



Matti Helaakoski

## **KAATOPAIKAN PYSTYERISTESEINÄN RAKENTAMINEN**

KAATOPAIKAN PYSTYERISTESEINÄN  
RAKENTAMINEN

Matti Helaakoski  
Opinnäytetyö  
30.11.2011  
Tekniikan yksikkö  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

Koulutusohjelma	Opinnäytetyö	Sivuja	+	Litteitä
Rakennusalan työnjohdon ko.		22	+	1
Suuntautumisvaihtoehto	Aika			
yhdyskuntatekniikka	2011			
Työn tilaaja	Työn tekijä			
Andament Oy	Matti Helaakoski			
Työn nimi				
Kaatopaikan pystyeristeseinän rakentaminen				
Avainsanat				
kaatopaikka, tiivisrakenne, ympäristö, pystyeristeseinä.				

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä kaatopaikan pohjarakentamisen yleisiin laatuvaatimuksiin sekä kaatopaikan pystyeristeseinän rakentamiseen Uudessakaupungissa Munaistenmetsän kaatopaikalla kesän 2011 aikana. Työn tilaajana toimi Andament Oy.

# SISÄLTÖ

1 JOHDANTO .....	3
2 YLEISTÄ KAAKTOPAIKKARAKENTAMISESTA.....	4
2.1 Lain asettamia vaatimuksia .....	4
2.2 Kaatopaikka rakennushankkeena .....	5
3 MUNAISTENMETSÄN KAAKTOPAIKKA.....	6
4 PYSTYERISTESEINÄN RAKENTEET .....	8
4.1 Etukäteisselvitykset .....	8
4.2 Mineraalieriste .....	8
4.3 Suodatinkangas.....	9
4.4 Salaojamatto .....	9
5 PYSTYERISTESEINÄN RAKENTAMINEN.....	11
5.1 Koekenttä .....	11
5.2 Mineraalieristeen laadunvalvonta .....	12
5.3 Muottikalusto .....	14
5.4 Seinän rakentaminen.....	16
6 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	22
LÄHTEET .....	23
LIITTEET .....	24

# 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena oli Uudenkaupungin kaatopaikan pystyeristeseinän rakentaminen sekä kaatopaikan pohjarakentamisen yleiset vaatimukset. Tässä työssä tutustutaan myös materiaalien valintaan ja etukäteisselvi-tyksiin kaatopaikkarakentamisessa.

Uudenkaupungin Munaistenmetsän kaatopaikalle pystyeristeseinä rakennettiin kesällä 2011. Opinnäytetyö on tehty kalajokiselle Andament Oy:lle. Uudenkaupungin Munaistenmetsän kaatopaikka sijaitsee noin 5 kilometrin etäisyydellä kaupungin keskustasta itään osoitteessa Kaatopaikantie 1. Kaatopaikkatoimintaa kyseisellä paikalla on ollut vuodesta 1974 lähtien.

## 2 YLEISTÄ KAATOPAIKKARAKENTAMISESTA

### 2.1 Lain asettamat vaatimukset

Kaatopaikka on rakennettu alue jätteiden loppusijoitusta varten. Kaatopaikan rakentamista säättää valtioneuvoston päätös 861/97. Päätös asettaa kaatopaikan pohjarakenteelle seuraavanlaisia vaatimuksia:

- maaperän tulee olla kantava
- rakenteen yhdistetty suojavaikutus
  - ongelmajätteen kaatopaikalla vedenläpäisevyys  $k \leq 1,0 \cdot 10^{-10}$  m/s ja kerrospaksuus  $\geq 5$  m
  - tavanomaisen jätteen kaatopaikalla  $k \leq 1,0 \cdot 10^{-9}$  m/s ja paksuus  $\geq 1$  m
  - pysyvän jätteen kaatopaikalla  $k \leq 1,0 \cdot 10^{-7}$  m/s ja paksuus  $\geq 1$  m.

Kaatopaikan maaperää on parannettava rakennetulla täydentävällä tiivistyskerroksella vastaamaan yllämainittuja arvoja, jos vedenläpäisevyys- tai paksuskriteerit eivät täyty. Rakennetun tiivistyskerroksen on oltava vähintään 0,5 metriä tavanomaisen ja pysyvän jätteen kaatopaikoilla. Ongelmajätteen kaatopaikoilla rakennetun tiivistyskerroksen paksuuden on oltava 1,0 metriä. Maaperän tai rakennetun tiivistyskerroksen päälle on asennettava kaatopaikan tiivistämiseen tarkoitettu keinotekoinen eriste ja tämän päälle kuivatuskerros, jonka paksuus on  $\geq 0,5$  metriä.

