

# Kerrosrakenteet, laadunvalvonta ja Troxler-mittaus



Rakennusmestari

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

2022

Mustafa Eerik Cekic

Rakennus- ja Yhdyskuntatekniikka Rakennusmestari

Kampus: Visamäen kampus

Tekijä Mustafa Eerik Cekic

Työn nimi Kerrosrakenteet, Laadunvalvonta ja Troxle-mittaus

Ohjaaja Jari Mustonen

Tiivistelmä

Vuosi 2022

---

## TIIVISTELMÄ

Työssä tarkastellaan jäteaseman kerrosrakentamista, tiivistysrakenteita, laadunvalvontaa ja Troxler-mittauksia. Näissä rakenteissa käytetään paljon savea. Työn tavoitteena oli antaa minulle mahdollisimman paljon informaatiota tiivistysrakenteista ja niiden käsittelystä sekä laadunvalvonnasta. Teimme paljon yhteistyötä rakennusurakoitsijoiden, näytteenottajien, maa-aines jälleenmyyjien, yksityishenkilöiden sekä riippumattoman laadunvalvojan kanssa.

Laadunvalvonnassa jouduimme ottamaan itse paljon näytteitä ja myös tekemään mikrokuivatuksia ja laskemaan saven ominaispainot sekä kosteusprosentit. Teimme paljon analyysejä siitä, voiko savea laittaa luiskaan siten, että savi ei häiriintyisi liikaa sen asettelusta. Otimme aina jokaista 750m<sup>2</sup> kohden 2 näytettä. Näytteet otettiin ala- ja yläkerroksesta.

Myös Troxler-mittaus tehtiin savirakenteesta ala- ja yläkerroksista. Laadunvalvoja oli antanut mittauksille minimiarvot ja kosteusprosentin, jota ei saa alittaa. Troxler-mittausella tarkastellaan saven kosteutta ja kuivairtoteheyttä.

## Abstract

The work deals with the construction of the waste station, sealing structures, quality control and Troxler measurement. Lots of clay is used in these structures. The aim of the work was to give me as much information as possible about the sealing structures and its handling and quality control. We worked extensively with construction contractors, samplers, soil dealers as well as private individuals and with an independent quality controller.

In quality control, we had to take a lot of samples ourselves and also do micro-drying and calculate the specific weights of the clay and its moisture percentages. We did many analysis to see if the clay could be put on a ramp so that the clay wouldn't interfere too much with its layout. We always took 2 samples for every 750m<sup>2</sup>. Samples were taken from the lower and upper layers.

Troxler measurement was also performed on the clay structure from the lower and upper layers. The quality controller had given the measurements minimum values and a moisture content that should not be underestimated. The Troxler measurement examines the moisture and dry loose density of the clay.

## SISÄLLYS

1	Johdanto .....	1
2	Tiivistysrakenteet .....	2
2.1	Suunnittelussa käytettävät varmuustaso ja sallitut muodonmuutokset .....	2
2.2	Savi mineraalisen tiivistyskerroksen materiaalina.....	2
2.3	Pääperiaatteet ja peruslähtökohdat .....	3
2.4	Savimateriaalin kaivaminen .....	4
2.5	Savimateriaalin kuivatus työmaalla .....	4
3	Laadunvalvonta .....	5
3.1	Laadunvalvonnan järjestäminen ja työmaakäytännöt .....	5
3.2	Materiaalien laadunvalvonta .....	5
3.3	Tiivistämistyön valvonta .....	5
3.4	Urakoitsijan laadunvalvonta .....	6
3.5	Ulkopuolinen laadunvalvonta .....	6
3.6	Rakennusmenetelmien ja materiaalien laadunvalvonta .....	7
3.7	Pohjarakenteiden laadunvalvonta .....	8
3.8	Pintarakenteiden laadunvalvonta.....	8
3.9	Tarkkailu ja jälkiseuranta .....	8
3.10	Materiaalien kelpoisuuden toteaminen .....	10
3.11	Poikkeamaraportointi .....	10
4	Tiiviyden mittaus .....	12
4.1	Mittausmenetelmät .....	12
4.2	Troxler-mittaus.....	13
4.3	Kannettava pudotuslaite (Loadman) .....	14
4.4	Troxler-mittaus tiivistyskerroksen rakentamisessa .....	15
4.5	Mittauksen merkintä.....	15

5	Materiaalin hankinta .....	21
5.1	Betonimurske .....	21
5.2	Ilmoitusmenettely .....	21
5.3	Betonimurskeen hankinta ja seulonta .....	22
5.4	Pintakerrokset .....	22
6	Kaatopaikan kerrosrakenteet .....	23
6.1	Jätetäyttö .....	23
6.2	Kaasunkeräyskerros .....	24
6.3	Kaasunkeräyskerroksen tarkastus .....	24
6.4	Tiivistyskerros.....	24
6.5	Tiivistyskerroksen tarkastus.....	25
6.6	Kuivatuskerros.....	25
6.7	Kasvustokerros.....	26
6.8	Yhteenveto .....	27
	Lähteet.....	1

## 1 JOHDANTO

Kerron tässä jäteaseman sulkemisurakasta, joka sijaitsee Porvoon Dåmargordissa. Otan esille tiivistysrakenteen laadunvalvonnan ja mittaukset, joita otettiin erittäin paljon tiivistyskerroksesta (saviaines).

Saviaines tuli ympäri pääkaupunkiseutua ja asiakkaana toimivat kaupungit, yksityiset firmat ja maa-aines jälleenmyyjät. Savirakenteessa laadunvalvonta on myös erittäin isossa roolissa ja jouduimme olemaan paljon yhteistyössä riippumattoman laadunvalvojan sekä labratyöntekijöiden kanssa. Jäteaseman kerrosrakenteet ovat myös erittäin suuria, siihen nähden, että normaalissa kerrosrakentamisessa on käytetty maa-ainesta kerroksien rakentamiseen erittäin inhimillisesti. Jäteaseman kerrosrakentamisessa on isoja eroja, kuten jätetäyttö, muotoilukerros, tiivistysrakenne, kuivatuskerros ja pintakerros.

Muotoilukerrokseen käytettiin betonimurskettä #16-32 ja samaa maa-ainesta käytettiin myös kaasunkeräyskerroksessa. Betonimurske murskattiin työmaalla ja siitä tuli erillinen hyväksyntä, joka oikeutti rakennusmateriaalin käyttöön.

## 2 TIIVISTYSRAKENTEET

Kaatopaikkojen pinnan ja pohjan tiivistysrakenteet ovat useista toimintatavoitteiltaan ja käyttäytymiseltään erilaisista rakenneosista koostuvia monikerrosrakenteita.

