

# Hienorakeisten maalajien kerrosjärjestys ja ominaisuudet Helsingin Malmin lentokentän kaava-alueella

Päivitetty 31.3.2017

Maarit Saresma, Antti E.K. Ojala ja Ossi Ikävalko



27.2.2017

Päivitetty 31.3.2017

Tekijät Maarit Saresma, Antti E. K. Ojala ja Ossi Ikävalko		Raportin laji Arkistoraportti	
		Toimeksiantaja Helsingin kaupunki	
Raportin nimi Hienorakeisten maalajien kerrosjärjestys ja ominaisuudet Helsingin Malmin lentokentän kaava-alueella			
Tiivistelmä Geologian tutkimuskeskus selvitti Helsingin kaupungin toimeksiannosta saven kerrosjärjestystä ja ominaisuuksia Malmin lentokentän alueella.  Tutkimusalueelta otettiin neljästä pisteestä yhtenäiset näytesarjat savesta dual tube -näytteenotolla ja tehtiin 19 täydentävää kairausta kevyellä venäläisellä kannukairalla savikerrosten alueellisen jatkuvuuden selvittämiseksi. Sedimenttisarjoista määritettiin stratigrafiset pääyksiköt ja mitattiin fysikaalisia ominaisuuksia.  Tutkimusalueen savisedimentit jaoteltiin kahteen pääkerrosyksikköön, joita erottaa Hk/Si-kerroksellinen epäjatkuvuuspinta syvyydellä 2,8... 6,9 m. Pinnan yläpuolisessa kerrosyksikössä savi on hyvin vesipitoista ja sisältää paljon orgaanista ainesta. Tässä saviyksikössä esiintyy pieniä määriä sulfidisavea lähinnä alueen itä- ja koillisosissa. Syvissä savinäytepisteissä havaittiin lisäksi toinen savikerroksia rajaava eroosiopinta syvyydellä noin 8,5... 11 m. Näissä pisteissä tunnistettiin alueella ominaisuuksiltaan kolme eri savikerrosyksikköä. Malmin tutkimusalueen savi on kokonaisuudessaan melko vesipitoista ja pehmeää savea/liejusavea ja muuttuu hyvin pehmeäksi itään Tattarisuolle päin mentäessä. Itäpuolen savistratigrafialle on ominaista häiriörakenteiden ja karkearakeisten vettä johtavien kerrosten esiintyminen.  Raportissa on kuvattu saven ominaispiirteet ja näiden pohjalta muodostettu kerrosyksikköluokittelu.			
Asiasanat (kohde, menetelmät jne.) pehmeikkö, savi, stratigrafia, sulfidi, näytteenotto, rakennettavuus			
Maantieteellinen alue (maa, lääni, kunta, kylä, esiintymä) Suomi, Helsinki, Malmi			
Karttalehdet			
Muut tiedot			
Arkistosarjan nimi		Arkistotunnus	
Kokonaissivumäärä 28	Kieli Suomi	Hinta	Julkisuus Julkinen
Yksikkö ja vastuualue YRA Yhdyskunnat ja rakentaminen		Hanketunnus 50401-10235	
Allekirjoitus/nimen selvennys Akseli Torppa		Allekirjoitus/nimen selvennys Ossi Ikävalko	

## SISÄLLYSLUETTELO

1	Yleistä	4
2	Tutkimusmenetelmät	5
3	Tutkimusalue ja alueen geologinen historia	6
4	Tulokset	7
5	Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset	12

## KIRJALLISUUSLUETTELO

## LIITTEET

Liite 1. Tutkimuspisteiden pH-arvot

Liite 2. Vesipitoisuus tutkimuspisteissä 1-4

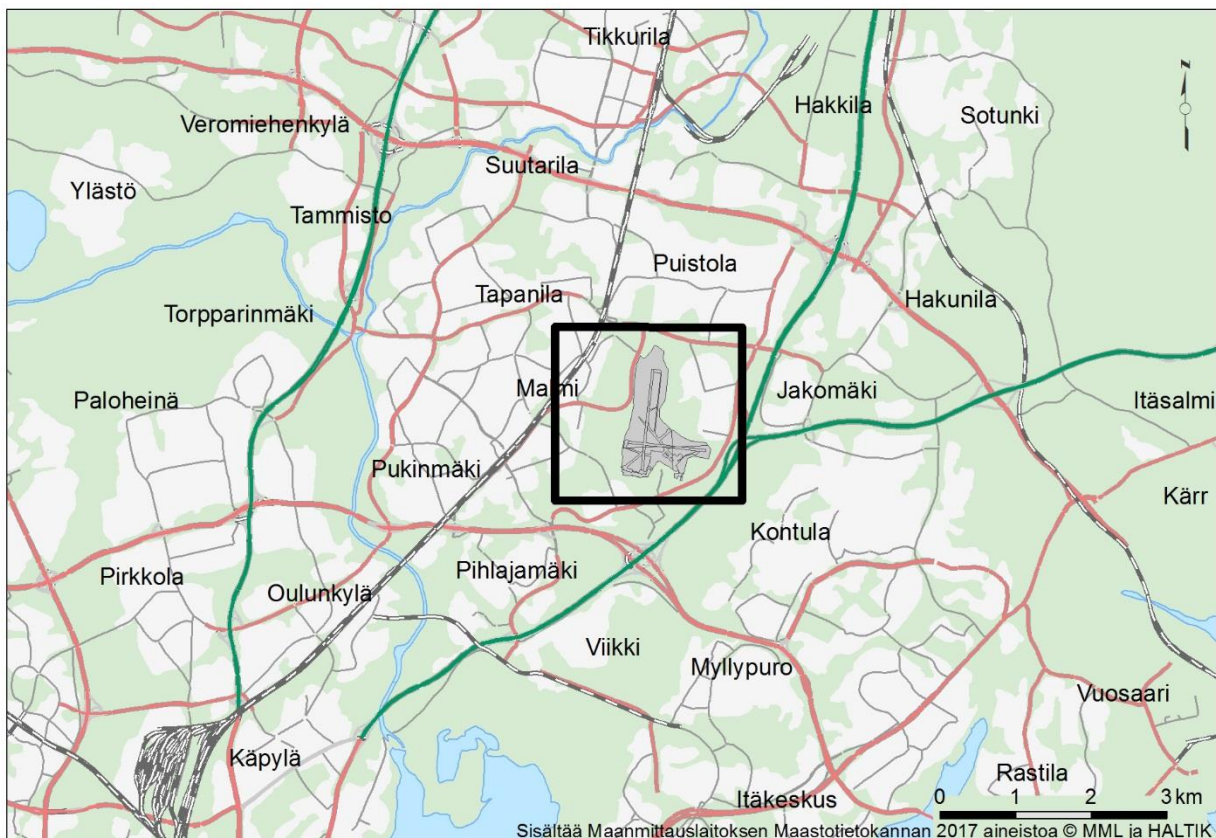
Liite 3. Magneettinen susceptibiliteetti tutkimuspisteissä 1-4

1-3 Tutkimuspistekartta ja leikkaukset

## 1 YLEISTÄ

Geologian tutkimuskeskus teki Helsingin kaupungin toimeksiannosta Helsingin Malmin lentokentän kaava-alueella selvityksen hienorakeisten maalajien sedimenttistratigrafiasta ja ominaisuuksista (kuva 1). Maastotutkimukset tehtiin syksyllä 2016 ja laboratoriotyöt talvella 2016-17.

Selvityksessä kiinnitettiin huomiota saven erilaisten kerrosyksiköiden ominaisuuksiin ja esiintymiseen. Erilaiset saven kerrosyksiköt ilmentävät vaihtelua kerrostumisolosuhteissa alueen geologisen historian aikana. Kerrosyksiköt erotettiin hiekkapitoisen horisontin, nk. epäjatkuvuushorisontin, esiintymisen perusteella Malmin savikon alueella. Kyseinen hiekkapitoinen kerros erottaa sen yläpuolella esiintyvän potentiaalisesti korkeamman rikkipitoisuuden sekä orgaanis- ja vesipitoisemman ("pehmeämmän") savikerrostuman sen alapuolella esiintyvistä savespitoisemmasta perinteisemmästä savesta.

