



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Eetu Niemelä

# SADEVEDEN VAIKUTUKSET KAATO- PAIKAN VESINÄYTTEISIIN

Tekniikka  
2018

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Eetu Niemelä
Opinnäytetyön nimi	Sadeveden vaikutukset kaatopaikan vesinäytteisiin
Vuosi	2018
Kieli	suomi
Sivumäärä	51
Ohjaaja	Pekka Stén

---

Kaatopaikkaveteen on todettu vaikuttavan jätetäytön ikä, koostumus ja käytöstä poistamisen toimenpiteet sekä kaatopaikalla vallitseva lämpötila ja sadanta. Opinnäytetyössä on tutkittu sadannan vaikutuksia kaatopaikoilta kerättäviin kaatopaikkavesi ja pintavesinäytteisiin.

Tutkimus on tehty Eurofins Ahma Oy:n ja Eurofins Nab Labs Oy:n tarjoamien kolmen kaatopaikan vuosiyhteenvetojen sisältämien tarkkailutulosten perusteella. Kaatopaikoilta on otettu vesinäytteitä kahdesti vuodessa: keväällä ja syksyllä. Sadantatiedot on kerätty Ilmatieteen laitoksen verkkosivujen tarjoamien eri sääasemien sadannan tiedoista. Tarkkailutulosten ja sadantatietojen perusteella on tehty kuvaajia, jotka esittävät kemiallista hapenkulutusta, sähkönsäilyvyyttä ja eri haitta-ainepitoisuuksia sadannan funktiona.

Kuvaajien perusteella sadannalla ei ole vaikutuksia kaatopaikkaveden pitoisuuksiin. Keväällä kaatopaikkaveden haitta-ainekuormitukset ovat korkeammalla kuin syksyllä, mikä saattaisi johtua sulavan lumen aiheuttamasta suuresta kaatopaikkaveden syntymisen määrästä. Sadanta kuvaajien mukaan laskee kaatopaikkaveden aiheuttamia haitta-ainepitoisuuksia kaatopaikan pintavesissä.

## ABSTRACT

Author	Eetu Niemelä
Title	The Effects of the Rain on the Water Samples of Landfill
Year	2018
Language	Finnish
Pages	51
Name of Supervisor	Pekka Stén

---

The age, the characteristics of the waste and the operations of the closure of the landfill and the characteristic of the climate at the landfill have been discovered to have an impact on the characteristics of landfill leachate. The purpose of this thesis is to research the effects of the rain on the water samples collected from the landfills, including landfill leachate and surface water of the landfill.

This research is based on the pollution concentrations of the water samples collected from the landfills and the rainfall at the landfill. The information of the water samples was provided by Eurofins Ahma Oy and Eurofins Nab Labs Oy. The informations of the landfills are based on three different landfills. The weather observations were taken from the website of the Finnish Meteorological Institute. The weather observations and information of the water samples were used to make diagrams, which presents the effects of the rain on the pollution concentrations of water samples collected from the landfills. The water samples were taken from the landfill leachate and the surface water of the landfill.

From the diagrams can be interpreted that the rainfall has no effects on the pollution concentrations of the landfill leachate. The average concentration of the pollutions in the landfill leachate is much higher in spring than in autumn. This can be caused by the melting snow in spring. Melting snow at a landfill elevates the quantity of the water at the landfill which leads to the increase of the formation of the landfill leachate. The increase of the rainfall decreases the concentration of the pollutions in the surface water of the landfill.

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	8
2	KAATOPAIKKAVEDET.....	10
	2.1 Kaatopaikkaveden muodostumiseen vaikuttavat tekijät.....	10
	2.2 Kaatopaikkaveden koostumus.....	12
	2.3 Kaatopaikkaveden haitta-aineet.....	15
3	KAATOPAIKAN KÄYTÖSTÄ POISTAMINEN JA JÄLKITARKKAILU	18
	3.1 Jätetäytön sulkeminen.....	18
	3.2 Käytöstä poistetun kaatopaikan ympäristön vesien tarkkailu.....	19
	3.3 Käytöstä poistettua kaatopaikkaa koskevaa lainsäädäntöä.....	20
4	KAATOPAIKKOJEN VUOSIYHTEENVETOJEN TARKKAILUTULOSTEN ANALYSOINTI.....	22
	4.1 Hirviäkuru, Sodankylä.....	22
	4.2 Mäntyvaara, Rovaniemi.....	28
	4.3 Halkokangas, Petäjävesi.....	35
	4.4 Pitoisuuksien vaihtelu haitta-aineittain.....	40
	4.4.1 Ravinteet.....	40
	4.4.2 Liuenneet suolat.....	43
	4.4.3 Kemiallinen hapenkulutus (COD).....	45
	4.5 Johtopäätöksiä sadannan vaikutuksista käytöstä poistetun kaatopaikan vesinäytteisiin.....	47
	LÄHTEET.....	49

## KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

<b>Taulukko 1.</b> Haitta-aineiden pitoisuuksien keskiarvoja (mg/l) (Marttinen ym. 2000, 26). .....	17
<b>Taulukko 2.</b> Jätetäytön päällisen pintakerroksen vaadittu koostumus (VNa 2.5.2013/331, Liite 1). .....	19
<b>Taulukko 3.</b> Hirviäkurun kaatopaikkavesien haitta-ainepitoisuuksien keskiarvoja. ....	28
<b>Taulukko 4.</b> Mäntyvaaran kaatopaikan pintavesien yläpuolisen ja alapuolisen tarkkailupisteen vesinäytteiden haitta-aineiden keskiarvoja. ....	35
<b>Taulukko 5.</b> Haitta-ainepitoisuuksien keskiarvot Halkokankaan kaatopaikalla. .	40
<b>Kuva 1.</b> Jätteen elinkaaren viisi vaihetta (Björklid 2015, 19). .....	13
<b>Kuva 2.</b> Eri ikäisten kaatopaikkojen kaatopaikkavesien biologisen ja kemiallisen hapenkulutuksen maksimiarvoja iän funktiona (Björklid 2015, 25). .....	15
<b>Kuva 3.</b> Eri-ikäisten kaatopaikkojen kaatopaikkavesien ammoniumtyypin (NH <sub>4</sub> -N) ja kokonaisfosforin maksimipitoisuuksia iän funktiona (Björklid 2015, 25 Taulukko 2). .....	15
<b>Kuva 4.</b> Tähtelän sääaseman ja Hirviäkurun kaatopaikan sijainnit (Karttapaikka-palvelu). .....	24
<b>Kuva 5.</b> Hirviäkurun kaatopaikkavesien sähkönjohtavuus sadannan funktiona. .	24
<b>Kuva 6.</b> Hirviäkurun kaatopaikkaveden kloridipitoisuus sadannan funktiona. ....	25
<b>Kuva 7.</b> Hirviäkurun kaatopaikan kokonaisfosforipitoisuus sadannan funktiona. 25	
<b>Kuva 8.</b> Hirviäkurun kaatopaikkaveden kokonaistyyppipitoisuus sadannan funktiona. ....	26
<b>Kuva 9.</b> Hirviäkurun kaatopaikkaveden ammoniumtyypipitoisuus sadannan funktiona. ....	26
<b>Kuva 10.</b> Hirviäkurun kaatopaikkaveden kemiallinen hapenkulutus (Kaliumdikromaattilla hapettamalla) sadannan funktiona. ....	27
<b>Kuva 11.</b> Kaatopaikan ja sääaseman sijainnit ja etäisyys (Karttapaikka-palvelu). ....	29
<b>Kuva 12.</b> Kaatopaikan yläpuolisten (hs9) ja alapuolisten (p1) pintavesien tarkkailupisteiden sijainnit (Karttapaikka-palvelu). .....	30

<b>Kuva 13.</b> Mäntyvaaran kaatopaikan pintavesien sähkönjohtavuus sadannan funktiona. ....	31
<b>Kuva 14.</b> Mäntyvaaran kaatopaikan pintavesien kloridipitoisuus sadannan funktiona. ....	31
<b>Kuva 15.</b> Mäntyvaaran kaatopaikan pintavesien kokonaisfosforipitoisuus sadannan funktiona. ....	32
<b>Kuva 16.</b> Mäntyvaaran kaatopaikan pintavesien kokonaistyyppipitoisuus sadannan funktiona. ....	32
<b>Kuva 17.</b> Mäntyvaaran kaatopaikan pintavesien ammoniumtyypipitoisuus sadannan funktiona.....	33
<b>Kuva 18.</b> Mäntyvaaran kaatopaikan pintavesien kemiallinen hapenkulutus (kaliumpermanganaatilla hapettamalla) sadannan funktiona.....	33
<b>Kuva 19.</b> Halkokankaan kaatopaikan ja Muuratjärven sääaseman sijainnit ja etäisyys toisistaan (Karttapaikka-palvelu). ....	36
<b>Kuva 20.</b> Halkokankaan kaatopaikkaveden sähkönjohtavuus sadannan funktiona keväältä ja syksyltä. ....	36
<b>Kuva 21.</b> Halkokankaan kaatopaikkaveden kloridipitoisuus sadannan funktiona keväältä ja syksyltä. ....	37
<b>Kuva 22.</b> Halkokankaan kaatopaikkaveden kokonaisfosforipitoisuus sadannan funktiona keväältä ja syksyltä. ....	37
<b>Kuva 23.</b> Halkokankaan kaatopaikkaveden kokonaistyyppipitoisuus sadannan funktiona keväältä ja syksyltä. ....	38
<b>Kuva 24.</b> Halkokankaan kaatopaikkaveden ammoniumtyypipitoisuus sadannan funktiona keväältä ja syksyltä. ....	38
<b>Kuva 25.</b> Halkokankaan kaatopaikkaveden kemiallinen hapenkulutus (kaliumdikromaatilla hapettamalla) sadannan funktiona keväältä ja syksyltä.....	39
<b>Kuva 26.</b> Halkokankaan kaatopaikkavesien ja Hirviäkurun kaatopaikkaveden kokonaisfosforipitoisuudet sadannan funktiona.....	41
<b>Kuva 27.</b> Halkokankaan kaatopaikkavesien ja Hirviäkurun kaatopaikkaveden kokonaistyyppipitoisuudet sadannan funktiona. ....	42
<b>Kuva 28.</b> Halkokankaan kaatopaikkavesien ja Hirviäkurun kaatopaikkaveden ammoniumtyypipitoisuudet sadannan funktiona. ....	43

<b>Kuva 29.</b> Halkokankaan kaatopaikkavesien ja Hirviäkurun kaatopaikkaveden kloridipitoisuudet sadannan funktiona. ....	44
<b>Kuva 30.</b> Halkokankaan kaatopaikkavesien ja Hirviäkurun kaatopaikkaveden sähkönjohtavuudet sadannan funktiona. ....	45
<b>Kuva 31.</b> Halkokankaan kaatopaikkavesien ja Hirviäkurun kaatopaikkaveden kemialliset hapen kulutukset (kaliumdikromaatilla hapettamalla) sadannan funktiona. ....	46

## 1 JOHDANTO

Kaatopaikkoja on parhaimmillaan ollut Suomessa tuhansia (Salonen 2015). Kaatopaikkojen määrä Suomessa on karsiutunut ajan saatossa erinäisten kaatopaikkoja koskevien lakien ja jätteen hyödyntämisen kehittymisen ansioista. Jätteen muodostumiseen kaatopaikoilla ovat vaikuttaneet muun muassa vuosien 1994 ja 2011 jätelaat ja vuoden 2014 ympäristösuojelulaki. Vuonna 1994 voimaan tulleella jätelailla pyrittiin muun muassa ehkäisemään jätteiden syntymistä sekä edistämään niiden hyödyntämistä (L 3.12.1993/1072). Vuosina 2011 ja 2014 on tullut voimaan jätelaki ja ympäristösuojelulaki, joilla on muun muassa pyritty vähentämään syntyvän jätteen määrää (L 17.6.2011/646; L 27.6.2014/527). Kaatopaikkoja koskevia lakeja käsittelee enemmän kolmannessa luvussa. Nykyisin käytössä olevia kaatopaikkoja on Suomessa nelisenkymmentä (Salonen 2015).

Suljetulla kaatopaikalla jätetäytöstä haitta-aineita kulkeutuu pelkästään veden ja kaatopaikalla syntyvän kaasun välityksellä ympäristöön. Suljetulle ja oikein hoidetuille kaatopaikalle muodostuu vesiä vain sadannan vaikutuksesta. Tällaista jätetäytön lävitse suotautunutta vettä kutsutaan kaatopaikka- tai suotovedeksi.

Kaatopaikalla syntyvien kaatopaikkavesien haitta-ainepitoisuuksiin vaikuttavat kaatopaikan ikä ja jätetäytön koostumus (Björklid 2015, 24). Suljettujen kaatopaikkojen kaatopaikkavesien pitoisuuksien tutkimuksissa on todettu niiden vaihtelevan suuresti eri kaatopaikoilla. Tämän lisäksi pitoisuudet vaihtelevat suuresti saman kaatopaikan kaatopaikkavesissä eri vuosina ja eri vuodenaikoina. Pitoisuuksiin vaikuttavat iän ja jätetäytön lisäksi muut tekijät. Yksi tällainen tekijä kaatopaikka-alueen ilmasto (Björklid 2015, 24). Kaatopaikkaveden pitoisuuksiin vaikuttavat sademäärä sekä lämpötila.

Tämä opinnäytetyö käsittelee sadeveden vaikutuksia käytöstä poistettujen kaatopaikkojen vesinäytteiden haitta-ainepitoisuuksiin. Opinnäytetyössä käydään läpi kaatopaikkaveden muodostumisen määrään ja sen haitta-ainepitoisuuksiin vaikuttavia tekijöitä. Sadannan vaikutuksia pitoisuuksiin arvioidaan kuvaajien perusteella. Kuvaajat on tehty Eurofins Ahma Oy:lta ja Eurofins Nab labs Oy:lta saamieni kaatopaikkojen vuosiyhteenvetojen ja Ilmatieteen laitoksen tarjoamien



sadetilastojen perusteella. Käytöstä poistetuilta kaatopaikoilta haetaan näytteitä kaksi kertaa vuodessa: keväällä ja syksyllä. Usein sadannan vaikutuksia keväällä otettujen näytteiden pitoisuuksiin vääristää talven jälkeinen sulava lumikerros jäte-  
täytön päällä. Tästä johtuen kuvaajissa käytetään pääsääntöisesti syksyllä otettuja  
näytteiden pitoisuuksia. Monilla kaatopaikoilla kuitenkin suotovesien muodostumi-  
nen syksyllä on niin vähäistä, ettei näytettä yleensä ole pystytty ottamaan. Näistä  
tekijöistä johtuen opinnäytetyössä käsitellään kolmelta kaatopaikalta kerättyjen ve-  
sinäytteiden pitoisuuksia. Käsittelemäni kaatopaikat ovat Hirviäkurun kaatopaikka  
Sodankylästä, Mäntyvaaran kaatopaikka Rovaniemeltä ja Halkokankaan kaato-  
paikka Petäjävedeltä.

## 2 KAATOPAIKKAVEDET

### 2.1 Kaatopaikkaveden muodostumiseen vaikuttavat tekijät

Oikein hoidetulla käytöstä poistetulla kaatopaikalla kaatopaikkavedet muodostuvat täysin jätetäytön päälle satavasta sadevedestä. Osa vedestä poistuu kaatopaikalta jätetäytön päälle rakennetun pintarakenteen päältä pintavaluntana ja osa haihduntana. Jätetäytön läpi virrannutta sadevettä kutsutaan suoto- tai kaatopaikkavedeksi. Jätetäyttö on heterogeeninen, eli sen vedenläpäisevyys vaihtelee suuresti sen eri osissa. Jätetäyttöön muodostuu kyllästyneitä alueita, mutta heterogeenisyyden takia sen kyllästyminen kokonaan on mahdotonta. (Marttinen, Jokela, Rintala & Kettunen 2000, 9).

Kaatopaikkavedet kerätään yhteen yleensä pumpaamalla tai käyttämällä jätetäytön pohjalla salaojaputkistoa. Yhteen kerätty vesi johdetaan kaivoihin tai suotovesialtaisiin. Kaatopaikkavesi käsitellään joko paikan päällä esimerkiksi laskeutusaltaina toimivissa suotovesialtaissa tai se johdetaan viemäristöä pitkin käsiteltäväksi jätevedenpuhdistamolle. Laskeutusaltaiden toiminta perustuu virtaaman laskemisen ja painovoiman yhteisvaikutukseen, joka pakottaa kaatopaikkavedessä olevia haitta-aineita valumaan laskeutusaltaan pohjalle (Kaartinen, Eskola, Vestola, Merta & Mroueh 2009, Liite C). Monesti laskeutusaltaasta ylisyyksynä valuva vesi johdetaan vielä pintavalutuskentälle, jonka tarkoituksena on pidättää kaatopaikkavedessä esiintyviä haitta-aineita (Ahonen 2017, 32). Jotta kaatopaikkavesi voitaisiin käsitellä jätevedenpuhdistamolla, täytyy sen koostumus arvioida. Kaatopaikkavesi ei saa kuormittaa liikaa jätevedenpuhdistamoja eikä se saa sisältää haitta-aineita, joiden poistamiseen vedestä puhdistamolla ei ole resursseja tai jotka häiritsevät jätevedenpuhdistamolla tapahtuvia puhdistamisprosesseja. Suomessa kaatopaikkavesistä suurin osa johdetaan jätevedenpuhdistamolle, mutta vesien käsittely paikan päällä on ollut lisääntymässä 00-luvun loppupuolelta lähtien (Kaartinen ym. 2009, 29).

