



# **MUOVI KEINOTEKOISENA ERISTEENÄ**

Yleiset työohjeet työmaalle

Joonas Huhtanen

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2011  
Rakennustekniikka  
Infrarakentaminen  
Tampereen ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Infrarakentaminen

HUHTANEN, JOONAS: Muovi keinotekoisena eristeenä – Yleiset työohjeet työmaalle

Opinnäytetyö 34 s. ja liitteitä 15 s.  
Huhtikuu 2011

---

Tässä opinnäytetyössä käsitellään muun muassa kaatopaikoilla, huoltoasemien pohjissa sekä pohjavesialueiden suojaamisessa käytettävien muovisten keinotekoisien eristeiden ominaisuuksia sekä niiden työmaakäyttöä.

Kaatopaikkojen rakentamisessa, huoltoasemien pohjissa sekä pohjavesialueiden suojaamisessa käytettävien muovisten keinotekoisien eristeiden työmaaohjeistus on ollut erittäin puutteellista. Samaan aikaan työskentelemässä on ollut eritasoisia työntekijöitä, joiden työtavat ovat vaihdelleet suuresti.

Työn tavoitteena oli tuottaa YIT Infrarakentamiselle toimivia ja kattavia yleisohjeita, joita pystytään käyttämään apuna työnjohtajien ja työntekijöiden perehdyttämisessä. Yleisohjeet on tarkoitettu muokata työnopastuskorteiksi, joita voidaan käyttää apuna YIT Infrarakentamisen työmailla. Työnopastuskorttien on tarkoitus käsitellä kalvoasennuksen pohjatöitä, kalvorullien varastointia sekä käsittelyä, tiivistyskalvon levittämistä ja saamaamista sekä suojakerroksen asentamista.

Teoreettiset aineistot ja kaatopaikka-alan ammattilaisten kanssa käydyt keskustelut ovat osoittaneet, että teoreettiset aineistot ovat ristiriidassa käytännön toteutuksen kanssa. Samalla kaatopaikkarakentamista koskevia suomenkielisiä työohjeita on todella vähän saatavilla. Opinnäytetyössä on pyritty siihen, että työnopastuskortit olisivat mahdollisimman selkeitä ja kokematonkin rakentaja saisi niistä mahdollisimman suuren hyödyn.

Kaatopaikkoja rakennettaessa tiivistyskerroksen ja keinotekoisien eristeiden merkitys on erittäin suuri. Niiden korjaaminen jälkikäteen on hankalaa ja kallista. Työnopastuskorttien avulla työmaatoimintaa on mahdollista tulevaisuudessa tehostaa ja samalla virheiden määrää pystytään vähentämään.

---

Asiasanat: kaatopaikka, tiivistyskerros, tiivistyskalvo, työohje, muovi, keinotekoinen eriste.

## ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences  
Bachelor of Engineering in Construction Sciences  
Option of Civil Engineering

HUHTANEN, JOONAS: Plastic as a Synthetic Insulation Material – General Working Instructions for the Construction Site

Bachelor's Thesis 34 pages and 15 appendixes  
April 2011

---

This thesis deals with properties of plastic synthetic insulation materials and how they are used in construction sites inter alia like landfills, groundwork of gas stations and protection of groundwater basins.

Construction site instructions of plastic synthetic insulation materials used in building of landfills, groundwork of gas stations or protection of groundwater basins has been very incomplete. At the same time there have been construction workers and foremen whose professional knowledge and working manners differ.

The aim is to produce functional and comprehensive general instructions for YIT Infrastructure Construction which can be used to familiarize the construction workers and foremen. The plan was to modify the general instructions to job control guides for YIT working sites. These job control guides deal with sequential subjects preliminary work for laying of the synthetic isolation, storage and handling of isolation materials, laying and welding of isolation materials and installation of protective layer.

Theoretical materials and discussions with landfill professionals have shown that the theoretical data are inconsistent with the practical implementation. At the same time the Finnish version of work instructions to build the landfill is poorly available. The aim of this thesis was to get job control guides as clear as possible so inexperienced builder should get the maximum benefit.

