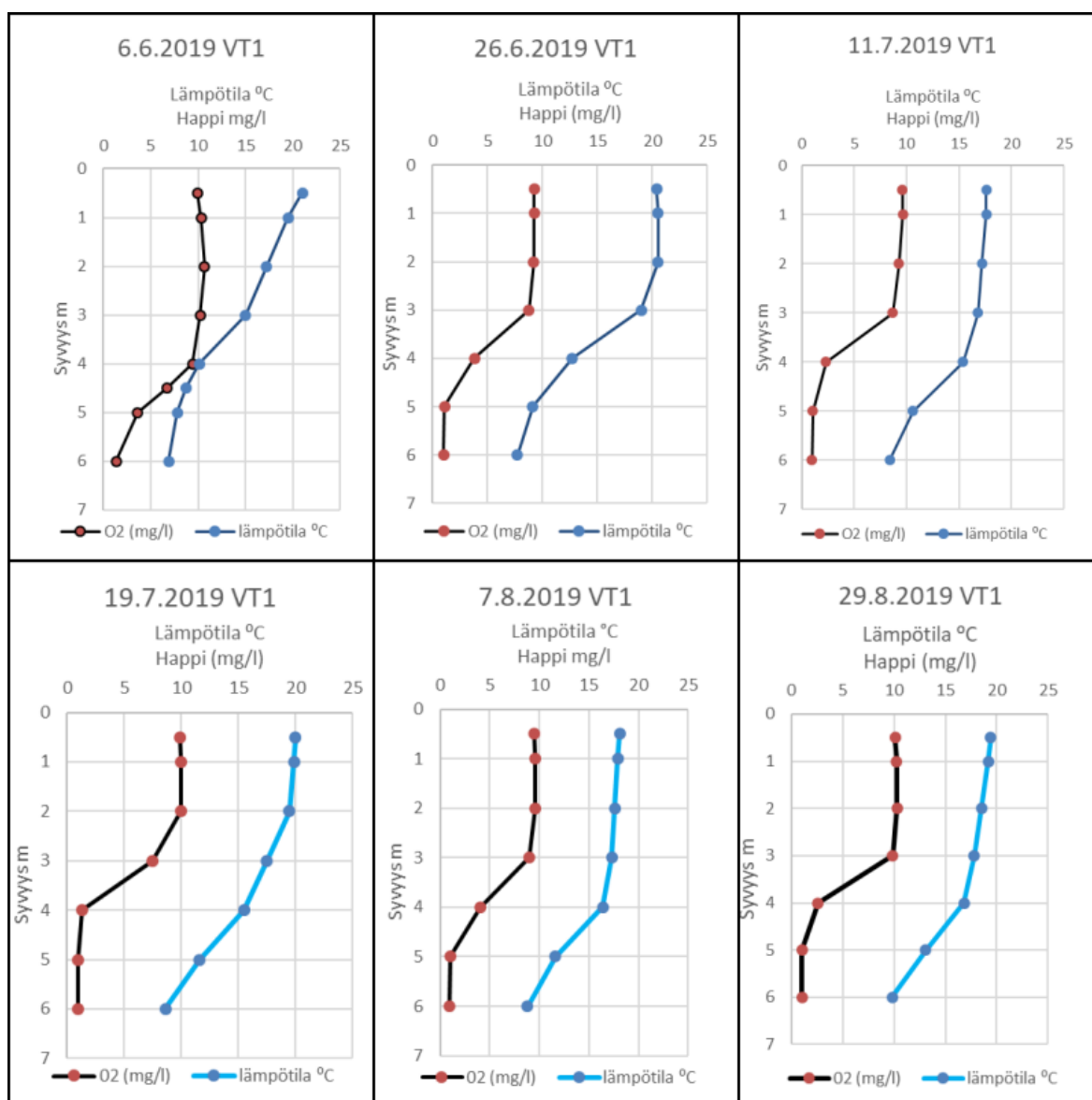
KUVIO 5. Väliaseman loggerin lämpötilatulokset

6.2 Vähä-Tiilijärven happipitoisuus

Syvänteiden hapen ja lämpötilan vertikaalimittauksissa selvisi heti ensimmäisten mittauskertojen jälkeen, että harppauskerros asettui 3 – 4 metrin syvyyteen. Heinä- ja elokuun aikana harppauskerros vaihteli 3 – 4 metrin ja 4 – 5 metrin välillä, koska päällysvesikerroksen lämpötila oli noussut 0 – 3 metrin syvyyksissä noin 20 °C:een. Tällöin ilman lämpötilan vaihtelulla oli vaikutusta harppauskerrokseen. Harppauskerroksen jälkeinen lämpötilan tippuminen näkyy myös vastaavasti happipitoisuuden vähenemisenä (kuvio 6).

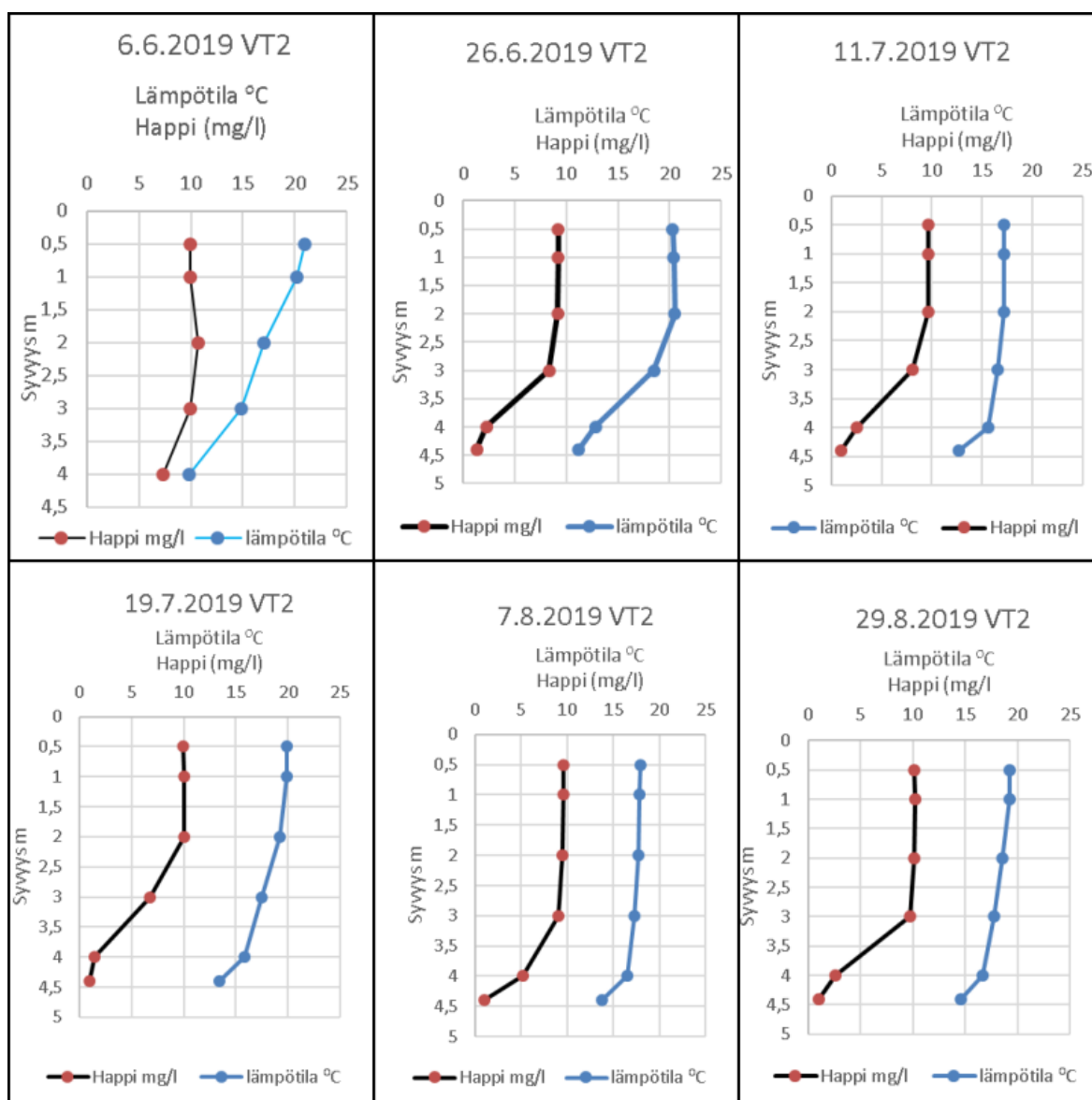
Syvänteiden happipitoisuus on ollut koko kesän tarkastelujakson aikana hyvin vähäinen 5 – 6 metrissä, noin 1 mg/l. Ennen 26.6. esiintynyttä sinileväkukintaa 4 metrin syvyydessä happipitoisuus pysyi hyvänä yli 4 mg/l:ssa. Heinäkuussa alusvesikerroksen happi kului lähes loppuun, mutta elokuussa 4 metrin syvyydessä happipitoisuus parani ajoittain, koska harppauskerros syveni 4 – 5 metrin välille. Kesäkuun lopussa esiintyneen sinileväkukinnan jälkeen päällysveden ja alusveden happipitoisuudet erottuivat selvästi toisistaan. Päällysveden happipitoisuus on pysynyt hyvänä koko kesän ajan ja kyllästysaste on ollut koko kesän ajan yli 100 %.

Kuvioon 6, 7 ja 8 on poimittu mittaustuloksia jokaiselta kuukaudelta tutkimusjakson aikana. Kaikki hapen ja lämpötilan vertikaalimittausten tulokset koko tutkimusjaksolta on esitetty liitteessä 1.



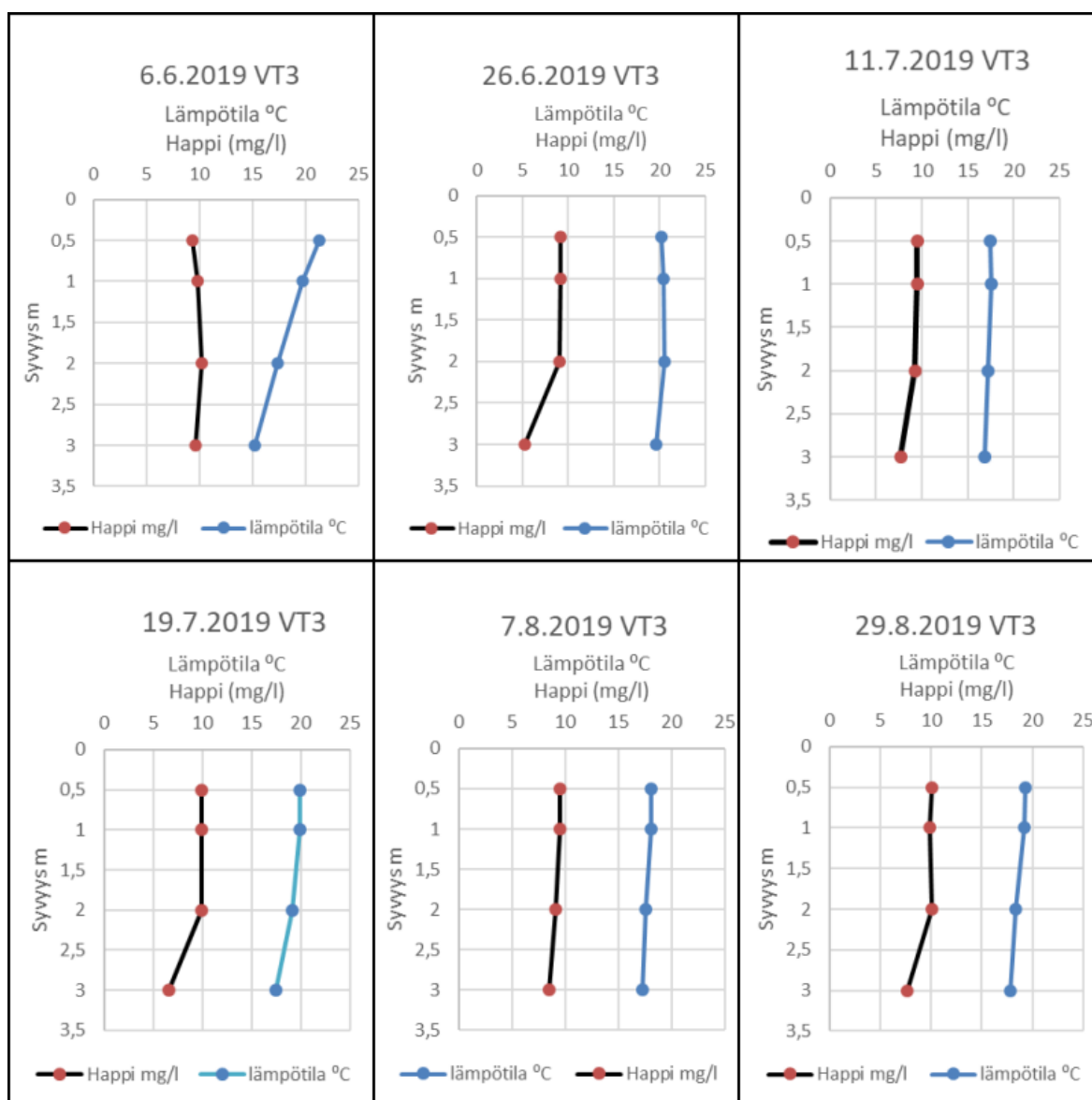
KUVIO 6. Hapen ja lämpötilan vertikaalimittaukset pisteessä VT1