Käytöstä poistetulla kaatopaikalla pyritään siihen, että vettä pääsee kaatopaikalle vain sadevetenä. Jos kaatopaikan sulkeminen hoidetaan huonosti ja pohja-, seinä- tai pintarakenteet vuotavat, kaatopaikalle saattaa päästä myös kaatopaikka-alueen ulkopuolisia pinta- ja pohjavesiä (Marttinen ym. 2000, 7). Nykyaikaisella kaatopaikkarakentamisella ulkopuolisten vesien kaatopaikalle pääseminen on pyritty estämään täysin.

Sadevesimäärien vaihtelut kausittain voivat olla hyvinkin suuria. Rankalla sadekaudella vettä suotuu jätetäytön lävitse eniten. Pahimpia kausia ovat ne ajankohdat, jolloin talvella sataneet lumet sulavat. Näin syntyvät vedet voivat vastata jopa 25 prosenttia koko vuoden vesimäärästä (Pelkonen 2006, 12). Toisaalta tällöin sadevettä valuu myös jätetäytön päällä olevan tiivistyskerroksen pinnalta eniten. Oikein rakennetulla kaatopaikalla nämä vedet eivät kuitenkaan sekoitu laskeutusaltaissa oleviin kaatopaikkavesiin vaan valuvat pintarakenteiden päältä ympäristöön. Vähemmällä sateella jätetäyttöön suotautuneen veden määrä voi suhteessa sademäärään olla suurempi kuin rankemmalla sateella. (Marttinen ym. 2000, 9.)

Kaatopaikka-alueen sadanta ei kerro koko totuutta jätetäytön läpi suotautuneesta vesimäärästä. Rankkasateella suuri osa sadevedestä kulkee pintavaluntana jätetäytön päällisen tiivistyskerroksen päältä ympäristöön. Kaatopaikkaveden muodostumisen kannalta pahimpia ovat pitkään kestävät hiljaiset sateet, jolloin vettä suotautuu suhteessa sadantaan kaikista eniten jätetäytön lävitse kaatopaikkavedeksi. (Marttinen ym. 2000, 9)

Lämpimien kesäkuukausien aikana tapahtuvalla haihtumisella on suuri merkitys kaatopaikkaveden syntymiseen. Haihtuessaan vesi ei pääse suotautumaan jätetäytön lävitse. Haihtuminen tapahtuu pintarakenteista evaporaationa eli haihduntana elottomilta pinnoilta. Haihtumista tapahtuu myös kaatopaikalla kasvavien kasvien välityksellä transpiraationa (Marttinen ym. 2000, 9). Tällöin vesi haihtuu kasvin kautta sen elintoiminnoista johtuen. Haihtuminen laskeutusaltaasta saattaa väkevöittää laskeutusaltaan kaatopaikkaveden haitta-ainepitoisuuksia.

Jätetäytön pintarakenteilla voidaan vaikuttaa suuresti siihen, kuinka paljon sadevettä suotautuu jätetäytön lävitse kaatopaikkavedeksi. Vuoden 1997 jälkeen

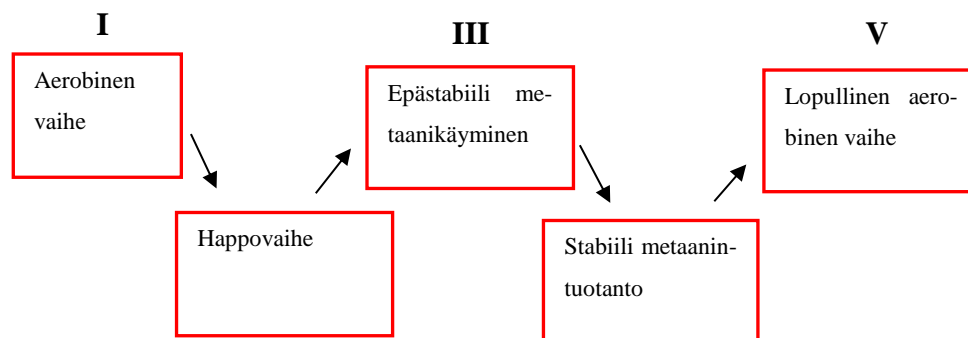
suljettujen kaatopaikkojen sulkemistoimenpiteet saattavat erota suuresti tätä aikaisemmin suljetuista kaatopaikoista. 1.10.1997 voimaan tullessa valtioneuvoksen päätöksessä on suljettaville kaatopaikoille annettu ohjeita sulkemistoimenpiteille (VNp 4.9.1997/861). Nykyinen suljettujen kaatopaikkojen pintarakenne on määrätty vuoden 2013 Valtioneuvoston asetuksessa kaatopaikoista (VNa 2.5.2013/331). Pintarakenteissa on suuri absorptio- eli kyllästymiskapasiteetti, joka läpäisee vettä huonosti. Vesi suotautuu jätetäyttöön vasta, kun pintarakennekerrokset ovat saavuttaneet kyllästymiskapasiteettinsa. Kyllästymiskapasiteetti tarkoittaa sitä, että veden määrän pintakerroksessa tulee ylittää tietty osuus ennen kuin vesi suotautuu pintakerroksen läpi jätetäyttöön. Pintarakennekerrosten kapillaarivoimien ansioista vesi liikkuu ylöspäin, mikä edistää veden haihtumista ilmakehään. Rakennettujen pintakerrosten päälle voidaan asettaa vielä huokoinen kerros, jolloin suurempi osa sadevedestä virtaa pintavaluntana jätetäytön päältä suotautumatta jätetäytön lävitse (Marttinen ym. 2000, 9). Pintarakenteiden asennuksen jälkeen kaatopaikkavettä syntyy kaatopaikalla enää 5 – 30 % sadannasta (Pelkonen 2006, 12). Pintarakenteiden koostumuksen käyn läpi paremmin kappaleessa 3.

## **2.2 Kaatopaikkaveden koostumus**

Jätteessä olevat aineet siirtyvät sadeveden mukana kaatopaikkaveteen liukenevilla, hydrolyysin kautta tai partikkeleiden kuljettamana (Marttinen ym. 2000, 10). Jätetäytössä tapahtuvat kemialliset, fysikaaliset ja mikrobiologiset prosessit siirtävät aineita jätetäytön läpi virtaavaan veteen (Björklid 2015, 12). Kaatopaikkavedet voivat sisältää runsaasti muun muassa kiintoainetta, orgaanista ainetta, ravinteita sekä metalleja ja muita ympäristöä kuormittavia aineita.

Jätteestä kaatopaikkaveteen liukenevien aineiden pitoisuuksiin vaikuttavat kaatopaikan ikä ja kaatopaikan jätetäytön koostumus. Yleisesti orgaanisten ainesten ja metallien pitoisuudet laskevat kaatopaikan iän myötä, mutta joidenkin metallien pitoisuudet taas nousevat. Nuorille kaatopaikoille tyypillinen alhainen pH aiheuttaa metallien liukenemisen kaatopaikkavesiin. Iän myötä nousevien metallipitoisuuksien oletetaan johtuvan jätteiden lajittelun puutteesta. Ammoniumtypen, fosforin ja kloridin pitoisuudet taas ovat riippumattomia jätetäytön iästä (Björklid 2015, 21).

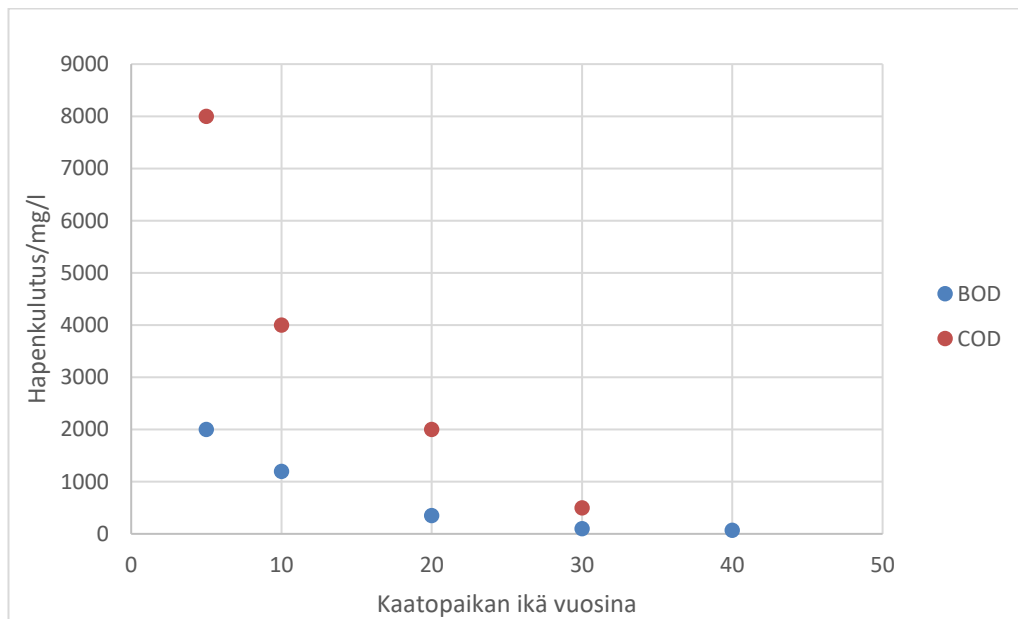
Kaatopaikan elinkaari koostuu viidestä eri vaiheesta (Kuva 1). Vaiheet ovat aerobisia ja anaerobisia prosesseja (Björklid 2015, 19). Näistä vaihteista olennaisesti kaatopaikkavedestä otettujen näytteiden pitoisuuksiin vaikuttaa happovaiheesta metaanivaiheeseen (epästabiili ja stabiili metaanikäyminen) siirtyminen, jolloin kaatopaikkaveden pitoisuuksissa voi esiintyä lyhyellä aikavälillä suuria muutoksia (Björklid 2015, 20). Kaatopaikkaveden BOD/COD-suhde (BOD ”biological oxygen demand”, biologinen hapenkulutus, COD ”chemical oxygen demand”, kemiallinen hapenkulutus) kertoo paljon jätetäytön iästä (Björklid 2015, 22). Jätteiden ollessa happovaiheessa kulkeutuu kaatopaikkaveden mukana paljon biohajoavaa ainetta (BOD) ja tällöin BOD/COD-suhde on korkeimmillaan (BOD/COD-suhde > 0,4). Kun jätteiden hajoaminen etenee metaanivaiheeseen, biohajoava aine kaatopaikkavedessä vähenee merkittävästi. Tällöin BOD/COD-suhde laskee alle 0,1:n (Suomen ympäristökeskus 2008, 136). Yhdyskuntajätteen kaatopaikalla kaatopaikkavesien orgaanisen aineen ja ravinteiden pitoisuudet ovat tyypillisesti suurempia kuin teollisuusjätteen kaatopaikoilla. Teollisuuden kaatopaikoilla ovat taas tyypillisiä korkeammat metallien ja suolojen pitoisuudet ja korkeampi sähkönjohtavuus (Kaartinen ym. 2009, 14).



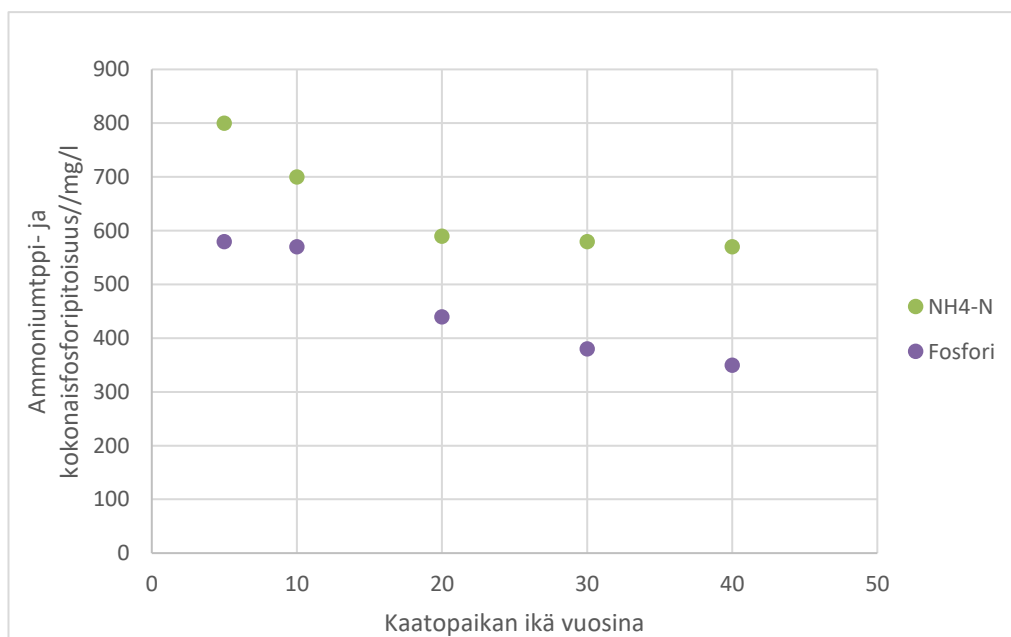
**Kuva 1.** Jätteen elinkaaren viisi vaihetta (Björklid 2015, 19).

Kaatopaikan iän vaikutuksista pitoisuuksiin on tehty tutkimuksia ja on huomattu, että esimerkiksi BOD- ja COD-arvot laskevat huomattavasti kaatopaikan ikääntyessä (Kuva 2). Toisaalta ammoniumtypen ja fosforin pitoisuudet ovat pysyneet lähes samalla tasolla tutkittaessa kaatopaikkoja ikähaarukalla 5 – 40 vuotta (Kuva 3). Tutkittaessa saman ikäisten kaatopaikkojen pitoisuuksien vaihteluväliä on

huomattu sen olevan erittäin suuri eri aineilla (Björklid 2015, 25). Kaatopaikkaveden pitoisuuksiin vaikuttavat myös mahdollisesti iän ja jätetäytön rakenteen lisäksi myös kaatopaikalla vallitsevat ilmasto-olosuhteet. Lämpötila vaikuttaa jätetäytössä tapahtuviin prosesseihin. Sademäärä lisää jätetäytön vesipitoisuutta, joka vaikuttaa mikrobien aktiivisuuteen (Björklid 2015, 19). Tämän lisäksi sademäärä vaikuttaa siihen, kuinka paljon vettä kulkee jätetäytön lävitse, ja näin mahdollistaa haitta-aineiden liukenemis- ja siirtoprosessit (Björklid 2015, 19). Kaatopaikan käytöstä poistamisen toimenpiteet ovat yleisesti laskeneet haitta-ainepitoisuuksia kaatopaikkavedessä (Björklid 2015, 24). Käytöstä poistamisen toimenpiteet käydään tarkemmin läpi kolmannessa kappaleessa.



**Kuva 2.** Eri ikäisten kaatopaikkojen kaatopaikkavesien biologisen ja kemiallisen hapenkulutuksen maksimi-arvoja iän funktiona (Björklid 2015, 25).



**Kuva 3.** Eri-ikäisten kaatopaikkojen kaatopaikkavesien ammoniumtypen (NH<sub>4</sub>-N) ja kokonaisfosforin maksimipitoisuuksia iän funktiona (Björklid 2015, 25 Taulukko 2).

### 2.3 Kaatopaikkaveden haitta-aineet

Kaatopaikkavesien pitoisuuksia arvioitaessa haitta-aineet jaotellaan orgaanisiin ja epäorgaanisiin aineisiin ja yhdisteisiin sekä raskasmetalleihin. Orgaaniset yhdisteet

jaotellaan helposti ja vaikeasti biohajoaviin yhdisteisiin. Helposti biohajoavia yhdisteitä ovat esimerkiksi proteiinit, hiilihydraatit ja rasvat. Vaikeasti biohajoaviksi yhdisteiksi luokitellaan humusyhdisteet ja synteettiset kemikaalit (Björklid 2015, 14). Kaatopaikkavesien sisältämät haitta-aineet ovat lienneet kaatopaikalle sijoitetuista jätteistä tai syntyneet jätteiden biohajoamisen perusteella. Näistä yleisimpiä ovat hiilivedyt, fenolit, bentseenit, furaanit ja dioksiinit (Kaartinen ym. 2009, 14).