Building the landfills the meaning of the sealing layer and synthetic layer is very important. Repairing of those layers afterwards is difficult and expensive. With help of these job control guides it is possible to improve working in the future and at the same time number of errors could reduce.

---

Keywords: Landfill, sealing layer, general instruction, plastic, synthetic insulation.

## SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ .....	2
SISÄLLYS .....	4
KÄSITTEITÄ .....	5
1 JOHDANTO .....	7
1.1 Työn tausta .....	7
1.2 Tavoitteet ja rajaus .....	7
2 MUOVIERISTEET .....	9
2.1 Polyeteeni (PE).....	11
2.2 Polypropeeni (PP) .....	13
2.3 Polyvinylikloridi (PVC) .....	13
3 TYÖN SUORITUS .....	14
3.1 Kalvon asennuksen pohjatyöt (mineraalinen tiivistyskerros) .....	14
3.3 Muovikalvon asennus.....	20
3.4 Luiskat ja ankkurointi .....	22
3.5 Saumaus .....	23
3.6 Suojarakenne .....	25
3.6.1 Suojageotekstiili.....	26
3.6.2 Suojarakenne.....	27
4 LAADUNVARMISTUS JA DOKUMENTOINTI.....	28
4.2 Käytettävät asennuslaitteet.....	29
4.3 Tiivistysrakenteen ja sen saumojen koestus.....	30
4.4 Laadunvarmennusasiakirjat.....	30
5. JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOTOIMENPITEET .....	32
LÄHDELUETTELO .....	33
LIITTEET .....	34

## KÄSITTEITÄ

### **bentoniitti**

Bentoniitti on luonnossa esiintyvä savi, joka sisältää 70...90 % montmorilloniittisavi-mineraalia. Bentoniitin käyttö tiivistysrakenteissa perustuu sen kykyyn paisua moniker-  
taiseksi kastuessaan.

### **CSPE**

Klorosulfanoitu polyeteeni

### **fPP**

taipuisa polypropeeni

### **geomembraani**

Geomembraaneilla tarkoitetaan maahan tai veteen asennettavia ohuita, taipuisia tiivistyskalvoja, jotka on yleensä valmistettu polymeereistä tai bitumista. Geomembraanien ensisijainen toiminta on nesteiden tai kaasujen eristäminen.

### **HDPE**

Korkeatiheyksinen polyeteeni

### **keinotekoinen eriste**

Keinotekoisena eristyskerroksena voidaan käyttää geosynteettisiä kalvoja tai tiivistä asfalttia.

### **LDPE**

matalatiheyksinen polyeteeni

### **LLDPE**

Lineaarinen matalatiheyksinen polyeteeni

### **MDPE**

Keskikorkeatiheyksinen polyeteeni

**laadunvarmistus**

Laadunvarmistuksen avulla pyritään takaamaan, että hankkeen lopputulos täyttää sille asetetut vaatimukset ja voimassa olevat määräykset.

**laadunvalvonta**

Laadunvalvonnalla osoitetaan, että toteutus noudattaa suunnitelmia ja työselityksissä asetettuja vaatimuksia.

**mineraalinen tiivistyskerros**

Mineraaliaineksesta rakennettu tiivistyskerros

**PP**

Polypropeeni

**PVC**

Polyvinyylikloridi

**suojageotekstiili**

Paksu geotekstiili, tavallisesti huopamainen kangas, jonka tehtävänä on suojata esim. geomembraania.

**suojakerros**

Suojakerroksen tehtävänä on suojata geomembraania muun muassa teräviltä esineiltä, maarakeilta, työkoneilta, hapettumiselta, UV-säteilyltä, lämpötilan vaihteluilta sekä tasoittaa epätasaisen kuormituksen vaikutuksia.

**tiivistyskerros**

Tiivistyskerros on pohjaveden suojausrakenne, jonka suojausvaikutus perustuu alhaiseen läpäisevyyteen.

**VLDPE**

Erittäin matalatiheksinen polyeteeni

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta

YIT:lle on käynyt ilmi, että kaatopaikkojen rakentamisessa, huoltoasemien pohjissa sekä pohjavesialueiden suojaamisessa käytettävien muovisten keinotekoisten eristeiden työmaaohjeistus on ollut erittäin puutteellista. Samaan aikaan työskentelemässä on ollut eritasoisia työntekijöitä, joiden työtavat ovat vaihdelleet suuresti.