Pisteen VT2 mittaukset vahvistivat sen, että koko järvi oli lämpötilakerrostunut ja harppauskerros sijaitsi 3 – 4 metrin syvyydessä. Heinäkuussa pisteellä VT2 ei ollut enää selvää harppauskerrosta 3 – 4 metrissä vaan lämpötilan harppaus tapahtui 4 – 4,4 metrin syvyydessä (kuvio 7). Kesäkuun alussa pisteen VT2 happipitoisuus oli noin 10 mg/l 4 metrin syvyyteen asti. Kuitenkin kesäkuun puolivälistä elokuun alkun 4 – 4,4 metrin syvyys oli lähes hapetonta (0,94 – 1,5 mg/l). Myös pisteellä VT2 päällysveden happi esiintyi koko kesän ylikyllästytneenä (yli 100 %). Vaikka veden lämpötila oli lähes sama jokaisessa vesikerroksessa heinäkuusta lähtien ja päällysvesikerros ylsi 4 metriin, 4 metrin happipitoisuus pysyi alhaisena, eikä vesikerros saanut happitäydennystä.



KUVIO 7. Hapen ja lämpötilan vertikaalimittaukset pisteessä VT2

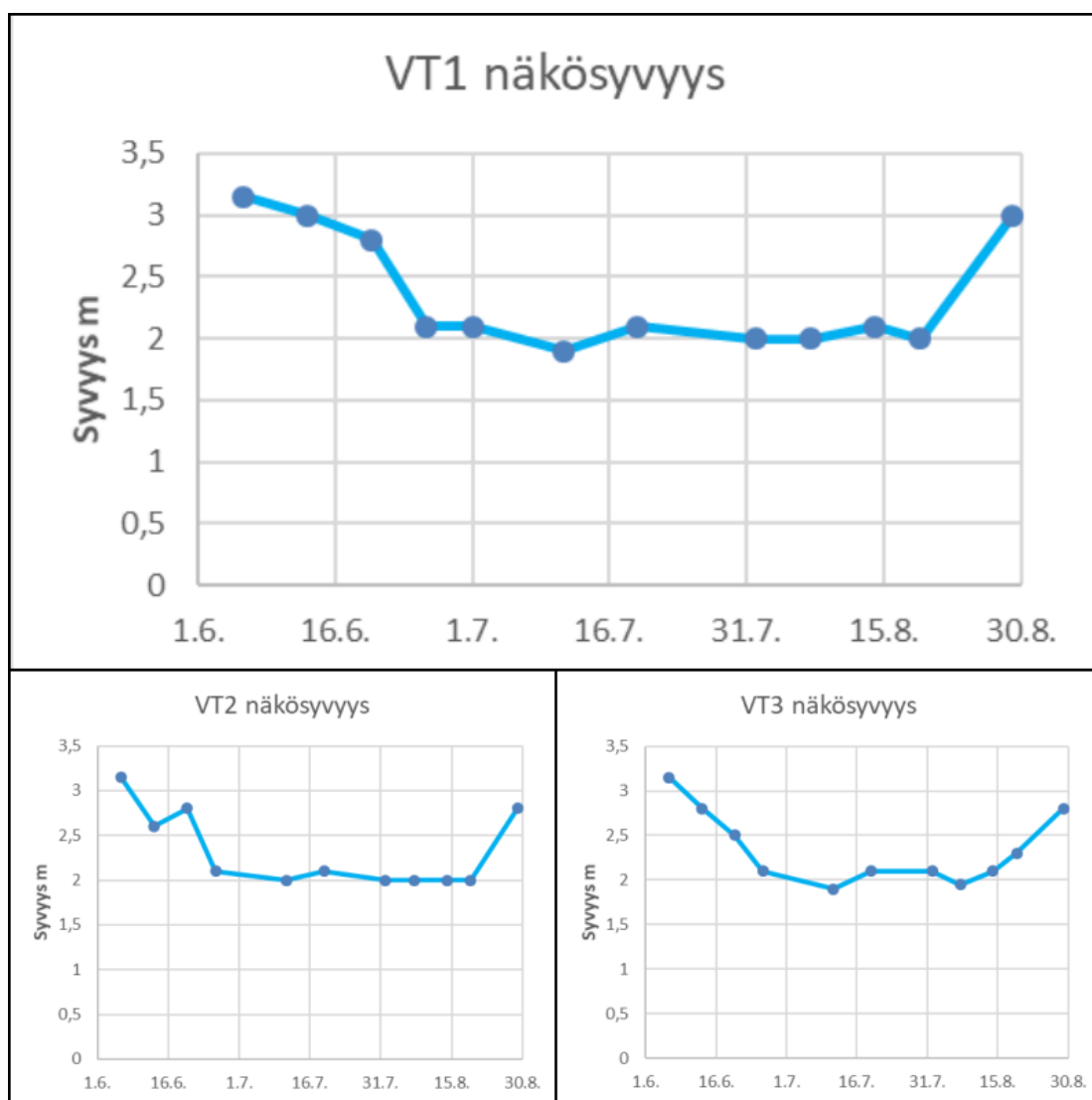
Pisteen VT3 maksimisyvyys oli 3 metriä, joten lämpötilaeroja eri syvyyksien kesken ei esiintynyt. Järven päällysvesikerros muodostui 0 – 3 metriin, joten VT3 lämpötilat pysyivät 15 – 21 °C välissä. Pisteen happipitoisuus pysyi 0 – 2 metrin syvyyksissä 10 mg/l ja 3 metrin syvyydessä vaihdellen 5 – 10 mg/l välillä (kuvio 8). Happipitoisuus oli huonoimmillaan 3 metrissä 26.6. (5,2 mg/l), jolloin järvessä esiintyi sinileväkukinta. Myös pisteen VT3 päällysvesikerroksen happi esiintyi koko kesän ylikyllästyneenä.



KUVIO 8. Hapen ja lämpötilan vertikaalimittaukset pisteessä VT3

6.3 Vähä-Tiilijärven näkösyvyys

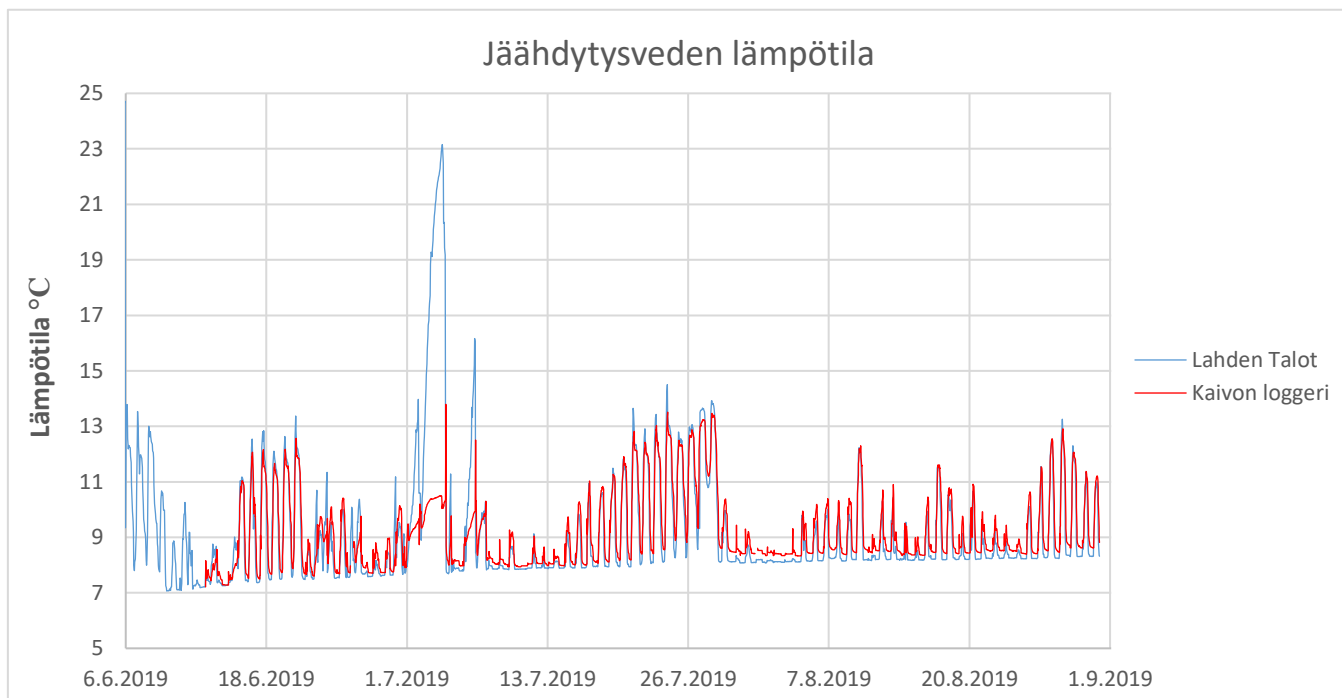
Kesän tarkastelujakson alussa Vähä-Tiilijärven vesi oli kirkasta ja näkösyvyys yli 3 metriä. Veden kirkkaus heikkeni kesän edetessä ja huonontui pahimmillaan alle 2 metriin (kuvio 9). Kesäkuun 26. päivänä järvestä oli runsaasti sinilevää ja näkösyvyys heikentyi suuresti. Näkyvän sinileväkukinnan jälkeen järvestä ei enää esiintynyt laajoja sinilevän pintakukintoja, mutta järven päällysvesikerroksessa oli selvästi havaittavissa keijuvaa sinilevää elokuun puoliväliin saakka. Järven näkösyvyys alkoi paranemaan elokuun lopussa, mikä osoittaa, että kasviplanktonin kokonaismäärä vedessä oli alkanut vähentyä.