Tiivistysrakenteiden suunnittelu on näiden erilaisten rakenneosien yhteensovittamista siten, että niistä muodostuu vaatimukset täyttävä kokonaisuus. Tiivistysrakennesuunnitelma on kokonaisuus, joka käsittää suunnitelmat, määräykset ja ohjeet paitsi varsinaisista tiivistävistä rakenneosista myös niiden alapuolisen rakennuspohjan muotoilusta ja käsittelystä sekä tarpeen mukaan kuivatuksesta ja kaasunkeräysrakenteista, sekä yläpuolisista suoja-, kuivatus- ja pintakerroksista. (Suomen ympäristökeskus, 2002)

### 2.1 Suunnittelussa käytettävät varmuustaso ja sallitut muodonmuutokset

Rakeneratkaisuun vaikuttaa ensisijaisesti vaadittava varmuustaso, joka puolestaan riippuu käyttökohteesta. Jotta erilaisten tiivistysrakenteiden tiiviys säilyy annettujen minimivaatimusten mukaisena koko rakenteen käyttöajan, tulee mitoituksessa käytettävän varmuustason korreloida todellisten riskien ja epävarmuustekijöiden kanssa. Suuressa osassa tapauksissa voidaan suunnitteluvarmuutena käyttää pohjarakennusohjeen (RIL 121-1988) mukaisia kokonais- tai osavarmuuskertoimia. (Suomen ympäristökeskus, 2002)

### 2.2 Savi mineraalisen tiivistyskerroksen materiaalina

Saven soveltuvuus mineraalisen tiivistyskerroksen materiaaliksi osoitetaan ennakkokokeilla, joilla selvitetään hyödynnettävän saviesiintymän ominaisuuksien vaihtelu alueellisesti ja syvyysuunnassa. Savenotto paikalta otettavien näytteiden lukumäärä määräytyy hankekohtaisesti rakennettavan alueen laajuuden sekä esiintymän geologian perusteella siten, että ennakoidaan riittävän luotettavasti ominaisuuksien luonnollinen hajonta.

Savesta tutkitaan rakeisuuden, erityisesti savipitoisuuden, ja vesipitoisuuden vaihtelualue sekä sullontaominaisuudet ja konsistenssirajat. Koska saven vesipitoisuutta on vaikea säätää, ei maksimikuivatilavuuspainon ja optimivesipitoisuuden eli koko sullontakäyrän

määrittäminen ole yleensä tarpeen, vaan riittää sullonta vakiotyömäärällä vallitsevassa vesipitoisuudessa esim. kiertotiivistyslaitteella tai Proctor-työmäärällä kerroksittain. Konsistenssirajoista tärkein on kierityusraja. Taustatiedoksi voidaan määrittää myös saven luonnontilainen kuivatilavuuspaino joko näytteistä tai kenttämittauksilla.

Sullontakokeen tulosten perusteella arvioidaan vallitsevassa vesipitoisuudessa saavutettava kuivatilavuuspaino ja valmistetaan vedenläpäisevyyskoekappaleet sitä vastaavaan kuivatilavuuspainoon. Vedenläpäisevyysvaatimuksen täytyminen osoitetaan vedenläpäisevyyskokeilla (vakiopainekoe, pehmeäseinämäinen koejärjestely, ASTM D5084, CEN ISO/TS 17892-11) tai arvioidaan vakimuodonmuutosohjatusa ödometrikokeesta huokosvedenpaineen perusteella. Mikäli materiaalin vesipitoisuus vaihtelee laajalla alueella, on syytä selvittää vesipitoisuuden vaikutus tiivistymiseen, vedenläpäisevyyteen ja kokoonpuristuvuuteen. Jos saven vesipitoisuus on selvästi suurempi kuin kierityusraja, on tarpeen tutkia myös juoksuraja ja arvioida tulevia kutistumia. Kokoonpuristuvuus on arvioitava ödometrikokeen tulosten ja tulevien kuormitusten mukaisesti ja otettava huomioon kerroksen paksuudessa kokoonpuristumisvarana. Kokoonpuristuminen on otettava huomioon täyttösunnitelmassa epätasaisten painumien välttämiseksi. Epätasainen kokoonpuristuminen ei saa aiheuttaa tiivistyskalvoon yli 0,25 % venymiä. Yhteenveto savesta tehtävistä ennakkokokeista kelpoisuuden arvioimiseksi on esitetty InfraRYLin kohdassa 142512.1.1. Ennakkokokeiden testausten lukumäärät riippuvat geologisen esiintymän homogeenisuudesta ja käytettävästä saven määrästä. Luonnollisen vaihtelun osoittamiseksi tutkimuspisteitä on oltava vähintään viisi eri puolilta esiintymää ja näytteitä eri syvyyksiltä. (Uudenmaan ympäristökeskus, 2006)

### **2.3 Pääperiaatteet ja peruslähtökohdat**

Kaatopaikkojen pinnan ja pohjan tiivistysrakenteet ovat usein toimintatavoitteiltaan erillaisia rakenneosista koostuvia monikerrosrakenteita. Tiivistysrakenteiden suunnittelu on yhtensovittamista, siten että niistä muodostuu vaatimuksien täyttävä kokonaisuus (Suomen ympäristökeskus, 2002)



Kaatopaikkarakentaminen on luvanvaraista toimintaa eli vaatii ympäristöluvan, oli kyseessä sitten uusi kaatopaikka tai vanhan kaatopaikan käytöstä poistaminen. Tämän mukaisesti on tiivistysrakenteiden suunnitelmissa otettava huomioon ympäristöluvassa asetetut ehdot. (Suomen ympäristökeskus, 2002)

## **2.4 Savimateriaalin kaivaminen**

Riippumaton laadunvalvoja, laadunvalvoja ja työnjohtaja käyvät tarkistamassa tietyt maaperät, joissa savea voi esiintyä. Maaperät, joissa savea esiintyy, on tarkastettava, jotta kyseisessä maaperässä ei ole pilaantunutta maata. Pilaantunutta maata on kiellettyä käyttää rakennusmateriaalina. Savea kaivetaan ylös ja ensimmäiseksi otetaan ennakkokokeet, jotta voidaan todentaa, että saven rakeisuus soveltuu rakentamismateriaaliksi. Savinäytettä otetaan 3-4 kpl ämpärillistä ja lähetetään laadunvalvojalle. Laadunvalvoja ottaa kokeet ja tekee siitä raportin, jonka hän hyväksyttää pääurakoitsijalla.

## **2.5 Savimateriaalin kuivatus työmaalla**

Savimateriaali pyritään aina ottamaan kuivasta maaperästä, jotta työt eivät viivästyisi liikaa. Jos savimateriaali on liian kosteaa, savi levitetään aumoiksi työmaalle ja annetaan kuivahtaa sääolosuhteiden armolla. Joka päivä on tarkkailtava saven kosteuspitoisuus, jotta voidaan arvioida sen käyttömahdollisuutta rakentamiseen. Saven kosteuspitoisuus voidaan määrittää joko Troxler mittauksella tai tekemällä mikrokuivatus. Laadunvalvoja on määrittänyt savenkosteuden minimiarvon, jota ei saa ylittää.

### **3 LAADUNVALVONTA**

#### **3.1 Laadunvalvonnan järjestäminen ja työmaakäytännöt**

Urakoitsija sopii etukäteen ulkopuolisen laadunvalvojan ja rakennuttajan kanssa ajankohdat koekenttärakenteen tai -rakenteiden rakentamiselle. Ennakkokoe ja koekenttäraportti on hyväksyttävä ennen varsinaisen tiivistysrakenteen rakennustyön aloittamista. Urakoitsijan pitää esittää laatusuunnitelmassaan tavat, miten laadunvalvontamittaustulosten työaikainen dokumentointi toteutetaan sujuvasti ja tulokset toimitetaan tilaajalle ja valvojille tarkastavaksi. Jokaisessa työvaiheessa, kuten putkilinjojen rakentaminen, eri rakennekerrosten rakentaminen ja kaasunkeräyslinjojen rakentaminen, laaditaan ennen työvaiheen aloittamista työvaihesuunnitelma. Mittaustulokset ja tarkastukset kirjataan työmaapäiväkirjaan ja Excel-taulukkoon. Työmaapäiväkirjaan kirjataan pienet puutteet ja virheet, poikkeamaraportit sekä niiden korjaukset sekä korjauskohdista tehdyt uudet mittaukset. Rakennuttajan edustaja hyväksyy työsuoritukset allekirjoituksellaan. Työmaapäiväkirjan ja päivittäisten mittaustuloksien on oltava saatavilla siten, että rakennuttajan valvoja ja ulkopuolinen laadunvalvoja voivat tutustua siihen. (Työselvitys,...)