Orgaanisten aineiden pitoisuuksia kaatopaikkavedessä pyritään mittaamaan tarkkailemalla niiden aiheuttaman hapenkulutuksen määrää. Orgaanisten aineiden pitoisuustarkkailu vesistöissä on oleellista, koska niiden aiheuttaman hapenkulutuksen vuoksi ne ovat vaarallisia vesieliölle ja etenkin talvella voivat aiheuttaa joukkokuolemia (Metsäyhdistys). Hapenkulutus voidaan mitata BOD:n (biological oxygen demand, biologinen hapenkulutus) ja COD:n (chemical oxygen demand, kemiallinen hapenkulutus) avulla. BOD-arvo ilmoittaa vesinäytteessä tapahtuvan hapenkulutuksen ilman hapetinta. COD-arvo kuvaa vesinäytteessä hapettimella aikaan saatua hapenkulutusta. Vesinäytteen hapenkulutus aiheutetaan käyttämällä joko kaliumdikromaattia ( $COD_{Cr}$ ) tai kaliumpermanganaattia ( $COD_{Mn}$ ) hapettimena (Ahmed 2010, 6-8). COD-arvot ovat aina suurempia kuin BOD-arvot. Orgaanisten aineiden pitoisuudet pienenevät kaatopaikan iän myötä selvästi. BOD/COD-suhde kertoo kaatopaikan hajoamisen tilasta. Mitä pienempi BOD-arvo on verrattuna COD-arvoon, sitä vanhempi kaatopaikka on (Kaartinen ym. 2009, 15).

Kaatopaikkavesistä mitattavat ravinteet ovat kokonaistyyppi ja -fosfori. Typpi- ja fosforipitoisuudet ovat merkittäviä kaatopaikan ympäristön kuormituksen indikaattoreina. Ravinteet aiheuttavat vesistöjen rehevöitymistä. Tyypeä esiintyy normaalisti kaatopaikkavesissä, varsinkin yhdyskuntajätteen kaatopaikoilla, runsaasti. Typpi on suureksi osaksi kaatopaikkavedessä ammoniumtyypinä ( $NH_4-N$ ). Ammoniumtyypeä kaatopaikoilla syntyy jätteen proteiinien anaerobisen hajoamisen tuloksena. Ammoniumtyypin lisäksi kaatopaikkavesissä esiintyviä typpiyhdisteitä ovat mm. amiinit ja aminohapot. Kaatopaikkavesien tarkkailun raportoinnissa ilmoitetaan kokonaistyyppi- ja ammoniumtyypipitoisuus. Fosforipitoisuus ilmoitetaan raportoinnissa kokonaisfosforina. Fosforia kuitenkin esiintyy kaatopaikkavesissä niukasti verrattuna viemäriverseen. (Marttinen ym. 2000, 27)



Tyypillisesti kaatopaikkavesissä anionit esiintyvät kloridina (Cl<sup>-</sup>) ja vetykarbonaatina (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) (Kettunen ym. 2000, 27). Kaatopaikkavesissä kloridipitoisuus on usein korkea eikä se pidäytyä jätetäytössä (Kettunen ym. 2000, 27), joten sen pitoisuutta kaatopaikkavedessä ja kaatopaikka-alueen vesistöissä voidaan käyttää kaatopaikan ympäristön kuormittamisen indikaattorina. Anionien pitoisuutta vedessä voidaan tutkia myös mittaamalla veden sähkönjohtavuutta. Kaatopaikkavesien laaduntutkimuksessa mitataan vesien kloridipitoisuutta ja sähkönjohtavuutta.

Marttinen ym. KAATO 2001 -hanke -kirjallisuuskatsauksessa on käsitelty ennen vuotta 1987 perustettujen ("vanhat kaatopaikat") ja vuoden 1987 jälkeen perustettujen ("uudet kaatopaikat") kaatopaikkojen kaatopaikkavesien haitta-ainepitoisuuksien keskiarvoja. Taulukossa 1 näkyy opinnäytetyössä käsiteltävien kaatopaikkojen vuosiyhteenvedoissa tärkeimpinä pidettyjen kuormituksen indikaattoreiden keskiarvoja.

**Taulukko 1.** Haitta-aineiden pitoisuuksien keskiarvoja (mg/l) (Marttinen ym. 2000, 26).

	<b>Vanhat kaatopaikat</b>	<b>Uudet kaatopaikat</b>
<b>COD</b>	550	4600
<b>BOD</b>	270	2800
<b>Kokonaisfosfori</b>	0,66	2,35
<b>Kokonaistyyppi</b>	87	130
<b>Ammoniumtyppi</b>	68	130
<b>Kloridi</b>	230	300

### **3 KAATOPAIKAN KÄYTÖSTÄ POISTAMINEN JA JÄLKI-TARKKAILU**

Kaatopaikan käytöstä poistaminen tarkoittaa sen toiminnan lopettamista sekä sen lopullista sulkemista. Käytöstä poistaminen on prosessi, johon kuuluu monenlaisia toimenpiteitä. Prosessin tarkoitus on vähentää kaatopaikan ympäristövaikutuksia. Toimenpiteitä jatketaan, kunnes viranomainen toteaa ne turhiksi kaatopaikan ympäristövaikutusten vähenemisestä johtuen (Suomen ympäristökeskus 2008, 12). Kaatopaikan käytöstä poistamisen syitä voivat olla ympäristö- ja terveysriskien vähentäminen, jätepoliittiset tavoitteet vähentää kaatopaikkoja, kaatopaikan täyttyminen, kaatopaikan taloudellinen tilanne tai käytön tarpeettomuus (Suomen ympäristökeskus 2008, 22).

Nykyajan paremmasta lainsäädännöstä ja ohjauksesta huolimatta kaatopaikkojen sulkemisessa on ilmennyt ongelmia. Varsinkin pienemmillä kaatopaikoilla käytöstä poistamisen suunnitelmat ovat olleet puutteellisia eikä ohjeistuksesta huolimatta lopettamisprosessia ja siihen liittyvää hallintomenettelyä ole toteutettu vaaditulla tavalla (Suomen ympäristökeskus 2008, 14).

#### **3.1 Jätetäytön sulkeminen**

Suljettavalle kaatopaikalle suoritetaan riskinarviointi ja kunnostukset tehdään sen mukaisesti. Kunnostustoimenpiteillä pyritään estämään haitta-aineiden leviäminen kaatopaikan jätetäytöstä ympäristöön (Suomen ympäristökeskus 2008, 22). Toiminnan harjoittajan tulee ennaltaehkäistä, poistaa tai rajoittaa mahdollisimman vähäisiksi toiminnasta aiheutuvat ympäristöhaitat (L 27.6.2014/527). Laissa kielletään maaperän ja pohjaveden pilaaminen. Suljettavan kaatopaikan pintarakenteelle on säädetty ohjeet vuonna 2013 Valtioneuvoston asetuksessa (Taulukko 2).

**Taulukko 2.** Jätetäytön päällisen pintakerroksen vaadittu koostumus (VNa 2.5.2013/331, Liite 1).

<b>Kerros</b>	<b>Tavanomaisen jätteen kaatopaikka</b>	<b>Ongelmajätteen kaatopaikka</b>
<b>Pintakerros <math>\geq 1</math> m</b>	Vaaditaan	Vaaditaan
<b>Kuivatuskerros <math>\geq 0,5</math> m</b>	Vaaditaan	Vaaditaan
<b>Tiivistyskerros <math>\geq 0,5</math> m</b>	Vaaditaan	Vaaditaan
<b>Keinotekoinen eriste</b>	Ei vaadita	Vaaditaan
<b>Kaasunkeräyserros</b>	Vaaditaan	Tarpeen mukaan

Kaatopaikkoja suljettaessa pyritään jätetäytön pintarakenteet rakentamaan niin, ettei suotovettä muodostuisi, ja pohja- ja seinämärakenteet niin, ettei jätetäytön läpäissyt vesi pääse maaperään eikä kaatopaikan ympäristön vedet sekoitu kaatopaikkavesien kanssa. Pintarakenteissa saatetaan käyttää esimerkiksi synteettistä membraania tai tiivistettyä savea. Vaikka pintarakenteet olisi rakennettu hyvin, on kaatopaikkaveden syntyminen väistämätöntä. Pintarakenteet heikkenevät ajan kuluessa ja tästä johtuen veden suotumisen määrä jätetäytön lävitse kaatopaikkavedeksi kasvaa. Tämän ja kaatopaikan stabilisoitumisen arvioimisen hankaluuden takia kaatopaikat ovat uhka ympäristölle vielä kauan niiden sulkemisen jälkeen. Stabiiloituminen tarkoittaa, että jätetäytössä reagoivat aineet loppuvat eikä niistä muodostu enää haitallisia yhdisteitä. (Björklid 2015, 26)

### **3.2 Käytöstä poistetun kaatopaikan ympäristön vesien tarkkailu**

Käytöstä poistettujen kaatopaikkojen kaatopaikkavesien käsittelyssä pyritään minimoimaan kaatopaikan vaikutusalueen pintavesiin kohdistuvaa kuormitusta. Kaatopaikkavesien ja kaatopaikan vaikutusalueen pintavesien tarkkailu perustuu vuoden 2013 valtioneuvoston asetukseen (VNa 2.5.2013/331). Asetuksessa määrätään haitalliset aineet, joiden pitoisuuksia tulee kaatopaikkavesistä sekä kaatopaikan

vaikutusaleen pintavesistä tarkkailla sekä tarkkailun tiheys. (Suomen ympäristökeskus 2008, 24)

Kaatopaikkavesien vaikutusta pohjavesiin tulee tarkkailla, ja mahdollisesti aiheutuvat pohjavesiriskit tulee arvioida. Pohjaveden haitta-aineiden päästökiellot ja raja-arvot on tarkemmin määritelty muun muassa vuoden 2013 valtioneuvoston asetuksessa (VNa 2.5.2013/331). Kaatopaikan pohjavesinäytteenotossa tulee huomioida pohjaveden virtaussuunnat. Näytteenottoa varten asetettavat putket tulee olla sijoitettuna edustaville paikoille ja ne tulee asentaa oikein, että edustava näytteenotto on mahdollista. (Suomen ympäristökeskus 2008, 26)

Ympäristösuojelulain mukaan kaatopaikkojen, joiden kokonaiskapasiteetti ylittää 25 tonnia (L 27.6.2014/527, Liite 1, 19), päästöjen tarkkailun tulokset ja muut valvontaa varten tarvittavat tiedot tulee toimittaa valvontaviranomaiselle vähintään kerran vuodessa. Päästöjen tarkkailu ja muut kaatopaikasta tarvittavat tiedot määrätään kaatopaikkakohtaisesti ympäristöluvassa (L 27.6.2014/527, § 62).

### **3.3 Käytöstä poistettua kaatopaikkaa koskevaa lainsäädäntöä**

Käytöstä poistettavan kaatopaikan tarvittavat toimenpiteet määräytyvät lainsäädännön mukaan, joka on käytöstä poistamisen ajankohtana voimassa (Porthen 2018, 13). Lainsäädännöllä pyritään ohjamaan kaatopaikan käytöstä poistamista ja käytöstä poistetun kaatopaikan tarkkailua niin, että ehkäistään ympäristövaikutuksia tai poistetaan ne kokonaan.

Ympäristösuojelulain tarkoituksena on ehkäistä ympäristön pilaantumista ja sen vaaraa sekä poistaa ympäristön pilaantumisesta aiheutuvia haittoja ja torjua ympäristövahinkoja. Lailla pyritään ehkäisemään jätteistä johtuvia haitallisia vaikutuksia. Ympäristösuojelulla tehostetaan esimerkiksi suljettujen kaatopaikkojen ympäristövaikutusten arviointia ja huomioon ottamista kokonaisuutena (L 27.6.2014/527, § 1). Vuoden 2014 ympäristösuojelulaissa määrätään, että muun muassa käytöstä poistettavalle kaatopaikalle tulee olla viranomaisen myöntämä ympäristölupa (L 27.6.2014/527). Ympäristöluvassa määritellään kaatopaikan ympäristövaikutuksia ja määrätään niiden tarkkailusta (Lapin ympäristökeskus

7/2004). Lisäksi ympäristöluvasta määrätään vuoden 2014 ympäristönsuojeluasetuksessa (VNa 4.9.2014/713, § 15, § 16)

Vuoden 2013 valtioneuvoston asetuksella ohjataan kaatopaikkojen käytöstä poistamista sekä niiden jälkihoitoa. Asetuksen tarkoituksena on muun muassa ehkäistä pintaveden, pohjaveden, maaperän ja ilman pilaantumista (VNa 2.5.2013/331, § 1).

Vuoden 2011 jätelaissa määrätään kaatopaikan käytöstä poistamisesta. Laissa on määrätty, ettei kaatopaikan sulkemisesta saa aiheutua ympäristön pilaantumisen vaaraa. Jätelaille ohjataan kaatopaikan käytöstä poistamisen jälkeisiä toimia. (L 17.6.2011/646, § 13, § 14)

## **4 KAATOPAikkojen Vuosiyhteenvetojen Tarkkailutulosten Analysointi**

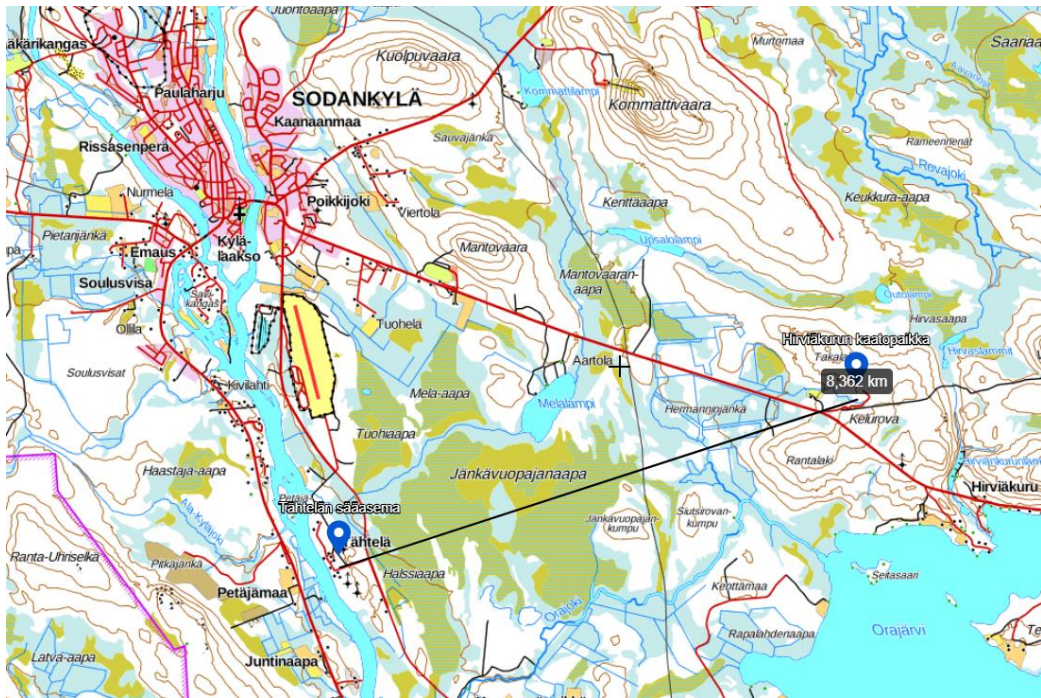
Seuraavassa kappaleessa käsitellään Eurofins Ahma Oy:n ja Eurofins Nab Labs Oy:n kaatopaikkojen vuosiyhteenvetoja ja niihin sisältyvien tarkkailutulosten ja Ilmatieteen laitoksen tarjoamien sadetilastojen perusteella tekemiäni kuvaajia. Kaikki käytetyt vuosiyhteenvedot on käytöstä poistettujen kaatopaikkojen vuosiyhteenvetoja. Sadannassa on otettu huomioon näytteenottopäivää edeltävien viiden päivän sademäärä.

Kuvaajat käsittelevät Hirviäkurun ja Halkokankaan kaatopaikkojen kaatopaikkavesiä ja Mäntyvaaran kaatopaikan kaatopaikkaveden vaikutusalueen pintavesiä. Hirviäkurun kaatopaikkavesien ja Mäntyvaaran kaatopaikan pintavesien kuvaajat on tehty pelkästään syksyllä kerättyjen näytteiden perusteella. Keväällä otettujen näytteiden tarkkailutietoja ei voi käyttää, koska kaatopaikkavettä syntyy sadannan lisäksi jätetäytön päällä sulavasta lumikerroksesta. Halkokankaan kaatopaikan eteläisemmästä sijainnista johtuen sadantaa ei ole vääristänyt lumen sulaminen keväällä otetuissa vesinäytteissä, joten kaatopaikan kaatopaikkavesistä on kuvaajat syksyn lisäksi myös keväältä.