KUVIO 9. Vähä-Tiilijärven mittauspisteiden näkösyvyudet

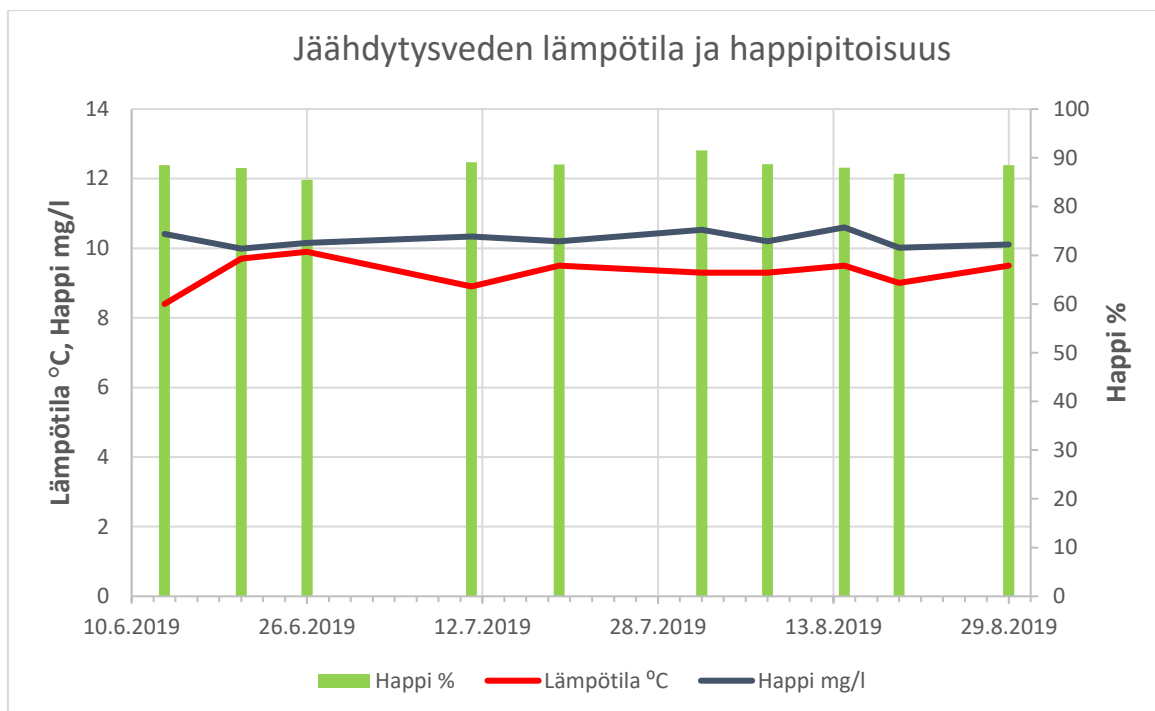
6.4 Jäähdytysveden lämpötila ja happipitoisuus

Jäähdytysveden lämpötilaa seurattiin alimman tarkastuskaivossa sijaitsevan lämpötilaloggerin lisäksi Lahden Talot Oy:n toimesta. Tarkastellessa tuloksia rinnakkain nähdään, että mittaustulokset ovat lähes identtisiä (kuvio 10). Jäähdytysveden keskiarvoiseksi lämpötilaksi saatiin kesän tarkastelujakson aikana kaivon loggerin tuloksista 9,18 °C ja Lahden Talojen mittaustuloksista 9,24 °C. Kuviossa 10 näkyvä käyrien sahalaitainen liike johtuu siitä, että aamuisin johdettu jäähdytysveden lämpötila on ollut kylmempi kuin päivällä – iltapäivällä. Heinäkuun alussa oleva lämpötilan nousupiikki Lahden Talojen tiedoissa johtuu veden seisomisesta putkistossa, koska 3.7.2019 jäähdytysvesilinjaston putken päätä muutettiin.



KUVIO 10. Lahden Talot Oy:n ja alimman tarkastuskaivon lämpötilaloggerin jäähdytysveden lämpötilat (mukailtu Lahden Talot Oy 2019)

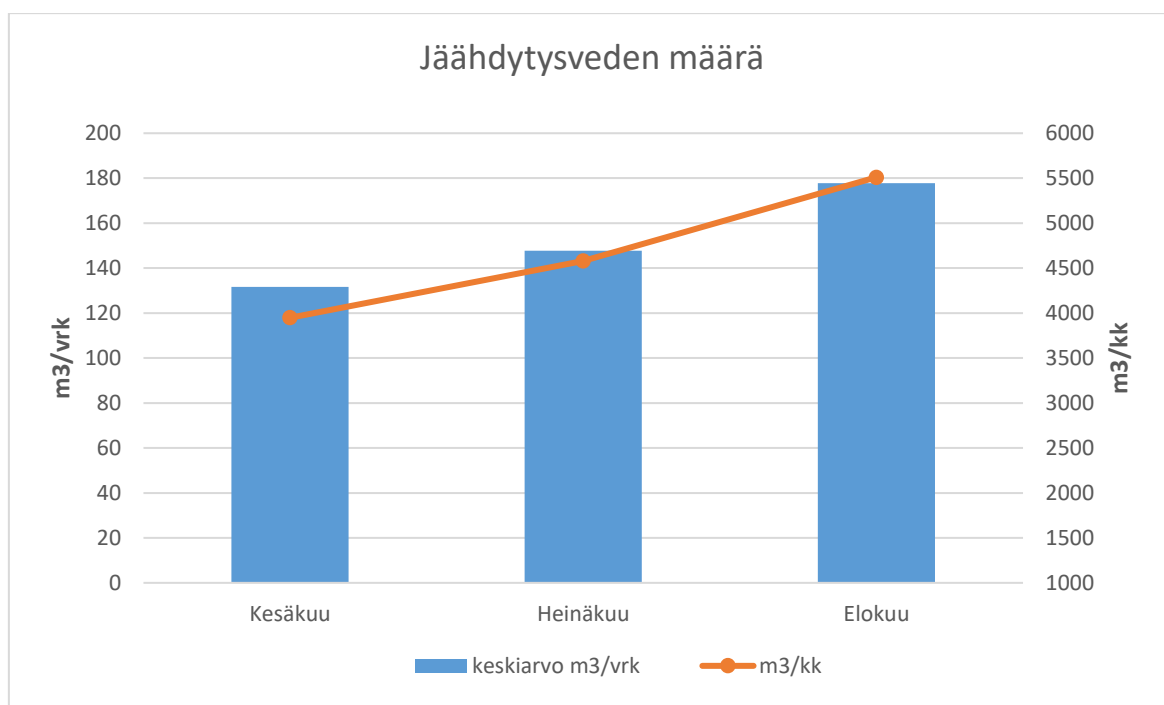
Jäähdytysveden happipitoisuus pysyi noin 10 mg/l:ssa koko tarkastelujakson ajan. Veden lämpötila oli tarkastelujakson aikana YSI Pro ODO -mittarilla mitattuna alimmasta tarkastuskaivosta 8,4 – 10 °C ja hapen kyllästysaste 85,5 – 91,5 % (kuvio 11). Verrattuna luvussa 4.2 oleviin vuoden 2014 happituloksiin, jäähdytysveden happipitoisuus on pysynyt lähes samana.



KUVIO 11. Jäähdytysveden lämpötila ja happipitoisuus

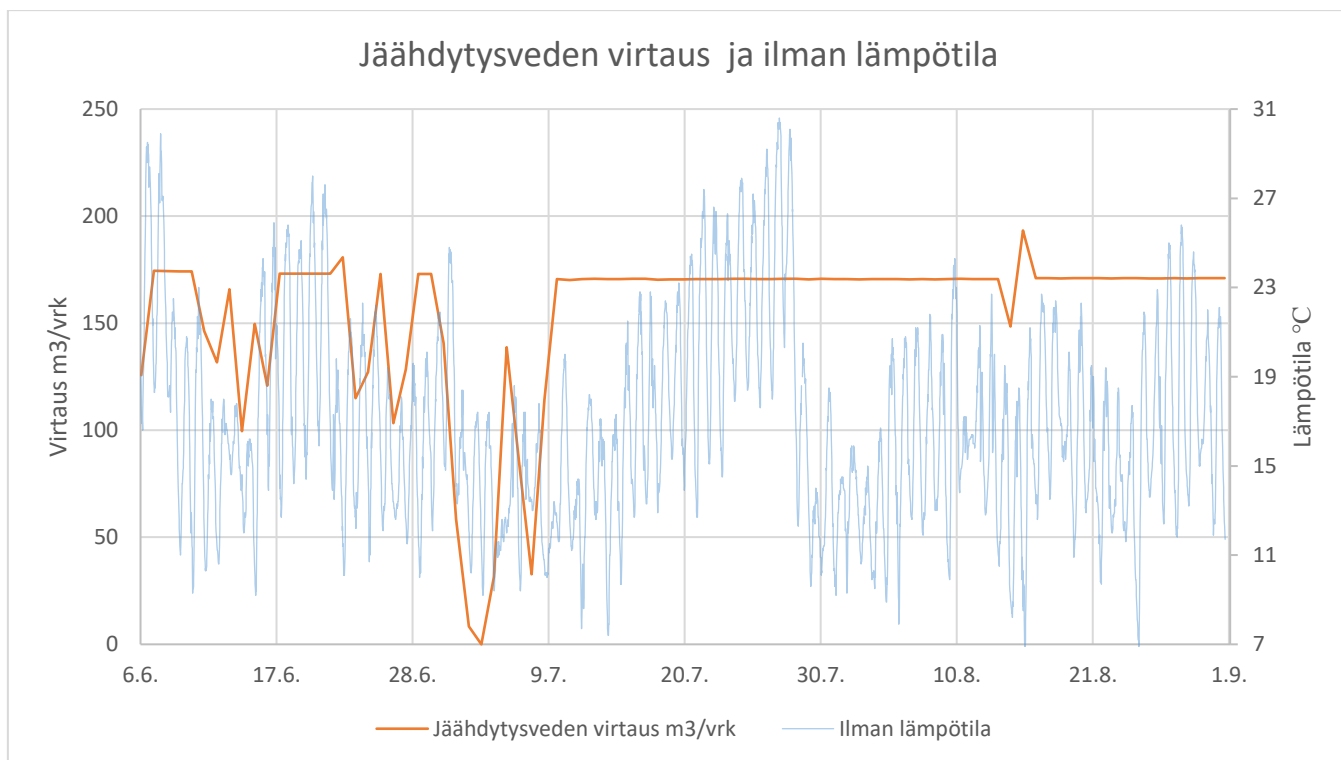
6.5 Jäähdytysveden määrä

Jäähdytysvesiä johdettiin Vähä-Tiilijärveen vuoden 2019 kesä-elokuun aikana yhteensä 14 037,5 m³. Jäähdytysveden käyttö lisääntyi kesän edetessä ollessaan korkeimmillaan elokuun aikana (kuvio 12), noin 5 500 m³. Kuukauden kokonaisvirtausmäärästä laskettu päiväkohtainen virtauskeskiarvo on myös ollut korkeimmillaan elokuussa. Kuukausien ja keskiarvoisiin päiväkohtaisiin virtausmääriin on kuitenkin vaikuttanut se, että kesäkuun ensimmäisenä viitenä päivänä sekä heinäkuussa jäähdytyslinjan putken pään muutoksen aikana virtausta ei ole ollut.



KUVIO 12. Vähä-Tiilijärveen johdettu jäähdytysveden määrä (mukailtu Lahden Talot Oy 2019)

Kesäkuun ja heinäkuun alun vuorokautiset virtausmäärät vaihtelivat 100 – 170 m³ välillä ja virtausmäärä muuttui pienemmästä suuremmaksi ilman lämpötilan mukaan (kuvio 13). Heinäkuun 9. päivästä elokuun loppuun asti virtausmäärä pysyi tasaisesti 170 m³/vrk, vaikka ilman lämpötila vaihteli paljon myös kyseisellä aikajaksolla. Heinäkuun 3. päivän virtausmäärä oli nollassa, koska jäähdytysvesilinjaston putken päätä muutettiin. Kuviossa 13 olevat ilman lämpötilan tiedot ovat Lahden Sopenkorven mittausasemalta, joten lämpötila ei välttämättä kuvaa Hollolassa vallinnutta ilman lämpöä.