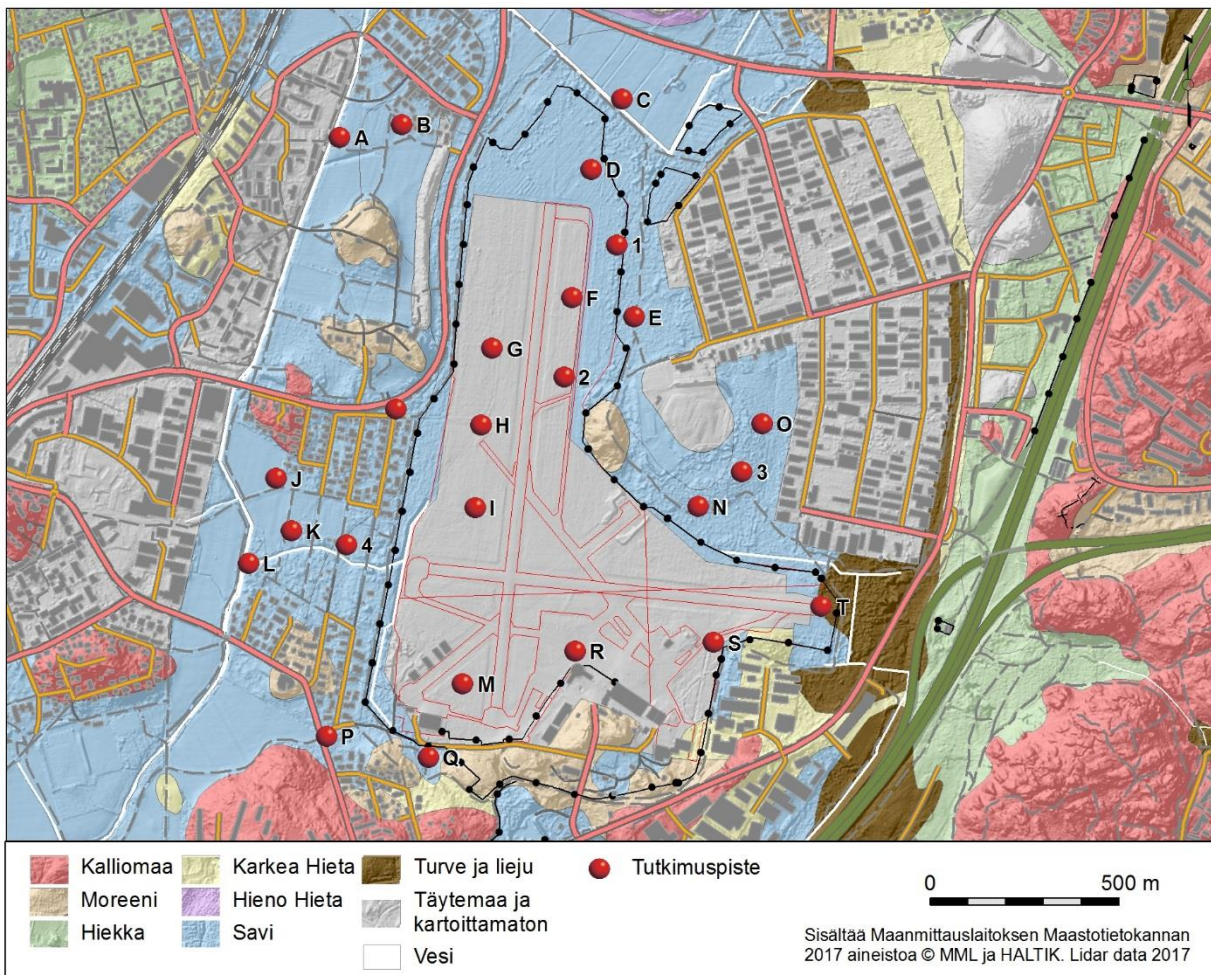


Kuva 1. Tutkimusalue sijaitsee Helsingissä Malmin lentokentän kaava-alueella.

## 2 TUTKIMUSMENETELMÄT

### 2.1 Maastotyöt

Tutkimusalueelta otettiin loka-joulukuussa 4 pisteestä näytteet dual tube –näytteenotolla savikerroksen alapintaan asti (pisteet 1-4) ja 19 pisteestä kevyellä kannukairauksella keskimäärin kuuden metrin syvyyteen (pisteet A-T). Tutkimuspisteestä Q ei otettu näytettä, koska pisteessä ei ollut savea. Dual tube –näytteenotolla saatiin 1,2 m mittaisiin muoviputkiin jatkuvat sisäputkinäytesarjat 9,1... 18,8 m syvyyteen asti. Täydentävissä stratigrafiapisteissä kevyellä kannukairalla otettiin näytteitä 0,5 m välein 3... 6,5 m syvyyteen. Näytepisteiden paikat on esitetty kuvassa 2. Vertailuaineistona toimivat Helsingin kaupungin geoteknisen osaston tekemät geotekniset kairaukset ja näytetutkimukset.



Kuva 2. Syvien savinäytepisteiden (1-4) ja saven stratigrafiapisteiden (A-T) sijainnit Malmin tutkimusalueella.

## 2.2 Laboratoriotutkimukset

Laboratoriotutkimukset tehtiin Geologian tutkimuskeskuksen sedimenttilaboratoriossa. Tutkimuspisteiden 1-4 sedimenttisarjat valokuvattiin jatkuvana näytesarjana ja niistä määritettiin sedimenttistratigrafiset pääyksiköt sekä mitattiin fysikaalisia ominaisuuksia. Näytteistä määritettiin kerrosjärjestys, sedimentin rakenteet, koostumus, maalaji ja väri sekä havainnoitiin visuaalisesti sulfidien esiintymistä.

Tutkimuspisteiden 1-4 näytesarjoista kerättiin 20 cm välein osanäytteet vesipitoisuuden (WC %) (105 °C yön yli) ja orgaanisen aineksen pitoisuuden (Loss of Ignition, LOI %) (550 °C, 2 h) määrittämistä varten. Vesipitoisuus ja LOI laskettiin painoprosenteina näytteen kuivapainosta. Magneettinen susceptibiliteetti eli magneettisten mineraalien konsentraatio maanäytteessä mitattiin avatun näytteen pinnasta 3 cm välein Bartington MS2E1 pinta-anturilla näytesarjojen rinnastamisen avuksi. Tuoreista osanäytteistä mitattiin lisäksi saven pH 20 cm välein samoilta syvyyksiltä, joista WC ja LOI määritettiin. Hapettumispotentiaalin arvioimista varten näytteitä inkuboitiin 8-9 viikkoa, jonka jälkeen pH mitattiin uudelleen.

Kannukairauksella otetut näytteet valokuvattiin ja niistä määritettiin sedimentin kerrosjärjestys maastossa sekä mitattiin pH maastossa. Näytteistä kerättiin 0,5 m välein kokoomanäytteet, joista mitattiin laboratoriossa vesi- ja humuspitoisuudet sekä pH inkuboinnin jälkeen 8-9 viikon kuluttua.

## 3 TUTKIMUSALUE JA ALUEEN GEOLOGINEN HISTORIA

### 3.1 Tutkimusalueen sijainti ja maaperä

Tutkimusalue on osa laajempaa Vantaan puolelle asti ulottuvaa savikkoaluetta ja rajautuu paikallisesti etelässä avokallioihin ja luoteisosissa, pohjoisessa ja Tattarisuon itäpuolella hiekka- ja kallioalueisiin. Tattarisuon itäpuolinen hiekkamuodostuma on todennäköisesti osin muinaisen jäätikön sulamisvesien seurauksena syntynyttä primääristä glasifluviaalista materiaalia ja osin rantakerrostumaa.