Kaatopaikkarakentamisessa törmää hyvin usein myös Suomen ympäristökeskuksen tekemään julkaisuun ”Ympäristöopas 36” (SYKE 2002). Ympäristöoppaassa on kerrottu hyvin VNp 861/97 vaatimukset sekä selitetty yksityiskohtaisesti materiaalien sallitut laatuvahtelut ja näiden testaustiheydet.

## 2.2 Kaatopaikka rakennushankkeena

Rakennushakkeen vaativuuden takia rakennuttajan tulee nimetä hankkeeseen riippumaton laadunvalvoja, jonka tehtäviin kuuluu

- tarkastaa rakennussuunnitelmat
- osallistua kenttäkokeiden suunnitteluun ja näytteiden edustavuuden arviointiin.

Lisäksi työnkuvaan kuuluu

- työmaavalvonta
- rinnakkaisten näytteiden otto
- urakoitsijan laadunvalvonnan toteutuman seuranta
- rakennustyön etenemisen seuranta
- osallistuminen työmaakokouksiin
- yhteydenpito osapuolten välillä
- toimenpiteet laatutalituksissa.
- urakoitsijan loppuraportin tarkastaminen sekä oman lausunnon antaminen hankkeesta. (Leppänen 2006; Ravaska 2010.)

VNp 861/97 ei ota varsinaisesti kantaa esimerkiksi laatutoleransseihin, joihin taas riippumaton laadunvalvoja sekä Ympäristöopas 36 ottavat kantaa.