Tämä työ on tehty YIT Infrarakentamiselle sekä opinnäytetyönä Tampereen ammattikorkeakoululle. Työ käsittelee muun muassa kaatopaikoilla, huoltoasemien pohjissa sekä pohjavesialueiden suojaamisessa käytettävien muovisten keinotekoisten eristeiden ominaisuuksia sekä niiden työmaakäyttöä.

Kaatopaikan tiivistysrakenne on vaativa rakenne, jonka rakentaminen edellyttää ammattitaitoa, kokemusta sekä koulutusta. YIT:n Infrarakentaminen on halunnut teettää työnopastuskortteja liittyen muovimateriaaleihin, joita käytetään keinotekoisena eristeenä, jotta tulevaisuudessa YIT:n työmailla myös vähemmän kokemusta omaavat työntekijät ja -johtajat voisivat työskennellä kaatopaikkarakenteiden parissa.

## 1.2 Tavoitteet ja rajaus

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutustua esimerkiksi kaatopaikkojen ja huoltoasemien tiivistysrakenteissa sekä pohjavesialueiden suojaamisessa käytettäviin tiivistyskalvoihin. Näiden muovikalvojen tehtävänä on suojata pohjavesiä ulkoiselta kuormitukselta. Työn tarkoituksena on tuottaa työmaalle toimivia ja kattavia yleisohjeita, joita pystytään käyttämään apuna työnjohtajien ja -tekijöiden perehdyttämisessä. Yleisohjeet on tarkoitus muokata työnopastuskorteiksi, joita voidaan käyttää apuna YIT Infrarakentamisen työmailla. Työnopastuskorttien on tarkoitus käsitellä kalvoasennuksen pohjatöitä, kalvorullien varastoimista sekä käsittelyä, tiivistyskalvon levittämistä ja saumaamista sekä suojakerroksen asentamista.

Koska tiivistyskerroksessa käytettäviä materiaaleja on useita, on tässä työssä tarkoituksena tutustua vain tiivistyskerroksessa keinotekoisina eristeinä käytettäviin muoveihin. Tämä johtuu siitä, että tiivistyskerroksien tekemisen aikana tehdyt virheet tulevat hyvin kalliiksi, jos niitä ei havaita valmistusvaiheessa. Rajaus on tehty, jotta nimenomaan tällaisen työvaiheen riskit ja virheet pystyttäisiin minimoimaan jo työn aikana.

## 2 MUOVIERISTEET

Keinotekoinen eriste täydentää mineraalista tiivistyskerrosta pidättäen erilaisia aineita sekä tehostaen suotovesien keräilyä. Mineraalisesta tiivistyskerroksesta ja geosynteettisestä tiivistyskalvosta koostuvan yhdistelmä rakenteen periaatteena on, että synteettinen tiiveys pidättää joitakin haitta-aineita, esimerkiksi orgaanisia yhdisteitä, joita mineraalilla tiivistyskerroksella ei voida pidättää. Yhdistelmä rakenne estää haitta-aineiden kulkeutumista tehokkaammin kuin yksittäinen rakenne erikseen. (Suomen ympäristökeskus (SYKE). 2002. Ympäristöhallinnon ohjeita 36. Kaatopaikan tiivistysrakenteet.)

Keinotekoisena eristeenä käytetään yleensä tiivistyskalvoa, jonka paksuus on vähintään 2,0 mm. Tiivistyskalvo valmistetaan HDPE:stä tai muusta materiaalista, jolla on riittävä kemiallinen kestävyys. (SYKE 2002.)

Keinotekoinen eriste tulee suojata mekaanisilta vaurioilta suojakerroksen ja/tai suoja-kankaan avulla (SYKE 2002).