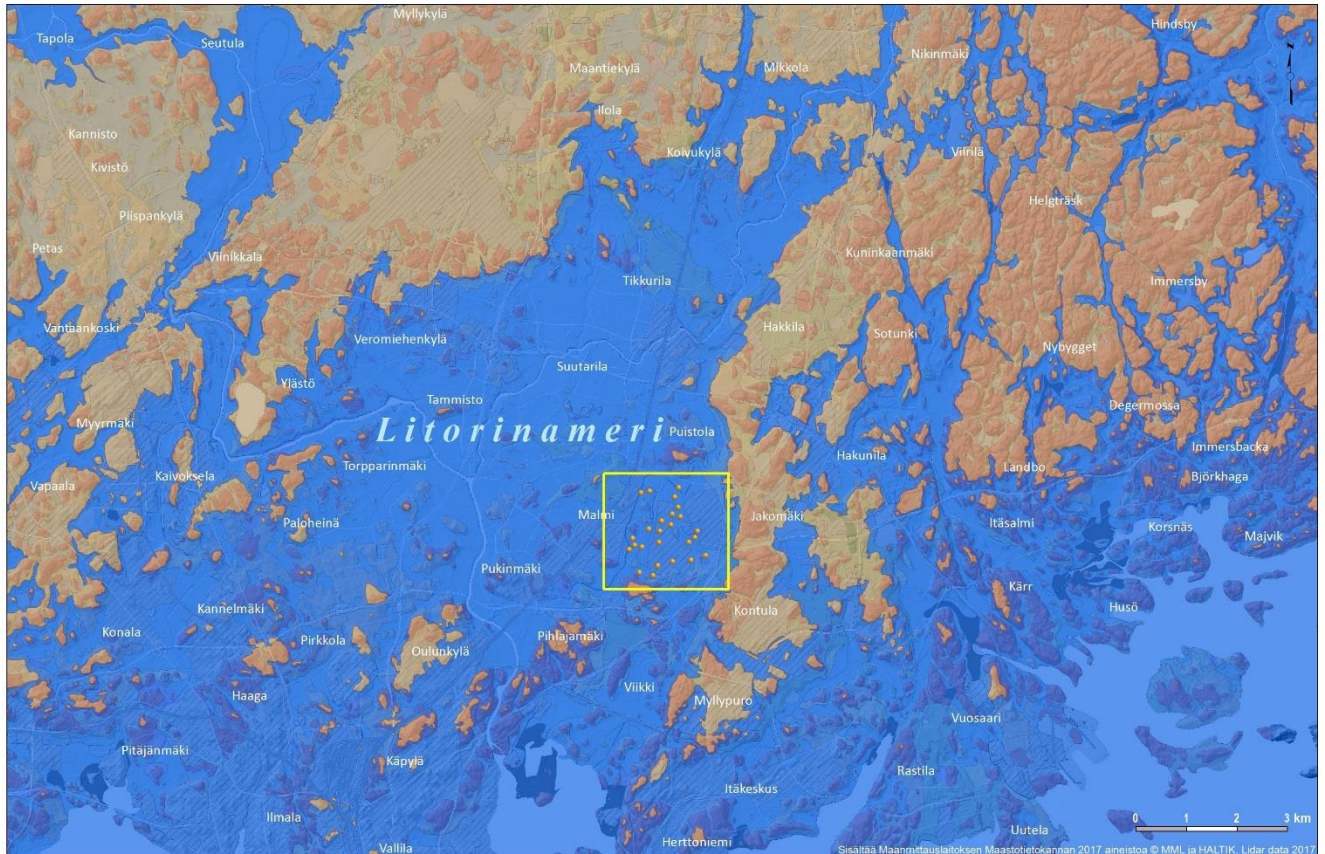
Tutkimuspisteet sijoittuvat lentokentän alueelle ja sen ulkopuolelle lähiympäristöön pelloille ja metsäalueille.

### 3.2 Alueen geologinen historia

Jäätikkö perääntyi pääkaupunkiseudun alueelta noin 13 000 vuotta sitten. Tämän jälkeen Malmin alue on ollut muinaisen Itämeren eri vaiheiden vaikutuspiirissä ennen kuroutumistaan kuivaksi maaksi. Litorinameren murtovesivaiheessa (9000-8000 vuotta sitten) muinaisen Itämeren ranta sijaitsi aivan Tattarisuon alueen itäpuolella (kuva 3) ja tutkimusalue on tällöin

27.2.2017  
Päivitetty 31.3.2017

ollut osana Itämeren allasta. Malmin alue sekä savikkoalueet Suutarilassa ja Vantaan Tikkurilassa olivat tuolloin osa laajaa merenlahtea, jonka edustalla oli pieniä saaria.



Kuva 3. Litorinameren korkein ranta sijaitsi 9000–8000 vuotta sitten noin 30 metrin korkeudella Malmin alueella. Tutkimuspisteet sijaitsevat tasolla +13,6... +17,6. (Litorinameren rajaus: Ojala et al., 2013)

## 4 TULOKSET

### 4.1 Saven kerrosyksiköt ja niiden alueellinen jakautuminen

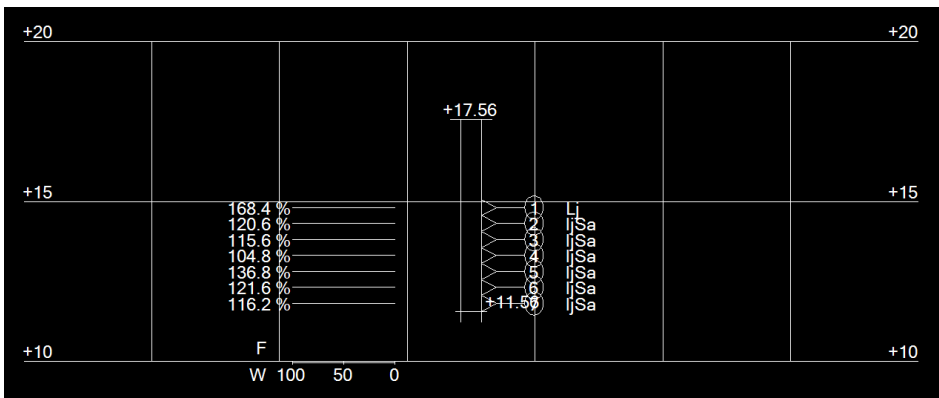
Tutkimuksessa määritettiin koko Malmin savikon alueella eri savikerrosyksiköitä, joissa koostumus ja ominaisuudet ovat keskenään samankaltaiset. Savistratigrafia jaettiin kahteen osaan, epäjatkuvuuspintaa kuvaavan hiekkahorisontin yläpuoliseen ja alapuoliseen osaan.

27.2.2017  
Päivitetty 31.3.2017

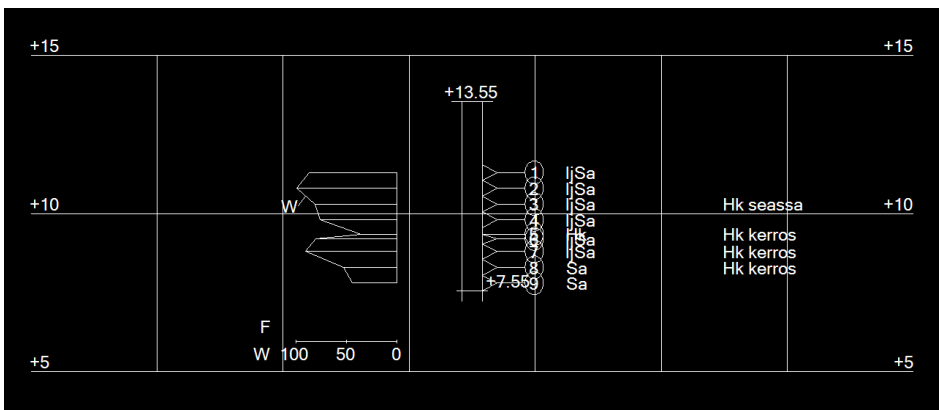
Ylimpänä kerrosjärjestyksessä esiintyy 1,0... 1,5 m paksuinen saven kuivakuori osassa pisteitä. Lentokentän itäpuolisissa pisteissä lähellä Tattarisuota humus- ja maanmuokkauskerros ulottuu jopa 3 m syvyyteen, jonka alapuolella alkaa luonnollinen savikerrostuma.

Saven ylempi kerrosyksikkö ulottuu eri tutkimuspisteissä 2,8... 6,9 m syvyyteen maanpinnasta ja on selkeästi erotettavissa alapuolisesta savisedimentistä. Tämä ylempi yksikkö on kerrostunut Litorinameren murtoveden aikana ja kerrosyksikössä savi on hyvin vesipitoista liejusavea/savea, jossa humuspitoisuus on korkeimmillaan ja jossa esiintyy jonkin verran potentiaalista hapanta sulfaattisavea.

Ylimmässä saven kerrosyksikössä vesipitoisuus WC (%) vaihtelee tutkimuspisteissä merkittävästi ja on välillä 43,6–168,4 %. Karkeasti jaoteltuna tutkimusalueen itäosissa lähellä Tattarisuota vesipitoisuudet ovat tutkimuspisteissä korkeimmillaan ja lentokentän länsipuolella mitattiin alhaisimmat vesipitoisuudet. Hyvänä esimerkkinä voidaan pitää kuvan 4 kannukairauspisteen O diagrammia, joka edustaa kauttaaltaan vesipitoisinta tutkimuspistettä kun taas kuvan 5 kannukairauspisteessä L vesipitoisuus on keskimäärin pienimmillään.



Kuva 4. Tutkimuspisteessä O savi on humuskerroksen alapuolella erittäin vesipitoista.



Kuva 5. Tutkimuspisteessä L vesipitoisuus on keskimäärin pienimmillään.



27.2.2017  
Päivitetty 31.3.2017

Suurimmat vesipitoisuudet esiintyvät pisteissä vaihtelevilla syvyyksillä, mutta vesipitoisin savi vaikuttaisi pääosin keskittyvän 2,5... 4,0 m syvyyteen. Ylemmän kerrosyksikön humuspitoisuudet LOI (%) ovat kauttaaltaan korkeahkot koko Malmin tutkimusalueella ja vaihtelevat välillä 1,4–8,4 %. Korkein humuspitoisuus 8,4 % syvyydellä 2,5... 3,0 m mitattiin samassa tutkimuspisteessä O, jossa myös vesipitoisuus on korkeimmillaan. Korkea humuspitoisuus ja saven sulfidipitoisuus usein korreloivat ja tässä tutkimuspisteessä todettiin myös esiintyvän potentiaalista sulfaattimaata syvyydellä 2,5... 3,5 m (kuva 6).