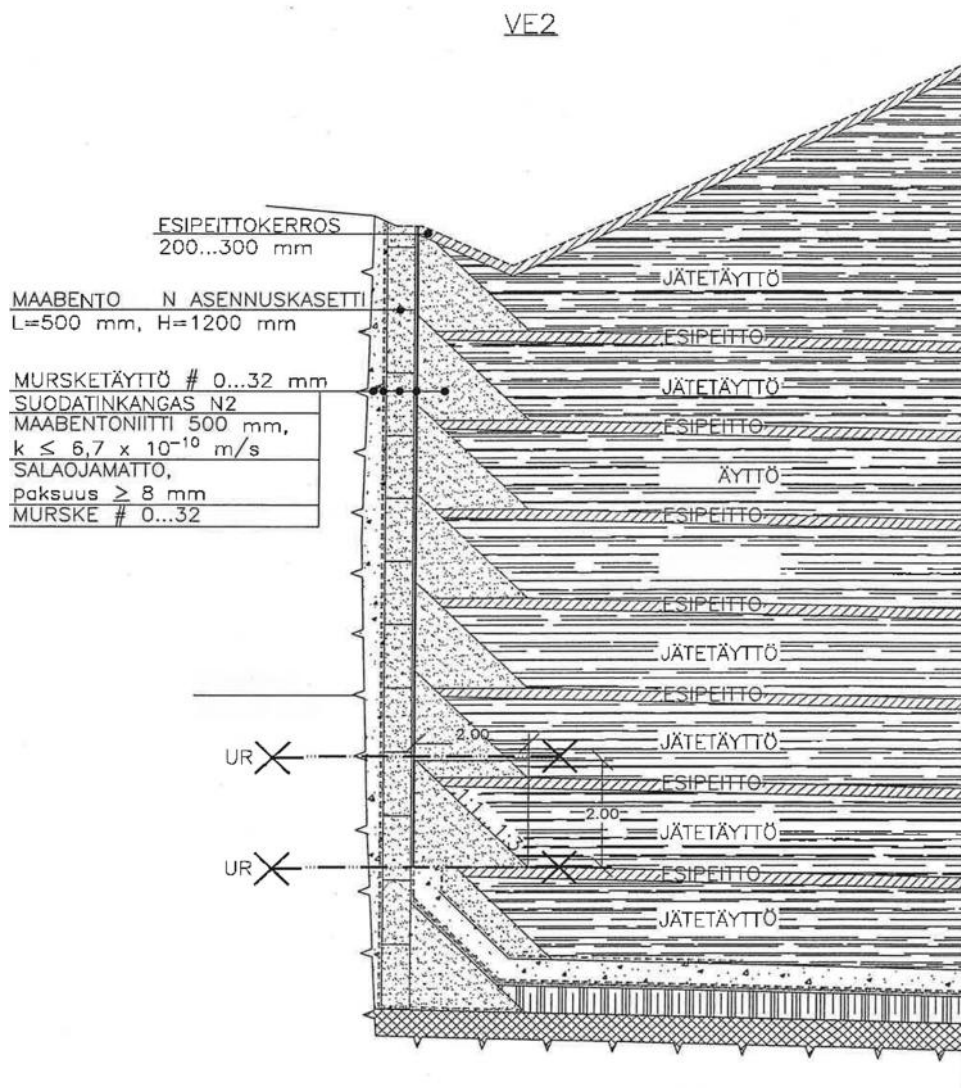
### **3 MUNAISTENMETSÄN KAAATOPAIKKA**

Munaistenmetsän kaatopaikan nykyinen niin sanottu uusi jätetäyttöalue on kallioulouhosaluetta, jonka pohjarakenteet on rakennettu 2007. Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista 4.9.1997/861 (VNp 861/97 ja sen muutokset) säätelee kaatopaikan toimintaa ja niiden rakentamista. VNp 861/97 määrää rakenteille vähimmäisvaatimukset. VNp 861/97 mukaan 1.11.2007 jälkeen käytössä olevilla tai rakennettavilla kaatopaikoilla pitää olla päätöksen mukaiset pohjarakenteet. Tässä tapauksessa pohjarakennetta eli pystyeristeseinää täytyy tehdä kallioulouhoksen seinää ylöspäin, mikä on aika harvinaista Suomessa. Pystyeristeseinän eli katkaisuseinän tarkoitus on estää veden vaakasuuntaista virtausta rakenteesta sisään tai ulos.

Munaistenmetsän kaatopaikan pystyeristeseinän tarjouspyyntöasiakirjoissa oli annettu vain yksi vaihtoehto rakenteen toteuttamiseksi. Tämä vaihtoehto oli Finnish Consulting Groupin (FCG) laatimissa asiakirjoissa nimellä VE 2. (Kuva 1.)



## JÄTETÄYTÖN REUNARAKENNE KALLIOSEINÄMÄÄ VASTEN



Kuva 1. Pystyristeseinän rakenne

Munaistenmetsän kaatopaikan pohjarakenteiden rakentamisen yhteydessä on tehty ensimmäinen kaksi metriä korkea seinänkorotus kallion pintaa vasten. Tämän jälkeen sitä on korotettu kaksi kertaa yhteensä 5 metriä. Andament Oy:n tekemä korotus on kolmas ja tämä korotus mahdollistaa, että jäte- täytön korkeus on maksimissaan noin 9 metriä. Kaatopaikkarakentaminen poikkeaa suuresti tavanomaisesta maanrakentamisesta ainakin siinä, että käyttöön otettua rakennetta ei korjata kovin helposti, jos ollenkaan. Työn on siis onnistuttava kerralla niin rakentamisen kuin materiaalienkin puolesta. Työn laatuun täytyy kiinnittää erityisen suurta huomiota.

## 4 PYSTYERISTESEINÄN RAKENTEET

### 4.1 Etukäteisselvitykset

Kaatopaikan rakenteisiin käytettävät materiaalit täytyy etukäteen hyväksyttää ulkopuolisella laadunvalvojalla. Haasteellisimpia hyväksyttäviä rakenteita ovat geosynteettiset tuotteet sekä mineraalinen tiivisrakenne. Yleisimmin mineraalisen tiivisrakenteen materiaalina käytetään savea tai moreenia, joiden vedenläpäisevyyttä pienennetään tarpeen mukaan lisäaineilla, joka on usein paisuvaa savea eli bentoniittia. (Syke 2002.)

Tärkein vaihe mineraalisen tiivisrakenteen rakentamisessa on etukäteisselvitykset, jotka vaikuttavat suuresti myös kustannuksiin. Tärkeimpiä suositeltavia ominaisuuksia tiivisrakenteen materiaalille ovat

- rakeisuus  $\# \leq 0/32$  mm
- hehkutushäviö orgaanisen aineen määrä  $\leq 2$  %
- hienoainespitoisuus  $<0,063$  mm  $>14$  %
- tasalaatuisuus
- biologisesti ja kemiallisesti rasituksia kestävä
- vedenläpäisevyys  $k \leq 6,7 \cdot 10^{-10}$  m/s.