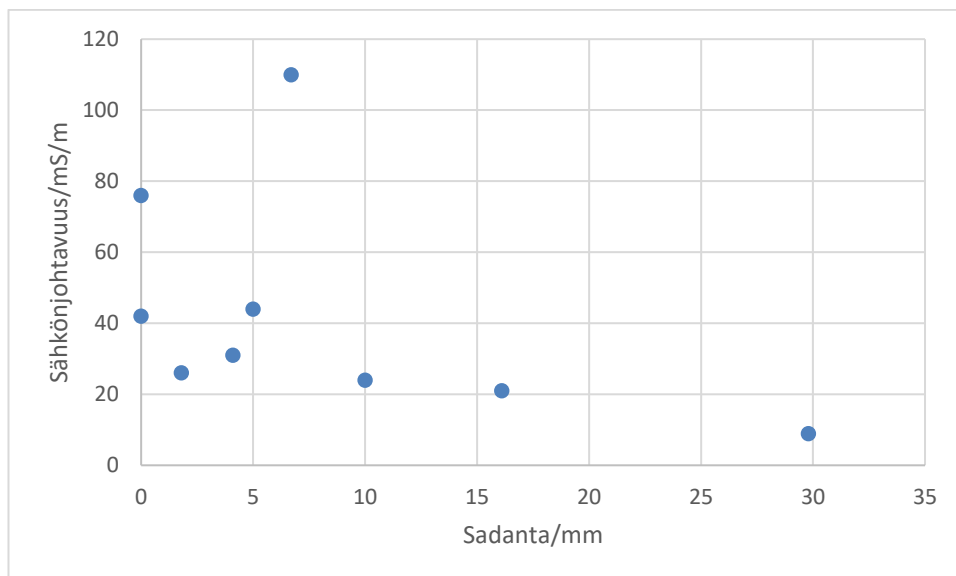
### **4.1 Hirviäkuru, Sodankylä**

Hirviäkurun kaatopaikka suljettiin 31.10.2007. Kaatopaikalle on loppusijoitettu lajittelematonta yhdyskuntajätettä. Jäteasemalla jätetäytössä syntyvät suotovedet käsitellään jäteasema-alueella sijaitsevissa laskeutusaltaissa. (Lapin ympäristökeskus 30/2005) Kaatopaikkavesien laatua ja laskeutusaltaiden puhdistuksen tehokkuutta vertaillaan kahden alimman selkeytysaltaan vesistä otetuista näytteistä. Tulevan veden näyte otetaan ylempään altaaseen johdettavasta vedestä ja lähtevän veden näyte otetaan alimmasta altaasta pintavalutukseen johdettavasta vedestä. (Vaaramaa-Hiltunen & Vierelä 2017, 4).

Sadantatiedot on kerätty Ilmatieteen laitoksen tarjoamien Sodankylän Tähtelän sääaseman säähavainnoista (Kuva 4). Pitoisuudet kuvaajissa on mitattu Hirviäkurun kaatopaikan laskeutusaltaan jätetäytöstä tulevan veden päästä otetuista vesinäytteistä. Kaatopaikkaveden pitoisuudet Eurofins Ahma Oy:n Hirviäkurun kaatopaikan vuosiyhteenvedon tarkkailutuloksista (Vaaramaa-Hiltunen ym. 2017 Liite 1a)

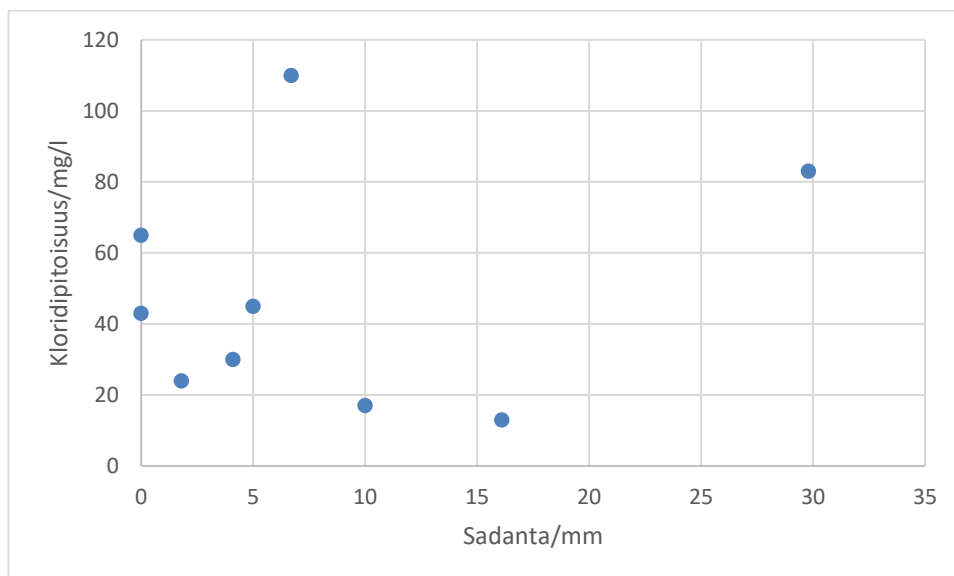


**Kuva 4.** Tähtelän sääaseman ja Hirviäkurun kaatopaikan sijainnit (Kuva: Kartta-paikka-palvelu).

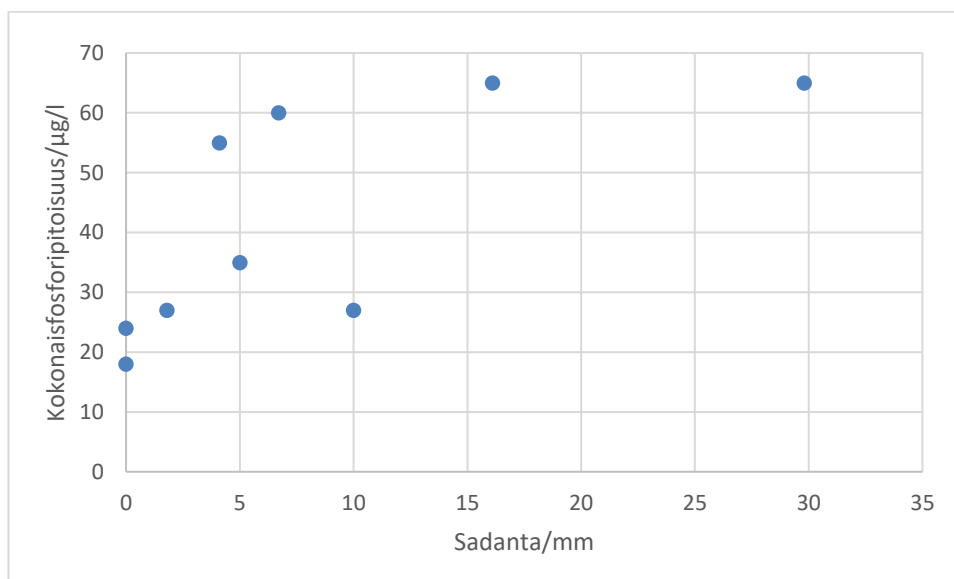


**Kuva 5.** Hirviäkurun kaatopaikkavesien sähkönjohtavuus sadannan funktiona.

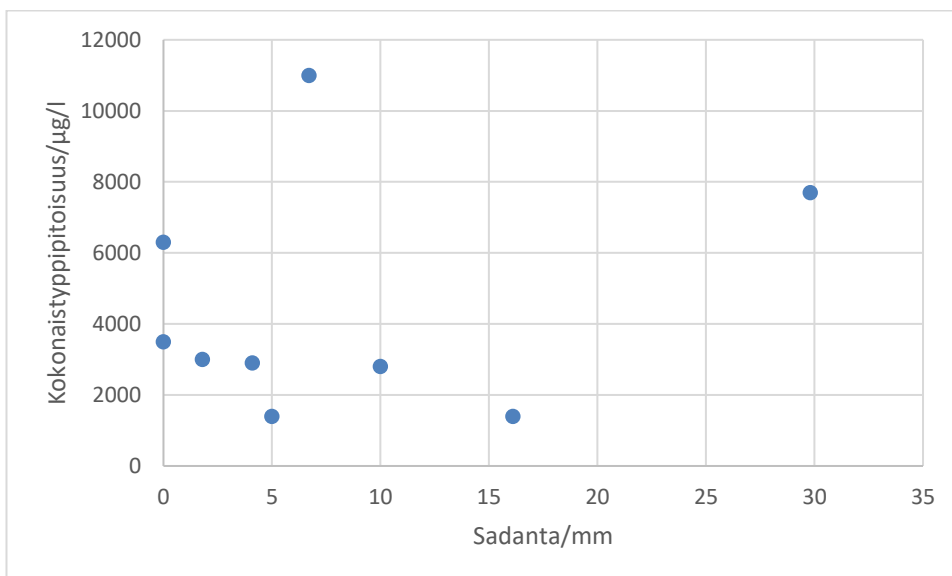




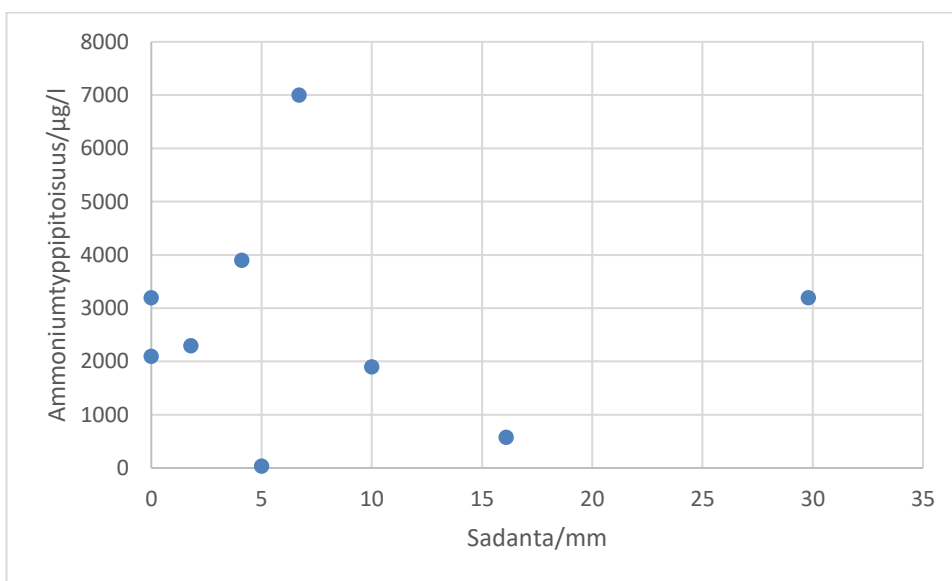
**Kuva 6.** Hirviäkurun kaatopaikkaveden kloridipitoisuus sadannan funktiona.



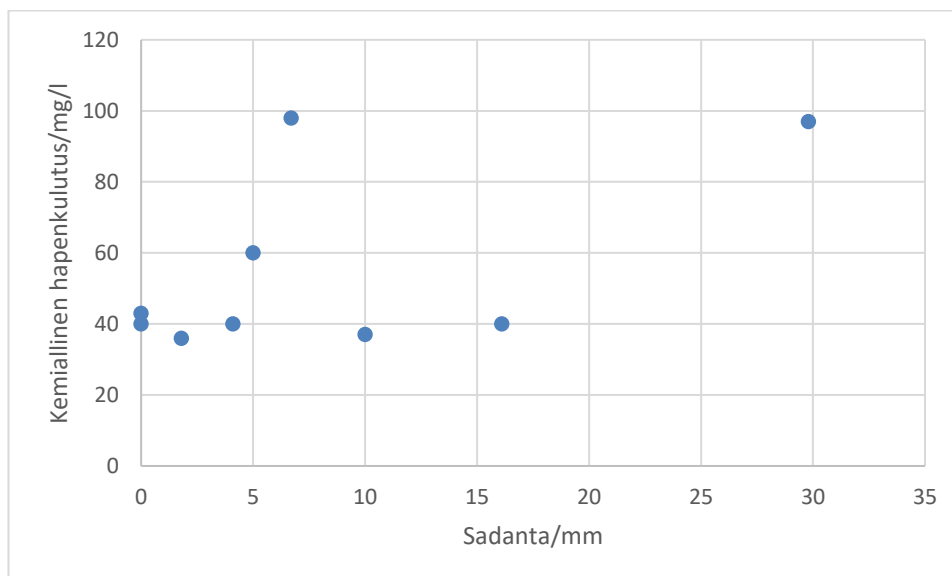
**Kuva 7.** Hirviäkurun kaatopaikan kokonaisfosforipitoisuus sadannan funktiona.



**Kuva 8.** Hirviäkurun kaatopaikkaveden kokonaistyyppipitoisuus sadannan funktiona.



**Kuva 9.** Hirviäkurun kaatopaikkaveden ammoniumtyyppipitoisuus sadannan funktiona.



**Kuva 10.** Hirviäkurun kaatopaikkaveden kemiallinen hapenkulutus (Kaliumdikromaattilla hapettamalla) sadannan funktiona.

Hirviäkurun kaatopaikkavesien kuvaajia tarkasteltaessa voidaan havaita, että eri haitta-ainepitoisuudet, sähkönjohtavuus ja kemiallinen hapenkulutus kaatopaikkavesissä käyttäytyvät sadannan mukaan samalla tavalla eri näytteenottokerroilla. Kuvaajien mukaan sadannalla ei näytä olevan vaikutuksia haitta-ainepitoisuuksiin, sähkönjohtavuuteen eikä kemialliseen hapenkulutukseen. Haitta-ainepitoisuudet, sähkönjohtavuus ja kemiallinen hapenkulutus ovat korkeimmillaan sadannan ollessa 6,7 mm viimeisen viiden päivän aikana, mutta esimerkiksi sadannan ollessa 5 mm ja 10 mm, ne ovat suhteellisen matalat verrattuna muihin mittaustuloksiin. Kuvaajien nousut ja laskut eivät johdu sadannan vaikutuksista.

Poikkeus kuvaajissa on fosforipitoisuuden kuvaaja (Kuvaaja 7). Fosforipitoisuuden kuvaaja ei toista samaa kaavaa muiden pitoisuuskuvaajien kanssa. Fosforipitoisuus on korkeimmillaan kahdessa sateisimmalla ajanjaksolla otetussa näytteessä. Kuvaajasta voi tulkita fosforipitoisuuden nousevan sadannan määrän noustessa.

Sähkönjohtavuuden, lukuun ottamatta sadannan ollessa 6,7 mm tapahtuvaa huippuarvoa, voi katsoa laskevan sadannan kasvaessa. Kloridipitoisuuden kuvaaja on samankaltainen sähkönjohtavuuden kanssa, paitsi sadannan ollessa suurimmillaan kloridipitoisuus nousee keskiarvoa huomattavasti korkeammalle.

Verrattaessa Hirviäkurun kaatopaikkavesistä kerättyjen näytteiden haitta-aineiden pitoisuuksien keskiarvoja (Taulukko 3) KAATO 2001-hanke -kirjallisuuskatsauksen kaatopaikkavesien keskiarvoihin (Taulukko 1), ovat ne huomattavasti matalammat. Tähän vaikuttaa oletettavasti se, että kirjallisuuskatsauksessa keskiarvo on laskettu käytössä olevien kaatopaikkojen tutkimuksien perusteella. Tällöin kaatopaikoille ei ole tehty sulkemistoimenpiteitä.