Kaatopaikkakäyttöön soveltuvia keinotekoisena eristeenä käytetään geomembraaneja, jotka ovat ohuita muovi- tai kumikalvoja, joiden tehtävänä on estää nesteen tai kaasun kulkeutuminen kalvon läpi. Hiilimustan tärkein tehtävä on parantaa UV-säteilyn kestävyttä. Antioksidantit suojaavat polymeerejä hapettumiselta valmistuksen ja käytön aikana. (Suomen Geoteknillinen Yhdistys, Tampereen Teknillinen Yliopisto, Suomen Ympäristökeskus 2011. Geosynteetti-koulutus 2011 .)

Seuraavassa taulukossa on käsitelty erilaisten geomembraanimuovien hyviä ja huonoja puolia. Asioita jotka tulee ottaa huomioon valittaessa tiivistyskalvomateriaalia.

TAULUKKO 1. Tiivistyskalvojen hyvät ja huonot puolet (Sheirs, J. 2009. Guide to polymeric geomembranes, muokattu.)

MUOVIT	EDUT	RAJOITUKSET
HDPE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ylivoimainen kemiallinen kestävyys</li> <li>- Hyvä hitsaussauman kestävyys</li> <li>- Hyvät ominaisuudet matalissa lämpötiloissa</li> <li>- Suhteellisen halpa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Altiis jännityssäröilylle</li> <li>- Lämpölaajeneminen suurta - Huono puhkaisukestävyys</li> <li>- Huonot moniakksiaaliset rasisusominaisuudet</li> <li>-Jäykkä, vaikea asentaa</li> </ul>
LLDPE	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Parempi joustavuus kuin HDPE:llä - Helpompi levittää kuin HDPE</li> <li>- Hyvä rasisuksen kestokyky ja moniakksiaaliset rasisusominaisuudet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Keskinkertainen UV- kestävyys verrattuna HDPE:en</li> <li>-Keskinkertainen kemiallinen kestävyys verrattuna HDPE:en</li> </ul>
fPP	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Voidaan taitella jo tehtaalla, jolloin vähemmän saumoja</li> <li>-Erinomaiset moniakksiaaliset venymäominaisuudet</li> <li>-Hyvä joustavuus</li> <li>-Laaja saumauslämpötila-alue</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Rajoitettu kestävyys hiilivedylle ja kloorivedelle</li> </ul>
PVC	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Hyvä työstettävyys ja asennus ominaisuudet</li> <li>-Helppo saumata</li> <li>-Voidaan taitella/laskostaa, joten vähemmän työmaalla tehtäviä saumoja</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Huono kestävyys UV:lle ja otsonille, ellei erityisesti valmistettu</li> <li>-Huono kestävyys vanhenemiselle</li> <li>-Huono suorituskyky korkeissa ja matalissa lämpötiloissa</li> </ul>
CSPE	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Erinomainen UV- ja otsonin kestävyys</li> <li>-Hyvä suorituskyky matalissa lämpötiloissa</li> <li>-Hyvä kestävyys kemikaaleille, hapoilte ja öljyille</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Ei voi lämpöhitsata kovenemisen jälkeen</li> </ul>
EPDM	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Hyvä UV- ja otsonin kestävyys</li> <li>-Hyvät kestävyysominaisuudet</li> <li>-Toimii hyvin matalissa lämpötiloissa</li> <li>-Helppo levittää</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Alhainen kestävyys öljyille, hiilivedylle ja liuottimille</li> <li>-Huono sauman laatu</li> </ul>

Pelkkä polymeerityypin ilmoittaminen ei riitä kuvaamaan siitä valmistettavan tiivistyskalvon ominaisuuksia. Valmistustavoista riippuen tiivistyskalvon ominaisuudet saattavat poiketa samastakin peruspolymeeristä valmistettuina. Lisäksi valmistuksen aikana tuotteisiin lisätään erilaisia lisäaineita, joilla parannetaan sekä massan valmistuksen aikaisia ominaisuuksia että valmiin tuotteen ominaisuuksia ja käyttäytymistä. Lisäaineet

ovat stabilaattoreita, pehmentämis- ja plastisointiaineita, kiihdyttimiä, liukastusaineita, ilmastonkestokykyä parantavia aineita, väriaineita ja niin edelleen. Esimerkiksi UV-säteilyn kestävyuden parantamiseksi lisätään 2...3 % hiilimustaa. Kierrätysmateriaaleja ei käytetä tiivistyskalvojen raaka-aineina, koska ne heikentävät tuotteen laatua. (SYKE 2002.)