### 4.2 Mineraalieriste

Mahdollisimman hyvän kivennäismaa-aineksen löytäminen työmaan läheisyydestä olisi kustannustehokasta, mutta aina näin ei tapahdu. Tälläkin kertaan sopivaa maa-ainesta oli hankala löytää, mutta onneksi NCC Roads Oy:n kautta löydettiin todella hyvää moreenia, tosin ajomatkaa työmaalle oli noin 50 kilometriä. Moreenia ei tarvinnut seuloa eikä murskata alle 32 millimetrin raekokoon. Se olisi aiheuttanut huomattavia lisäkustannuksia.

Bentoniittina käytettiin SP-Mineralin maahantuomaa kalsiumaktivoitua bentoniittia. Uudenkaupungin kaatopaikan materiaalin reseptoinnin sekä laadunvalvonnan teki oululainen Envitop Oy. Ennakkokokeissa tutkittiin myös lähel-

tä löytyvän silttisen hiekan ja kivituhkan (KaM #0/4) seoksen vedenläpäisevyyttä, mutta se hylättiin jo alkuvaiheessa huonon vedenläpäisemättömyyden sekä vaikean työstettävyyden takia. Runkoaineeksi valitun NCC:n moreeniin lisättiin KaM #0/11 pienentämään optimivesipitoisuutta sekä pienentämään mahdollista orgaanisen aineksen määrää. Seoksen märkäpainoon lisättiin bentoniittia ja ennakkokokeissa vedenläpäisevyys oli huomattavasti vaaditun rajan alle.

### **4.3 Suodatinkangas**

Suodatinkankaalle, joka tuli pystyeristeseinän ulkopuolelle, oli annettu vaatimukseksi NorGeoSpec N2-luokan kangas. Andament Oy:n käyttämä Kaitos Oy:n maahantuoma tiPPtex-suodatinkangas oli NGS N2-luokan polypropeeni (PP) neulasidottu kangas, jonka sidontaa on tehostettu lämpökäsittelyllä. Kankaan paino on 160 grammaa/neliometri. Polypropeeni ja neulasidottu kangas on yleisintä kaikissa suodatinkankaissa lujuusluokasta riippumatta. Geosynteettisillä tuotteilla laadunvalvonta valmistuksen yhteydessä on hyvä, varsinkin jos käytetään esimerkiksi NGS:n luokittellemaa kangasta. Suodatinkankaan tehtävänä tässä rakenteessa on estää eri rakennekerrosten sekoittuminen.

Ympäristöopas 36:den mukaan suodatinkankaiden limityksen tulisi olla  $\geq 300$  millimetriä (Syke 2002). Munaistenmetsän kaatopaikan työselityksessä kuitenkin vaadittiin  $\geq 500$  millimetrin limitykset. Tässä suunnittelija todennäköisesti oli vain halunnut ottaa varman päälle, etteivät limitykset jäisi liian pieniksi.

### **4.4 Salaojamatto**

Salaojamatton etuja ovat verrattaessa kiviaineksesta rakennettuun kuivatuskerrokseen suurempi jätetäytön tilavuus, luonnonvaroja säästävä, tasalaatuinen ja huomattavasti helpompi työstettävyys. Salaojamatton paksuus ei täytä VNp 861/97:n asettamaa paksuusvaatimusta kuivatusrakenteelle  $\geq 0,5$  met-

riä. Vaihtoehtoinen rakenne täytyy aina erikseen hyväksyttävä ELY-keskuksella ennen rakenteen toteuttamista. (Leppänen, 2011.)

Salaojamaton vaatimuksena Munaistenmetsän kaatopaikalle oli kaatopaikkarakentamiseen sopiva  $\geq 8$  millimetrin paksuinen salaojamatto esimerkiksi ”Enkadrain 5006/M200PP”. Kyseinen salaojamatto on 8,7 millimetriä paksua, jossa molemmin puolin vettä johtavaa ydintä on neulasidottua 200 grammaa/neliömetri painavaa polypropeeni suodatinkangasta. Enkadrainin M-luokan salaojamatot ovat kaatopaikkarakentamiseen tehtyjä, ja kyseistä salaojamattoa tässäkin urakassa käytettiin.

Tärkeintä salaojamaton asentamisessa on, että saumat asennetaan huolellisesti valmistajan ohjeiden mukaan. Asennuksessa tapahtuu helposti työvirheitä, jos ei ole huolellinen.