**Taulukko 3.** Hirviäkurun kaatopaikkavesien haitta-ainepitoisuuksien keskiarvoja.

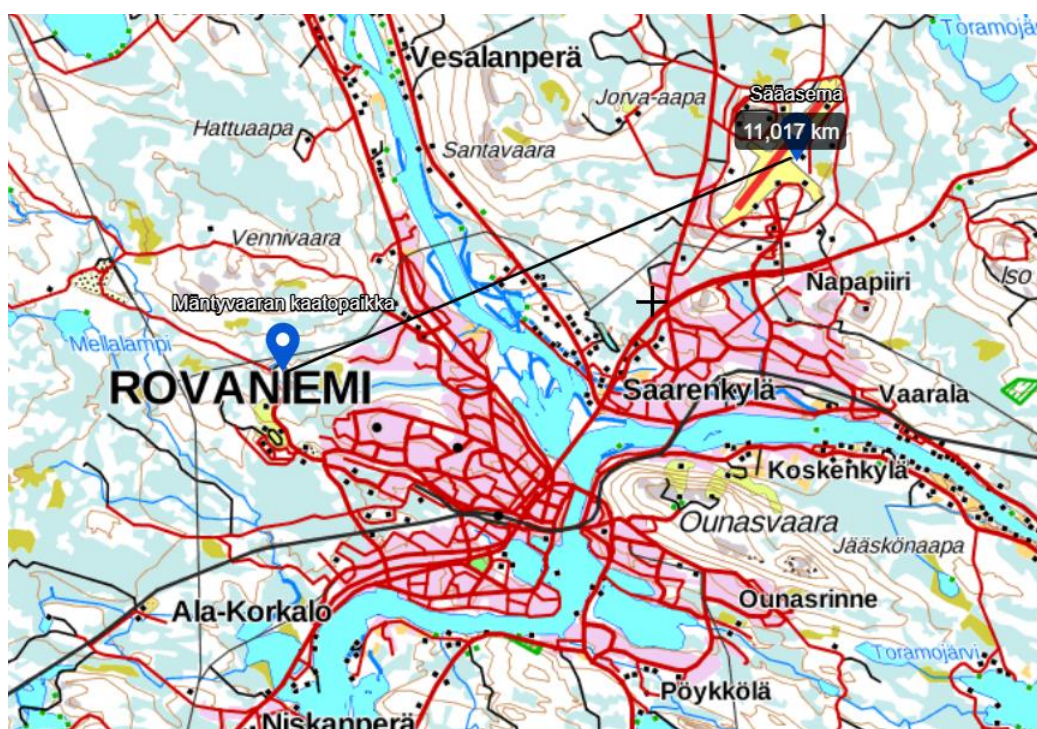
	<b>Säh- könj.</b>	<b>Cl<sup>-</sup></b>	<b>Kok.P</b>	<b>Kok.N</b>	<b>NH4-N</b>	<b>COD</b>
<b>Keskiarvo</b>	43 mS/m	48 mg/l	42 µg/l	4400 µg/l	2700 µg/l	55 mg/l

## 4.2 Mäntyvaara, Rovaniemi

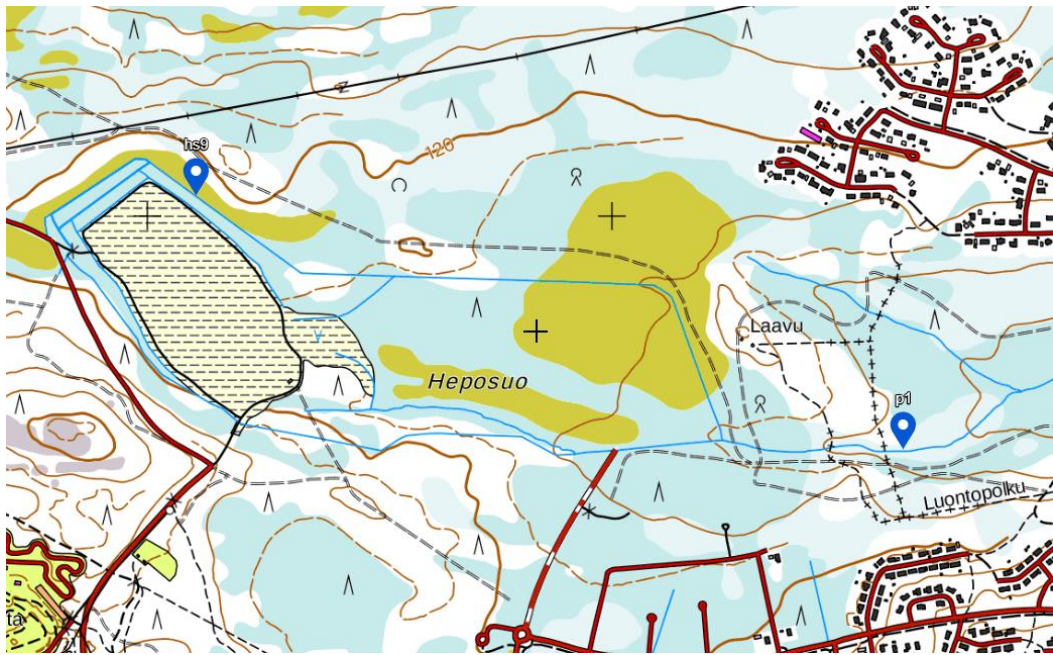
Mäntyvaaran kaatopaikalla jätteiden vastaanotto on lopetettu syksyllä 2005 (Vaaramaa-Hiltunen & Vierelä 2017, 2). Kaatopaikalle on loppusijoitettu lajittelematonta yhdyskuntajätettä, erityisjätteitä ja rakennusjätettä. Tämän lisäksi kaatopaikalla on kompostoitu biojätettä (Lapin ympäristökeskus 7/2004). Kaatopaikan suotovedet johdetaan siirtoviemärillä Rovaniemen keskustan jätevedenpuhdistamolle. Suotovedestä ei ole kerätty näytteitä, mutta sen vaikutuksia on tarkkailtu kaatopaikkaa ympäröivistä ojista otetuista vesinäytteistä.

Sadannan tiedot on kerätty Ilmatieteen laitoksen tarjoamien Rovaniemen lentoaseman sääaseman säähavainnoista (Kuva 11). Kaatopaikkaveden vaikutuksia on mitattu Myllyojan ylemmästä tarkkailupisteestä (p1) otetuista näytteistä, joissa kaatopaikkavesien vaikutusten oletetaan näkyvän selvimmin (Kuva 12). Myllyojan ylempää pistettä pidetään kaatopaikan alapuolisena näytteenottopisteinä. Kaatopaikan ulommasta ympäröijästä (hs9) on kerätty näytteitä, mutta kaatopaikkavesien uskotaan valuvan ojaan tätä näytteenottopistettä alempana (Kuva 12). Tarkkailutulokset ympäröijässa ovat vastanneet muuttumatonta luonnon vettä. Ojaa voidaan

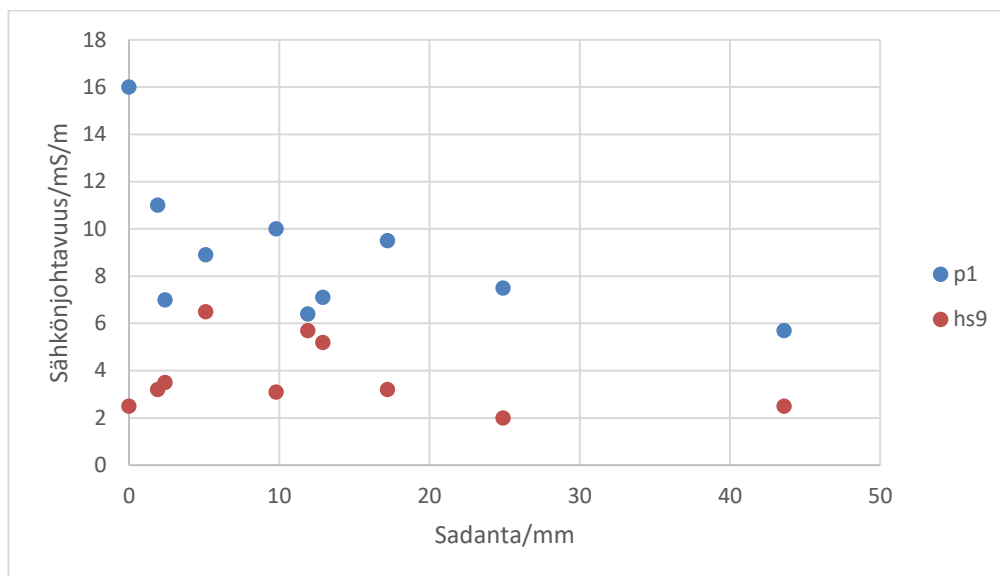
pitää Myllyjoaan nähden kaatopaikan yläpuolisena vertailupisteenä. Kuvaajista voi havaita, kuinka sadanta muuttaa kyseisen kaatopaikan kaatopaikkavesien vaikutuksia kaatopaikan vaikutusalueen vesistöihin vertaamalla kaatopaikan ylä- ja alapuolisesta näytteenottopisteestä otettujen vesinäytteiden tarkkailutuloksia keskenään. Kaatopaikan pintavesien tarkkailutulokset Eurofins Ahma Oy:n Mäntyvaaran kaatopaikan vuosiyhteenvetdon tarkkailutuloksista (Vaaramaa-Hiltunen ym. 2017, Liite 1a).



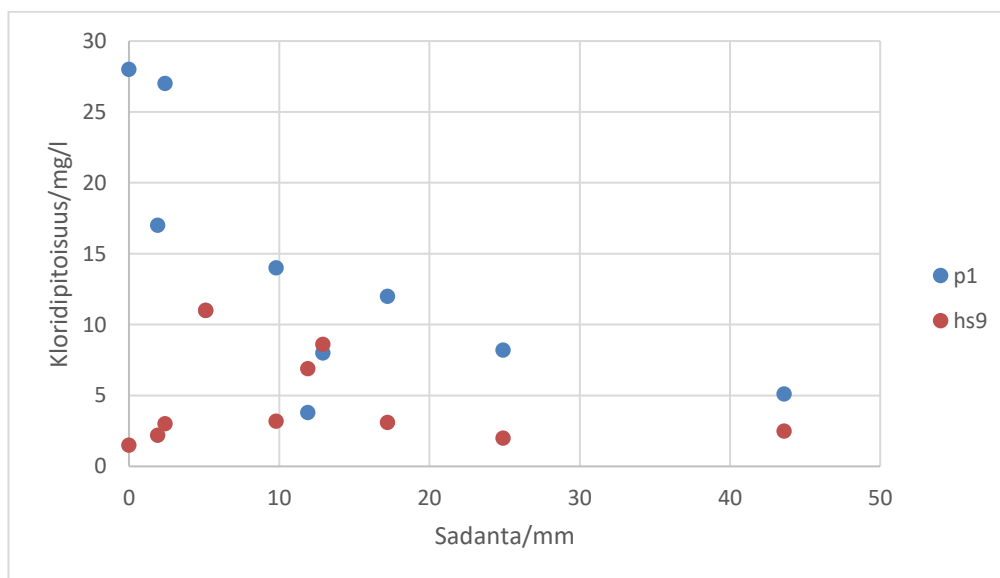
**Kuva 11.** Kaatopaikan ja sääaseman sijainnit ja etäisyys (Kuva: Karttapaikka-palvelu).



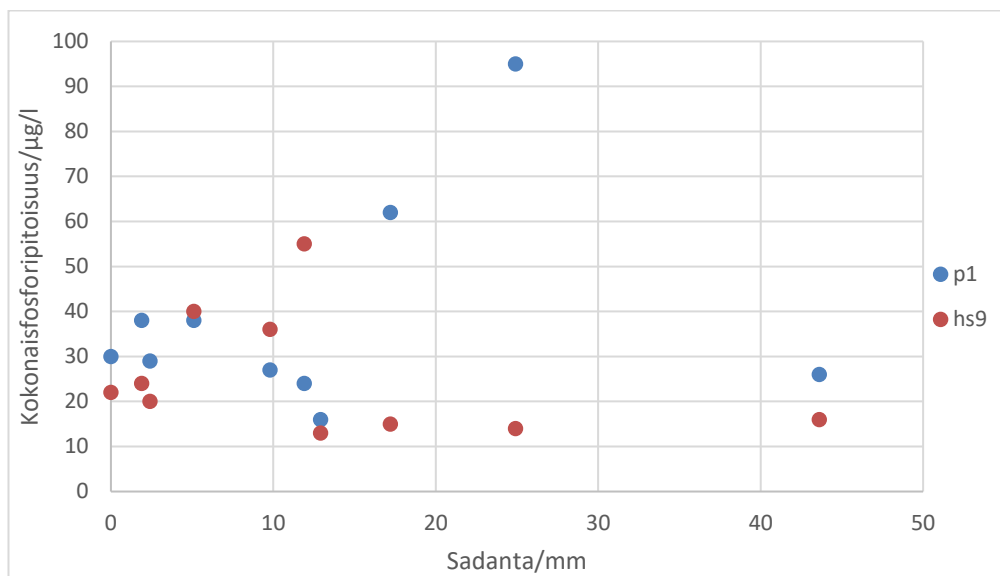
**Kuva 12.** Kaatopaikan yläpuolisten (hs9) ja alapuolisten (p1) pintavesien tarkkailupisteiden sijainnit (Kuva: Karttapaikka-palvelu).



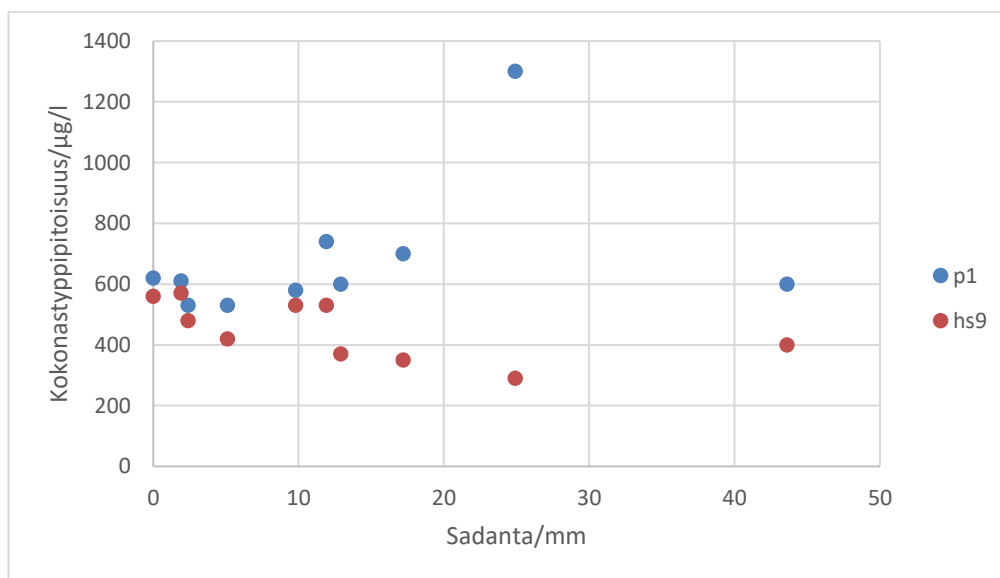
**Kuva 13.** Mäntyvaaran kaatopaikan pintavesien sähkönjohtavuus sadannan funktiona.



**Kuva 14.** Mäntyvaaran kaatopaikan pintavesien kloridipitoisuus sadannan funktiona.

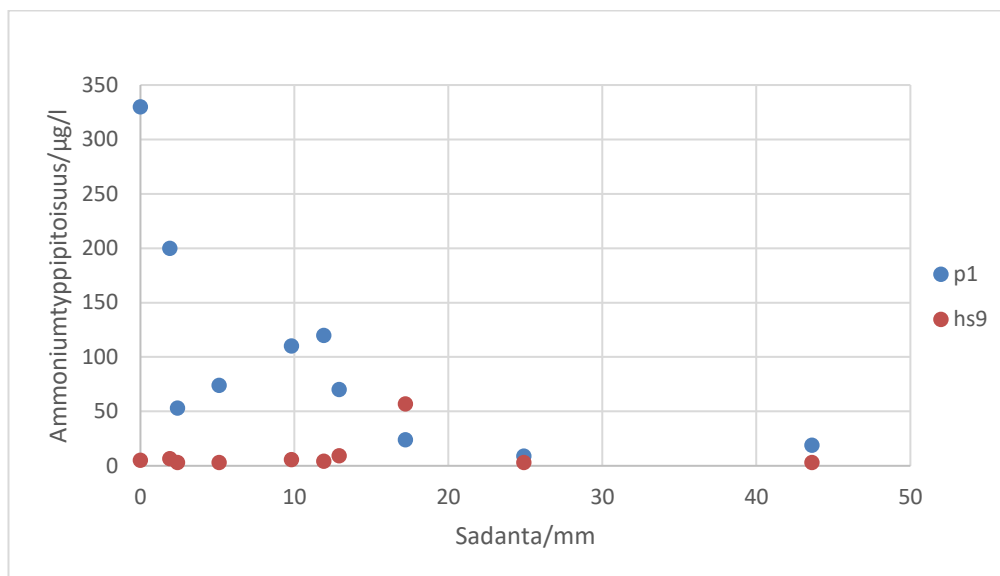


**Kuva 15.** Mäntyvaaran kaatopaikan pintavesien kokonaisfosforipitoisuus sadannan funktiona.

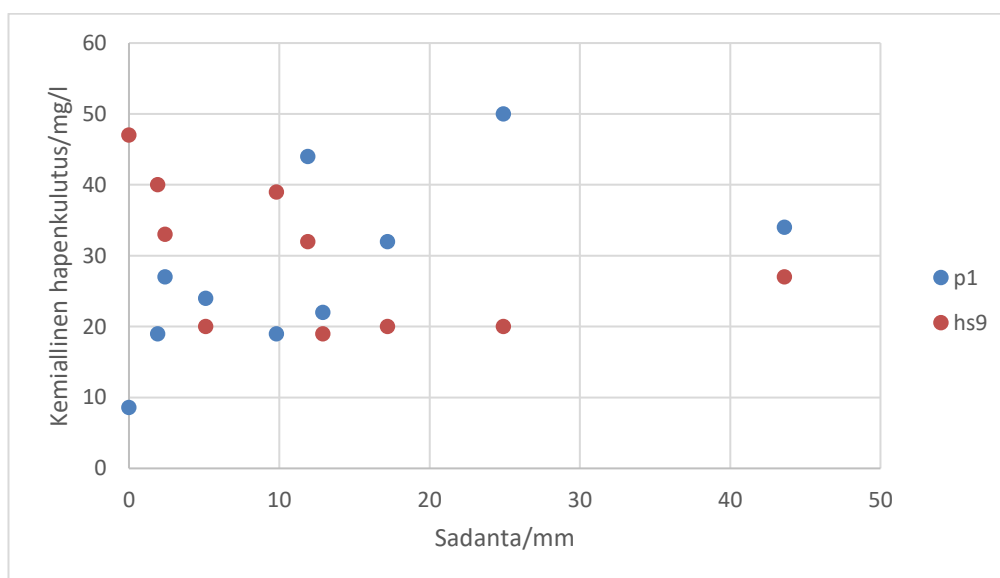


**Kuva 16.** Mäntyvaaran kaatopaikan pintavesien kokonaistyyppipitoisuus sadannan funktiona.





**Kuva 17.** Mäntyvaaran kaatopaikan pintavesien ammoniumtyyppipitoisuus sadannan funktiona.



**Kuva 18.** Mäntyvaaran kaatopaikan pintavesien kemiallinen hapenkulutus (kaliumpermanganaatilla hapettamalla) sadannan funktiona.