## 2.1 Polyeteeni (PE)

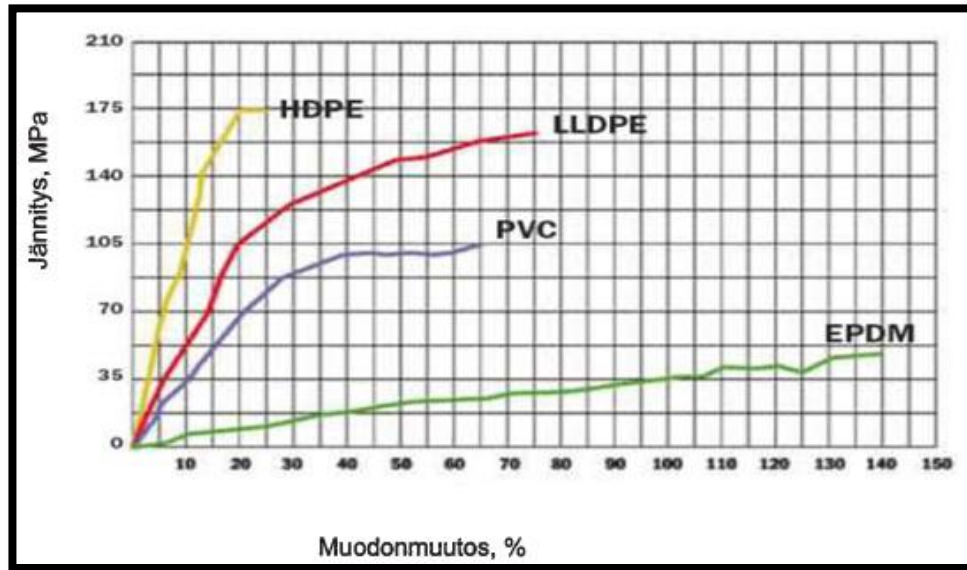
Polyeteeni koostuu pitkistä lineaarisista metyleeniketjuista. Polyeteenin kristalloitumisaste vaikuttaa tuotteen ominaisuuksiin. Ketjun sivuhaarojen määrän kasvaessa kristalloitumisaste alenee. Erot eri polyeteenien välillä johtuvat juuri ketjun sivuhaarojen eli kristalloitumisasteiden eroista. Sivuhaarojen määrän kasvaessa myös tiheys alenee. Tiheyden perusteella erotellaan kolme pääryhmää: LDPE, LLDPE, HDPE. (Rathmayer. H, Juvankoski. J, Geosynteettiset tuotteet georakentamisessa 1992.)

Kaatopaikka rakentamisessa käytettäviä polyeteeneitä:

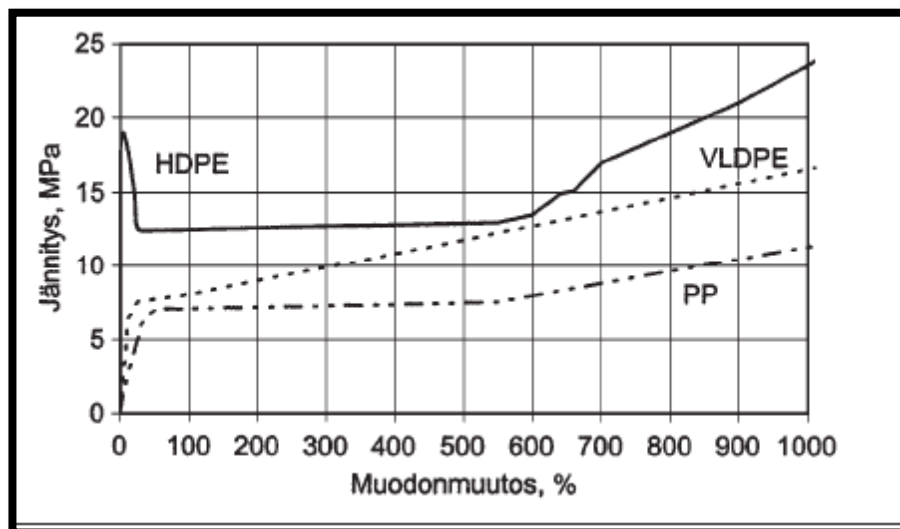
- HDPE (korkeatiheksinen polyeteeni) tiheys  $0,940 < \text{g/cm}^3$
- MDPE (keskikorkeatiheksinen polyeteeni) tiheys  $0,926 - 0,940 \text{ g/cm}^3$
- LLDPE (lineaarinen matalatiheksinen polyeteeni) tiheys  $0,919 - 0,925 \text{ g/cm}^3$
- LDPE (matalatiheksinen polyeteeni) tiheys  $0,910 - 0,915 \text{ g/cm}^3$
- VLDPE (erittäin matalatiheksinen polyeteeni) tiheys  $0,880 - 0,910 \text{ g/cm}^3$
- CSPE (klorosulfanoitu polyeteeni)