## 5 PYSTYERISTESEINÄN RAKENTAMINEN

### 5.1 Koekenttä

Ennakkokokeiden jälkeen kaatopaikan rakentamisessa on vuorossa jo varsinaisella rakennuspaikalla suoritettava koekentän rakentaminen. Tarkoituksena on todentaa materiaalin ominaisuudet sekä työstettävyyttä. Materiaalin sekoitus täytyy tapahtua samalla laitteistolla, jolla varsinainen tiivisrakenne sekoitetaan. Andament Oy:llä on käytössä kaksi sekoitusasemaa, joista Uudessakaupungissa oli jatkuvatoiminen Andamentin valmistama Mobi-Cutter 500.

Koekentän sekoitus aloitettiin Uudessakaupungissa 4.8.2011. Koekenttään tarvittava materiaalmäärä on hyvin pieni noin 10 tonnia valmista mineraalista eristettä. Koekentän tehtävä on varmistaa suunnitellulla tiivistyskalustolla tarvittavan tiiveyden saavuttaminen (>92 % parannetusta proctor kokeesta).



*Kuva 2. sekoitusasema Mobi-Cutter 500*

Koekentästä otetuista materiaalinäytteistä tutkitaan myös vedenläpäisevyyden k-arvo. Koekentästä suositusten mukaan otetaan kaksi rinnakkaista vedenläpäisevyyšnäytettä, joiden täytyy alittaa VNp:n asettamat vaatimukset. Haasteena on, että jos varsinaisen mineraalisen tiivisrakenteen rakentaminen aloitetaan heti koekentän rakentamisen jälkeen ja jos koekentästä vasta noin 5-6 viikon päästä saatavat vedenläpäisevyyden tulokset eivät täytykään, niin täyttyykö vedenläpäisevyys samalla lailla tehdyssä rakenteessa.

Tästä syystä riippumattomat laadunvalvojat eivät usein anna lupaa varsinaisen tiivisrakenteen rakentamiseen ennen kuin koekentästä otettujen vedenläpäisevyyksien tulokset ovat selvillä. Munaistenmetsässä ei vedenläpäisevyyden tuloksia odoteltu, vaan aloitettiin heti varsinaisen rakenteen tekeminen. Tietysti urakoitsija otti riskin, eli jos vedenläpäisevyys ei täyty niin urakoitsija purkaa ja rakentaa tilalle uuden rakenteen omalla kustannuksellaan.

## **5.2 Mineraalieristeen laadunvalvonta**

Varsinaisesta pystyeristeseinästä oli työselityksessä määrätty otettavaksi yksi vedenläpäisevyyskoe jokaista alkavaa 100 neliometriä kohti eli yhteensä 6 kappaletta, koska rakennettavaa seinää oli 550 neliometriä. Ympäristöopas 36:ssa suositellaan otettavaksi kaatopaikan pohjarakenteista yksi näyte alkavaa 3000 neliometriä kohti (Syke 2002). Tässä tapauksessa yksi työn aikainen vedenläpäisevyyskoe olisi riittänyt. Työmaalla tehtiin kuitenkin työselityksen vaatimat vedenläpäisevyyden kokeet ilman tähän asiaan takertumista. Tutkittavia ja seurattavia asioita varsinaisesta rakenteesta ovat

- seoksen vesipitoisuus
- vedenläpäisevyys
- kuivatilavuuspaino
- sekoitettavien aineiden dokumentointi ja seoksen tasalaatuisuus
- pinnan tasaisuus.

Varsinaisesta rakenteesta otetut näytteet tutki Envitop Oy. Viimeiset näytteet otettiin 18.8.2011 ja ne saapuivat matkahuollolla Ouluun 30.8.2011. Viimei-

set vedenläpäisevyyksien tulokset valmistuivat 8.11.2011. Jos varsinaisesta rakenteesta otetuissa näytteissä olisivat vedenläpäisevyyden arvot olleet suuremmat kuin sallitut arvot ovat, niin urakoitsija olisi joutunut korjaamaan rakenteen asetettuja arvoja vastaamaan. Tällaisessa pystyesterakenteessa jo rakenteen esille kaivaminen noin 4 kuukauden kuluttua rakentamisesta olisi käytännössä ollut mahdotonta.



*Kuva 3. Mittausta kannettavalla LOADMAN pudotuspainolaitteella*

Materiaaleissa ei kannata säästää, koska se voi tulla maksamaan ainakin tuoplasti urakkasumman verran. Tässä korotuksessa vedenläpäisevyyden arvot olivat  $1,2 \cdot 10^{-10}$  –  $4,2 \cdot 10^{-11}$  m/s välillä, eli 5-16 kertaa vaadittavan rajan alle. Laadunvalvonnassa ei muutenkaan ollut huomauttamista rakennuttajan tai ulkopuolisen laadunvalvojan puolelta.