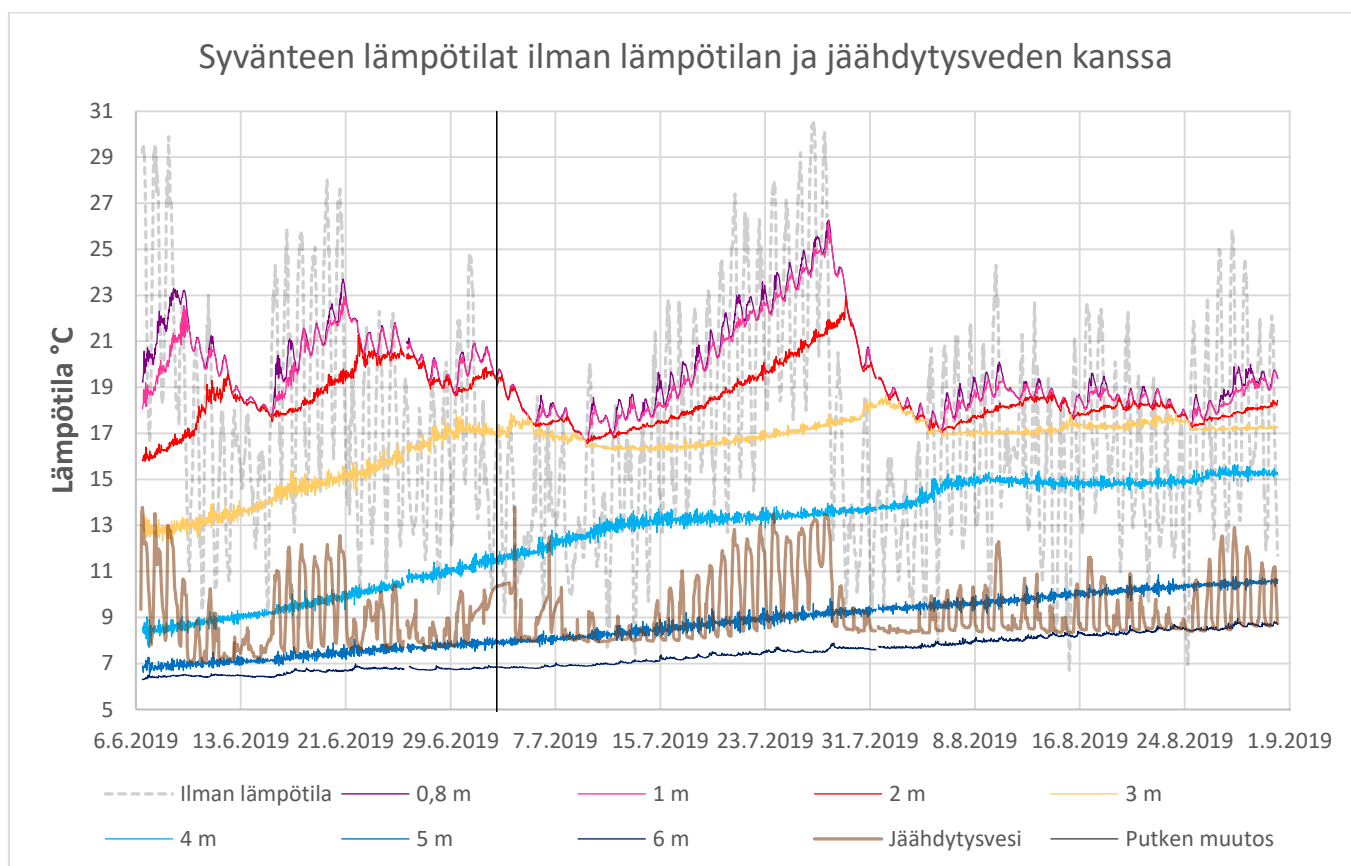
KUVIO 13. Onnenkodon jäähdytysveden vuorokautinen virtaus ja ilman lämpötila (mu-
kailtu Lahden Talot Oy 2019; Ilmatieteenlaitos 2019)

7 TULOSTEN ANALYSOINTI

7.1 Vähä-Tiilijärvi

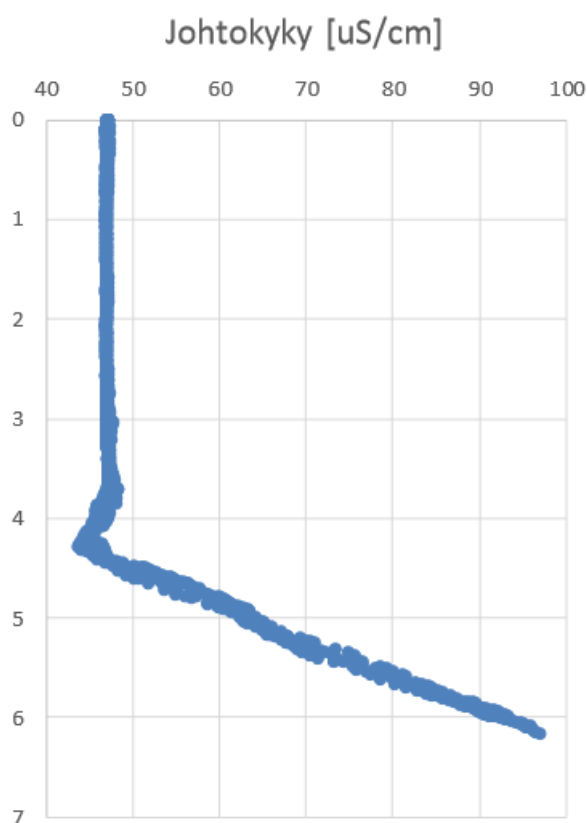
Kesän tutkimusjakson aikana Vähä-Tiilijärven eri lämpötilakerrokset erottuivat selvästi toisistaan ja järvi oli kerrostunut jo ensimmäisistä mittauksista alkaen. Päälyysvesikerroksen lämpötilan muutokset johtuivat ilman lämpötilan vaihtelusta ja syvemmät vesikerrokset lämpenivät tasaisesti elokuun loppuun asti.

Kuten luvussa 4.3 mainittiin, jäähdytysvesilinjan putken päätä muutettiin 3.7.2019. Kuviossa 14 on nähtävissä, että eri syvyyksien lämpötiloissa ei kuitenkaan esiinny poikkeavia muutoksia ennen putken muutosta tai sen jälkeen, joita voisi perustella jäähdytysveden johtamisella järveen. Ilman lämpötila on vaikuttanut järven päälyysvesikerroksen lämpötilan vaihteluun ja päälyysvesikerros on sekoittunut kesäkuussa 2 metrin syvyyteen asti sekä heinä- ja elokuussa 3 metriin asti. 4 – 6 metrin syvyyksissä vesimassa on lämmennyt tasaisesti koko kesän ajan. Jäähdytysvesi on vastannut kesä- ja heinäkuussa 4 – 5 metrin syvyyksissä vallinnutta lämpötilaa ja elokuussa 5 – 6 metrin syvyyksissä vallinnutta lämpötilaa.



KUVIO 14. Syvänteen eri syvyyksien lämpötilojen tarkastelu ilman lämpötilan ja jäähdytysveden lämpötilan kanssa (mukailtu Lahden Talot Oy 2019; Ilmatieteenlaitos 2019)

Yksinään syvänteen lämpötilaloggereiden tuloksista ei pystytä todeta, että jäähdysvesi lipuu syvänteeseen asti, vaikka jäähdysveden lämpötila vastaa järven alusveden lämpötilaa. Kuitenkin tarkastelemalla Luode Consultingin (Kiirikki & Litmanen 2019) tuloksia järven luotauksesta 20.8.2019, jäähdysveden mahdollisesta sijoittumisesta järvessä saadaan selvyyttä. Luotauksen avulla saatiin selville eri vesikerroksien happipitoisuus, lämpötila, sähkönjohtavuus, humuksen fluoresenssi ja veden sameus. Kuviossa 15 on esitetty järven veden johtokyky eri syvyyksissä. Johtokyky lähtee suureen nousuun 4 metrin jälkeen, joka johtuu jäähdysvedestä. Koska jäähdysvesi on pohjavettä ja pohjaveden johtokyky on korkeampi kuin järiveden, luotaustulosten perusteella jäähdysvesi lipuisi syvänteeseen asti. Sähkönjohtokyky mitattiin myös jäähdysvedestä ja Vähä-Tiilijärvestä otetuista näytteistä 14.8., jolloin jäähdysveden johtokyky oli 122,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ja järven 47 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Myös kuviosta 14 nähdään, että kyseisenä ajankohtana 20.8. jäähdysvesi on vastannut lämpötilaltaan 6 metrin syvyydessä vallinnutta lämpötilaa, joka tukee johtokyvyn tulosten korkeaa pitoisuutta 6 metrin syvyydessä.



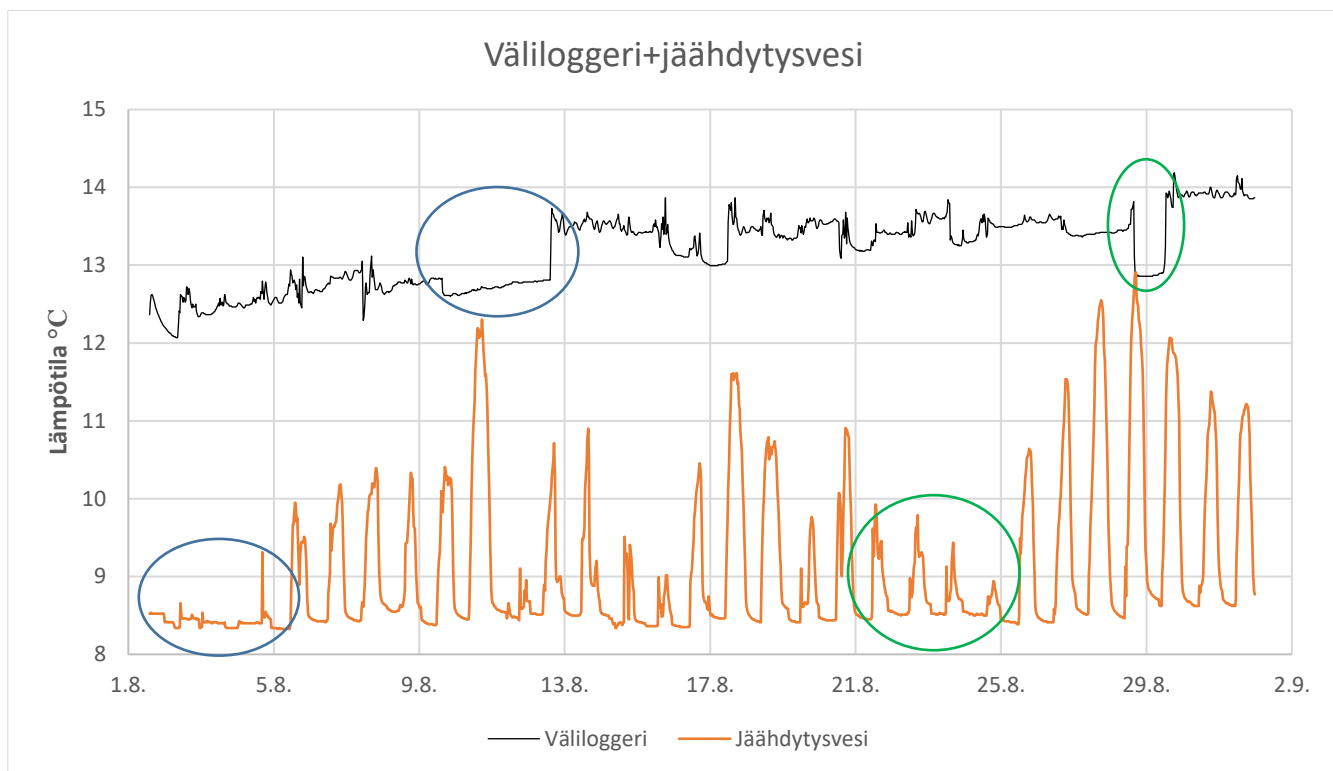
KUVIO 15. Vähä-Tiilijärven pituussuuntaan tehdyn luotauksen johtokyky 20.8.2019 (Kiirikki & Litmanen 2019)

Kuviossa 15 esiintyvä 4 metrin syvyydessä oleva johtokyvyn minimin tarkastelu voi kuitenkin viitata siihen, että jäähdytysvesi ei välttämättä virtaisi suoraan syvänteeseen. Emeritusprofessori ja limnologi Kalevi Salonen on esittänyt sähköpostikeskustelun (2019) yhteydessä vaihtoehtoisia tulkintoja Kiirikin & Litmasen johtokyvyn tuloksista. Päällysveden johtokyvyn ollessa jäähdytysvettä alhaisempi voisi olla mahdollista, että jäähdytysvesi sekoituisi matkalla järviveteen niin paljon, ettei se saavuttaisi harppauskerrosta. Tätä teoriaa tukee se, että päällysveden johtokyky nousee jäähdytysveden takia ja alusvesikerroksen johtokyvyn nousu johtuisi pohjassa hapettomuuden vuoksi tapahtuvista prosesseista. Koska harppauskerroksen veden vaihtuminen päällys- ja alusvesikerroksen kanssa on heikkoa, harppauskerroksen johtokyky on alhaisempi. Jäähdytysveden ja järviveden sekoittumista tukee myös se, että heinäkuun alussa päällysvesikerros oli 0 – 2 metrin syvyyksissä lämmennyt, mutta 3 metrin vesikerros oli viilentynyt jäähdytysveden vaikutuksesta (kuvio 14). Jos jäähdytysvesi virtaisi suoraan syvänteeseen, alusveden happipitoisuus olisi luultavasti parantunut kesän aikana. (Salonen 2019.)