#### **3.2 Materiaalien laadunvalvonta**

Ennen valmisosien ja materiaalin käyttöönottoa tehdään kaikki kokeet sekä hankitaan kaikki todistukset ja testiraportit, jotka on mainittu suunnitelmassa. Urakoitsija hyväksyttää kohteen rakentamiseen muualta tuotavat materiaalit rakennuttajalla ja ulkopuolisella laadunvalvojalla.

#### **3.3 Tiivistämistyön valvonta**

Rakennekerrosten tiivistymistä ja kuivatilavuuspainoa valvotaan, mikäli rakenteelle on esitetty tiiviysvaatimus joko suunnitelma asiakirjoissa tai yleisessä työselityksessä.

Valvonnassa käytetään seuraavia menetelmiä: tiiviysasteen määrittäminen (edellyttää, että

vertailuarvon määrittämistä etukäteen laboratoriossa), kantavuusmittaukset ja työtapseuranta tiivistyskertojen lukumäärän ja käytetyn tiivistyskaluston mukaan.

### **3.4 Urakoitsijan laadunvalvonta**

Urakoitsija tekee päivittäistä laadunvalvontaa työmaalla ja laatii suunnitelma-asiakirjojen pohjalta työnaikaisen laadunvalvonta- ja mittaussuunnitelman. Urakoitsija hankkii työhön tarvittavat materiaalit ja raaka-aineet, lukuun ottamatta niitä, jotka on urakkaohjelmassa esitetty tilaajan hankinnoiksi. Urakoitsija tekee kaikki laadunvalvontamittaukset myös tilaajan materiaaleista. Mittauksia tehdään jäljempänä esitetyistä kohteista määriin ja pinta-aloihin sidottuna.

Urakoitsijan tulee ottaa huomioon tiivistyskerroksen rakentamisessa ulkopuolisen laadunvalvojan laadunvalvontamittausten perusteella tekemät huomautukset. Urakoitsijan laadunvalvontasuunnitelman ja työvaihekohtaisen työsuunnitelmien tulee sisältää vähintään: urakoitsijan ja rakennuskohteen laadunvalvontaorganisaation kuvauksen (urakoitsija, ulkopuolinen laadunvalvoja, rakennuttaja), aliurakoitsijat yhteyshenkilöineen, materiaalit, materiaalintoimittajat ja hyväksyttämismenettelyn mukaan lukien ennakkokokeet, työ- ja laadunvalvontamenetelmien hyväksyttämismenettelyn, ennakkokoe- ja koerakennesuunnitelman, mittaussuunnitelman, näytteenottosuunnitelman ja menetelmät, raporttimenettelyn ja dokumentoinnin sekä katselmukset ja tarkastukset.

Laadunvalvontasuunnitelma toimitetaan tilaajalle ja valvojille sekä tarvittaessa myös ympäristöviranomaisille hyväksyttäväksi ennen töiden aloitusta.

Laadunvalvontasuunnitelman liitteenä toimitetaan myös työmaasuunnitelma ja työturvallisuussuunnitelma sekä tarvittavat tuotetiedot ja laskelmat.

### **3.5 Ulkopuolinen laadunvalvonta**

Laadunvalvonta tulee järjestää siten, että se vastaa työn etenemisnopeutta. Ulkopuolinen laadunvalvonta tekee työmaalla tarkastuskäyntejä. Tarkastuskäyntejä kohdennetaan erityisesti eri rakennekerrosten aloitusvaiheisiin ja tärkeimpien rakennekerrosten, kuten

tiivistysrakenteiden rakentamiseen. Ulkopuolinen laadunvalvoja raportoi rakennuttajalle kaikista havaitsemistaan laadunlituksista.

Ulkopuolisen laadunvalvojan tehtäviin kuuluu seuraavia työ- ja tutkimusvaiheita:

- Osallistua katselmuksiin, tarkastuksiin ja työmaakokouksiin.
- Tarkastaa urakoitsijan määrittämät työssä käytettävät vertailuarvot ja laadunvalvontamenetelmät laadunseurantaa varten.
- Tarkastaa urakoitsijan ennakkokokeiden ja koetiiivistyskentän rakentamisen perusteella valitsemat työmenetelmät ja käytettävät raaka-aineet.
- Tarkastaa urakoitsijan mittaustulokset kerrospaksuuksien osalta kaikille rakennekerroksille koko alueelta.
- Tarkastaa urakoitsijan toimittamat laadunvalvontatulokset sitä mukaan, kun niitä toimitetaan.
- Tehdä valvontakäyntejä työmaalla ja tarkastaa urakoitsijan päivittäinen tekemien laadunmittauksen tulokset työmaapäiväkirjasta ja laadunvalvontapöytäkirjasta.

### **3.6 Rakennusmenetelmien ja materiaalien laadunvalvonta**

Materiaalien ja rakennusmenetelmien vaatimukset on esitettävä laadunvalvontasuunnitelmassa. Valvontakokeiden tulokset muodostavat osan valvonta- ja tarkastustoiminnasta. Kaikkien materiaalien ja menetelmien osalta on osoitettava niiden kelpoisuus testien ja laadunvalvontakokeiden avulla. Tiivistyskerrosten materiaalit ja tiivistysmenetelmät sekä laadunvalvontakokeiden tyyppi ja määrä rakennusmateriaalien valinnassa työn aikana ja rakenteen seurannassa. Laadunvalvojan tehtävät jakautuvat rakennuttajalle, suunnittelijalle, urakoitsijalle sekä riippumattomalle laadunvalvojalle ja viranomaiselle.

### 3.7 Pohjarakenteiden laadunvalvonta

Alusrakenteen maakerrostuman soveltuvuus ja painumisominaisuudet on otettava huomioon suunnittelussa. Laboratoriossa ja maastossa tehtävien kokeiden tulee selvittää maaperän pinnan kantavuus ja tasaisuus. Kokeilla selvitetään myös poikkeamat sallituissa vaihteluissa maapohjan yhtenäisyyden, suunnittelutason ja välimatkojen suhteen lupaviranomaisten vaatimusten mukaisina. Kaatopaikan pohjarakenne on pysyvä ja korjaamaton rakenne, joten asetettuja laatuvaatimuksia ei saa alittaa.

### 3.8 Pintarakenteiden laadunvalvonta

Jätteen ominaisuudet, kuten painuminen ja laatu, on tarkistettava ja otettava huomioon suunnittelussa. Laboratoriossa ja maastossa tehtävien kokeiden tulee selvittää jätepenkereen pinnan kantavuus ja tasaisuus. Pintarakenteiden kokonaislaadun varmennukseksi yksittäisten osien tulee täyttää niille asetetut laatuvaatimukset. Laadunvarmistuksessa on huomioitava, että pintarakenne toimii suunnitellulla tavalla ja siinä on käytetty suunniteltuja materiaaleja.