Näistä yleisimmin käytettävät polyeteenit kaatopaikkarakentamisessa ovat HDPE- ja LLDPE-kalvot. Suurin osa HDPE- kalvoista on tehty MDPE- raaka-aineista. Hiilimustan ja lisäaineiden lisääminen nostaa tiheyden yli  $0,940 \text{ g/cm}^3$ . Tiheydellä on suuri merkitys polyeteenin ominaisuuksiin. Korkeatiheksiset polyeteenit, esimerkiksi HDPE ovat jäkkiä, mutta kemiallisesti kestäviä, kun taas esimerkiksi LLDPE on joustavampaa, mutta ei kestä kemikaaleja samalla tavalla kuin esimerkiksi HDPE. Kuviossa 1 on tarkasteltu eri geomembraanien venymäominaisuuksia moniaksaalisella rasituskokeella ja

kuviossa 2 on tarkasteltu venymäominaisuuksia yksiakselisella vetokokeella. (Geosynteetti-koulutus 2011; SYKE 2002.)



KUVIO 1. Moniakseliset rasiuskokeet (Geosynteetti-koulutus 2011)



KUVIO 2. Yksiakselinen vetokoe (SYKE 2002)

## 2.2 Polypropeeni (PP)

Polypropeeneille on luonteenomaista hyvä kemiallinen kestävyys, mikäli kemikaalien konsentraatio on kohtuullinen. Vesi ei vaikuta propeenin lujuteen. Polypropeenin heikkoutena sen sijaan on suuri taipumus virumiseen ja heikko valonkestävyys stabiloimatta. (Rathmayer. H, Juvankoski. J, Geosynteettiset tuotteet georakentamisessa. 1992.)

Polypropeenin kemiallinen kestävyys ei ole yhtä hyvä kuin polyeteenin. Vesi ei vaikuta polypropeenin lujuteen. Polypropeenin heikkoutena on suuri taipumus virumiseen ja heikko valonkestävyys stabiloimatta. (Geosynteetti- koulutus, 2011.)

Polypropeeni ei ole yhtä herkkä jännityshalkeilulle kuin polyeteeni. Sillä ei ole jännitysmuodonmuutoskuvaajassa samanlaista myötäkohtaa kuin HDPE:llä (kuva). Puhkaisukokeessa polypropeeniin muodostuu suuria venymiä, kun taas HDPE:n puhkaisulujuus on suuri, mutta venymä pieni. Polypropeenia voidaan saumata alhaisissakin lämpötiloissa, jopa  $-9^{\circ}\text{C}$ . Polypropeenin lämpölaajeneminen on vähäisempää kuin HDPE- ja VLDPE- kalvon. (SYKE 2002.)