Jäähdytysveden sekoittuminen järven päällysveteen on kuitenkin vaikeasti todettavissa tulosten perusteella. Johtokyvyn tasaisuus 4 metriin asti on myös poikkeuksellista, jos korkean johtokyvyn omaava jäähdytysvesi sekoittuisi järven päällysvesikerrokseen. 3 metrin syvyys kattaa kuitenkin suurimman osan järven vesimäärästä, joten johtokyvyn tasaisuus voisi pitää paikkansa. Ei ole myöskään varmaa riittääkö pelkästään järven pohjassa tapahtuvat hapettomat prosessit nostamaan alusveden johtokykyä näin suureksi. Myös jäähdytysveden lämpötilan vaihtelu voi vaikuttaa sen sijoittumisessa järven eri vesikerroksiin. Jos järven luotaus olisi suoritettu kesäkuun alussa johtokyvyn pitoisuudet eri syvyyksissä voisivat mahdollisesti olla erilaiset, koska jäähdytysvesi vastasi tällöin lämpötilaltaan 4 – 5 metrin syvyyksien lämpötilaa (kuvio 14). Jatkossa jäähdytysveden ja järviveden sekoittumista voisi tarkastella tarkemmin omana kokonaisuutenaan.

Väliaseman loggerin syvyyden muutos oli selvästi oikea päätös, koska data muuttui paljon vaihtelevammaksi. Loggerin tallentamat äkilliset lämpötilan nousut ja laskut ovat mahdollisesti johtuneet jäähdytysveden lipumisesta syvännettä kohti, koska loggeri on kyseisessä pisteessä pyritty saamaan mahdollisimman lähelle pohjaa. Kuviossa 16 ympyröidyt kohdat kuvaavat, miten jäähdytysvesi on mahdollisesti vaikuttanut pohjan läheisen vesimassa lämpötilaan. Ramboll Finland Oy:n selvityksessä (2019) on pohdittu, että teoriassa $0,006 \text{ m}^3/\text{s}$ maksimivirtaama leviäisi järvessä leveämpään virtausalueeseen, jolloin jäähdytysveden virtausnopeus voisi olla $0,5 - 1 \text{ m/h}$. Tällöin jäähdytysveden matka syvänteeseen kestäisi noin 1 – 2 viikkoa. (Ramboll Finland Oy 2019, 2.) Tämän teorian pohjalta kuvioissa 16 näkyvät kohdat voisivat kuvata jäähdytysveden matkaa syvännettä kohti. Sinisellä ympyröityjen kohtien ero on noin 8 päivää ja vihreillä ympyröidyillä kohdilla noin 7 päivää.

Jäähdytysveden virtauksen suunnasta ja leviämistavasta ei kuitenkaan ole konkreettisia todisteita, joten ei ole varmaa, kuinka kauan jäähdytysveden matkassa kestää. Esimerkiksi jäähdytysveden värjämisellä voisi saada selville sen leviämiseen järvestä. Tällä menetelmällä voi kuitenkin olla haitallisia vaikutuksia järvelle, koska väriaine sisältää luultavasti paljon kemikaaleja.

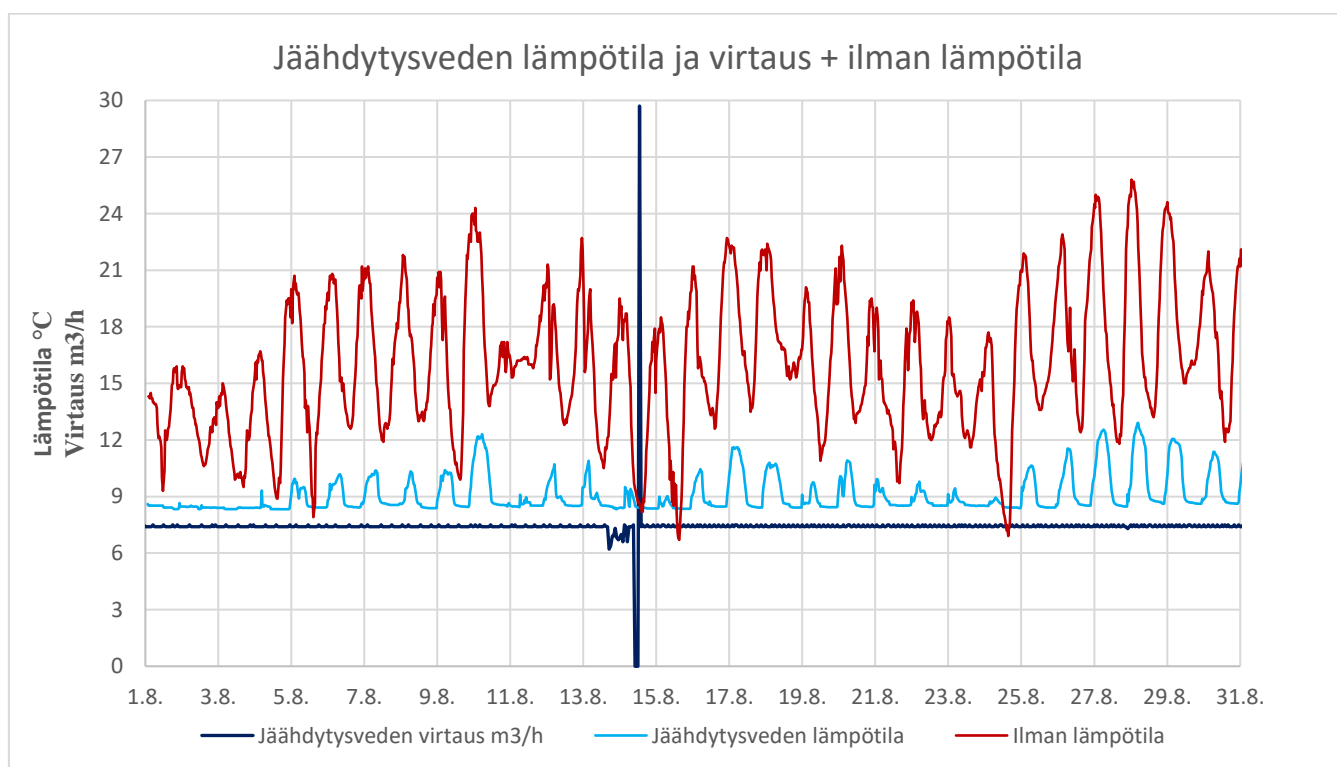


KUVIO 16. Väliloggerin ja jäähdytysveden yhteistarkastelu

Järven happipitoisuus laski oletettavasti koko kesän ajan järven lämpötilakerrostuneisuuden takia. Alusvesikerros ei saanut happitäydennystä hapekkaasta jäähdytysvedestä, vaikka teoriassa se olisi mahdollista. Tämä voi johtua jäähdytysveden hitaasta lipumisesta syvännettä kohti, jolloin veden vajotessa päänvesikerroksesta alusvettä kohti, happi ehtii kulua loppuun. Päänvesikerroksen happi oli selvästi ylikyllästynyttä jokaisella mittauspisteellä, joka johtui siitä, että tuottavassa kerroksessa on tapahtunut runsaasti yhteyttämistä levien toimesta. Harppauskerroksen alapuolisen veden happi väheni kesän aikana lähes loppuun, koska vesikerrokset eivät sekoittuneet keskenään. Happitulokset vastaavat teoriassa esitettyä kerrostuneen järven toimintaa. Vähä-Tiilijärven hankkeessa toteutuksessa vedenlaadun seurannan ravinnetuloksista selviää tarkemmin, onko järvestä havaittavissa sisäistä kuormitusta.

7.2 Jäähdytysvesi

Jäähdytysveden lämpötilan vaihtelun ollessa suurta päivittäin on tärkeää selvittää johtuuko lämpötilan vaihtelu ilman lämpötilan vaikutuksesta vai siitä, että vettä johdetaan suurissa pulsseista päivän aikana. Jos vuorokauden aikana johdettu jäähdytysvesi on suurimmaksi osin johdettu vain tietyssä kellonaikana, voisi se selittää lämpötilan vaihtelun. Tarkastelujaksoksi on valittu elokuu, jolloin jäähdytysveden vuorokautisvirtaus on ollut tasaista. Kuviossa 17 on vertailtu ilman lämpötilan vaikutusta jäähdytysveden lämpötilaan ja sitä, kuinka tasaisesti vettä johdetaan tunneittain päivän aikana. Kuviosta 17 tulee selvästi esille, että jäähdytysvettä puretaan tasaisesti noin $7,5 \text{ m}^3$ joka tunti. Ainoastaan 15.8. vettä on virrannut selvästi enemmän yhden tunnin ajan, joka voi myös johtua mittaustulosten virheestä. On selvää, että ilman lämpötilalla on suuri vaikutus jäähdytysveden lämpötilaan. Ulkoilman lämpötilan ollessa korkea, myös viilennettävän kiinteistön sisäilma lämpee ja viilennystarve kasvaa. Tästä syystä purettavan jäähdytysveden lämpötilakäyrän vaihtelu vastaa melko tarkasti ilmanlämpötilan käyrää.



KUVIO 17. Ilman lämpötilan ja jäähdytysveden virtauksen (m^3/h) vaikutukset jäähdytysveeseen (mukailtu Lahden Talot 2019; Ilmatieteenlaitos 2019)

Koska jäähdytysveden lämpötilan vaihtelu voi olla suurta helteisinä päivinä, ei jäähdytysvesi vastaa lämpötilaltaan aina alusvesikerroksen lämpötiloja. Varsinkin heinäkuun hellepäivinä, jolloin ilman lämpötila on ollut $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$, jäähdytysveden lämpötila on ollut lähes 14