### **5.3 Muottikalusto**

Työselityksessä oli asennuskasetille annettu noin mitat 4000x1200x500 millimetriä. Tällainen asennuskasetti eli muotti saatiin vuokrattua uusikaupunkilaiselta Maanrakennus Kylä-Kailalta, joka oli urakoinut bentoniittiseinän korotuksen vuonna 2009. Vuokrattu muotti oli juuri työselityksessä annettujen mittojen mukainen. Tällä muotilla seinä korottui aika tarkasti yhden metrin verran kerrallaan. Muotin pituus ei olisi saanut olla paljoa pidempi tai se olisi vaikeuttanut työstettävyyttä huomattavasti. Suoralla osalla muotti olisi voinut olla 50-100 senttimetriä pidempi, mutta silloin kulman tekeminen olisi ollut todella vaikeaa. Muotissa piti olla irrotettava väliseinä, jonka sai painaa maahan kiinni ennen kuin muottia siirrettiin. Tiivistetty mineraalieriste ei olisi muuten irronnut muotista, vaikka muotti oli takapäältä hieman leveämpi kuin edestä.

Muottikalustoon olisi pieniä parannuksia voinut tehdä esimerkiksi kankaiden kiinnittämistä varten. Tätä ei kuitenkaan tehty, koska muottikalusto ei ollut omaa.





*Kuva 4. Muotti paikoillaan ja geosynteetit asennettuna*

Pystyeristeseinä rakennettiin kahdessa vaiheessa. Pystyeristeseinän rakentaminen yhdessä kerroksessa kahden metrin korotuksella olisi jo työturvallisuudenkin kannalta vaarallista. Työn toteuttaminen kahdessa kerroksessa on myös paljon helpompaa kuin yhdessä kerroksessa.

## 5.4 Seinän rakentaminen

Valmis mineraalieriste tulisi käyttää saman päivän aikana rakenteeseen. Se ei saa kastua, koska pinta liettyy voimakkaasti runsaan hienoainespitoisuuden takia. Kastunutta mineraalieristettä ei saa käyttää rakenteessa, koska bentoniitti on hydratoitunut eli kyllästynyt vedellä, ja ei näin ollen toimi tarkoituksen mukaisesti. Pienien sekoituserien tekeminen on suotavaa, koska jos sade yllättää, niin valmiiksi sekoitettu massa täytyy peittää välittömästi. Tämän vuoksi mineraalieristettä sekoitettiinkin aina vain päivän tarpeisiin vaadittu määrä.

Varsinainen seinän rakentaminen aloitettiin alueen pohjoiskulmasta. Valmistelevana työvaiheena vanha pystyeristeseinä täytyi kaivaa esille. Edellinen urakoitsija oli laittanut korotetun seinän päälle noin 70 senttimetriä leveän suodatinkankaan, jonka päälle oli laitettu 5-10 senttimetriä mursketta. Vanhan seinän paljastaminen oli helppoa, koska kaivinkoneella sai käännettyä suodatinkankaan pois rakenteen päältä. Suodatinkankaan alta paljastui puhdas mutta vettynyt rakenne. Rakenne oli kastunut, koska kaatopaikan jätetäyttö oli eristeseinän läheisyydessä tehty liian korkeaksi. Jätetäyttö pitäisi eristeseinän vieressä olla noin 30 senttimetriä seinää alempana, että kaikki jätetäytön päältä pintavaluntana tuleva vesi menisi kuivatuskerrokseen eli salaojamattoon.

Ennen muotin asennusta vettynyt rakenne poistettiin kaivinkoneella. Muotti asennettiin suoraan ja asennettiin muotin sisäpuolelle suodatinkangasrullasta katkaistu 1,5 metriä korkea rulla. Kaatopaikan puolelle asennettiin salaojamattorullasta leikattu 2,7 metriä pitkä ja rullan levyinen, eli 5 metriä leveä, kaistale. Näin tehtiin, jotta toista kerrosta rakennettaessa ei tarvitse asentaa salaojamattoja ja huolehtia saumoista. Riitti, että vain käännettiin toista kerrosta rakennettaessa salaojamatto muottia vasten pystyyn.