Kuvaajia tarkasteltaessa voi huomata sadannan määrän vaikuttavan laimentavasti ammoniumtyyppien (Kuvaaja 17) ja kloridin (Kuvaaja 14) pitoisuuteen. Laimentava vaikutus näkyy pelkästään kaatopaikan alapuolisesta vesistöpuolesta otetuista näytteistä (p1). Pitoisuuksien laimentaminen voi johtua kaatopaikkaveden koostumuksen muutoksesta tai kaatopaikkaveden osuuden laskemisesta Myllyojassa tai näiden molempien yhteisestä vaikutuksesta. Haitta-ainepitoisuuksien väheneminen

kaatopaikkavesissä voi aiheuttaa pitoisuuksien laskua kaatopaikan alapuolisella tarkkailupisteellä, mutta oletettavasti pitoisuuksien lasku johtuu veden määrän noususta Myllyojassa. Kaatopaikkaveden muodostuminen kasvaa oletettavasti hyvin vähän sadannan noustessa, johtuen jätetäytön pintarakenteista, verrattaessa Myllyojan virtaaman määrään nousuun. Kokonaisfosfori- (Kuvaaja 15) ja kokonaistyyppi-pitoisuus (Kuvaaja 16) sekä kemiallinen hapenkulutus (Kuvaaja 18) ei näytä reagoivan sadannan muutokseen. Näiden haitta-ainepitoisuuksien määrät ovat samankaltaiset kaatopaikan yläpuolisella ja alapuolisella pisteellä. Tästä voi päätellä, ettei kaatopaikkavedellä ole merkittäviä vaikutuksia näiden haitta-ainepitoisuuksiin Myllyojassa.

Sähkönjohtavuus Mäntyvaaran kaatopaikan pintavesien alapuolisella tarkkailupisteellä (Kuvaaja 13) on pääsääntöisesti vedenlaatuluokitukseltaan verrattavissa normaaleihin sisävesiin. Taas Mäntyvaaran kaatopaikan pintavesien alapuolisen tarkkailupisteen kokonaistyyppi- (Kuvaaja 16) ja kokonaisfosforipitoisuudet (Kuvaaja 15) ovat vedenlaatuluokitukseltaan reheviä. Kemiallisen hapenkulutuksen perusteella (Kuvaaja 18) Mäntyvaaran kaatopaikan alapuolisen pintavesien tarkkailupisteen vesi on runsashumuksista, mutta kemiallisen hapenkulutuksen arvo on kaatopaikan yläpuolisella tarkkailupisteellä samankaltainen. Kaatopaikalla ei siis ole merkittävää vaikutusta kaatopaikan pintavesien kemialliseen hapenkulutukseen. (Vedenlaatuluokituksen raja-arvot ja lähteet)

Taulukossa 4 on esitettyä Mäntyvaaran kaatopaikan pintavesien yläpuolisen (hs9) ja alapuolisen (p1) tarkkailupisteen vesien tarkkailun keskiarvoja. Taulukosta voidaan havaita, että Mäntyvaaran kaatopaikkavedet vaikuttavat eniten ammoniumtyypipitoisuuteen kaatopaikan pintavesissä. Ammoniumtyypipitoisuuden keskiarvo on kymmenkertainen kaatopaikan pintavesien alapuolisella tarkkailupisteellä verrattuna kaatopaikan pintavesien yläpuoliseen tarkkailupisteeseen. Taulukosta voi muutenkin havaita, että kaatopaikalla on vaikutuksia kaatopaikan pintavesiin. Ainoa poikkeus on kemiallisen hapenkulutuksen keskiarvo. Kemiallinen hapenkulutus on kaatopaikan pintavesien yläpuolisella ja alapuolisella tarkkailupisteellä samankaltaista.

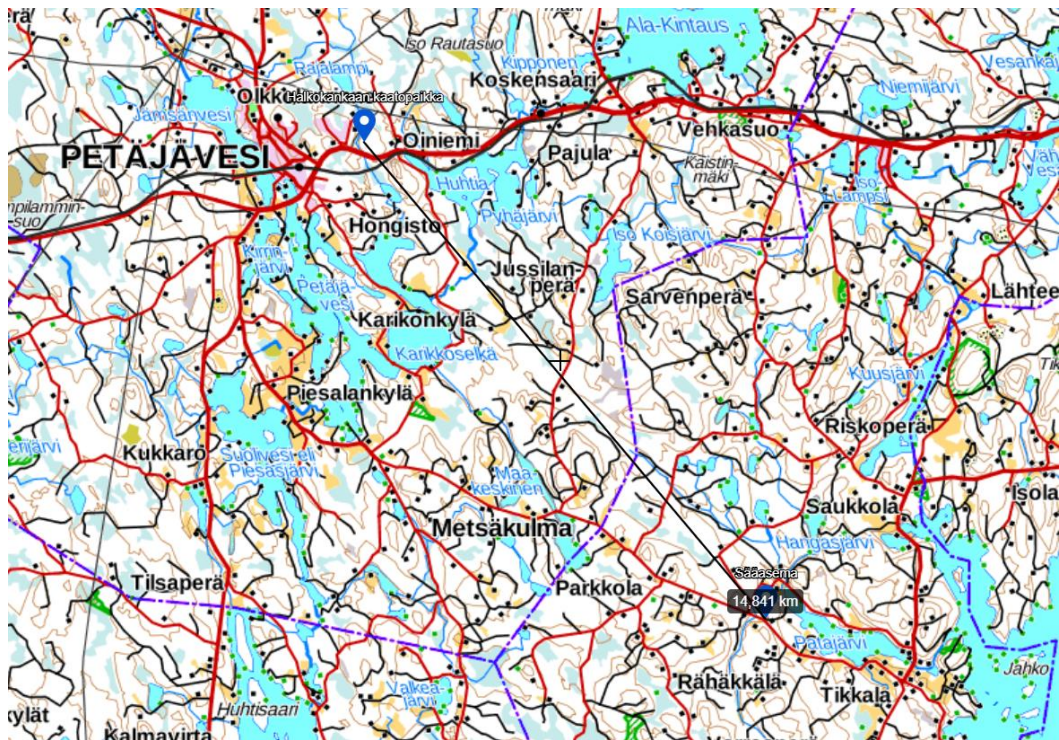
**Taulukko 4.** Mäntyvaaran kaatopaikan pintavesien yläpuolisen ja alapuolisen tarkkailupisteen vesinäytteiden haitta-aineiden keskiarvoja.

	<b>Sähkönj.</b>	<b>Cl<sup>-</sup></b>	<b>Kok.P</b>	<b>Kok.N</b>	<b>NH<sub>4</sub>-N</b>	<b>COD</b>
<b>Keskiarvo hs9</b>	3,7 mS/m	4,4 mg/l	26 µg/l	450 µg/l	9,9 µg/l	30 mg/l
<b>Keskiarvo p1</b>	8,9 mS/m	13 mg/l	39 µg/l	670 µg/l	100 µg/l	28 mg/l

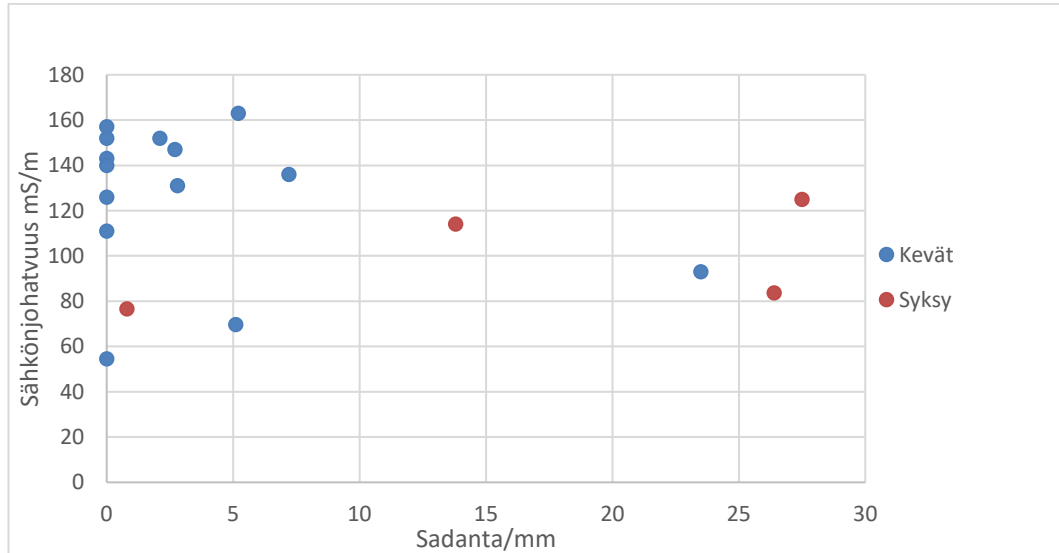
### 4.3 Halkokangas, Petäjävesi

Petäjäveden Halkokankaan kaatopaikka poistettiin käytöstä elo-syyskuussa vuonna 2000 (Laitinen 2017, 2). Kaatopaikalle on tuotu pääsääntöisesti yhdyskuntajätteitä. Yhdyskuntajätteen lisäksi kaatopaikalle on tuotu jätevedenpuhdistamon kuivattua lietettä ja voimalan kreosoottipitoisia pintamaakerroksia. (Laitinen 2017, 3) Kaatopaikalla on kaatopaikkavesille laskeutusallas. Vesi lähtee altaasta pintavaluntana kaatopaikan alapuoliseen ojaan (Laitinen 2017, 5).

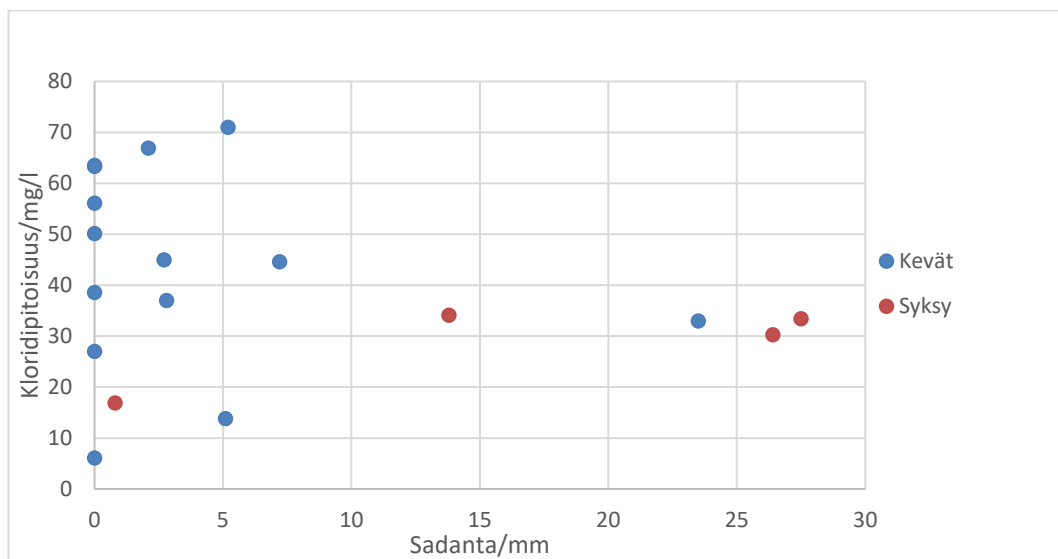
Halkokankaan kaatopaikkavesiä on tarkkailtu laskeutusaltaasta, johon kaatopaikkavedet valuvat. Kaatopaikan kaatopaikkavesien tarkkailutulokset Eurofins Nab Labs Oy:n Halkokankaan kaatopaikan vuosiyhteenvedon tarkkailutuloksista (Laitinen 2017, Liite 1). Sadannan tiedot on kerätty Ilmatieteen laitoksen tarjoamista Jyväskylän Muuratjärven sääasemalla tehdyistä säähavainnoista (Kuva 19). Kaatopaikalla ei ole ollut lunta keväällä otettujen näytteiden aikana, joten pitoisuuskuvaajat on tehty syksyn lisäksi myös keväältä.



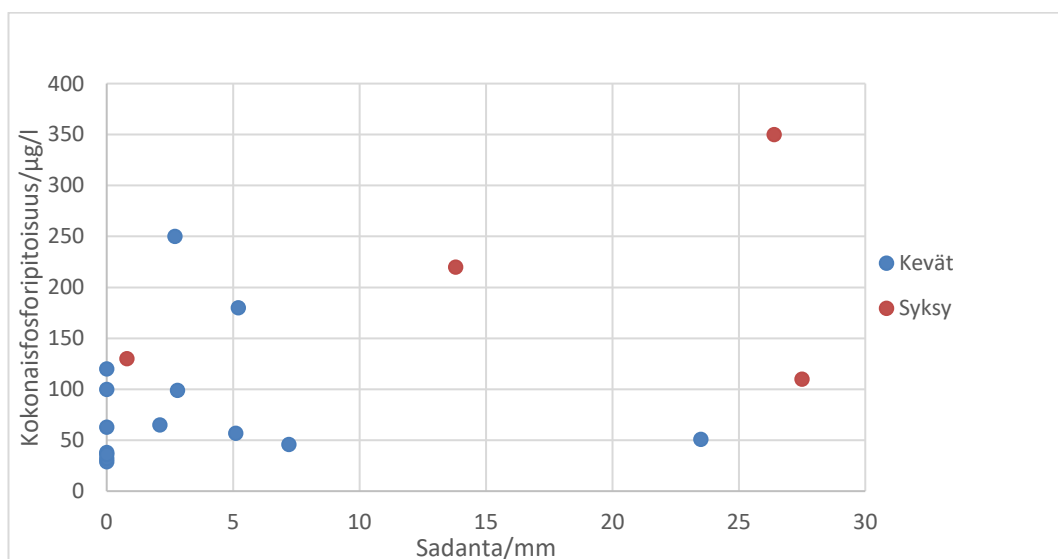
**Kuva 19.** Halkokankaan kaatopaikan ja Muuratjärven sääaseman sijainnit ja etäisyys toisistaan (Kuva: Karttapaikka-palvelu).



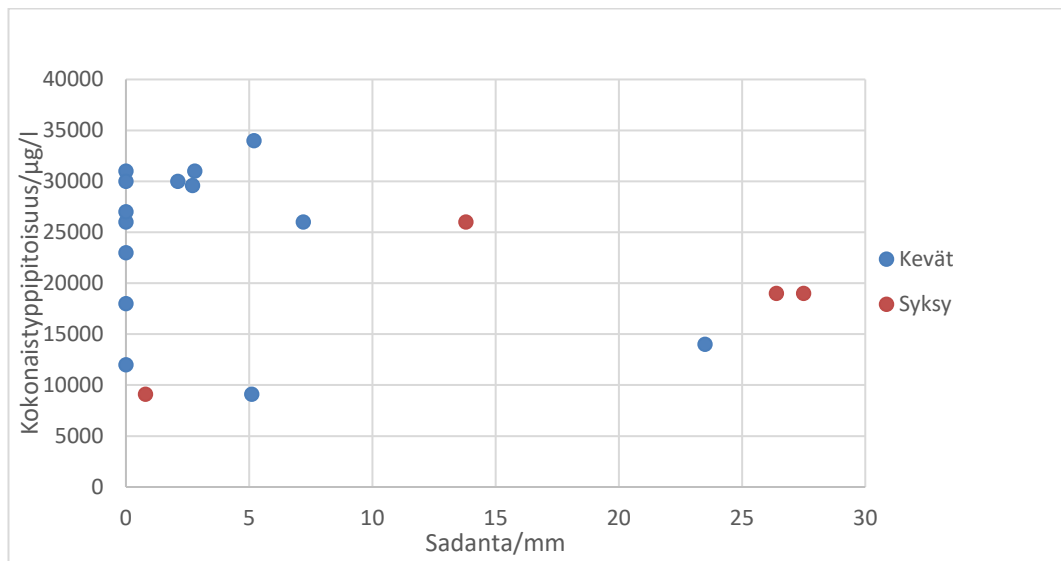
**Kuva 20.** Halkokankaan kaatopaikkaveden sähkönjohtavuus sadannan funktiona keväältä ja syksyltä.