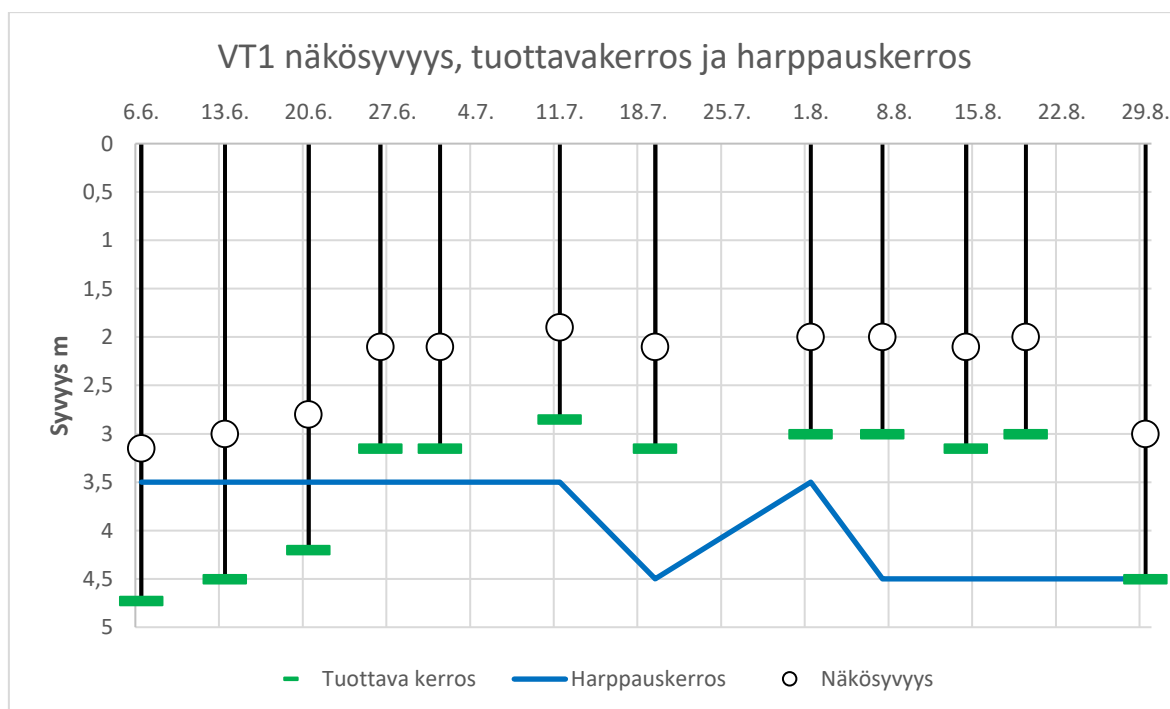
°C (kuvio 14). Tämän vuoden tulosten perusteella voitaisiin tällöin olettaa, että kesän 2018 jäähdytysveden lämpötilat ovat helteisinä päivinä olleet noin 14 °C, jolloin jäähdytysvesi ei olisi virrannut alusvesikerrokseen. Jäähdytysveden virtausnopeus kuitenkin vaikuttaa siihen kuinka paljon lämpöä veteen sitoutuu sen virratessa lämmönvaihtimen läpi. Virtauksen ollessa suurempi jakaantuu myös sisäilmasta sidottava lämpömäärä suurempaan purkuvesimäärään, joten veden lämpötila nousee lämmönvaihtimessa vähemmän. Jos vuonna 2018 virtauksen on arvioitu olevan 480 m³/vrk, joka on huomattavasti korkeampi kuin tänä vuonna, jäähdytysveden lämpötila ei ole luultavasti noussut 14 °C. Kesän 2018 jäähdytysveden lämpötila- ja virtaustuloksia ei kuitenkaan ole saatavilla teknisten yhteysongelmien takia, joten vertailua kesän 2018 ja 2019 kesken ei voida tehdä.

Jos alusvesikerroksen lämpötilaa vertaa luvussa 3.2 olevaan vuoden 2018 elokuun lämpötilaan 7,7 °C, on tämän vuoden arvo ollut elokuussa korkeampi noin 8 – 8,5 °C. Tämä vertailu kertoo kuitenkin vain yksittäisen hetken lämpötilan, joten tästä ei voida yksiselitteisesti todeta, että jäähdytysvedellä on ollut vaikutusta. Voidaan kuitenkin epäillä, että johdettaessa jäähdytysvettä suuria määriä (300 – 480 m³/vrk) järveen tasaisesti koko kesän ajan, sillä voisi olla vaikutusta järven kesäkerrostumiseen ja alusvesikerrokseen. Kun järveen virtaa suuria määriä kylmää jäähdytysvettä voidaan sen olettaa hidastavan syvimpien vesikerrosten lämpenemistä ja pitkittävän kesäkerrostuneisuutta. Järveen johdetun vesimäärän ollessa selvästi suurempia kuin luvussa 3.1 mainittu 3 500 m³/kk keskimääräinen pintavalunta, järven vesitäydennys tulee ensisijaisesti jäähdytysvedestä kasvattaen järven vesitilavuutta.

Vuoden 2019 aikana jäähdytysveden virtausmäärät olivat selvästi pienempiä kuin vuoden 2018 arvioidut virtausmäärät, vaikka kesän 2019 aikana esiintyi hellejaksoja. Vähä-Tiilijärven läheisyydessä asuvat asukkaat olivat myös huomanneet, että vuoden 2018 kesällä Keski-Tiilijärven johtavassa ojan uomassa virtasi vettä koko kesän. Vuoden 2019 kesällä ojan virtaus oli kuitenkin erittäin vähäistä tai olematonta. Tällöin voidaan olettaa, että kesän 2018 jäähdytysveden virtausmäärät ovat vaikuttaneet merkittävästi Vähä-Tiilijärven vesitilavuuteen. Alusveden paksuuden ja kesäkerrostuneisuuden muutoksia on kuitenkin tulosten perusteella vaikea todeta, koska pidemmän tarkastelujakson mittauksia on olemassa vain kesältä 2019. Koska muilta vuosilta ei ole olemassa näin kattavia tutkimustuloksia, järven eri vesikerrosten paksuutta ja lämpötilakerrostuneisuutta ei voida vertailla. On kuitenkin ymmärrettävää, että Vähä-Tiilijärvestä ei ole aikaisemmin tehty pidemmän tarkastelujakson mittauksia, koska järvi on yleisesti ollut hyvässä kunnossa. Lisäksi monivuotisiin ja pitkäkestoisiin tutkimuksiin kuluu paljon resursseja ja rahaa.

Tänä vuonna jäähdytysvesiä johdettiin järveen kesä-elokuun aikana yhteensä 14 037,5 m³, joka vastaa 5 % järven vesitilavuudesta. Jos kesän 2018 arvioitu virtausmäärä 480 m³/vrk on oikein, vuoden 2018 kesä-elokuussa vettä olisi johdettu noin 44 160 m³, joka vastaisi 15 % järven vesitilavuudesta. Tämän vuoden tuloksissa järven kerrostumisessa ja alusveden lämpötiloissa ei ilmennyt huomattavia poikkeuksia. Kuitenkin, jos vuoden 2018 arviot ovat oikein, voi suuremmalla johdetulla jäähdytysveden määrällä olla vaikutuksia järveen. Vesitilavuuden kasvaessa ja kylmän jäähdytysveden lipuessa syvänteeseen, alusvesikerros paksuuntuu.

Jos jäähdytysveden johtaminen järveen paksuntaa alusvesikerrosta suuresti, voi olla mahdollista, että tuottava kerros ylettyisi harppauskerrokseen ja alusvesikerrokseen asti. Tällöin kasviplankton pystyisi vaeltamaan syvempiin vesikerroksiin ja hyödyntämään kerroksien ravinteikasta vettä. Kuviossa 18 on näkyvissä kesän 2019 näkösyvyys, tuottava kerros ja harppauskerros. Kesäkuussa tuottava kerros on yletynyt alusvesikerrokseen asti, jolloin kasviplankton on pystynyt hyödyntämään sen ravinteita. Näkösyvyyden heikentyessä kesäkuun sinileväkukinnan jälkeen tuottava kerros on rajoittunut päällysvesikerrokseen. On kuitenkin vaikeasti tulkittavissa vain yhden kesän tulosten perusteella vaikuttaako jäähdytysvesi järven kerrostumiseen tai alusveden paksuuteen niin paljon, että alusvesikerros ja harppauskerros olisivat normaalia ylempänä. Tänä vuonna harppauskerros on syventynyt kesän aikana, joten jäähdytysvesi ei luultavasti ole paksuntanut alusvesikerrosta haitallisesti.



KUVIO 18. Piste VT1 näkösyvyys, tuottava kerros ja harppauskerros

Patalaksen (1961) luomalla yhtälöllä (kaava 1) pystytään laskemaan järven teoreettinen päälyysvesikerroksen paksuus (Eloranta 2005, 22). Kaavan avulla Vähä-Tiilijärven päälyysveden teoreettiseksi paksuudeksi saadaan 2,8 metriä. Vaikka kyseessä on teoreettinen paksuus, on se hyvin lähellä tämän vuoden päälyysvesikerroksen paksuutta. Tämän vuoden tulosten perusteella alusvesi ei ole paksuuntunut niin paljon, että se vaikuttaisi järven kerrostuneisuuteen.

$$E = 4,4\sqrt{D}, \text{ jossa} \quad (1)$$

E päälyysveden paksuus, m

4,4 vakiokerroin

D (järven pituus + järven leveys) / 2, m.

Vähä-Tiilijärvessä on esiintynyt kesäkerrostumista ennen jäähdysveden johtamista ainakin vuosina 2001 ja 2009, mutta viime vuosien (2011 – 2017) alusveden lämpötilamittaukset on otettu vain 4 metrissä. Kerrostuminen ei välttämättä ilmene vielä tässä syvyydessä, joka tekee vertailusta ongelmallista. Aikaisempien vuosien lämpötilamittaukset ovat myös vain kyseisen mittaushetken tilanteita eivätkä ne välttämättä kuvaa järven lämpötilakerrostuneisuutta koko kesän ajalta. Lisäksi jo pelkästään eri vuosien kesän lämpötilat vaikuttavat järven lämpötilaan ja sen kerrostumiseen. On myös huomioitava, että kesän 2018 sini-leväkukintaan on vaikuttanut poikkeuksellisen pitkäkestoinen hellejakso, mikä luo jo osaltaan otolliset elinolosuhteet sinileville.

Kuten luvussa 4.3 mainittiin, Vahanen Environmental Oy:n ja Ramboll Finland Oy:n selvi-tyksissä on epäilty, että kylmä jäähdysvesi virtaisi pohjaa pitkin syvänteen alusvesikerrokseen työntäen kevyempää ravinteikasta vettä kasviplanktonin käytettäväksi. Tämän vuoden loggereiden tuloksissa ei kuitenkaan ole havaittavissa poikkeavia lämpötilan muutoksia, jotka osoittaisivat alusveden työntymistä ylöspäin. On todennäköisempää, että jäähdysveden virratessa alusvesikerrokseen se asettuu saman tiheyden ja lämpötilan omaavaan vesikerrokseen vain paksuntaen kyseistä kerrosta. Verratessa jäähdysveden lämpötilaa syvimpien vesikerrosten lämpötilaan, jäähdysvesi on ollut lähes koko kesän lämpimämpää kuin 6 metrin syvyydessä oleva vesi. Tällöin jäähdysvesi ei ole asettunut syvänteessä aivan pohjanmyötäisesti työntäen ravinteita ylempiin vesikerroksiin. Vuoden 2018 jäähdysveden sijoittuminen järvessä on kuitenkin voinut poiketa tämän vuoden tuloksista.

7.3 Jatkotoimenpiteet

Tämän työn tuloksista on vaikeasti tulkittavissa, onko jäähdytysveden purulla ollut suoria vaikutuksia Vähä-Tiilijärvessä esiintyviin sinileväkukintoihin. Yksiselitteisten johtopäätöksiä tekemisestä ongelmallisen tekee vertailukelpoisten tulosten puutos aikaisemmilta vuosilta, vuosien vaihtelevuus ja se, että tuloksissa ei esiinny selviä poikkeuksia normaalisti.

Jatkossa Vähä-Tiilijärven tutkimuksia tulisi jatkaa säännöllisillä näytteenotoilla. Jäähdytysveden johtokyvyn tarkastelussa esitettyjen tulkintojen perusteella jäähdytysveden sekoittumisesta järviveteen voisi selvittää tarkemmin. Myös kesään sijoittuvia pidempiä tarkastelujaksoja lämpötilan suhteen olisi hyvä lisätä. Tällöin käytössä olisi vertailukelpoisia tuloksia eri vuosilta, jonka avulla alusvesikerroksen paksuuden ja järven lämpötilakerrostuneisuuden mahdollisista muutoksista saataisiin konkreettisia todisteita. Mahdollinen tuleva vertailu ei kuitenkaan välttämättä ole täysin ongelmaton, koska eri vuodet ovat erilaisia keskenään, jäähdytysveden määrät vaihtelevat ja luonnon ilmiöt, kuten voimakkaat myrskyt ja sen aiheuttamat tuulet, voivat aiheuttaa järven kerrostumiseen virheellisiä vaikutuksia.