Kuva 6. Tutkimuspisteessä O syvyydellä 3,0... 3,5 m mitattiin inkuboinnin jälkeinen pH 3,2.

Maastossa mitattu pH oli kaikissa tutkimuspisteissä yli 4,0. Toisaalta lähes kaikki näytteet otettiin pohjavedenpinnan alapuolelta, jolloin näytteiden välitön pH oli lähellä neutraalia ja näytteistä määritettiin lähinnä potentiaalista hapanta sulfaattimaata. Sulfidisavea eli potentiaalista hapanta sulfaattimaata, jossa pH on inkuboinnin jälkeen laskenut lukemaan 4,0 tai sen alapuolelle ja pudotusta on tapahtunut 0,5 yksikköä tai enemmän mitattiin yhteensä neljässä kannukairauspisteessä (D, F, O ja S) syvyyksillä 1,0... 3,5 m. Lisäksi kahdessa syvässä savinäytepisteessä mitattiin sulfidisavea, pisteessä 1 syvyydellä 4,2... 5,2 m ja pisteessä 2 syvyydellä 1,5... 1,9 m. Sulfidipitoisia savia näyttäisi esiintyvän vähäisiä määriä lähinnä tutkimusalueen itä- ja koillisosissa. Litorinamerivaiheen aikana kerrostuneet mustat voimakkaasti sulfidiset savet kuitenkin puuttuvat Malmin alueelta. Todennäköisesti veden syvyys alueella on Litorinavaiheessa ollut matala ja aallokko sekä meren virtaukset ovat sekoittaneet vesimassaa, jolloin sellaisia hapettomia syvänteitä ei ole päässyt syntymään, joissa merkittäviä määriä ja laaja-alaisia esiintymiä sulfidipitoisia sedimenttejä olisi muodostunut. Sulfidimitaustulokset on esitetty kokonaisuudessaan taulukoituna liitteessä 1.

Saven alempi pääkerrosyksikkö on hiekkahorisontin alapuolella ja esiintyy tutkimusalueella syvyydeltä 2,8... 6,9 m alaspäin. Kerrosyksiköiden rajapinta on havaittavissa valtaosassa pisteitä noin 2-4 cm paksuna hiekkakerroksena yleisimmin syvyydellä 4-5 m (kuva 7).

27.2.2017  
Päivitetty 31.3.2017

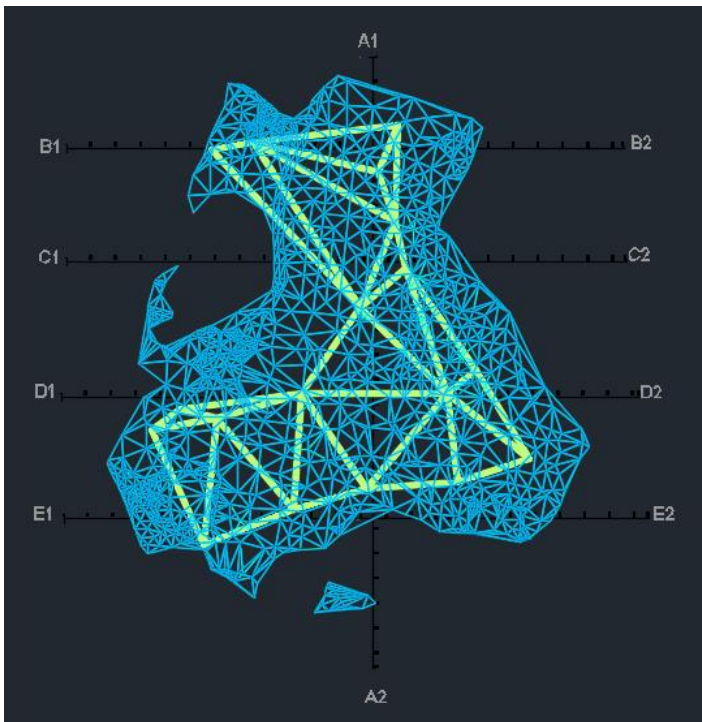


Kuva 7. Tutkimuspisteessä L syvyydellä 4,7 m noin 3 cm paksu hiekkakerros esiintyy kahden savikerrosyksiköiden rajalla.

Hiekasta/siltistä koostuva eroosiopinta esiintyy pääkaupunkiseudun savisedimenteissä yleisesti ilmentäen noin 8000-7000 vuotta sitten tapahtunutta valtameren pinnan nousua ja lyhytaikaista Litorina transgressiota Etelä-Suomessa (Ojala et al. 2016). Malmin alueella hiekkakerros on todettavissa sedimenttistratigrafiasta ja vesi- ja humuspitoisuudesta sekä syvissä savinäytepisteissä lisäksi magneettisesta susceptibiliteetista (liitteet 2 ja 3). Pisteessä 1 kerrosjärjestyksessä havaittu hiekkakerros syvyydellä 5,3 m erottuu vesi- ja humuspitoisuuden laskuna sekä karkearakeisemman mineraaliaineksen läsnäolosta kertovan magneettisen susceptibiliteetin nousuna (noin 70 SI ( $\times 10^{-5}$ )). Vastaavanlaiset muutokset mittaustuloksissa on havaittavissa myös pisteissä 2 ja 4, joista pisteessä 2 eroosiopinta on syvyydellä noin 6,5 m ja pisteessä 4 syvyydellä noin 5,1 m. Pisteestä 3 saatiin dual tube – näytteenotolla ylös ainoastaan kaksi näyteputkea syvyydeltä 6,7... 9,1 m, joten tästä tutkimuspisteestä saatujen näytetulosten perusteella on haastavaa tehdä johtopäätöksiä saven kerrosjärjestyksestä. Hiekkahorisontin voidaan kuitenkin otaksua sijaitsevan alle 6,7 m syvyydessä, sillä juuri hyvin vettä johtavan kerroksen vuoksi varsinaisia näytteitä ei saatu matalammista syvyyksistä ylös.

Savikerrosyksiköitä rajaava hiekkapitoinen horisontti, ns. epäjatkuvuuspinta, on karkeasti kolmioitu ja mallinnettu Autocadilla tutkimuspisteiden rajaamalla alueella (kuva 8).

27.2.2017  
Päivitetty 31.3.2017



Kuva 8. Saven ylä- ja alapinta tutkimuspisteitä laajemmalta alueelta mallinnettiin Helsingin geon tekemien geoteknisten kairausten perusteella (sininen kolmiointi) ja tutkimuspisteiden rajaamalta alueelta kolmioitiin savikerrosyksiköiden välinen rajapinta (vihreä kolmiointi). Mallinnus tehtiin AutoCADin Civil 3D –ohjelmalla.

Hiekkahorisontin alapuolella esiintyvä savi eroaa koostumukseltaan ja ominaisuuksiltaan yläpuolisesta, muun muassa vesi- ja humuspitoisuudet laskevat tässä yksikössä huomattavasti. Savi toisessa kerrosyksikössä on kerrostunut makeavetisen ns. Ancyclusjärvi -vaiheen aikana. Savisedimentti on pääosin harmaan/tummanharmaan väristä ja siinä esiintyy heikkoja lamelleja. Silmämääräisesti savessa näkyy harvakseltaan rautamonosulfidin värjäämiä sulfidirakeita ja -raitoja (kuva 9), mutta havainto ei yleensä kerro potentiaalisesti happamasta sulfaattimaasta.



Kuva 9. Tutkimuspisteessä 3 syvyydellä 7,0... 7,4 m esiintyy tummia sulfidiraitoja.

27.2.2017  
Päivitetty 31.3.2017

Kerrosyksikössä alaspäin mentäessä vesipitoisuus ja orgaanisen aineksen määrä vaihtelevat paljonkin, mutta yleinen suuntaus on laskeva ja savi muuttuu tiiviimmäksi ja sitkeämmäksi. Tutkimuspisteissä 1 ja 4 on havaittavissa selkeä lasku vesi- ja humuspitoisuudessa noin 11 m syvyydellä. Magneettinen susceptibiliteetti tukee havaintoa jyrkällä nousulla tässä syvyydessä. Sama muutos esiintyy pisteessä 2 syvyydessä noin 8,5 m. Saven kerrosjärjestyksessä esiintyy näissä kohdin 20-30 cm paksuja vettä johtavia kerroksia, joissa materiaalin lujuus häviää ja savinäyte valuu osittain ulos halkaistusta näyteputkesta. Pisteessä 3 molemmat näyteputket sisältävät tällaisia kerroksia kun taas alueen länsipuolen pisteessä 4 vastaavia kerroksia ei sedimenttistratigrafiassa esiinny. Mittaustulokset ja karkeamman materiaalin kerrokset viittaavat toiseen rajapintaan saven kerrosjärjestyksessä. Tämän epäjatkuvuuspinnan alapuolinen savi on kerrostunut vanhimpien Itämerivaiheiden Baltian jääjärven ja Yoldia-merivaiheiden aikana. Savi on punertavan ruskeaa rakenteetonta savea, jossa on savipatjan alaosissa seassa perääntyvältä mannerjäätiköltä sulamisvesien mukana kulkeutunutta ja kasautunutta karkeampaa materiaalia. Kerrosyksikön saven vesipitoisuus ja orgaanisen aineksen määrä on alhaisimmillaan ja savessa on häiriörakenteita, jotka ilmenevät magneettisen susceptibiliteetin epätasaisena käyränä. Näytteenotto on päätynyt syvissä savinäytepisteissä 9,1... 18,8 m syvyydellä tiiviiseen Si/Hk-kerrokseen.