### 3.9 Tarkkailu ja jälkiseuranta

Työnvalmistumisen jälkeen kaatopaikan jälkiseurannalla on hyvä varmistaa, ettei kaatopaikasta aiheudu haittaa ympäristölle. Varmistuksen tarkoituksena on seurata ympäristöpäästöjä. Jälkiseurannalla varmistetaan myös, että kaatopaikan sisäiset prosessit etenevät tarkoitetulla tavalla ja ympäristösuojelujärjestelmät toimivat suunnitellulla tavalla. Ympäristösuojelujärjestelmien kuntoa seurataan jätepenkereen paunamittauksien ja pintavalunnan ja kuivatuskerroksesta purkautuvan veden määrämittauksilla. Kaatopaikkavesien laatua tulee valvoa neljännesvuosittain tehtävillä kokeilla, kun kaatopaikka on käytössä. Jätetäytön painumisen määrää, lämpötilaa, pinta-alaa sekä vedenpinnan korkeutta tulee tarkkailla jatkuvasti. Kaatopaikkakaasujen kertymistä ja purkautumista on tarkkailtava vähintään puolen vuoden välein jätepenkereeseen asennetuista havaintoputkista. Havaintoputkista määritetään kaasun paine, sekä metaani-, hiilidioksidi- ja happipitoisuus. Kaatopaikkakaasun talteenottojärjestelmän kunto on

tarkastettava säännöllisesti. Kaasunpurkautumista ja metaanin hapettumista seurataan jätepenkereen pintakerroksista esimerkiksi kammiomittauksin.

Kuva 1. Tiivistyskerroksen rakentamista.



Kuva 2. Tiivistyskerroksen koekentän rakentaminen.



Kuva 3. Kaivinkone rakentaa tiivistyskerroksen viimeistä kerrosta.



### 3.10 Materiaalien kelpoisuuden toteaminen

Pääurakoitsija vastaa siitä, että urakassa käytettävät materiaalit ja tuotteet täyttävät (tilaajan, viranomaisen ja pääurakoitsijan) omat laatuvaatimukset. Vastaanotettu materiaali tarkistetaan, ja jos materiaali havaitaan vialliseksi, se merkitään tai siirretään siten, ettei sitä voida vahingossakaan käyttää. Materiaalien kelpoisuus osoitetaan valmistajan/toimittajan toimittavilla laaturaporteilla tai pakkauksien, kuormakirjojen ja tuotteiden merkintöjen avulla tai työn aikana tehtävillä materiaalitutkimuksilla. Materiaalien kelpoisuustodistukset kootaan projektin toiminta- ja laatukansioon.

### 3.11 Poikkeamaraportointi

Pääurakoitsija raportoi tilaajalle omaa tai aliurakoitsijoiden työtä koskevista lopulliseen rakenteeseen jäävistä teknisistä laatupoikkeamista, sekä turvallisuus- ja ympäristöpoikkeamista. Lisäksi tilaajalle raportoidaan myös mahdolliset vaaratilanteet / läheltä piti tilanteet.

Jokainen työntekijä ja aliurakoitsija ovat velvollisia tiedottamaan havaitsemastaan laatupoikkeamasta työjohtolle. Työnjohtoon kuuluvat vastaavat poikkeamaraportoinnista seuraavien periaatteiden mukaisesti.

Poikkeamatapauksessa rakenteesta/ työvaiheesta vastaava

- selvittää laatupoikkeamaan johtaneet syyt ja suunnittelee toimenpiteet poikkeaman uusiutumisen ehkäisemiseksi.
- suunnittelee ja toteuttaa tarvittavat korjaukset, ja tarvittaessa hyväksyttää suunnitelman tilaajalla.
- täyttää tarvittavat dokumentit vahingosta / vaaratilanteesta.



## 4 TIIVIYDEN MITTAUS

Tiiveyden mittausta voidaan tehdä usealla tapaa. Mittauksia voidaan tehdä erilaisille maapinnoille, betonipinnoille ja päällystepinnoille. Tiiveysselvitykset voidaan tehdä laboratoriossa näytemaalle, työmaalla eri kokein ja nykyään erilaisten liikuteltavien mittauslaitteiden avulla.

### 4.1 Mittausmenetelmät

Mittausmenetelmillä tarkoitetaan menetelmiä, joissa selvitetään maan tiiveys mittaamalla sen kuivatilavuuspainot ja verrataan niitä laboratoriossa selvitettävään kyseisen maan kuivatilavuuspainon maksimiin. Suorat mittausmenetelmät sopivat hienorakeisimmille maa-aineille.

Työmaalla suoritettavassa volymetrikokeessa maasta otetaan näyte ja punnitaan sen sisältämä kiviaineksen määrä. Näytekuopasta mitataan otetun näytteen tilavuus ja näiden tietojen avulla määritetään kiviaineksen tilavuuspaino. Kuopan tilavuuden mittausta tapahtuu joko veden tai hiekan avulla, joista tulevat nimitykset vesivolymetrikoe ja hiekkavolymetrikoe. Vesivolymetrikoe on näistä kahdesta monimutkaisempi ja vaatii tehtävään sopivat välineet, kuten kumipussin ja painesynterin mutta on nopeampi kuin hiekkavolymetrikoe.

Volymetri nostetaan levyn päälle, jonka jälkeen männällä painetaan sylinteriin 0,2 bar paine. Männän varresta saadaan mittaukselle alkulukema. Tämän jälkeen volymetri nostetaan pois ja pohjalevyn läpi kaivetaan maahan kuoppa. Tämän jälkeen kuopan maa-aine kuivataan ja punnitaan. Volymetri nostetaan takaisin kuoppaan ja siihen painetaan jälleen 0,2 bar paine. Volymetristä saadaan nyt loppulukema ja alkua- ja loppulukeman erotuksella saadaan kuopan tilavuustiedot. Kuivatulla ja punnitulla massalla ja tilavuudella saadaan selville kuivatilavuuspaino kyseisestä maasta. Hiekkavolymetrikokeessa kuoppa täytetään hienorakeisella maa-aineksella.

Tiiveyden mittausta voidaan suorittaa erilaisilla säteilyyn perustuvilla mittauslaitteilla. Säteilivät laitteet aiheuttavat radioaktiivista säteilyä maaperään, joka vaimenee eri maa-

aineksilla ja tiheyksillä eri tavoin. Näiden avulla laite rekisteröi mm. tiiveys- ja kosteustietoja maaperästä (RIL 132-2000, 62). Usein säteilevät laitteet ovat herkkiä tutkittavien pintojen epätasaisuuksille, minkä vuoksi pinnat vaativat valmistelutoimenpiteitä tai vaativat suurta mittauskoe-erää.