Kuten luvussa 7.2 tuli ilmi, jäähdytysveden lämpötila vaihtelee suuresti päivän aikana virtauksen pysyessä tasaisena. Jäähdytysveden virtausta optimoimalla ja säätämällä veden lämpötilaan voitaisiin vaikuttaa niin, ettei se valuisi syvänteeseen pohjaan. Tämän vuoden lämpötilatuloksien perusteella järven syvimmissä vesikerroksissa ei esiintynyt selviä poikkeamia, joita voisi perustella jäähdytysveden johtamisella. Ei kuitenkaan tiedetä, onko kesän 2018 suurempi ja luultavasti kylmempi vesimäärä ($480 \text{ m}^3/\text{vrk}$) vaikuttanut alusvesikerroksen paksuuteen ja lämpötilaan niin, että tuottava kerros olisi ylettynyt harppaus- ja alusvesikerrokseen asti. Koska tämän kesän pienemmällä vesimäärällä (n. $170 \text{ m}^3/\text{vrk}$) ei tulosten perusteella olisi selviä vaikutuksia sinileväkukintoihin, jäähdytysveden virtausta olisi hyvä optimoida pienemmäksi. Lisäksi Aluehallintoviraston lupapäätöksessä asetettu jäähdytysveden lämpötilan raja-arvo on edelleen alittunut, joten jos veden purkulämpötilaa voidaan säädellä virtauksen avulla, se olisi suositeltavaa.

8 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli selvittää, vaikuttaako palvelukoti Onnenkodon jäähdytysvesien johtaminen Vähä-Tiilijärven happi- ja lämpötilakerrostuneisuuteen sekä alusvesikerroksen paksuuteen muutoksia, jotka lisäisivät sinileväkukintoja. Työn edetessä ja perehtyessä järvien toimintaan ja kerrostumiseen selvisi, että järven ekosysteemi on monimutkainen kokonaisuus, jossa monet eri tekijät vaikuttavat sen tilaan. Aiheen rajaaminen vain happi- ja lämpötilakerrostuneisuuden tarkasteluun oli onnistunut, koska muiden tekijöiden tarkastelun lisääminen olisi luultavasti tehnyt työstä epäyhtenäisemmän kokonaisuuden.

Työn tuloksista on vaikeasti tulkittavissa, ovatko jäähdytysvedet lisänneet sinileväkukintoja. Järven eri vesikerrosten käyttäytymisessä ei ole havaittavissa selviä poikkeuksia, joita voisi perustella jäähdytysveden purulla. Koska samanlaisia pidemmän tarkastelujakson tutkimuksia ei ole suoritettu tai saatavilla järven kerrostuneisuudesta ja jäähdytysvedestä, ei tuloksia voida vertailla. Lisäksi samanlaista jäähdytysjärjestelmää, missä pohjavesi puretaan käytön jälkeen järveen, ei tiedettävästi esiinny muualla. Erilaiset muuttuvat tekijät, kuten ilman lämpötilan vaihtelu eri vuosina, jäähdytysveden vaihtelevat määrät ja vertailukelpoisten tulosten puutos, vaikeuttavat selkeiden johtopäätösten tekemistä.

Vaikka työn tuloksista ei voida vetää suoria johtopäätöksiä, tämän vuoden tutkimukset olivat onnistuneet. Järven kesäkerrostuneisuudesta ja happipitoisuudesta saatiin koko kesän ajalta vertailukohta tuleville vuosille ja käytetyt tutkimusvälineet toimivat koko tutkimusjakson ajan. Saatiin myös selville, että jäähdytysvesi ei virtaa aina pohjan myötäisesti syvään teeseen, koska jäähdytysveden lämpötila ei aina vastaa järven syvimmän vesikerroksen lämpötilaa. Tämän vuoden vähäisen jäähdytysvesimäärän perusteella alusvesi ei ole paksuuntunut haitallisesta eikä aiheuttanut sinileväkukintojen lisääntymistä, joten vähäisempi virtausmäärä vaikuttaisi olevan suositeltavaa. On kuitenkin selvitettävä, onko jokin muu tekijä mahdollisesti vaikuttanut sinileväkukintoihin, joko lisäten tai vähentäen niitä. Tällöin myös tämän työn tuloksista tehdyt johtopäätökset saattavat vääristyä, jos jokin muu tekijä on vaikuttanut selvästi voimakkaammin esiintyneisiin sinileväkukintoihin.

Vähä-Tiilijärven hankkeessa järven tilaa kartoitetaan laajasti eri osa-alueilta muun muassa pieneliöstön, kasvillisuuden, ravintoverkon ja vedenlaadun osalta. Kaikkien tutkimusten ollessa valmiit, pystytään varmemmin todeta millä asioilla on voinut olla vaikutusta. Kun eri tekijöiden vaikutuksia sinileväkukintojen esiintymiseen voidaan poissulkea, pystytään tarkastelua kohdentamaan tarkemmin niihin tekijöihin, joilla voi olla mahdollisia vaikutuksia. Tällöin myös saadaan varmuutta siihen ovatko jäähdytysvedet yksi sinileväkukintoja vahvistava tekijä vai voidaanko ne poissulkea tarkastelusta. On kuitenkin hyvin todennäköistä, että vain yhtä sinileväkukintoihin vaikuttavaa tekijää ei pystytä nimeä ja kukintojen

lisääntyminen voi johtua monen eri tekijän yhteisvaikutuksista. On myös huomioitava, että ilmaston lämmetessä kesän sinileväkukinnat tulevat todennäköisesti lisääntymään kaikissa järvissä.

Jos hankkeen lopullisena johtopäätöksenä on, että millään muulla kuin jäähdytysveden johtamisella järveen ei ole ollut vaikutusta sinileväkukintoihin, tulisi jatkotoimenpiteitä harkita huolella. Jäähdytysveden virtauksen suurella minimoinnilla tai veden johtamisen lopettamiseen päätyessä tulisi selvittää, mitä vaikutuksia siitä seuraa. Koska Vähä-Tiilijärvi saa vesitäydennystä pääsääntöisesti jäähdytysvesistä ja jäähdytysveden johtaminen helpottaa Iso-Tiilijärven vedenpinnankorkeuden säätelyä, olisi huomioitava onko virtauksen minimoinnilla tai lopettamisella vaikutuksia myös Keski- ja Iso-Tiilijärveen. Vähä-Tiilijärveen on jo johdettu jäähdytysvettä 5 vuoden ajan, joten tulisi myös pohtia, aiheuttaisiko äkillinen muutos vaikutuksia järven ekosysteemiin. Hankkeen eri toimijoiden ja sidosryhmien yhteistyöllä jatkotoimenpiteistä sekä mahdollisista kunnostustoimenpiteistä päästään varmasti yhteisymmärrykseen.

Pohjaveden käyttö erilaisten kiinteistöjen jäähdytyksessä ja lämmityksessä on tulevaisuudessa varmasti lisääntymässä, koska uusiutuvien energialähteiden käyttöä sekä energiatehokkaiden ratkaisujen löytämistä pyritään lisäämään. Harkittaessa samanlaisen jäähdytysjärjestelmän käyttöä, jossa pohjavesi johdetaan käytön jälkeen järveen, mahdollisia ilmeneviä haittoja tai hyötyjä ei voida todeta yksiselitteisesti tämän työn tuloksien perusteella. Johdettaessa pohjavettä järveen, järven nykyinen tila, muoto, syvyys, ilman lämpötila sekä ympäröivän luonto voivat vaikuttaa pohjaveden käyttäytymiseen eri tavoin. Tämän työn teoria ja tulokset antavat kuitenkin eri näkökulmia ja tietoa aiheesta, joita voi hyödyntää päätöksenteossa, kun jäähdytys- ja lämmitysjärjestelmää valitaan.

LÄHTEET

Anttila, T. & Lauri, H. 2017. Terrafamen kaivosalueen läheisten järvien sulfaattikerrostumisen tarkastelu, kohteina Kolmisoppi, Kivijärvi ja Jormasjärvi. Terrafame Oy [viitattu 27.8.2019]. Saatavissa: https://tietopalvelu.ahelp.fi/Lupa/AvaaLiite.aspx?Liite_ID=5238840

Aroviita, J., Hellsten, S., Jyväsjärvi, J., Järvenpää, L., Järvinen, M., Karjalainen, S. M., Kauppila, P., Keto, A., Kuoppala, M., Manni, K., Mannio, J., Mitikka, S., Olin, M., Perus, J., Pilke, A., Rask, M., Riihimäki, J., Ruuskanen, A., Siimes, K., Sutela, T., Vehanen, T. & Vuori, K - M. 2012. Ohje pintavesien ekologisen ja kemiallisen tilan luokitteluun vuosille 2012–2013 – päivitetty arviointiperusteet ja niiden soveltaminen. Ympäristöhallinnon ohjeita 7/2012 [viitattu 7.8.2019]. Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/41788/OH_7_2012.pdf

Eloranta, P. 2005. Järvien kunnostuksen limnologiset perusteet. Teoksessa Ulvi, T. & Lakso, E. (toim.) Järvien kunnostus. Helsinki: Edita Prima Oy, 22.

Etelä-Suomen Aluehallintovirasto 2012. Päätos Nro 173/2012/2 [viitattu 20.7.2019]. Saatavissa: http://www.avi.fi/documents/10191/56792/esavi_paatos_173_2012_2-2012-08-23.pdf

Etelä-Suomen Sanomat 2013. Onnenkotoon rakennetaan ensimmäinen joulu [viitattu 21.7.2019]. Saatavissa: <https://www.ess.fi/uutiset/paijathame/2013/11/15/onnenkotoon-rakennetaan-ensimmainen-joulu>

GWM-Engineering Oy 2019. YSI Environmental ProODO kädessä pidettävä Pika-aloitus-
opas [viitattu 3.9.2019]. Saatavissa: https://gwm-engineering.fi/files/1515/0529/2455/ProODO_Quick_Start_Suomeksi.pdf

Heinonen, P., Kettunen, I. & Mäkelä, A. 2008. Vesistötietoa näytteenottajille. Ympäristö-
opas [viitattu 20.7.2019]. Saatavissa: <http://www.syke.fi/download/name/%7BE0DFD624-57C6-4EA5-B7C6-2019BF49A4E8%7D/29616>

Ilmatieteenlaitos 2019. Havaintojen lataus [viitattu 3.9.2018]. Saatavissa: <https://ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus#!/>

Illinois Department of Public Health 2019. Harmful Algal Blooms (HABs) [viitattu 20.7.2019]. Saatavissa: <http://dph.illinois.gov/topics-services/environmental-health-protection/toxicology/habs>

Järvi & meriwiki 2014. Sisäinen kuormitus [viitattu 17.8.2019]. Saatavissa: https://www.jarviwiki.fi/wiki/Sis%C3%A4inen_kuormitus

Kiirikki, M. & Litmanen, L. 2019. Hollolan Vähä-Tiilijärven vedenlaatu 20.8.2019. Luode Consulting [viitattu 9.9.2019]. Saatavissa Päijät-Hämeen Vesijärvisäätiöltä.

Lahden karttapalvelu 2019. Lahti [viitattu 20.7.2019]. Saatavissa: <https://kartta.lahti.fi/ims>

Lahden Talot Oy 2013. Salpakankaan palvelukoti Onnenkoto [viitattu 22.7.2019].

Saatavissa:

<https://www.lahdentalot.fi/ajankohtaista/uudisjaperusparannuskohteet/salpakankaanpalvelukotionnenkoto/>

Lahden Talot Oy 2019. Onnenkodon jäähdytysverkostoraportti [viitattu 20.9.2019]. Saatavissa Lahden Talot Oy:ltä.

Lahden ympäristöpalvelut 2019. Vähä-Tiilijärven vedenlaadun tutkimukset [viitattu 20.8.2019]. Saatavissa Lahden kaupungilta.