Ennen mineraalieristeen laittamista muottiin täytyy tukirakenteet tehdä murskeesta muotin ympärille, jottei muotti kallistu täyttämisen ja tiivistämisen aikana. Tämän jälkeen mineraalieristettä voidaan laittaa muottiin. Mineraalie-

ristettä täytyy laittaa muottiin kolmessa kerroksessa, että saavutetaan tiivistyskalustolla tarvittava tiiveys. Tiivistyskalustona meillä oli 260 kiloa painava tärylevy, jonka levy oli kavennettu muottiin sopivaksi. Rakenteen tiiveyttä tarkkailtiin 20 neliömetrin välein. Ylityskertoja yhteen kerrokseen tarvittiin viisi kappaletta, jotta saavutettiin vaadittu yli 92 prosentin tiiveysaste.



*Kuva 5. Mineraalieristeen tasoitus ennen tiivistystä*

Tiiveyden todentamiseen oli ajateltu käytettäväksi Troxler-säteilymittaria. Ongelmia tuli heti teräksestä tehdyn muotin sisällä mittaamisessa. Säteily luultavasti heijastui voimakkaasti takaisin teräslevyistä, koska mittauksen tulokset olivat epäuskottavia. Tiiveydeksi mittalaite näytti noin 30 prosenttia ja kosteuspitoisuudeksi 140 prosenttia. Ulkopuolisen laadunvalvojan kanssa sovittiin, että tiiveyden todentamiseen voidaan käyttää muitakin menetelmiä. Tiiveyksiä todennettiin hiekkavolymetrimittauksilla sekä kannettavalla Loadman-painonpudotuslaitteella. Tiiveyden todentamisessa ja saavuttamisessa ei ollut tämän jälkeen ongelmia. Troxler-mittalaitteella tiiveyttä ja vesipitoisuutta pystyttiin todentamaan korotetun kerroksen päältä, kun muottia oli siirretty.



*Kuva 6. Mineraalisen tiivisrakenteen tiivistämistä muottiin*

Muotti siirtyi yllättävän helposti kaivinkoneella vetämällä. Muotin siirtokalustonona käytimme 15 tonnin painoista telakaivinkonetta (KKHt14). Väliseinän paikallaan pitämiseen käytössä oli 5,5 tonnin painoinen telakaivinkone

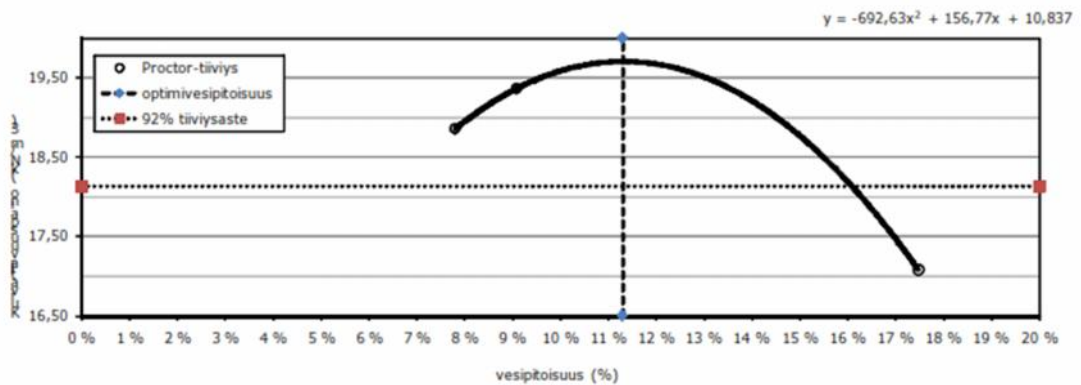
(KKHt05). Kalusto oli sopivankokoista eikä ainakaan ylimitoitettua. Mineraalieristeen ja tukirakenteen siirtokalustona käytössä oli 19,5 tonnin painoinen pyöräkone (KUP 150). Muuta konekalustoa ei käytössämme ollut. Ainoastaan pyöräkoneen kapasiteetti oli ajoittain rajallinen. Tilannetta korjasi geosynteettien asetteleminen paikoilleen sekä muotin siirto. Oikein organisoituna työ oli sujuvaa.

Ensimmäisen kerroksen työsaavutus oli noin 4-5 minuuttia/metri. Toisen kerroksen työsaavutus oli noin 10-20 prosenttia pienempi, koska salaojamatto tarvitsi vain kääntää muottia vasten pystyyn ja tarkistaa sivujen saumat.



*Kuva 7. Salaojamaton puskusauma*

Korotustyötä tehtäessä havaittiin muutamia haasteita. Muotin täytyi olla tarkasti suorassa, ennen kuin täyttöö ja tiivistystä tehtiin. Muutoin muotti kallistui huomattavasti lisää siirrettäessä.