## 5 TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Malmin tutkimuspisteet sijaitsevat laajalla savialueella, joka jatkuu Suutarilaan ja Vantaan puolelle saakka. Savipatjaa puhkovat paikallisesti kallio-, moreeni- ja hiekkamäet ja saven paksuus vaihtelee niitä mukailien alueella geoteknisten kairausten perusteella. Saven syvyys vaihtelee pääsääntöisesti 10... 15 m välillä, mutta alueella esiintyy myös yli 15 m syviä syvänteitä. Tässä tutkimuksessa syvät savinäytepisteet pyrittiin sijoittamaan paikallisiin syvimpiin savialtaisiin ja kannukairauksella tehtävin stratigrafiapistein havainnoitiin ylimmän kerrosyksikön alueellista jatkuvuutta. Tulosten perusteella voidaan todeta, että alueen savessa on selkeästi erotettavissa kaksi pääyksikköä, joita erottaa Hk/Si-kerroksellinen epäjatkuvuuspinta syvyydellä 2,8... 6,9 m. Tämän pinnan yläpuolinen savi on hyvin vesipitoista ja orgaanisen aineksen pitoisuus on suuri. Ylimmässä saviyksikössä tavattiin lisäksi neljässä pisteessä koillis- ja itäosissa potentiaalista hapanta sulfaattimaata. Mustaa voimakkaasti sulfidista savea ei esiinny. Sen puuttuminen ylimmästä kerrosyksiköstä viittaa rauhattomaan saven kerrostumisympäristöön, jossa savi on kerrostunut matalaan veteen aallokon ja meren virtausten sekoittaessa vesimassaa. Malmin alue on hyvin erityyppinen kerrostumisympäristö verrattuna esimerkiksi Espoon Suurpeltoon (Ojala et al., 2007), mutta muistuttaa Vantaan Tikkurilaa (Kosonen et al., 2015) ja Hiekkaharjua (Ojala, 2009). Tämä näkyy myös syvissä savinäytepisteissä häiriörakenteina ja vaihteluna fysikaalisissa suureissa. Yhtä pistettä lukuun ottamatta saven syvänäytepisteissä havaittiin toinen erosionaalinen saven kerrosraja syvyydellä noin 8,5... 11 m. Tämän rajapinnan alapuolinen savi on sitkeää aikojen kuluessa voimakkaasti kokoonpuristunutta Si/Hk-savea.

27.2.2017  
Päivitetty 31.3.2017

Malmin alueen savi voidaan koostumuksensa ja ominaisuuksiensa perusteella karkeasti jakaa itä- ja länsipuoliseen saveen. Lentokentän itäpuolella Tattarisuon vieressä savi on erittäin vesipitoista, runsaasti orgaanista ainesta sisältävää savea, jossa esiintyy runsaasti häiriörakenteita ja vettä johtavia karkeampia kerroksia. Länteen päin siirryttäessä savi muuttuu selvästi sitkeämmäksi ja vettä johtavat kerrokset vähenevät vesi- ja orgaanisen aineksen pitoisuuden pysyessä kuitenkin keskimääräistä korkeampina.

27.2.2017  
Päivitetty 31.3.2017

## Kirjallisuus

Kosonen, E., Saresma, M., Ojala, A.E.K. & Ikävalko, O., 2015. Hienorakeisten maalajien kerrosjärjestys ja ominaisuudet Vantaan Tikkurila-Viertolassa. Open file Report 105/2015, 20 pp.

Ojala, A.E.K., 2007a. Sulfidisaven esiintymisen tutkimus Vantaalla: Hiekkaharju. Geological Survey of Finland, Open file Report P22.4/2007/5, 9 pp.  
[http://arkisto.gtk.fi/p22/P22\\_4\\_2007\\_5.pdf](http://arkisto.gtk.fi/p22/P22_4_2007_5.pdf)

Ojala A.E.K., Ikävalko, O., Palmu, J.-P., Vanhala, H., Valjus, T., Suppala, I., Salminen, R., Lintinen, P. & Huotari, T., 2007. Espoon Suurpellon alueen maaperän ominaispiirteet. Geological Survey of Finland, Open file Report P22.4/2007/39, 51 pp.  
[http://arkisto.gsf.fi/p22/p22\\_4\\_2007\\_39.pdf](http://arkisto.gsf.fi/p22/p22_4_2007_39.pdf)

Ojala, A.E.K., Palmu, J.-P., Åberg, A., Åberg, S., Virkki, H., 2013. Development of an ancient shoreline database to reconstruct the Litorina Sea maximum extension and the highest shoreline of the Baltic Sea basin in Finland. Bulletin of the Finnish Geological Society 85, 127-144.

Ojala, A. E. K., Saresma, M., Virtasalo, J. J., & Huotari-Halkosaari, T., 2016. An allostratigraphic approach to subdivide fine-grained sediments for urban planning. Bulletin of Engineering Geology and the Environment. <http://dx.doi.org/10.1007/s10064-016-0981-4>

27.2.2017  
Päivitetty 31.3.2017

Liite 1. Tutkimuspisteiden alkupH (pH1) ja pH inkuboinnin jälkeen (pH2).

Tunnus	x	y	z	Syvyys (m)	pH1	pH2
A	6683275,2	25501886,1	15,69	1,0-1,5	5,0	4,8
				1,5-2,0	6,5	5,3
				2,0-2,5	7,6	5,7
				2,5-3,0	7,9	6,7
				3,0-3,5	8,1	7,2
				3,5-4,0	8,1	7,3
				4,0-4,5	8,2	7,5
				4,5-5,0	8,3	7,7
				5,0-5,5	8,3	7,7
				5,5-6,0	8,4	7,4
B	6683309,1	25502050,4	15,55	1,0-1,5	6,0	6,4
				1,5-2,0	5,6	6,2
				2,0-2,5	7,6	6,0
				2,5-3,0	7,5	5,6
				3,0-3,5	8,0	6,9
				3,5-4,0	8,1	7,4
				4,0-4,5	8,2	7,7
				4,5-5,0	8,2	7,7
				5,0-5,5	8,3	7,6
				5,5-6,0	8,3	8,0
C	6683375,4	25502632,3	15,08	1,0-1,5	7,0	6,9
				1,5-2,0	7,5	5,8
				2,0-2,5	7,7	6,8
				2,5-3,0	7,9	7,3
				3,0-3,5	8,0	7,5
				3,5-4,0	8,0	7,4
				4,0-4,5	8,1	7,6
				4,5-5,0	8,2	7,8
				5,0-5,5	8,3	7,9
				5,5-6,0	8,2	8,0
D	6683189,8	25502551,8	15,38	1,0-1,5	6,2	3,0
				1,5-2,0	7,1	4,7
				2,0-2,5	7,7	6,3
				2,5-3,0	7,8	6,3
				3,0-3,5	7,9	7,1
				3,5-4,0	8,0	7,4

27.2.2017  
Päivitetty 31.3.2017

				4,0-4,5	8,1	7,6
				4,5-5,0	8,1	7,7
				5,0-5,5	8,2	7,1
				5,5-6,0	8,3	7,2
E	6682799,9	25502664,0	15,43	2,0-2,5	7,6	5,6
				2,5-3,0	7,8	5,8
				3,0-3,5	7,7	5,7
				3,5-4,0	8,0	6,9
				4,0-4,5	8,1	7,2
				4,5-5,0	8,1	7,3
				5,0-5,5	8,2	7,6
				5,5-6,0	8,1	7,7
F	6682850,5	25502500,0	14,82	1,0-1,5	4,8	2,6
				1,5-2,0	6,5	4,3
				2,0-2,5	7,2	4,6
				2,5-3,0	7,8	6,1
				3,0-3,5	8,1	6,9
				3,5-4,0	8,1	7,3
				4,0-4,5	8,1	7,2
				4,5-5,0	8,2	7,7
				5,0-5,5	8,2	7,8
				5,5-6,0	8,2	7,4
G	6682716,9	25502289,6	14,85	1,0-1,5	4,7	5,8
				1,5-2,0	6,5	5,4
				2,0-2,5	7,3	5,4
				2,5-3,0	7,7	6,0
				3,0-3,5	7,8	7,0
				3,5-4,0	8,0	7,3
				4,0-4,5	8,1	7,4
				4,5-5,0	8,1	7,7
				5,0-5,5	8,2	7,8
				5,5-6,0	8,1	8,0
				6,0-6,5	8,2	8,0
H	6682515,1	25502260,2	14,41	1,0-1,5	5,7	5,5
				1,5-2,0	7,2	6,0
				2,0-2,5	7,6	6,5
				2,5-3,0	7,8	6,3
				3,0-3,5	7,9	7,1