Maanmittauslaitos 2019. Karttapaiikka [viitattu 20.7.2019]. Saatavissa: <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaiikka/>

Oravainen, O. 1999. Vesistötulosten tulkinta – opasvihkonen. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry [viitattu 20.7.2019]. Saatavissa: <https://kvvy.fi/wp-content/uploads/2015/10/opasvihkonen.pdf>

Peda.net 2019. Vuodenaikojen vaihtelu [viitattu 7.7.2019]. Saatavissa:

<https://peda.net/Catalunya/vedet/joki/vv>

Päijänne 2019. Veden lämpötila, taustatietoa [viitattu 7.7.2019]. Saatavissa:

<http://www.paijanne.org/paijanne/tausta.php?suure=Veden%20l%E4mp%F6tila>

Päijät-Hämeen Vesijärvisäätiö 2019a. Sinäkin voit tukea Vesijärven kunnostusta! [viitattu 30.9.2019]. Saatavissa: <https://www.vesijarvi.fi/sinakin-voit-tukea-vesijarven-kunnostusta/>

Päijät-Hämeen Vesijärvisäätiö 2019b. Uutiskirje 8/2019 [viitattu 30.9.2019]. Saatavissa:

<https://us7.campaign-archive.com/?u=ceca6f6b80c13137aa86e0900&id=5ba3903257>

Ramboll Finland Oy 2018. Vähä-Tiilijärven uimarannan uimavesiprofiili [viitattu 28.7.2019]. Saatavissa Ramboll Finland Oy:ltä.

Ramboll Finland Oy 2019. Tiilijärven leväongelmien syistä ja ratkaisumahdollisuuksista. Hollolan kunta [viitattu 2.8.2019]. Saatavissa:

https://www.hollola.fi/library/files/5d1c5281c91058dba500022a/Ramboll_selvitys.pdf

Rissanen, J. 2013. Sinilevä, limalevä, järvisyyhy... Uimavesissä terveysuhkiakin.

Kansanterveys. 5-6/2003 [viitattu 22.8.2019]. Saatavissa:

http://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/102344/2003_5_6.pdf?sequence=1

Salonen, K. 2019. VS: Vähä-Tiilijärvi ja loggerit. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja Ketola, M. Lähetetty 25.10.2019.

Seppänen, H. 1984. Sovellettu limnologia I. Espoo: Otapaino.

Särkkä, J. 1996. Järvet ja ympäristö: Limnologian perusteet. Tampere: Tammer-Paino Oy.

Vahanen Environment Oy 2019a. Vähä-Tiilijärven jäähdytysvesiselvitys [viitattu 2.8.2019]. Saatavissa:

https://www.hollola.fi/library/files/5d1c525bc91058dba5000214/ENV1718_V_h_-_Tiilij_rven_j_hdytysvesiselvitys_030719_003_.pdf

Vahanen Environment Oy 2019b. Vähä-Tiilijärven sinileväkukinnan selvitys [viitattu 2.8.2019]. Saatavissa:

<https://www.hollola.fi/library/files/5c3d8baec9105806c7000810/ENV1582-Vaha-Tiilijarven-sinilevakukinta-Raportti-2018.pdf>

Vääränen, P. 2004. Veden laatu – veden fysikaalis-kemiallinen tila. Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry 2004. [viitattu 7.7.2019]. Saatavissa:

http://www.vhvsy.fi/files/upload_pdf/2113/Veden_laatu.pdf

Wetzel, R. G. 2001. Limnology. Lake and River Ecosystems. Third Edition. Academic Press.

Ylönen, K. 2019. Vähä-Tiilijärven syvyyskäyrät. Viistokaiku24 [viitattu 16.10.2019]. Saatavissa Päijät-Hämeen Vesijärvisäätiöltä.

Ympäristöhallinto 2013. Järven rehevoityminen [viitattu 21.7.2019]. Saatavissa:

https://www.ymparisto.fi/fi-fi/Vesi/Vesistojen_kunnostus/Jarvien_kunnostus/Kunnostustarvetta_aiheuttavia_tekijoita/Rehevoityminen

LIITTEET

Liite 1. Vähä-Tiilijärven hapen ja lämpötilan vertikaalimittausten tulokset.

6.6.2019				
VT 1	Syvyys m	lämpötila °C	Happi %	Happi mg/l
	0,5	21	111,5	9,92
	1	19,5	112	10,3
	2	17,2	110,8	10,66
	3	15	101,5	10,23
	4	10,1	83,3	9,42
	4,5	8,7	57,4	6,7
	5	7,8	35,5	3,6
	6	6,9	11	1,33
VT 2	0,5	20,9	110,6	9,9
	1	20,2	109,5	9,9
	2	17	110,2	10,66
	3	14,8	98	9,91
	4	9,8	64,5	7,31
VT 3	0,5	21,3	104,8	9,29
	1	19,7	107,6	9,85
	2	17,4	106,5	10,21
	3	15,2	95,4	9,6

13.6.2019				
VT 1	Syvyys m	lämpötila °C	Happi %	Happi mg/l
	0,5	19	103,1	9,56
	1	19	103	9,95
	2	18,9	102,2	9,5
	3	17,4	107,5	10,46
	4	12	78,9	5,57
	5	8,1	10,8	1,27
	6	7,2	8,8	1,05
VT 2	0,5	18,8	102,8	9,57
	1	18,8	103	9,57
	2	18,8	102,8	9,55
	3	17,5	104,1	9,94
	4	11,8	82,3	8,86
	4,4	9,3	32	3,69

VT 3	0,5	19	101,8	9,45
	1	19	102,2	9,48
	2	19	101,6	9,42
	3	16,9	104	10,07

20.6.2019				
VT 1	Syvyys m	lämpötila °C	Happi %	Happi mg/l
	0,5	21,5	106	9,35
	1	21,1	104	9,24
	2	20,9	102,5	9,18
	3	17,8	104	9,94
	4	12	59,3	6,4
	5	8,7	10,5	1,21
	6	7,3	8,5	1,03
VT2	0,5	21,3	106,1	9,4
	1	21,1	106	9,43
	2	20,5	108,3	9,73
	3	17,9	104,2	9,89
	4	11,8	36,2	3,93
	4,4	10,3	27,1	3,05
VT3	0,5	21,3	105,3	9,32
	1	21,3	105,3	9,33
	2	20,9	97,5	8,71
	3	18,3	82	7,71

26.6.2019				
VT 1	Syvyys m	lämpötila °C	Happi %	Happi mg/l
	0,5	20,4	102,5	9,24
	1	20,5	102,7	9,24
	2	20,5	102,3	9,21
	3	19	94,4	8,76
	4	12,7	36,1	3,81
	5	9,1	9,4	1,07
	6	7,7	8,2	0,98
VT2	0,5	20,3	102,11	9,23
	1	20,4	101,8	9,19
	2	20,5	101,7	9,15
	3	18,5	88,7	8,32
	4	12,8	21,5	2,27
	4,4	11,2	12,1	1,32

VT3	0,5	20,2	101,5	9,19
	1	20,4	101,4	9,15
	2	20,5	100,8	9,07
	3	19,6	56,7	5,2

1.7.2019	Eurofins			
VT 1	Syvyys m	lämpötila °C	Happi %	Happi mg/l
	0,5	19,6		9,7
	1	19,4		9,7
	2	18,9		9,2
	3	17,9		8,4
	4	12,8		0,6
	5	8,7		0,5
	6	6,7		0,5

11.7.2019				
VT 1	Syvyys m	lämpötila °C	Happi %	Happi mg/l
	0,5	17,6	100,5	9,59
	1	17,6	100,9	9,63
	2	17,2	96,6	9,29
	3	16,8	89,7	8,7
	4	15,4	24,1	2,32
	5	10,6	9,8	1,08
	6	8,4	8,4	0,98
VT 2	0,5	17,2	101	9,7
	1	17,2	101,2	9,7
	2	17,2	100,7	9,65
	3	16,6	82,9	8,1
	4	15,6	25	2,55
	4,4	12,7	9	0,94
VT3	0,5	17,5	99,4	9,49
	1	17,6	99,3	9,48
	2	17,2	96,1	9,25
	3	16,8	79,3	7,69

19.7.2019				
VT 1	Syvyys m	lämpötila °C	Happi %	Happi mg/l
	0,5	20	108,4	9,87
	1	19,9	109,3	9,94
	2	19,5	109	10,02

	3	17,5	78,6	7,51
	4	15,5	13,5	1,3
	5	11,6	9,3	0,99
	6	8,6	8,3	0,96
VT 2	0,5	19,9	109,5	9,98
	1	19,9	109,7	10
	2	19,2	108,4	10
	3	17,5	74,2	6,75
	4	15,8	15	1,48
	4,4	13,4	9,3	0,97
VT3	0,5	19,9	108,6	9,9
	1	19,9	108,6	9,89
	2	19,2	107,1	9,92
	3	17,5	69	6,6

vko 30	Eurofins ei ole toimittanut tuloksia			
---------------	---	--	--	--

1.8.2019				
VT 1	Syvyys m	lämpötila °C	Happi %	Happi mg/l
	0,5	19,4	99,3	9,12
	1	19,5	99,2	9,12
	2	19,5	98,9	9,08
	3	19,3	85,3	7,87
	4	16	10,4	1,04
	5	11,7	8,8	0,95
	6	8,8	8,2	0,94
VT 2	0,5	19,1	99,5	9,19
	1	19,2	99,3	9,13
	2	19,3	98,6	9,06
	3	19,2	91	8,38
	4	15,8	10,7	1,06
	4,4	14,2	9,3	0,95
VT3	0,5	19,4	98,8	9,09
	1	19,5	98,8	9,07
	2	19,5	97,6	8,97
	3	19,3	91,3	8,41

7.8.2019				
VT 1	Syvyys m	lämpötila °C	Happi %	Happi mg/l
	0,5	18,1	100,5	9,5

	1	17,9	100,7	9,56
	2	17,6	100,5	9,6
	3	17,3	93,8	9,01
	4	16,4	40,5	4,01
	5	11,6	9,5	1,03
	6	8,8	8,2	0,95
VT 2	0,5	18	101,1	9,58
	1	17,9	100,9	9,57
	2	17,7	100,2	9,54
	3	17,3	94,7	9,08
	4	16,5	53,1	5,16
	4,4	13,8	10,4	1,08
VT3	0,5	18,1	100,9	9,54
	1	18,1	100,9	9,55
	2	17,6	95,4	9,12
	3	17,3	89	8,55

14.8.2019				
VT 1	Syvyys m	lämpötila °C	Happi %	Happi mg/l
	0,5	19,1	103,3	9,57
	1	18,9	103,6	9,63
	2	18,8	103,4	9,63
	3	18,1	93	8,78
	4	16,4	13,2	1,28
	5	12,3	8,8	0,94
	6	9,3	8	0,92
VT 2	0,5	18,6	103,7	9,7
	1	18,6	103,6	9,69
	2	18,6	102,8	9,61
	3	18,1	90,2	8,51
	4	16,4	13,2	1,29
	4,4	14,5	9	0,92
VT3	0,5	18,5	104,5	9,8
	1	18,7	104,7	9,77
	2	18,7	104,5	9,76
	3	18,6	80,5	7,53

19.8.2019				
VT 1	Syvyys m	lämpötila °C	Happi %	Happi mg/l

	0,5	18,5	102,9	9,65
	1	18,5	103,1	9,65
	2	18,5	101,7	9,54
	3	17,8	96,2	9,16
	4	16,6	11,4	1,1
	5	12,8	9	0,95
	6	9,5	8,4	0,94
VT 2	0,5	18,5	102,9	9,65
	1	18,5	103,1	9,66
	2	18,6	103,4	9,69
	3	17,9	97,1	9,2
	4	16,2	10,7	1,03
	4,4	14,5	9,2	0,94
VT3	0,5	18,5	100,6	9,44
	1	18,6	100,7	9,41
	2	18,6	99,8	9,33
	3	18	86,4	8,19

29.8.2019				
VT 1	Syvyys m	lämpötila °C	Happi %	Happi mg/l
	0,5	19,4	109,9	10,12
	1	19,2	110,8	10,24
	2	18,5	109,5	10,27
	3	17,8	103,6	9,84
	4	16,8	26,5	2,59
	5	13,1	9,8	1,03
	6	9,8	8,7	0,99
VT2	0,5	19,2	110,2	10,18
	1	19,2	110,6	10,22
	2	18,5	108,4	10,16
	3	17,8	102	9,69
	4	16,7	27,2	2,63
	4,4	14,6	9,7	0,98
VT3	0,5	19,3	110,1	10,13
	1	19,2	107,4	9,92
	2	18,4	107,7	10,12
	3	17,8	80,4	7,65