Troxler 3440 käyttää myös lähteenään radioaktiivista isotooppia Cesium-137. Troxler 3440 on pienikokoinen ja liikuteltava tiiveyden ja kosteuden mittauslaite. Opinnäytetyössä kerron myöhemmin lisää Troxler 3440 -laitteesta. Laitteella voidaan mitata tiivistettyjä maakerroksia, sekä ohuita päällystekerroksia. Troxler-laitteella voidaan tehdä vain pistemäisiä mittauksia. (Hämäläinen, 2011)

## 4.2 Troxler-mittaus

Troxler 3440 on tiiveyden ja kosteuden mittaukseen käytettävä laite. Laitteen mittauskyky perustuu sen sisältämiin radioaktiivisiin lähteisiin, isotooppi Cesium-137 ja alkuaine Americium-241, sekä niiden tuottamiin säteilyihin ja takaisinheijastumiin. (Troxler Electronic Laboratories, Inc, 2001). Laite on umpilähde, eli sen sisältämä radioaktiivinen aine on suojattu ja eristetty laitteeseen niin, että radioaktiiviseen aineeseen ei voida koskea eikä se leviä ympäristöön, kun laitetta käytetään sille suunnitelluin tavoin (Stuklex, 2016).

Laitteella voidaan tehdä mittaukset joko maaperän, tai asfaltin pinnasta, tai 50-300 mm syvyydeltä. Pintamittaukset sekä vesipitoisuusmittaukset tapahtuvat heijastusmittauksena, joka on valmistajan mukaan myös ihanteellinen mittaustapa betoni- ja kuuma-asfalttipintoihin. Anturisauvan avulla tapahtuvat 50-300 mm syvyyden mittaukset ovat ihanteellisia mitattaessa maaperää tai maalajitteita. Laitteella saadaan selville maa-aineen, tai pinnoitteen vesipitoisuus sekä maa-aineen, lajitteen, betonin tai pinnoitteen kuiva- ja märkätiheydet. Vesipitoisuuden arvot laite antaa prosentteina [%], sekä massatilavuutena [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]. Tiheydet laite antaa massatilavuuksina [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]. (Hämäläinen, 2011)

Kuva 4. Troxler-mittaus maaperästä. (Juutinen, 2015)



#### 4.3 Kannettava pudotuslaite (Loadman)

Loadman on kannettava pudotuslaite, jota on helppo liikutella ja sillä mittaaminen on verrattain nopeaa. Laitteen keveyteen liittyy kuitenkin myös ongelmia. Yleisesti pudotuspainolaitteilla pidetään voimassa olevana nyrkkisääntöä, jonka mukaan tehokas mittaussyvyys on noin 1,5 kertaa kuormituslevyn halkaisija. Kannettavassa pudotuspainolaitteessa voidaan käyttää ainakin kolmea kuormituslevyä: levyjen halkaisijat ovat 132 mm, 200 mm ja 300 mm. Halkaisijaltaan 132 mm levyille tehokas mittaussyvyys on noin 200 mm, joka oletettavasti pätee myös suuremmilla kuormituslevyillä, koska mobilisoituva jännitys- ja siirtymätaso jää alhaiseksi. Näin ollen kevyellä pudotuspainolaitteella mitataan vain hyvin ohuelti rakenteen pintaa. Loadman pudotuslaitetta käytetään enimmäkseen katu,- tie- ja kaivantorakentamisessa. Loadmantestistä otetaan 3 testitulosta ja 3 eri kohtaa joko tie tai arinapinnasta. Loadmantesti tuloksilla pyritään huomioimaan pinnan tiivistystuloksia. (Kalliainen et al. 2011)

#### 4.4 Troxler-mittaus tiivistyskerroksen rakentamisessa

Troxler-mittausta ei voi ottaa tiivistyskerroksesta ennen kuin laadunvalvoja on asettanut arvot, joita seurataan. Savea otetaan 3-4 ämpäriin, jotka suljetaan tiiviisti kiinni, ettei kosteus pääse pois ämpäristä. Laadunvalvoja ottaa jokaisesta ämpäristä pienen savipalan, jolle hän suorittaa kokeet. Kun testitulokset saapuvat laadunvalvojalta, urakoitsija pyrkii seuraamaan saveen kosteutta joko käsin tai ottamalla ennakkokokeita troxler-mittauksella. Savimateriaali levitetään luiskaan erittäin laajasti ja kahdessa kerroksessa, jotta tiivistäminen onnistuu paremmin. Troxler-mittaus otetaan kahdesta kerroksesta ja yhteensä noin kolme testiä. Troxler-mittauksessa otetaan 100 mm syvyydestä ja 200 mm syvyydestä testitulokset, ja jokainen tulos kirjataan ja niistä lasketaan keskiarvo. Jos mittausarvot eivät pääse minimiarvoihin, kerroksen pitää kuivua yhden vuorokauden ajan, jotta kosteus pääsee haihtumaan. Mikäli ongelmatilanne tulee tiivistyskerroksen rakentamisessa, savimateriaali voidaan kuoria pois luiskasta ja laittaa uusi materiaali luiskaan, kunhan se on käynyt kyseisen laadunvalvojan testit läpi ja saatu hyväksytyä materiaalikäyttöön.

#### 4.5 Mittauksen merkintä

Troxler-mittauksessa on erittäin tärkeää mittapaikan merkintä, koska riippumaton laadunvalvoja vaatii sen. Troxler-mittaaja valitsee kolme mittauspistettä, joista hän ottaa kyseiset mittaukset 100 mm ja 200 mm syvyydeltä. Mittauksen jälkeen mittaaja ilmoittaa kaivinkonekuskille, mistä pitää ottaa tarkepisteet. Työnjohtaja käy ottamassa kyseisen kaivinkoneen tarkepisteet talteen ja lähettää ne mittamiehelle, jolloin mittamies tekee kyseiseen koordinaatit ja pisteet. Työnjohtaja kirjaa kyseiset mittapisteen tiedot tietokoneelle ja merkitsee mittapisteen numeroina. Mittamies lähettää yleensä CAD-versiona työnjohtajalle koordinaatit ja pisteet, jolloin työnjohtaja pystyy merkitsemään tietokoneella kyseisen mittapisteen tulokset. (Työselvitys)

Kuva 5. Loadman (AL-Engineering)



Kuva 6. Troxler 3440 mittari. (Atlantic Supply)



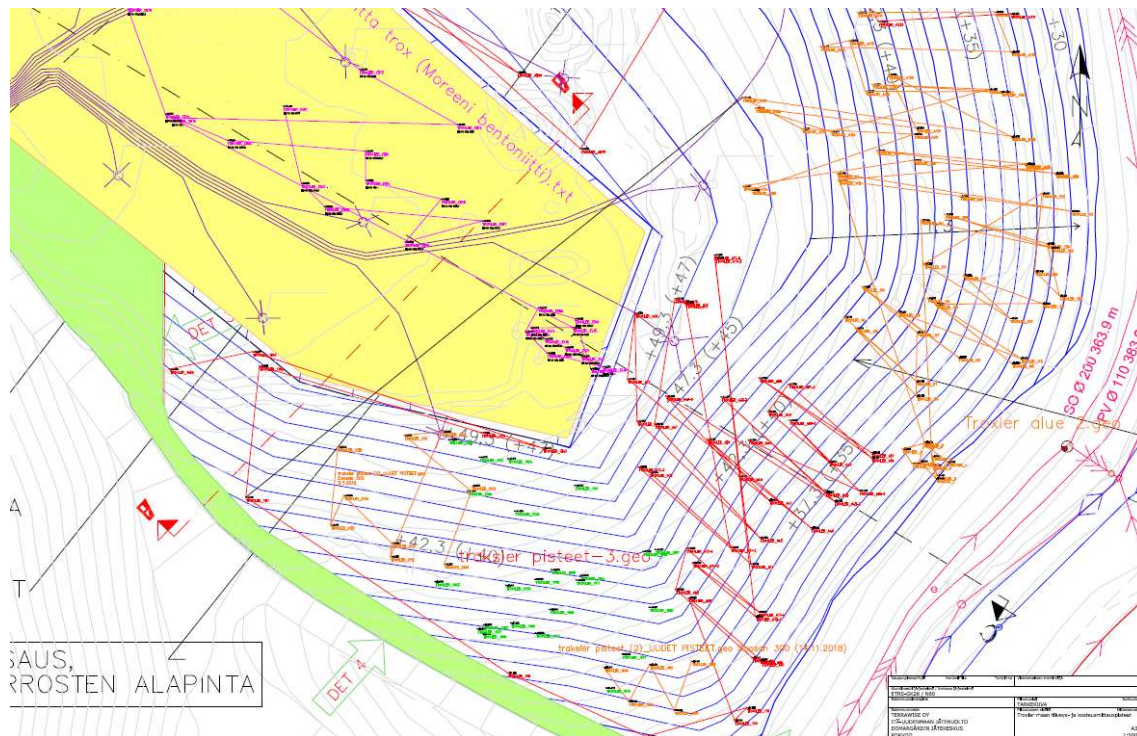
Kuva 7. Loadman, Troxler, levykuormituslaitteisto. (SGM Consulting)