## 2.3 Polyvinyylidikloridi (PVC)

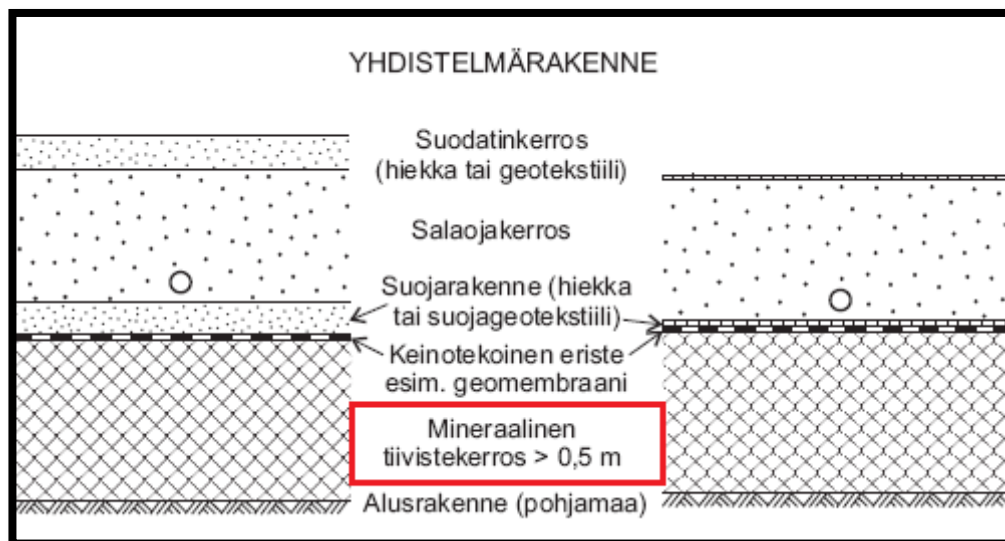
Polyvinyylidikloridia valmistetaan polymeroimalla vinyylidikloridia ja lämmittämällä sitä paineen alaisena. Vinyylidikloridia syntyy eteenin ja kloorin reaktiossa. PVC on hyvin jäykkä materiaali, mutta plastisointiaineita käyttämällä se saadaan taipuisaksi. PVC on hyvin vastustuskykyinen mekaanista kulutusta ja kemikaaleja vastaan. Haittapuolena on huono ilmastonkestävyys ja haurastumisherkyys alhaisissa lämpötiloissa. Myös kylmänkestävää polyvinyylidikloridia voidaan valmistaa. PVC:tä on käytetty jonkin verran kuitukankaiden valmistukseen, mutta etupäässä siitä valmistetaan geomembraaneja, salaojaputkia ja yhdistelmätuotteiden osia. (Rathmayer, Juvankoski. 1992.)

### 3 TYÖN SUORITUS

Seuraavissa alaotsikoissa on tarkasteltu tiivistyskalvon eri työvaiheita työmaalla. Lisäksi pohjatyöt ja suojarakenne ovat otettu mukaan, jolloin tiivistyskalvo on niin sanotusti paketoitu yhdeksi kokonaisuudeksi pohjarakenteen ja suojakerroksen kanssa.

#### 3.1 Kalvon asennuksen pohjatyöt (mineraalinen tiivistyskerros)

Alla olevassa kuvassa on esitetty tiivistyskerroksen sijainti yhdistelmä rakenteessa.



KUVA 1. Mineraalisen tiivistyskerroksen sijainti yhdistelmä rakenteessa (SYKE 2002, muokattu.)

Kaatopaikkarakenteen pohjatyöt aloitetaan kuorimalla pois pinnassa oleva humuskerros, jossa on juuristoa ja epähomogeenisuutta. Pintamaiden poisto ulotetaan myös pengerrakenteiden alle. Poiston yhteydessä muotoillaan pinta suunnitelmien mukaiseksi. Alueilla, joilla laatuvaatimukset eivät täyty, korvataan heikkolaatuinen maa-aines vähintään 0,5m syvyyteen suunnitelmatasosta. Kaivutyön yhteydessä tehdään laadunvarmistuskokeita, joilla varmistetaan vedenläpäisevyys-, vesipitoisuus-, kuivumiskutistuma- ja tiivistymisvaatimusten täyttyminen sekä materiaalin homogeenisuus. (SYKE 2002.)

Täydentävä tiivistyskerros rakennetaan yleensä tuoduista materiaaleista tasatun ja kantavan pohjamaan (alusrakenteen) päälle. Suomessa kaatopaikkoja rakennettaessa yleisimmät vaihtoehdot mineraaliselle tiivistyskerrokselle ovat:

- luonnon savi- ja moreenialueet
- savirakenteet
- maabentoniittirakenteet
- erilaiset teollisuuden sivutuotteet. (SYKE 2002; Virta 2011.)