Kuva 8. Parannettu proctor koe

Mineraalinen tiivisrakenne tiivistyi muottiin hyvin kosteuden ollessa 8-11 prosenttiyksikköä. Vesipitoisuuden ollessa yli 12 prosenttiyksikköä mineraalisen tiivistyskerroksen massa taas jäi muotin seiniin kiinni eikä tahtonut lähteä siitä irti millään. Vähäininkin vesisade häytti massan tiivistystä muottiin niin, ettei korotustyötä voinut tehdä. Mineraalieristeen täytyi irrota muotista suhteellisen helposti tai korotus seinä katkesi muotin takapäin kohdalta. Katkenneen seinän korjaaminen vaati huomattavan paljon aikaa ja työtä. Katkennut rakenne korjattiin käsityönä lapiolla kaivamalla kyseisestä kohdasta massaa pois, laittamalla uutta massaa tilalle ja tiivistämällä se uudelleen. Seinän aloituksen ja lopettamisen tekeminen oli aikaa vievää ja hankalaa. Valmis seinä täytyi lopuksi peittää. Peittäminen suoritettiin samanlaisella rakenteella kuin edellinenkin urakoitsija oli seinän peittänyt.



*Kuva 9. Valmiin pystyeristeseinän peittämistä*

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Laadukas kaatopaikkarakentaminen alkaa jo hankkeen alusta saakka. Asiantuntevan suunnittelijan täytyy osata tehdä laadukkaat suunnitelmat sekä laatia ymmärrettävät työselitykset. Riippumattoman laadunvalvojan pitäisi olla jo tässä vaiheessa hanketta mukana, että hän voisi tarvittaessa opastaa suunnittelijaa suunnitelmien teossa ja materiaalien valinnassa. Näin ei valitettavasti aina kuitenkaan ole.

Rakennuttajan tulee lähettää tarjouspyynnöt riittävän ajoissa, jotta hankkeen ennakkovalmisteluihin jää urakoitsijoilla riittävästi aikaa. Kuten edellä tuli jo mainittua, mineraalisen tiivisrakenteen onnistumisen kannalta on tärkeää rakentaa se laadukkailla ja hyvin työstettävillä materiaaleilla. Tiettyä etua taloudelliselta kannalta tuo mahdollisimman pienen vedenläpäisevyyden omaavan materiaalin löytäminen. Isoissa määrissä jo yhden prosenttiyksikön vähentäminen bentoniitissa vaikuttaa satojatuhansia euroja lopputuloksessa. Varsinaista rakennustyötä ei kannata jättää myöhäiseen syksyyn epävakaiden ilmojen takia. Päivän työsaavutukseen voi huonoissa oloissa mennä koko viikko.

Kaatopaikka rakennushankkeena on todella vaativa ja vaatii kaikkien osapuolten asiantuntemusta. Pienikin virhe voi kostautua esimerkiksi geosyn-teettien hyväksymisessä tai asennuksessa. Kaatopaikkarakentamisen riskit ovat todella suuret, oli kyse sitten kaatopaikan pohjarakentamisen mistä työvaiheesta tahansa. Tietysti riskejä voidaan pienentää asiantuntevan urakoitsijan sekä riippumattoman laadunvalvojan avulla.

Tässä korotustyössä käytetyt materiaalit olivat käyttötarkoitukseen sopivia. Geosyn-teettiset tuotteet täyttivät niille asetetut vaatimukset. Moreeni oli hämmästyttävän hyvä laatuista ja jopa ennakkokokeissa asetettuja odotuksia parempaa. Tässä korotustyössä käytettyjä materiaaleja voi suositella käytettäväksi jatkossakin.



## LÄHTEET

Leppänen, M. 2011. Suullinen tiedonanto. Geosynteettikoulutus 2010-11.

Ravaska, A. 2010. Kaatopaikan tiivistysrakenteiden laadunvarmistuskoulutuksen tarve ja organisointi. Diplomityö. Tampere: Tampereen Teknillinen Yliopisto. Saatavissa: [www.tut.fi](http://www.tut.fi).

SYKE 2002. Kaatopaikan tiivistysrakenteet. Ympäristöhallinnon ohjeita 36. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. Saatavissa: [www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=12513&lan=FI](http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=12513&lan=FI).

# LIITTEET

Liite 1: Vedenläpäisevyyden koetulos