Kuva 8. Tulokset Excel taulukossa.

Domasgård jäteasema doosan 490 troxler mittaukset 2019										
Kulloo										
mittapist:	1 alaker	100mm							ka	
	1.dd	1651	2.dd	1656	3.dd	1647	dd	1651,33	kg/m3	272,97
	w%	16,9	w%	16,1	w%	16,6	w%	16,53	%	1924,30
200mm										
	dd	1639	dd	1641	dd	1654	dd	1644,67	kg/m3	268,57
	w%	16,8	w%	15,9	w%	16,3	w%	16,33	%	1913,24
Kulloo										
mittapist:	2 alaker	100mm							ka	
	1.dd	1542	2.dd	1518	3.dd	1561	dd	1540,33	kg/m3	346,58
	w%	22,2	w%	23,8	w%	21,5	w%	22,5	%	1886,91
200mm										
	dd	1542	dd	1540	dd	1564	dd	1548,67	kg/m3	329,87
	w%	21	w%	21,9	w%	21	w%	21,3	%	1878,53
Kulloo										
mittapist:	3 yläker	100mm							ka	
	1.dd	1500	2.dd	1594	3.dd	1588	dd	1560,67	kg/m3	266,41
	w%	17,3	w%	16,9	w%	17	w%	17,07	%	1827,07
200mm										
	dd	1618	dd	1614	dd	1607	dd	1613	kg/m3	268,89
	w%	16,3	w%	16,7	w%	17	w%	16,67	%	1881,9
Kulloo										
mittapist:	4 yläkrs	100mm							ka	
	1.dd	1564	2.dd	1577	3.dd	1575	dd	1572	kg/m3	325,4
	w%	21,7	w%	19,8	w%	20,6	w%	20,7	%	1897,4
200mm										
	dd	1633	dd	1659	dd	1643	dd	1645	kg/m3	320,28
	w%	19,6	w%	19,5	w%	19,3	w%	19,47	%	1965,3
Kulloo										
mittapist:	5 alakrs	100mm							ka	
	1.dd	1466	2.dd	1499	3.dd	1479	dd	1481,33	kg/m3	235,98
	w%	16,7	w%	15,3	w%	15,8	w%	15,93	%	1717,31

Kuva 9. Mittamiehen antamat tarkepisteet.



Kuva 10. Savirakenteen alimmaisesta kerroksesta mittatikku viimeisen pinnan päälle.





Kuva 11. Kaivinkone rakentaa luiskaan tiivistyskerrosta.



## 5 MATERIAALIN HANKINTA

### 5.1 Betonimurske

Betoroc-murskeen pääasialliset käyttökohteet ovat katu-, tie- ja kenttärakenteiden jakavat ja kantavat kerrokset. Betoroc-mursketta voidaan käyttää myös erilaisissa täyttötöissä ja putkijohtokaivantojen lopputäyttönä. Vaikka betonimurskerakenteissa tapahtuu lujittumista, vanhojen Betoroc-murskekohteiden (BeM I ja II) aukikaivukokeissa on havaittu, että lujittuneen Betoroc-murskekerroksen aukikaivaminen on tehtävissä tavanomaisella kalustolla lujittumisesta huolimatta. Betoroc-murskeita voidaan käyttää ilmoitusmenettelyllä VNa 591/2006 mukaisissa käyttökohteissa, kuten esimerkiksi: yleiset tiet, kadut, pyörätiet ja jalkakäytävät sekä niihin välittömästi liittyvät tienpitoa tai liikennettä varten tarpeelliset alueet. Betoroc-murskeen käytöstä maarakentamisessa on tehtävä ilmoitus. Pienissä määrin (ei ammattimaisesti) Betoroc-mursketta on mahdollista käyttää myös kuntakohtaisten ympäristönsuojelu- tai jätehuoltomääräysten mukaisilla ilmoitusmenettelyillä.

Lähde: <file:///C:/Users/Mustafa/Desktop/AMK%203%20lukuvuosi/Betoroc-murske%20ohje.pdf>

### 5.2 Ilmoitusmenettely

Betoroc-murskeen käytöstä on tehtävä ilmoitus alueelliselle Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukselle (ELY-keskus) VNa:n mukaisesti. Urakoitsija on varautunut tekemään ilmoituksen asiakkaansa puolesta, mutta asiakas voi tehdä sen myös itse. Asiakas vastaa ilmoittamiensa tietojen oikeellisuudesta. Ilmoituksen tulee sisältää mm. seuraavat tiedot:

- hyödyntämispaikan haltijan sekä omistajan nimi ja yhteystiedot, sekä näiden suostumus murskeen hyödyntämiseen kohteessa
- hyödyntämispaikan sijainti sekä selvitys lähialueen pohjavesialueista ja niiden luokista sekä vedenottoaikoista ja vesistöistä

- tiedot maarakentamista koskevasta maankäyttö- ja rakennuslain, yleisistä teistä annetun lain tai maantielain mukaisesta suunnitelmasta, ilmoituksesta tai luvasta
- Ruduksen yhteyshenkilön nimi ja yhteystiedot
- jätenimike ja laadunvalvontatiedot materiaalitoimittajalta
- käytettävän Betoroc-murskeen määrä
- selvitys Betoroc-mursketta sisältävästä rakenteesta, peittämiseen tai päällystämiseen käytettävästä materiaalista, varastoinnista ja muusta toiminnasta hyödyntämispaikalla
- ajankohta, jolloin hyödyntäminen maarakentamisen aikana alkaa ja päättyy

Lähde:<file:///C:/Users/Mustafa/Desktop/AMK%203%20lukuvuosi/Betoroc-murske%20ohje.pdf>

### 5.3 Betonimurskeen hankinta ja seulonta

Pääurakoitsija hankkii ulkopuolisilta betonia työmaalle pienellä vastaanottohinnalla.

Pääurakoitsija alkoi murskata ja seuloa betonista betonimursketta joka oli kooltaan 16-32#.

Pääurakoitsija on tehnyt ELY-keskukselle ilmoituksen ja hakenut ympäristöluvan kyseisestä tuotteesta, jota käytetään tierakentamisessa ja pengerrakennuksessa. Pääurakoitsija käytti betonimursketta kaasunkeräyskerroksessa ja tierakentamisessa.