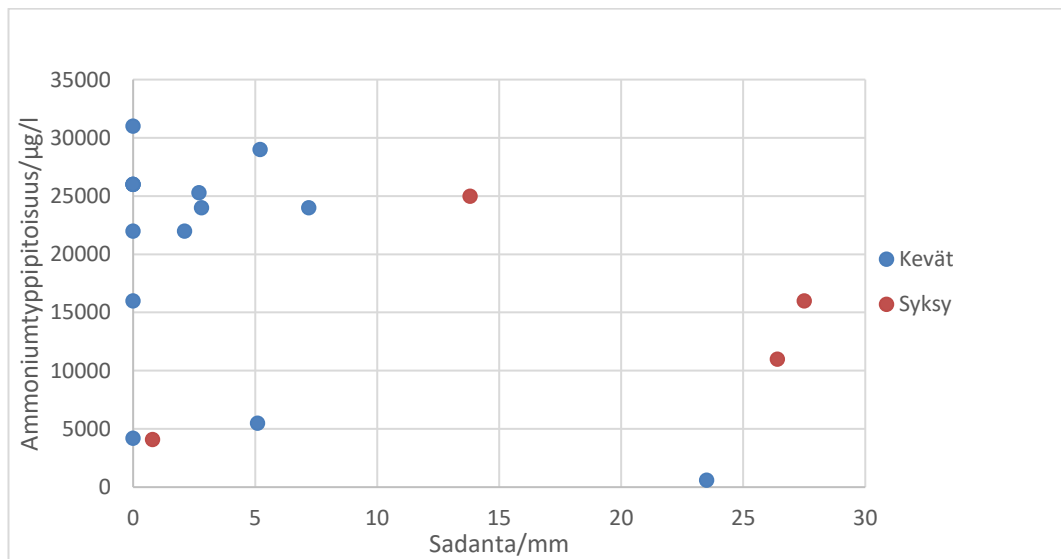
**Kuva 21.** Halkokankaan kaatopaikkaveden kloridipitoisuus sadannan funktiona keväältä ja syksyltä.



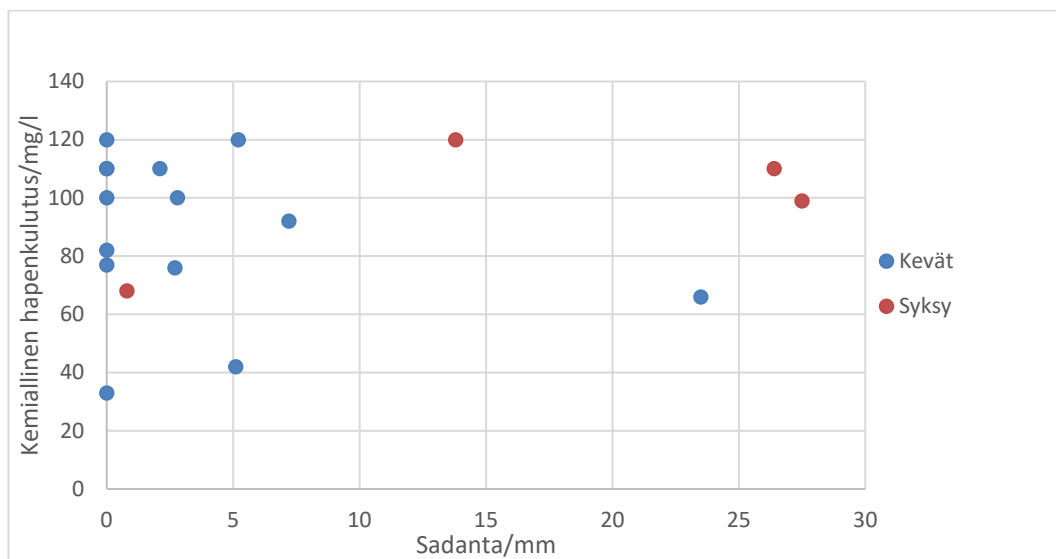
**Kuva 22.** Halkokankaan kaatopaikkaveden kokonaisfosforipitoisuus sadannan funktiona keväältä ja syksyltä.



**Kuva 23.** Halkokankaan kaatopaikkaveden kokonaistyyppipitoisuus sadannan funktiona keväältä ja syksyltä.



**Kuva 24.** Halkokankaan kaatopaikkaveden ammoniumtyyppipitoisuus sadannan funktiona keväältä ja syksyltä.



**Kuva 25.** Halkokankaan kaatopaikkaveden kemiallinen hapenkulutus (kaliumdikromaatilla hapettamalla) sadannan funktiona keväältä ja syksyltä.

Halkokankaan kaatopaikkaveden haitta-ainepitoisuuksien kuvaajista voidaan huomata, ettei sadannalla ole vaikutusta kaatopaikkaveden pitoisuuksiin. Varsinkin keväällä otettujen näytteiden kuvaajista voidaan huomata, ettei pienellä sadannalla ole merkitystä haitta-aineiden pitoisuuksiin. Sadannan ollessa 0 mm viimeisen viiden päivän aikana pitoisuudet vaihtelevat kuvaajilla merkittävästi.

Taulukossa 5 on laskettuna erikseen syksyn ja kevään kaikkien näytteenotokertojen haitta-ainepitoisuuksien keskiarvot. Kokonaistyyppi-, ammoniumtyppi- ja kloridipitoisuuksien ja sähkönjohtavuuden keskiarvo on huomattavasti suurempi keväällä kuin syksyllä. Tämä saattaisi johtua siitä, että keväällä laskeutusaltaiden veden vaihtuvuus on paljon aktiivisempaa verrattuna syksyyn. Tämä johtuu keväällä sulavan lumen aiheuttamasta jätetäytön läpi suotautuvasta suuremmasta vesimäärästä. Kun kaatopaikkavettä muodostuu laskeutusaltaaseen enemmän, on vesi laskeutusaltaassa tuoreempaa. Tämä tarkoittaa sitä, että haitta-aineet eivät ole laskeutuneet keväällä laskeutusaltaissa yhtä kauan aikaa kuin syksyllä. Kaatopaikkaveden muodostumisen suurempi määrä keväällä voidaan todistaa kaatopaikan

vuosiyhteenvedon tarkkailutulosten virtaamatuloksilla. Kaatopaikan laskeutusaltaasta on ollut lähtevää virtaamaa harvemmin syksyllä kuin keväällä ja se on syksyllä ollut pienempää (Laitinen 2017, Liite 1). Kokonaisfosforipitoisuuden keskiarvo keväällä ja syksyllä on erittäin pieni. Tämän takia niiden erotusta ei voi pitää merkittävänä. Kevään ja syksyn kemiallisen hapenkulutuksen keskiarvojen erotus ei ole huomattavan suuri.

Verrattaessa Halkokankaan kaatopaikkavesistä keväällä ja syksyllä kerättyjen näytteiden haitta-ainepitoisuuksien keskiarvoja (Taulukko 5) KAATO 2001-hanke -kirjallisuuskatsauksen keskiarvoihin (Taulukko 1) ovat ne huomattavasti matalammat. Tähän vaikuttaa oletettavasti se, että KAATO 2001-hanke -kirjallisuuskatsauksen haitta-ainepitoisuuksien keskiarvot on laskettu tutkimuksien perusteella, jotka on tehty käytössä olevien kaatopaikkojen kaatopaikkavesistä.

**Taulukko 5.** Haitta-ainepitoisuuksien keskiarvot Halkokankaan kaatopaikalla.

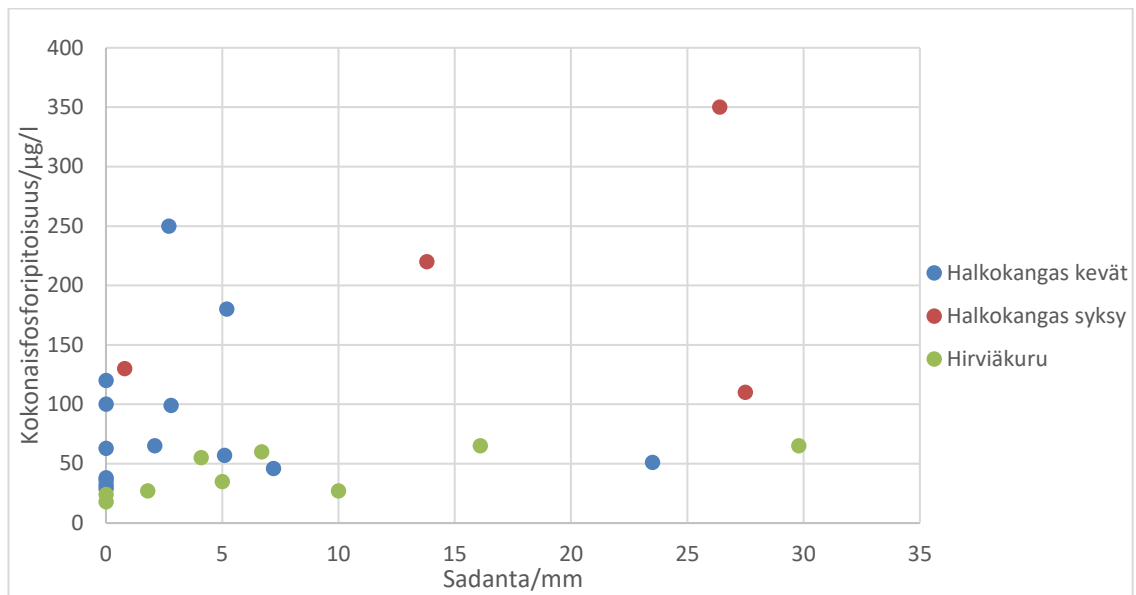
	<b>Sähkönj.</b>	<b>Cl<sup>-</sup></b>	<b>Kok.P</b>	<b>Kok.N</b>	<b>NH<sub>4</sub>-N</b>	<b>COD</b>
<b>Syksy</b>	100 mS/m	29 mg/l	203 µg/l	18300 µg/l	14000 µg/l	99 mg/l
<b>Kevät</b>	127 mS/m	43 mg/l	91 µg/l	24300 µg/l	19100 µg/l	87 mg/l

#### 4.4 Pitoisuuksien vaihtelu haitta-aineittain

##### 4.4.1 Ravinteet

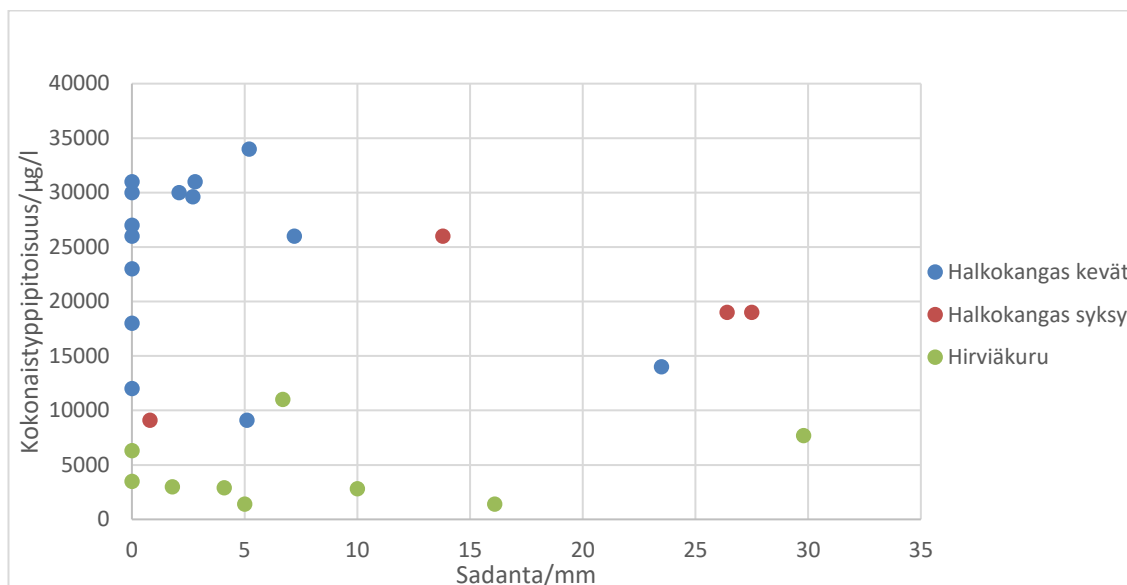
Kaatopaikkavedestä mitataan seuraavien ravinteiden pitoisuudet: kokonaistyyppi, kokonaisfosfori ja ammoniumtyppi. Ravinteet rehevöittävät vesistöjä ruokkimalla veden kasvillisuutta.





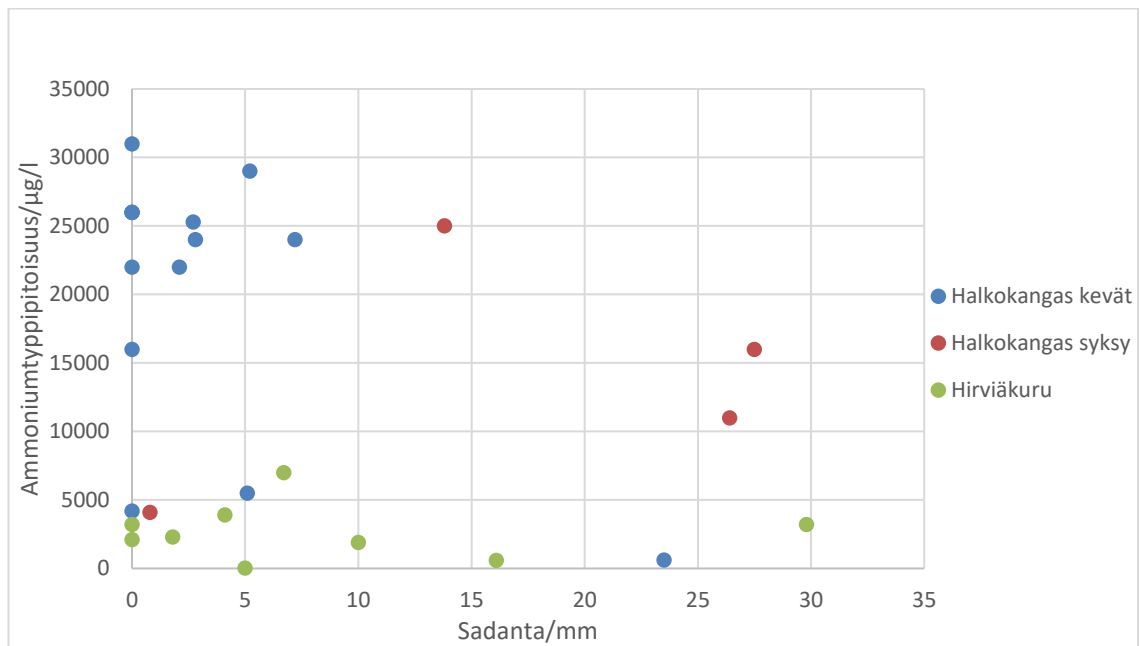
**Kuva 26.** Halkokankaan kaatopaikkavesien ja Hirviäkurun kaatopaikkaveden kokonaisfosforipitoisuudet sadannan funktiona.

Kuvan 26 perusteella voi päätellä, että sadannan vaihtelulla ei ole merkitystä Halkokankaan kaatopaikan kaatopaikkaveden fosforipitoisuuteen. Hirviäkurun kaatopaikkaveden fosforipitoisuudessa on havaittavissa nousua sadannan määrän suurentuessa. Hirviäkurun kaatopaikkavesien pitoisuuksien nousu on kuitenkin hyvin pientä ja johtuu oletettavasti muista tekijöistä kuin sadannan noususta. Hirviäkurun ja Halkokankaan kaatopaikkavesien kokonaisfosforipitoisuuksissa ei kuvaajan mukaan näy sadannan vaikutuksissa yhtäläisyyksiä.



**Kuva 27.** Halkokankaan kaatopaikkavesien ja Hirviäkurun kaatopaikkaveden kokonaistyyppipitoisuudet sadannan funktiona.

Halkokankaan ja Hirviäkurun kaatopaikkavesien kokonaistyyppipitoisuuteen ei näytä kuvan 27 mukaan olevan sadannan määrällä mitään vaikutusta. Kokonaistyyppipitoisuus on Hirviäkurun kaatopaikkavesissä huomattavasti pienempi kuin Halkokankaan kaatopaikkavesissä. Sadannan vaikutuksissa kokonaistyyppipitoisuuteen ei ole kuvaajan mukaan Halkokankaan ja Hirviäkurun kaatopaikkavesissä yhtäläisyyksiä.