27.2.2017  
Päivitetty 31.3.2017

				3,5-4,0	7,9	7,3
				4,0-4,5	8,0	7,5
				4,5-5,0	8,1	7,7
				5,0-5,5	8,1	7,6
				5,5-6,0	8,1	7,7
				6,0-6,5	8,2	8,0
I	6682296,7	25502244,2	14,21	1,0-1,5	6,2	5,4
				1,5-2,0	7,2	5,9
				2,0-2,5	7,8	6,1
				2,5-3,0	7,9	6,9
				3,0-3,5	8,1	7,3
				3,5-4,0	8,1	7,4
				4,0-4,5	8,2	7,7
				4,5-5,0	8,2	7,7
				5,0-5,5	8,2	7,8
				5,5-5,75	8,3	7,3
J	6682373,2	25501718,2	14,04	1,5-2,0	7,2	6,7
				2,0-2,5	7,8	7,1
				2,5-3,0	8,0	7,4
				3,0-3,5	8,0	7,4
				3,5-4,0	8,2	7,6
				4,0-4,5	8,3	8,0
				4,5-5,0	8,3	7,9
				5,0-5,5	8,3	7,9
				5,5-6,0	8,3	7,9
K	6682234,4	25501758,1	14,03	2,0-2,5	5,8	6,2
				2,5-3,0	7,3	5,7
				3,0-3,5	8,0	7,1
				3,5-4,0	8,1	7,2
				4,0-4,5	8,3	7,9
				4,5-5,0	8,3	8,1
				5,0-5,5	8,4	8,1
				5,5-6,0	8,4	7,1
L	6682149,0	25501644,9	13,55	2,0-2,5	7,6	7,4
				2,5-3,0	7,9	7,5
				3,0-3,5	8,1	7,7
				3,5-4,0	8,1	7,7
				4,2-4,5	8,2	8,0

27.2.2017  
Päivitetty 31.3.2017

				4,5-5,0	8,3	8,2
				5,0-5,5	8,3	8,0
				5,5-6,0	8,3	7,9
M	6681830,9	25502211,7	14,62	1,0-1,5	5,2	6,3
				1,5-2,0	7,1	3,0
				2,0-2,4	7,8	5,2
				2,5-3,0	7,9	6,7
				3,0-3,5	8,0	6,6
				3,5-4,0	8,1	7,4
				4,0-4,5	8,1	7,6
				4,5-5,0	8,2	7,7
				5,0-5,4	8,1	7,8
				5,5-6,0	8,2	7,9
N	6682298,9	25502833,7	16,74	3,0-3,5	7,5	4,3
				3,5-4,0	7,8	4,2
				4,0-4,5	7,9	6,1
				4,5-5,0	7,7	4,9
				5,0-5,5	7,8	5,4
				5,5-6,0	7,9	6,8
O	6682517,7	25503003,3	17,56	2,5-3,0	7,1	3,4
				3,0-3,5	7,5	3,2
				3,5-4,0	7,5	4,4
				4,0-4,5	7,6	5,7
				4,5-5,0	7,6	6,6
				5,0-5,5	7,6	6,7
				5,5-6,0	7,8	6,9
P	6681692,0	25501851,9	14,68	2,5-3,0	7,5	6,6
				3,0-3,5	7,9	6,9
				3,5-4,0	8,0	7,4
				4,0-4,5	8,1	7,6
				4,5-5,0	8,2	8,0
				5,0-5,5	8,3	8,0
				5,5-6,0	8,4	8,1
R	6681916,8	25502509,1	14,62	2,0-2,5	7,7	7,1
				2,5-3,0	7,9	6,9
				3,0-3,5	8,0	6,7
				3,5-4,0	8,1	7,1
				4,0-4,5	8,1	7,3

27.2.2017  
Päivitetty 31.3.2017

				4,5-5,0	8,2	7,6
				5,0-5,5	8,0	7,5
				5,5-6,0	8,3	7,7
S	6681939,9	25502873,9	15,32	1,0-1,5	6,5	6,6
				1,5-2,0	7,4	3,8
				2,0-2,5	7,7	5,5
				2,5-3,0	7,7	6,9
				3,0-3,5	7,9	7,3
				3,5-4,0	7,9	7,5
				4,0-4,5	8,2	7,4
				4,5-5,0	8,2	7,8
				5,0-5,5	8,3	7,8
T	6682034,5	25503159,7	17,49	1,5-2,0	7,0	7,2
				2,0-2,5	7,4	6,0
				2,5-3,0	7,3	6,2
1	6682990,8	25502619,8	15,12	4,20	6,3	3,8
				4,40	6,2	2,9
				4,60	6,4	3,9
				4,80	7,0	4,1
				5,00	7,1	4,1
				5,20	7,1	3,5
				5,30	7,5	5,5
				5,60	8,1	7,0
				5,80	8,2	7,6
				6,00	8,2	7,6
				6,20	8,2	7,7
				6,40	8,2	8,1
				6,60	8,3	8,1
				7,10	8,1	8,0
				7,30	8,3	7,9
				7,50	8,3	7,8
				7,70	8,3	8,0
				7,90	8,2	7,7
				8,00	8,2	7,9
				8,20	8,2	8,0
				8,40	8,3	7,9
				8,60	8,2	8,0
				8,80	8,2	6,6

27.2.2017  
Päivitetty 31.3.2017

				9,00	8,2	6,8
				9,20	8,3	8,1
				9,40	8,3	8,1
				9,60	8,3	8,1
				9,80	8,3	8,0
				10,00	8,3	7,9
				10,20	8,3	7,8
				10,40	8,4	8,0
				10,60	8,3	7,7
				10,80	8,3	7,9
				11,00	8,3	8,0
				11,20	8,3	7,9
				11,40	8,4	8,0
				11,60	8,4	6,6
				11,80	8,4	6,8
				12,00	7,9	8,1
				12,20	8,4	8,1
				12,40	8,3	7,0
				12,60	8,4	7,9
				12,80	8,4	7,6
				13,00	8,3	5,8
				13,20	8,3	7,2
				13,40	8,3	7,4
				13,60	8,3	7,6
				13,80	8,4	7,7
				14,00	8,4	7,7
				14,20	8,5	8,0
				14,40	8,4	8,1
				14,60	8,3	8,0
				14,80	8,3	7,7
				15,00	8,4	7,6
				15,20	8,5	7,7
				15,40	8,5	8,0
				15,60	8,5	8,0
				15,80	8,5	7,8
				16,00	8,5	7,8
				16,20	8,6	7,9
				16,40	8,5	7,6

27.2.2017  
Päivitetty 31.3.2017

				16,60	8,6	7,5
				16,80	8,6	7,5
				17,00	8,6	7,9
				17,20	8,6	7,9
				17,40	8,6	7,8
				17,60	8,7	7,7
				17,80	8,8	7,4
				18,00	8,8	7,3
				18,20	8,8	7,1
				18,40	8,8	7,1
				18,60	8,8	7,1
2	6682642,1	25502480,0	14,68	1,50	5,1	3,5
				1,70	5,9	4,6
				1,90	6,4	3,2
				2,10	6,9	4,8
				2,30	7,0	4,9
				2,50	7,4	7,0
				2,70	7,7	7,0
				2,90	7,9	7,0
				3,10	7,9	7,0
				3,30	7,9	7,1
				3,50	8,0	7,1
				3,70	8,1	7,0
				3,90	8,0	7,0
				4,10	8,1	7,1
				4,30	8,2	7,1
				4,50	8,2	7,1
				4,70	8,1	7,1
				4,90	8,2	7,0
				5,10	7,8	7,0
				5,30	8,2	7,1
				5,50	8,2	7,1
				5,70	8,0	7,1
				5,90	8,3	7,1
				6,10	8,3	7,1
				6,30	8,4	7,1
				6,50	8,2	7,1
				6,70	8,3	7,1