### 5.4 Pintakerrokset

Pääurakoitsija käytti pintakerroksessa kasvukerrosta, humusmaata tai vastaavasta kompostimaasta. Materiaali oli hankittava ulkopuolelta, koska kyseistä tuotetta ei ollut mahdollista saada omalta työmaalta.

## 6 KAATOPAIKAN KERROSRAKENTEET

Pintarakenteen tehtävä on estää sade- ja pintavaluntavesien imeytyminen jätemassaan sekä likaantuneen suotoveden muodostumista ja haitta-aineiden kulkeutumista ympäristöön. Tiiviin pintaeristykseen avulla tehostetaan kaasun talteenottoa ja vähennetään kaatopaikkojen haju-, pöly-, lintu- ja maisemahaittoja. Kaatopaikalle on rakennettava pintaeristys täyttöalueen saavutettua lopullisen korkeutensa. Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista asettaa kaatopaikan rakennekerroksille minimivaatimukset. Kaatopaikan täytön saavutettua lopullisen sallitun korkeutensa sen päälle tulee rakentaa pintarakenne, jonka vaatimukset vaihtelevat hieman ongelmajätteen ja tavanomaisen jätteen kaatopaikkojen välillä. Heti täytön päälle rakennettava vähintään 0,3 metrin paksuinen kaasunkeräyskerros on pakollinen tavanomaisen jätteen kaatopaikalla ja tarvittaessa sellainen tulee rakentaa myös ongelmajätteen kaatopaikoille. Toisin kuin tavanomaisen jätteen kaatopaikalle, ongelmajätteen kaatopaikalle tulee täytön tai mahdollisen kaasunkeräyskerroksen päälle rakentaa keinotekoinen eriste. (Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista 1997/861)

### 6.1 Jätetäyttö

Pintarakenteet rakennetaan suoraan jätetäytön päälle, joka on huono rakentamispohja. Jätetäyttö painuu keskimäärin noin 30 cm vuodessa. Tarkkailu pitää aloittaa hyvissä ajoin, jotta voidaan laskea keskimääräinen arvo painumiselle. Työmaalla käytettiin mittatikkuja, jotta voitiin tarkkailla painuminen. Painumia voidaan myös tarkkailla painumislevyjen avulla. Jätetäyttö pitää tiivistää ja muotoilla heti kaatoonsa, jotta pintavesi pääsee vielä painumisen jälkeen valumaan pois pengerrakenteesta. Kaatopaikan täytön tulee olla riittävän tiivis. Mikäli näin ei ole, täyttöä on tiivistettävä lisää ennen pintarakenteiden tekemistä. Täytön tiivistäminen on hyvä tehdä kaatopaikan muotoilun yhteydessä, jotta epätasaiset painumat estettäisiin ja kantavuutta parannettaisiin. Tiivistämisen voi toteuttaa esimerkiksi raskaalla kaatopaikkajyrällä. Jätetäytön pinta on muotoiltava rakenteen kaltevuuteen niin, että pintakaltevuus pysyy jätetäytön painumisen jälkeenkin riittävänä, muttei kuitenkaan muutu liian jyrkäksi. (Uudenmaan ympäristökeskus, 2006)

## 6.2 Kaasunkeräyskerros

Kaasunkeräyskerros on perusteltua rakentaa, jos kaatopaikalla ei ole kaasunkeräysjärjestelmää. Vaikka aktiivinen kaasunkeräys olisi järjestetty, on kaasunpoisto penkereestä huomioitava, jotta järjestelmä toimisi myös häiriötiloissa. Kerroksen tarve määritellään yleensä ympäristöluvassa, eikä siitä helposti poiketa, vaikka kaasu poistettaisiinkin penkereestä alipainejärjestelmällä. Kaatopaikkojen käytöstä poistamisprosessi, kaatopaikkojen pintarakenteet ja kerroksen kaasunkeräyskyky mitoitetaan yleensä kaasunläpäisevyyden ja kerrospaksuuden mukaan.

Kaasunkeräyskerrokseen yleisesti käytettyjä materiaaleja ovat kiviainekset, kuten hiekka, sora ja murske, sekä jätemateriaalit, kuten lasi, pohjatuhkat, betoni- ja tiilimurske sekä kuonat. Muita yleisiä ratkaisuja ovat kaasunkeräyssalaojat ja yksittäiset kaasukaivot. Kaasunkeräyskerroksen mitoitus kaasumäärän ja kaasunkäsittelymenetelmän perusteella on harvinaista, mutta kaasukaivojen määrä sen sijaan yleensä optimoidaan. (Uudenmaan ympäristökeskus, 2006)

## 6.3 Kaasunkeräyskerroksen tarkastus

Tarkastetaan, että kaasunkeräyskerroksen, -keräyslinjojen ja -kaivojen rakentaminen on tapahtunut suunnitelmien mukaisesti, ja että kerroksen yläpinta soveltuu tiivistyskerroksen asennusalustaksi, ja että kerrospaksuus ja kaltevuus ovat vaatimusten mukaiset.

## 6.4 Tiivistyskerros

Pintarakenteen tiivistyskerroksen tarkoituksena on rajoittaa pintavesien leviämistä ja niistä aiheutuvia haittoja. Rakenteella voidaan myös yleisesti vaikuttaa jätepenkereen sulkemisen jälkeiseen tilaan. Kaatopaikoilla käytettävät tiivistysrakenteet ovat aina monikerrosrakenteita, jotka koostuvat varsinaisesta tiivistävästä osasta sekä tiivistävän osan toimivuuden turvaamiseksi tarvittavista kerroksista. Tiivistävänä rakenneosana voidaan tapauskohtaisesti käyttää joko pelkkää mineraalista kerrosta tai keinotekoisesta eristeestä muodostettua yhdistelmärakennetta. Kaatopaikkojen lopettamisopas ohjeistaa, että mineraalinen tiivistyskerros tulee rakentaa enintään 250 mm paksuisina useina erikseen tiivistettävänä, homogeenisina kerroksina. Luonnonmateriaaleja käytettäessä

tiivistysvaatimuksena on yleensä 90–95 % materiaalin standardi proctor-sullonnalla saadusta maksimikuivatilavuuspainosta. Vaihtoehtoisilla materiaaleilla vastaava tiiviys on määriteltävä laboratorionkokein ja koerakenteita testaten. Tiivistetty kerros tulee aina suojata välittömästi eroosion, kuivumisen ja jäätyksen vahingoittavilta vaikutuksilta ja tiivistystuloksia on seurattava laadunvalvontaohjelman mukaisesti. Mineraalisen tiivistyskerroksen kastuminen ja kuivuminen on estettävä tarvittavin toimenpitein. Mikäli kerros pääsee varotoimenpiteistä huolimatta vahingoittumaan, pilalle mennyt tiivistyskerros on poistettava ja korvattava vaatimukset täyttävällä materiaalilla. Tiivistyskerroksen päälle tulevat kuivatus- ja kasvukerros on rakennettava mahdollisimman pian suojaamaan valmista tiivistyskerrosta, jotta kosteusolosuhteet eivät ehdi muuttua, eikä eroosiota ehdi tapahtua.