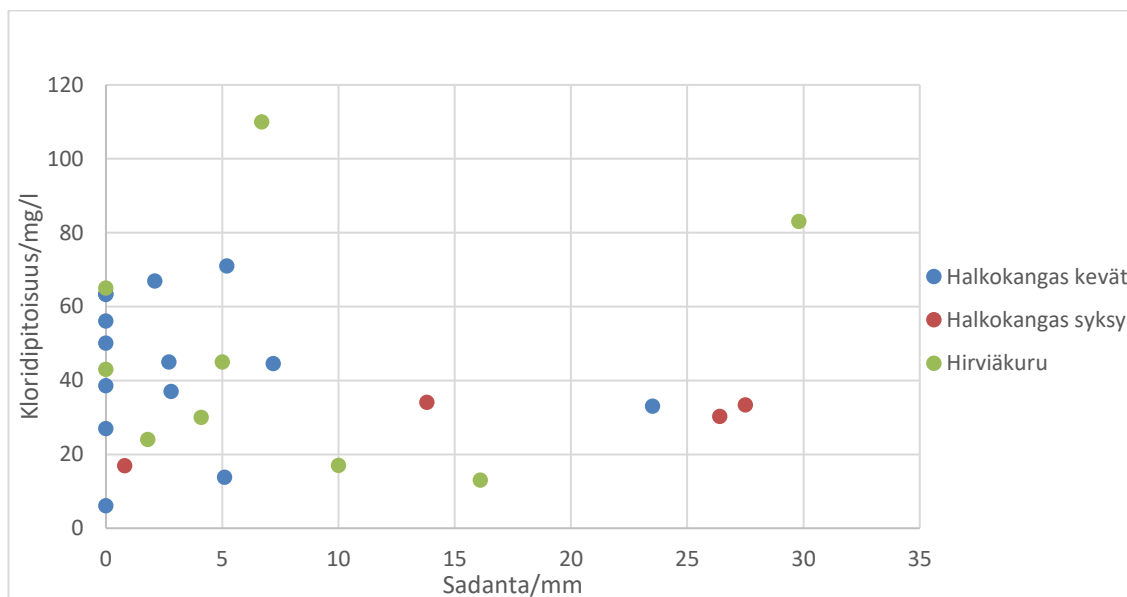


**Kuva 28.** Halkokankaan kaatopaikkavesien ja Hirviäkurun kaatopaikkaveden ammoniumtyppipitoisuudet sadannan funktiona.

Ammoniumtyppipitoisuuteen Hirviäkurun ja Halkokankaan kaatopaikkavesissä ei kuvan 28 mukaan vaikuta sadannan määrä. Ammoniumtyypen määrä Hirviäkurun kaatopaikkavesissä on selvästi matalampi kuin Halkokankaan kaatopaikkavesissä. Halkokankaan ja Hirviäkurun kaatopaikkaveden ammoniumtyppipitoisuuksien vaihtelussa esitettyä sadannan funktiona ei ole yhtäläisyyksiä kuvan 28 mukaan.

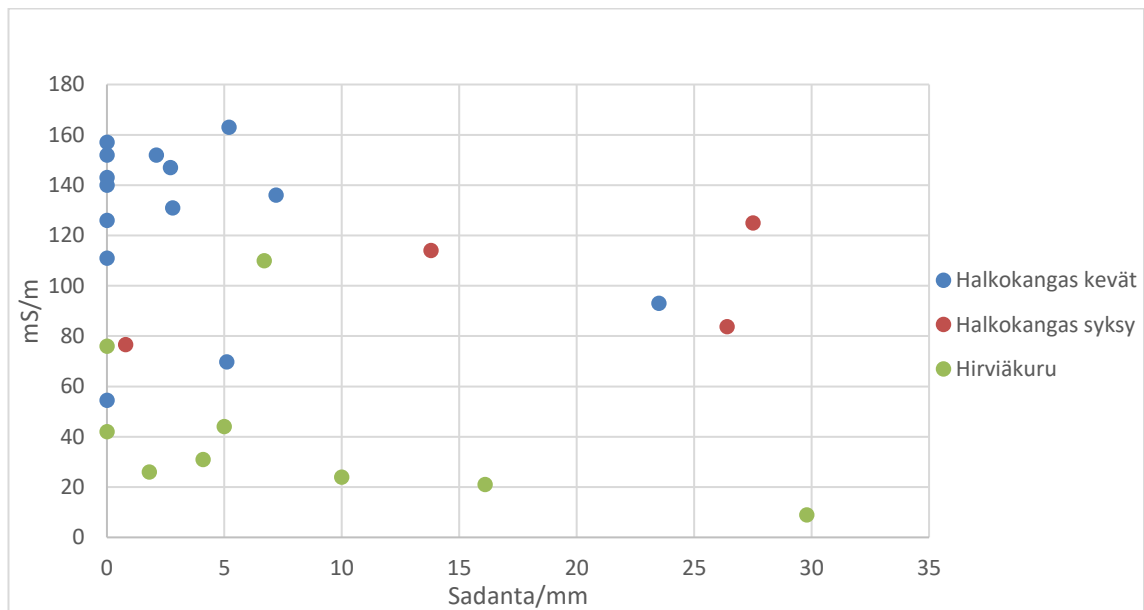
#### 4.4.2 Liuenneet suolat

Kaatopaikan kaatopaikkavedestä ja vaikutusalueen pintavesistä liuenneiden suolojen pitoisuuksia mitataan veden sähkönjohtavuudella. Tämän lisäksi vedestä mitataan kloridipitoisuus.



**Kuva 29.** Halkokankaan kaatopaikkavesien ja Hirviäkurun kaatopaikkaveden kloridipitoisuudet sadannan funktiona.

Kloridipitoisuuteen Hirviäkurun ja Halkokankaan kaatopaikkavesissä ei kuvan 29 mukaan vaikuta sadanta. Halkokankaan ja Hirviäkurun kaatopaikkavesien kloridipitoisuudet kuvaajalla esitettyinä sadannan funktiona ovat molemmat hyvin satunnaisia. Yhtäläisyyksiä sadannan vaikutuksista näiden kahden kaatopaikan kaatopaikkavesien kloridipitoisuudessa ei kuitenkaan ole.

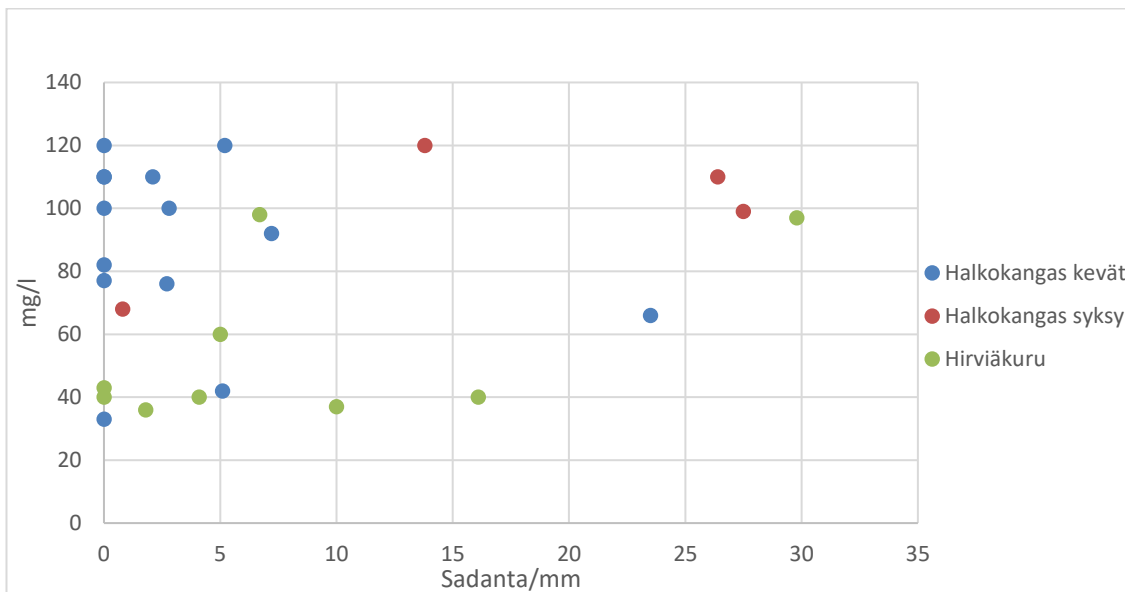


**Kuva 30.** Halkokankaan kaatopaikkavesien ja Hirviäkurun kaatopaikkaveden sähkönjohtavuudet sadannan funktiona.

Sähkönjohtavuuden Hirviäkurun kaatopaikan kaatopaikkavedessä voi tulkita laskevan sadannan kasvaessa kuvan 30 mukaan. Kuvaajassa, sadannan ollessa 6,7 mm näytteenottohetkeä edeltävinä viitenä päivänä, tapahtuu kuitenkin poikkeus laskevaan kuvaajaan sähkönjohtavuuden huippuarvon osuessa tälle näytteenottokerralle. Halkokankaan kaatopaikan kaatopaikkavesissä ei sadannan vaikutusta sähkönjohtavuuteen pysty kuvaajista havaitsemaan. Yhtäläisyyksiä näiden kahden kaatopaikan kaatopaikkavesien sähkönjohtavuuden sadannan vaikutuksilla ei ole.

#### 4.4.3 Kemiallinen hapenkulutus (COD)

COD-arvoja mittaamalla mitataan vesinäytteen kuluttaman hapen määrää. Kemiallinen hapenkulutus määritetään hapettamalla vesinäyte eri hapettimilla. Kaatopaikoilta kerättyjen vesinäytteiden kemiallista hapenkulutusta on määritetty hapettamalla ne kaliumpermanganaatilla tai kaliumdikromaatilla. (Ahmed 2010, 7 – 8) Hirviäkurun ja Halkokankaan kaatopaikkavesien kemiallinen hapenkulutus on määritetty kaliumdikromaatin avulla ( $COD_{Cr}$ ).



**Kuva 31.** Halkokankaan kaatopaikkavesien ja Hirviäkurun kaatopaikkaveden kemialliset hapen kulutukset (kaliumdikromaatilla hapettamalla) sadannan funktiona.

Sadannalla ei kuvan 31 mukaan ole vaikutuksia Halkokankaan eikä Hirviäkurun kaatopaikkavesiin. Molempien kaatopaikkojen kaatopaikkavesien kemiallinen hapenkulutus on esitettyä sadannan funktiona hyvin satunnaista. Yhtäläisyyksiä kaatopaikkavesien kemiallisen hapenkulutuksen käyttäytymisessä sadannan funktiona ei kuvaajassa näy.

#### **4.5 Johtopäätöksiä sadannan vaikutuksista käytöstä poistetun kaatopaikan vesinäytteisiin**

Käsittelimieni kaatopaikkavesien kuvaajien (kappale 4.1 ja 4.3) mukaan sadannalla ei ole vaikutusta kaatopaikkaveden pitoisuuksiin väkevöittävästi eikä laimentavasti. Tämä tarkoittaa sitä, että virtaaman ollessa suurimmillaan jätetäytön alapuolisesta altaasta kaatopaikan ympäristöön, on kaatopaikan kuormitus myös korkeimmillaan. Kuvaajissa esiintyvät pitoisuuksien muutokset johtuvat muista tekijöistä kuin kaatopaikan sadannasta. Sadannan tavallinen vaihtelu ei vaikuta merkittävästi kaatopaikkaveden syntymisen määrään.

Vertaamalla Halkokankaan syksyn ja kevään kaatopaikkavesien pitoisuuksien keskiarvoja (Taulukko 5), voidaan huomata keväällä kerätyissä näytteissä suuremmat haitta-ainepitoisuudet. Tämä voisi johtua siitä, että keväällä maa on kosteampaa johtuen sulavista lumista. Maan ollessa kosteampi syntyy kaatopaikkavettä enemmän, mikä johtaa siihen, että kaatopaikkavedet laskeutusaltaissa ovat tuoreempia. Tuoreemmassa vedessä haitta-aineet eivät ole laskeutuneet yhtä kauan aikaa kuin syksyllä laskeutusaltaiden kauan seisseessä vedessä. Tämä johtaa suurempiin haitta-ainepitoisuuksiin keväällä.

Halkokankaan kaatopaikkavesien keskiarvoista (Taulukko 5) voi päätellä, että kaatopaikkaveden suurella muodostumisen määrällä on nostavia vaikutuksia kaatopaikkaveden haitta-ainepitoisuuksiin. Normaalilla sadannan vaihtelulla ei kuitenkaan ole merkittävää vaikutusta käytöstä poistetun kaatopaikan kaatopaikkaveden muodostumisen määrään (kappale 4.1 ja 4.3).

Sadannalla näyttäisi olevan vaikutusta käsittelemäni Mäntyvaaran kaatopaikan pintavesien kloridi- ja ammoniumtyypipitoisuuteen (Kappale 4.2). Sadannan kasvaessa näiden haitta-aineiden pitoisuudet laskevat kaatopaikan alapuolisella pintavesien tarkkailupisteellä. Tämän voi olettaa johtuvan siitä, että virtaaman kasvaessa tarkkailupisteen ojassa on kaatopaikkaveden osuus tästä virtaavasta vedestä huomattavasti pienempi. Kaatopaikan pintavesistä mitattavat muut haitta-ainepitoisuudet olivat melko samanlaisia kaatopaikan ylä- ja alapuolisella näytteenottopisteellä (Kappale 4.2). Tästä oletankin johtuvan, ettei näihin haitta-ainepitoisuuksiin näytä

sadannalla olevan laskevia vaikutuksia kaatopaikan alapuolisella pintavesien tarkkailupisteellä. Näiden kappaleen 4.2 perusteella pääteltyjen tekijöiden avulla voi todeta sadannan nousun laskevan haitta-ainepitoisuuksia käytöstä poistetun kaatopaikan pintavesissä.



## LÄHTEET

Ahmed, Z., 2010. Jäteveden kemiallinen hapenkulutus. Opinnäytetyö. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Viitattu 20.11.2018. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/111811/Jateveden%20Kemiallinen%20Hapenkulutus.pdf?sequence=1>

Ahonen, J. 2017. Vesiensuojelusuunnitelman laatiminen. Opinnäytetyö. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Viitattu 13.4.2018. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/130265/Ahonen\\_Jaana.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/130265/Ahonen_Jaana.pdf?sequence=1)

Björklid, O. 2015. Suljetun jätetäytön kaatopaikkavesien käsittelyvaihtoehtojen vertailu. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Viitattu 15.4.2018.

Kaartinen, T., Eskola, P., Vestola, E., Merta, E. & Mroueh, U. 2009. Uudet jätteenkäsittelykeskusten vesienhallintatekniikat. Helsinki. VTT Oy.

L 3.12.1993/1072. Jätelaki. Säädös säädöstietopankki Finlexin sivuilla. Viitattu 12.4.2018. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/kumotut/1993/19931072>

L 17.6.2011/646. Jätelaki. Säädös säädöstietopankki Finlexin sivuilla. Viitattu 15.10.2018. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110646>

L 27.6.2014/527. Ympäristönsuojelulaki. Säädös säädöstietopankki Finlexin sivuilla. Viitattu 15.10.2018. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140527>

Laitinen, T., 2017. Petäjaveden kunnan käytöstä poistetun kaatopaikan velvoite-tarkkailun vuosiyhteenveto vuodelta 2017. Nab Labs Oy.

Lapin ympäristökeskus, 2004. Ympäristölupapäätös 7/2004. Viitattu 15.10.2018. <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B91D37216-0C34-418D-8DFB-515E31B01C2C%7D/79221>

Lapin ympäristökeskus, 2005. Ympäristölupapäätös 30/2005. Viitattu 15.10.2018. <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B989554C6-3001-473E-B26A-FE6932C876E0%7D/80326>

Marttinen, S., Jokela J., Rintala, J. & Kettunen R. 2000. Jätteiden hajoaminen kaatopaikalla sekä kaatopaikkavesien muodostuminen, ominaisuudet ja käsittely. TEKES:in Vesihuolto 2001 -ohjelma.

Metsäyhdistys. Biologinen hapenkulutus (biological oxygen demand). Viitattu 25.9.2018. <https://smy.fi/sanasto/biologinen-hapenkulutus-biological-oxygen-demand/>

Pelkonen, M., 2006. Kaatopaikkavesien käsittely ja tekniikan kehittämisen tarpeet. Vesitalous. 6/2006. 11 – 14

Porthen, S., 2018. Suljetut kaatopaikat ja niiden käyttömahdollisuudet. Opinnäytetyö. Turun ammattikorkeakoulu. Viitattu 10.5.2018. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/151807/Porthen\\_Saila.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/151807/Porthen_Saila.pdf?sequence=1)

Salonen, I. 2015. Kaatopaikat historiaan. Viitattu 12.4.2018. Rinki-lehti. <https://info.rinkiin.fi/kaatopaikat-historiaan/>

Suomen ympäristökeskus, 2008. Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja jälkihoito. Ympäristöhallinnon ohjeita I.

Vaaramaa-Hiltunen, M. & Vierelä, M., 2017. Hirviäkurun suljetun jäteaseman velvoitetarkkailun raportti vuodelta 2016. Ahma ympäristö Oy.

Vaaramaa-Hiltunen, M. & Vierelä, M., 2017. Mäntyvaaran suljetun kaatopaikan pohjavesi- ja vesistövaikutusten tarkkailuraportti vuodelta 2016. Ahma ympäristö Oy.

Vedenlaatuoluokituksen raja-arvot ja lähteet. Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu. Viitattu 18.9.2018. <http://www.ymparisto.fi/download/name/%7B8A7CACB5-3A30-4443-8470-E612AEBCF5FA%7D/91995>

VNa 2.5.2013/331. Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista. Säädos säädöstietopankki Finlexin sivuilla. Viitattu 20.4.2018. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130331>

VNp 4.9.1997/861. Valtioneuvoston päätös. Säädos säädöstietopankki Finlexin sivuilla. Viitattu 20.4.2018. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1997/19970861>

VNa 4.9.2014/713. Valtioneuvoston asetus ympäristönsuojelusta. Säädos säädöstietopankki Finlexin sivuilla. Viitattu 7.11.2018. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140713>