27.2.2017  
Päivitetty 31.3.2017

				6,90	8,4	7,2
				7,10	8,3	7,1
				7,30	8,2	7,1
				7,50	8,2	7,1
				7,70	8,2	7,1
				7,90	8,3	7,1
				8,10	8,3	7,2
				8,30	8,3	7,2
				8,50	8,4	7,2
				8,70	8,4	7,2
				8,90	8,4	7,1
				9,10	8,2	7,0
				9,30	8,2	7,2
				9,50	8,3	7,2
				9,70	8,2	7,1
				9,90	8,3	7,1
				10,10	8,5	7,1
				10,30	8,4	7,1
				10,50	8,3	7,2
				10,70	8,5	7,1
				10,90	8,4	7,2
				11,10	8,4	7,0
				11,30	8,5	7,1
				11,50	8,5	7,1
				11,70	8,4	7,2
				11,90	8,3	7,2
				12,10	8,4	7,1
3	6682391,2	25502949,0	17,59	6,70	7,8	6,4
				6,90	7,9	6,2
				7,10	7,8	6,6
				7,30	7,9	4,8
				7,50	8,1	6,9
				7,70	8,0	7,3
				7,90	8,2	7,5
				8,10	8,4	7,7
				8,30	8,4	6,8
				8,50	8,4	6,9
				8,70	8,3	7,7

27.2.2017  
Päivitetty 31.3.2017

				8,90	8,3	7,5
4	6682198,5	25501904,9	14,16	1,50	4,7	6,7
				1,70	5,5	6,0
				1,90	6,6	6,1
				2,10	7,2	6,6
				2,30	7,5	7,0
				2,70	7,4	6,9
				2,90	7,8	7,2
				3,10	7,8	7,2
				3,30	7,9	7,1
				3,50	8,1	7,3
				3,70	8,2	7,5
				3,90	8,4	7,6
				4,10	8,3	7,9
				4,30	8,2	7,8
				4,50	8,5	7,8
				4,70	8,5	7,5
				4,90	8,5	7,2
				5,10	8,3	7,1
				5,30	8,5	7,3
				5,50	8,3	7,4
				5,70	8,6	6,4
				5,90	8,3	7,1
				6,10	8,4	8,0
				6,30	8,1	7,8
				6,50	8,5	8,2
				6,70	8,2	8,2
				6,90	8,5	8,2
				7,10	8,5	7,9
				7,30	8,2	8,2
				7,50	8,6	7,5
				7,70	8,5	8,1
				7,90	8,5	7,7
				8,10	8,4	7,7
				8,30	8,5	7,3
				8,50	8,5	8,0
				8,70	8,6	8,0
				8,90	8,7	7,8

27.2.2017  
Päivitetty 31.3.2017

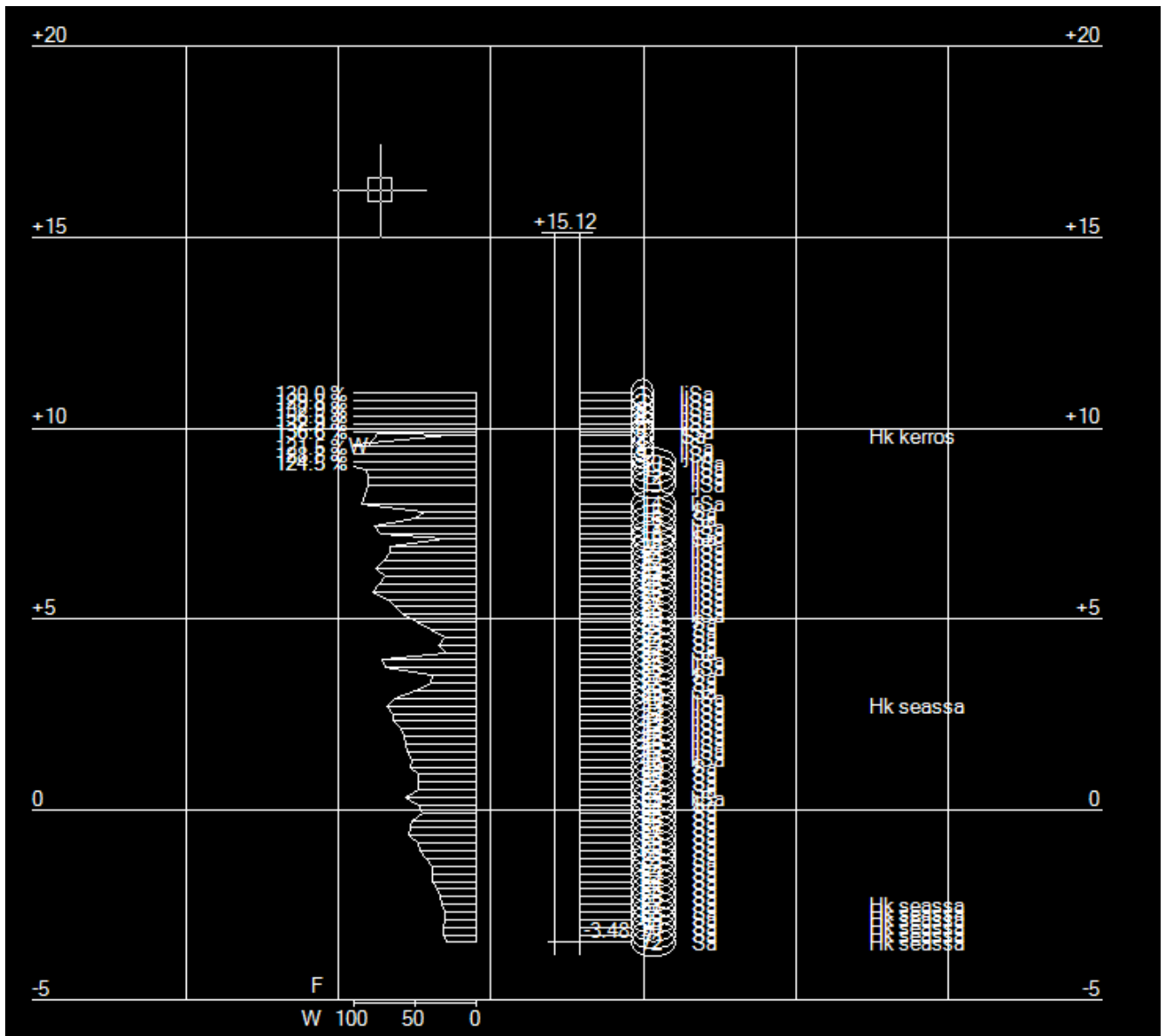
				9,10	8,7	7,5
				9,30	8,6	8,0
				9,50	8,7	7,3
				9,70	8,7	7,6
				9,90	8,6	7,8
				10,10	8,8	7,8
				10,30	8,8	8,0
				10,50	8,6	8,0
				10,70	8,8	7,6
				10,90	8,9	7,5
				11,10	8,8	7,3
				11,30	8,7	7,2
				11,50	8,7	7,2
				11,70	8,7	7,1
				11,90	8,7	7,2
				12,10	8,8	7,2
				12,30	8,5	7,1
				12,50	8,5	7,3
				12,70	8,5	7,0
				12,90	8,5	7,2
				13,10	8,5	7,2
				13,30	8,5	7,4
				13,50	8,5	7,4
				13,70	8,6	7,2
				13,90	8,6	6,6
				14,10	8,5	7,4
				14,30	8,6	7,7
				14,50	8,7	7,3
				14,70	8,5	7,5
				14,90	8,5	7,1
				15,10	8,6	6,7
				15,30	8,6	7,4
				15,50	8,6	6,9
				15,70	8,5	7,1