## 6.5 Tiivistyskerroksen tarkastus

Tarkastuksessa todetaan, että tiivistyskerrosten liittymisrakenteiden ja läpivientien rakentaminen on tapahtunut suunnitelmien mukaisesti ja todentaminen laadunvalvontasuunnitelman mukaisesti, ja että laadunvarmennustyöt on tehty hyväksyttävästi ja asetetut vaatimukset täyttyneet. Mikäli todetaan, että rakenne ei täytä asetettuja vaatimuksia, korjaus tehdään pääsääntöisesti poistamalla virheellinen rakenne ja rakentamalla se uudelleen.

## 6.6 Kuivatuskerros

Kuivatuskerroksen tehtävänä on alentaa tiivistysrakenteeseen kohdistuvaa vesipainetta ja johtaa kasvu- ja pintakerroksen läpi suotautuva sadevesi pois rakenteesta. Kaatopaikkamääräysten mukainen vähimmäispaksuus kerroksella on 0,5 m (Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista 1997/861). (Suomen ympäristökeskus, 2002) Sopiva varmuuskerroin kuivatuskerroksen paksuudelle Suomessa on 1,6. Kerrospaksuus pyöristetään ylöspäin työtekniikan tarkkuuden mukaisesti. Kuivatuskerroksen materiaalin vedenläpäisevyys on määriteltävä laboratorionkokeilla. Kuivatuskerroksessa yleisesti käytettyjä materiaaleja ovat muun muassa sora, murskeet, rengasrouhe, kuonat sekä salaojamatto. Kuivatuskerroksen rakenne tulisi aina mitoittaa, sillä valtioneuvoston päätös kaatopaikoista mukaisessa rakenteessa on vähintään 20 prosenttia ylimääräistä turvaa.

### ***Kuivatuskeräyskerroksen tarkastus***

Tarkastetaan, että kuivatuskerroksen rakentaminen on tapahtunut suunnitelmien mukaisesti ja kerrospaksuus ja kaltevuus ovat vaatimusten mukaiset.

### **6.7 Kasvustokerros**

Kasvustokerroksen tarkoituksena ja vaatimuksena on muun muassa suojata mineraalista tiivistyskerrosta roudalta ja kuivumiselta, edistää pintavaluntaa sekä vähentää sade- ja sulamisvesien suotautumista. Kerros myös turvaa kasvillisuuden vedensaannin ja suojaa alemmat kerrokset kasvien juurilta. Kaatopaikan jälki- ja hyötykäyttö, sekä ympäristöön sulautuminen edistyvät kasvustokerroksen ansiosta. Kerros tulee tehdä vettä pitävästä luonnonmaa-aineksesta. Kasvustokerros tehdään humusmaasta tai muusta sopivasta kasvualustasta. Minimikerrospaksuus on metri (Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista 1997/861), mutta edellä mainittujen vaatimusten täyttäminen saattaa edellyttää paksumpaa rakennetta. Käytöstä poistetulle kaatopaikalle ei ole suositeltavaa istuttaa korkeaksi kasvavia puita. (Suomen ympäristökeskus, 2002)

Kuva 12. Kasvustokerros on alkanut kasvamaan luiskassa.



## 6.8 Yhteenveto

Projekti sisälsi paljon uutta tietoa ja kuinka paljon on viranomais määräyksiä on laadittu kyseiselle projektille. Asian sisäistäminen kesti hetken aikaa, sillä hanke oli niin laaja ja se kesti kolme vuotta. Itse rakentaminen oli helppoa ja mielenkiintoista. Laadunvalvonta ja Troxler-mittaus olivat mielenkiintoisimmat osiot, koska pääsin näkemään, miten savi käyttäytyy tietyissä sääolosuhteissa, ja miten kauan menee aikaa kunnes se on tuloksien perusteella käytettävä materiaali. Saven saaminen oli erittäin hankalaa loppukesää kohden, koska ilma alkoi olemaan kosteaa ja viileää, joten saven kuivattaminen oli ongelmallista. Saven saaminen oli myös erittäin hankalaa, koska maaperästä tullut savi on käyttökelvotonta, kunnes siitä on otettu kaikki tarvittavat kokeet ja laadittamat raportit. Kyseisessä projektissa oli mukana Porvoon kaupunki, ELY-keskus, Riippumaton laadunvalvoja Vahanen ja Rosk'n Roll. Tämä projekti oli kaatopaikan sulkemisurakka.



## Lähteet

AL-Engineering. Loadman kannettava pudotuspainolaite. Saatavilla: <https://www.al-engineering.fi/fi/loadman.html>

Atlantic Supply. Troxler 3440 Nuclear Soil Moisture Density Gauge, Used. Saatavilla: <https://www.atlanticsupply.com/product/troxler-3440-nuclear-soil-moisture-density-gauge-used/>

Hämäläinen, H. Tiiveyden ja kosteuden mittaus Troxler 3440 -laitteella. 2011. Saatavilla: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/31284/Hamalainen\\_Heikki.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/31284/Hamalainen_Heikki.pdf?sequence=1)

Juutinen, A. Kallio- ja soramurskeen vertailu. 2015. Saatavilla: <https://docplayer.fi/57176743-Karelia-ammattikorkeakoulu-rakennustekniikan-koulutusohjelma-aki-juutinen-kallio-ja-soramurskeen-vertailu.html>

Kalliainen, A., Luomala, H., Jäniskangas, T., Nurmikolu, A., Kolisoja, P. Radan eristys- ja välikerrosten tiiviys- ja kantavuustutkimus. Liikennevirasto. 2011. Saatavilla: [https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lts\\_2011-10\\_radan\\_eristys\\_web.pdf?fbclid=IwAR0FoYM5-lhEgc4DymyesfoigpiZ6M1nVdSnj8hTyUSBvMSMEFyklOwX\\_Mg](https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lts_2011-10_radan_eristys_web.pdf?fbclid=IwAR0FoYM5-lhEgc4DymyesfoigpiZ6M1nVdSnj8hTyUSBvMSMEFyklOwX_Mg)

SGM Consulting. Tiiveys- ja kantavuuskokeet. Saatavilla: <http://sgm.fi/palvelut/rakentamisen-laadunvalvonta/tiiveys-ja-kantavuuskokeet/>

Stuklex. ST 5.1 Umpilähteiden ja niitä sisältävien laitteiden säteilyturvallisuus. 2016. Saatavilla: <https://www.stuklex.fi/fi/ohje/ST5-1>

Suomen ympäristökeskus. Kaatopaikan tiivistysrakenteet. 2002. Saatavilla: [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/41085/Ymp%C3%A4rist%C3%B6opas\\_36.pdf?sequence=1](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/41085/Ymp%C3%A4rist%C3%B6opas_36.pdf?sequence=1)

Troxler Electronic Laboratories, Inc. Manual of Operation and Instruction: Model 3440 Surface Moisture-Density Gauge. 2001. Saatavilla: <http://onestoptesting.co.uk/wp-content/uploads/2016/05/Troxler-3440-Operation-Manual.pdf>

Uudenmaan ympäristökeskus. Ympäristölupapäätös. 2006. Saatavilla:

<https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BE66840B9-F1C6-40CC-B1D7-26BEB35B3639%7D/82437>

Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista 1997/861. Annettu Helsingissä 4.9.1997. Saatavilla:

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1997/19970861>

<https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/resource/juha/content/24937#page=1>

<file:///C:/Users/Mustafa/Desktop/AMK%203%20lukuvuosi/Betoroc-murske%20ohje.pdf>