27.2.2017  
Päivitetty 31.3.2017

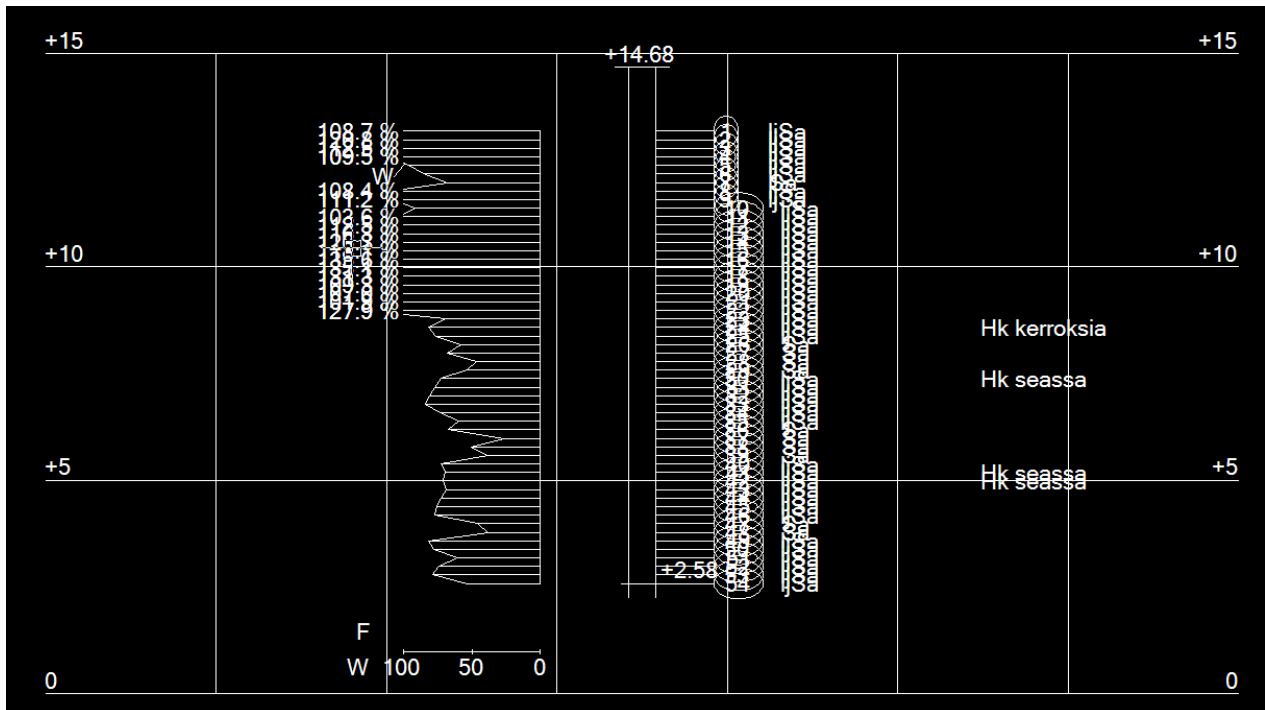
Liite 2. Vesipitoisuus tutkimuspisteissä 1-4.

1)

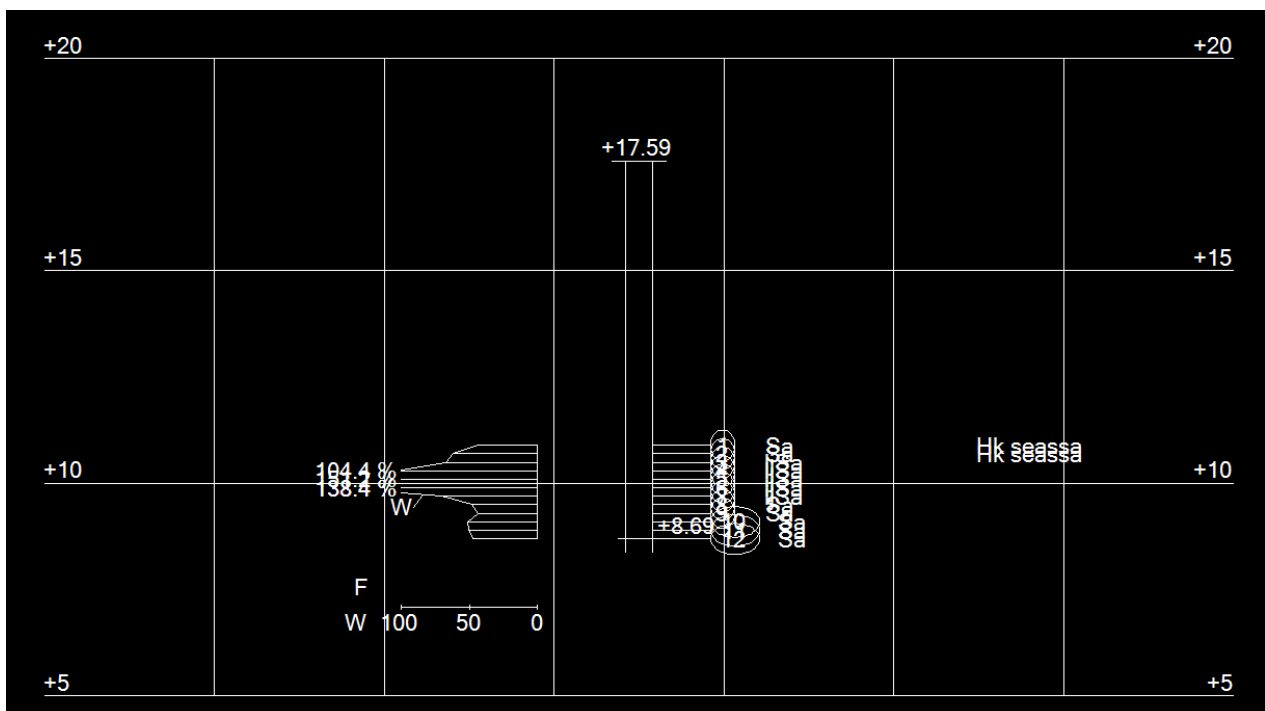


27.2.2017  
Päivitetty 31.3.2017

2)

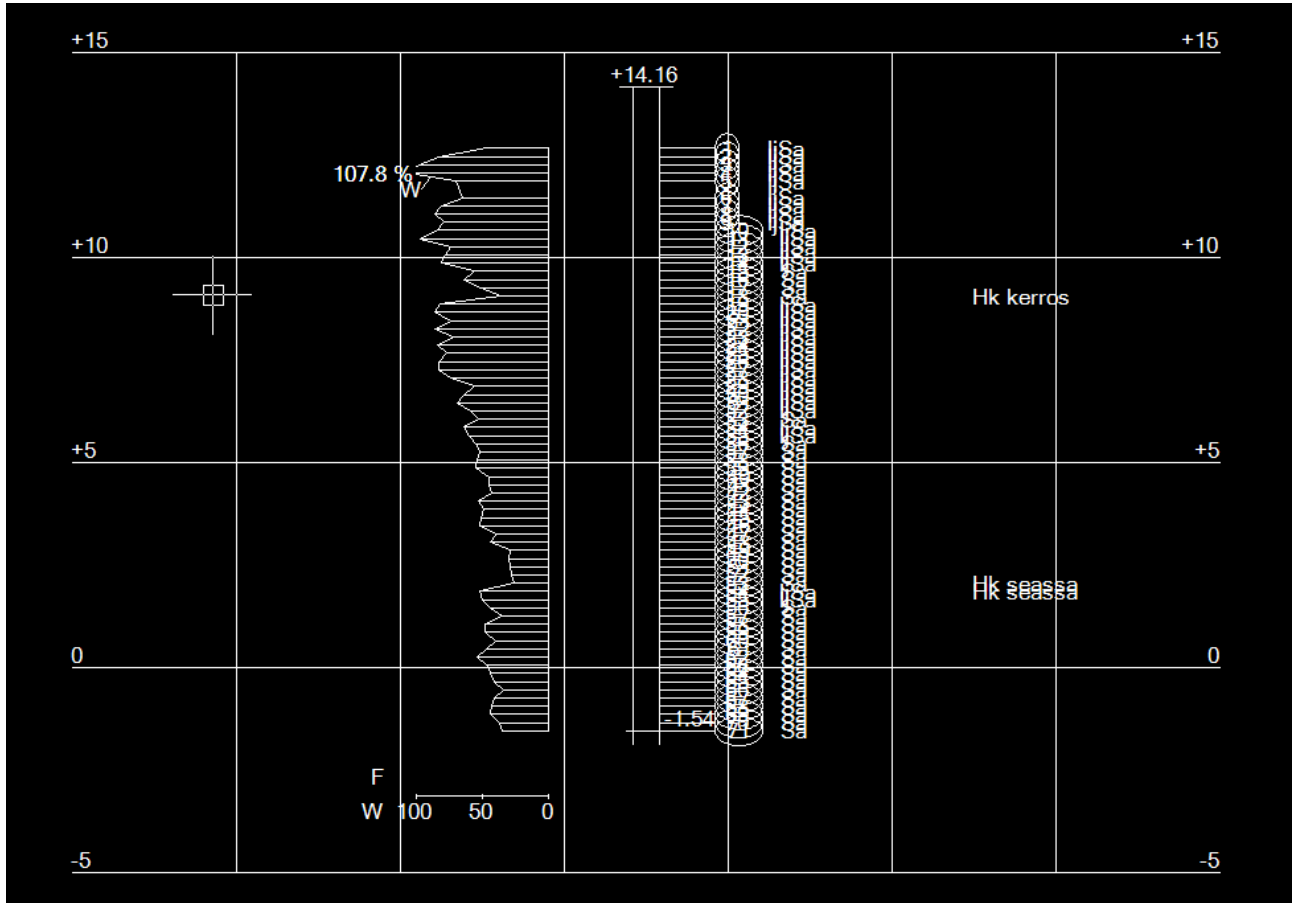


3)



27.2.2017  
Päivitetty 31.3.2017

4)



27.2.2017  
Päivitetty 31.3.2017

Liite 3. Magneettinen susceptibiliteetti tutkimuspisteissä 1-4.