Ennen mineraalisen tiivistyskerroksen rakentamista tarkistetaan, että alusrakenteen (pohjamaan) muotoilu, korkeustaso, tiiviys ja kantavuus vastaavat suunnitelmia. Mineraalisen tiivistyskerroksen paksuuden valvontaa varten mitataan alusrakenteen yläpinnan (mineraalisen tiivistyskerroksen pohjan) sijainti (X, Y, Z) suunnitelmissa esitetyllä tarkkuudella. Alusrakenteen kantavuus tarkistetaan esim. levykuormituskokeilla. (SYKE2002.)

#### Luonnon savi- ja moreenialueet

Savi- ja moreenialueet saattavat täyttää mineraaliselle tiivistyskerrokselle asetetut läpäisevyys- ja paksuusvaatimukset, jolloin täydentävää mineraalista tiivistyskerrosta ei tarvita. Luonnon maapohja voidaan hyväksyä mineraaliseksi tiivistysrakenteeksi, mikäli pohjamaan kantavuus ja painumat suunnitellulla kuormituksella ovat sallituissa rajoissa. Pohjamaan ominaisuudet varmistetaan kairauksilla ja laboratoriokokeilla. Tosin Suomessa on erittäin harvinaista, että olemassa oleva maapohja täyttäisi, niin kantavuus-, läpäisevyys- sekä paksuusvaatimukset. (SYKE 2002; Virta 2011.)

#### Savirakenteet

Saven hyviä ominaisuuksia tiivistyskerroksen materiaalina ovat sen plastisuus, pitkäaikaiskestävyys sekä pieni vedenläpäisevyys. Saven geotekniset ominaisuudet tekevät siitä kuitenkin haastavan rakennusmateriaalin. Työstettävyyden kannalta saven vesipitoisuudella on suuri merkitys. Savea voidaan käyttää tiivistysrakenteessa, jos savea on saatavilla. Ongelmana on usein löytää sopivaa savea tarpeeksi läheltä tarpeeksi paljon. (Sipilä, L. 2010. Kaatopaikkarakenteiden laadunvalvonta. Tampereen Teknillinen Yliopisto. Diplomityö.)

### Maabentoniittiseos

Maabentoniitilla tarkoitetaan luonnon maa-ainesta, jonka ominaisuuksia on parannettu sekoittamalla siihen bentoniittia. Bentoniitti on yleisesti käytetty nimitys montmorillonitiittimineraaleista koostuvalle savelle, jonka tärkein ominaisuus tiivistysrakenteen kannalta on sen kyky kasvattaa tilavuuttaan kastuessaan. Bentoniitti sekoitetaan luonnonmaahan jauheena ja seos tiivistetään kuten luonnon maarakenne. Tarvittava bentoniittimäärä riippuu runkoaineksen rakeisuudesta ja tiivistysolosuhteista. Koska bentoniitti on huomattavasti mineraalista maa-ainesta kalliimpaa, on taloudellisesti kannattavaa käyttää bentoniittia vain minimimäärä, jolla saavutetaan vaadittu vedenläpäisevyys. Bentoniittimäärän minimoimisesta johtuen pienetkin sekoittamisessa tapahtuneet annosteluvirheet ja huonosti sekoittuneet tai tiivistyneet osuudet aiheuttavat rakenteeseen kohtia, jotka eivät täytä läpäisevyysvaatimuksia. (Sipilä 2010.)

Alusrakenne tasoitetaan hyvin ennen mineraalisen tiivistyskerroksen levittämistä materiaalikustannusten minimoimiseksi. Alusrakenteessa ei saa olla esiin työntyviä lohkareita tai suuria kiviä, kosteita painanteita tai muita paikallisia epätasaisuuksia.

(SYKE 2002.)

Mineraalinen tiivistyskerros rakennetaan suunnitelmien mukaisesti useana tiivistettävänä, tavallisesti 250 mm, kerroksena. Tasalaatuinen massa levitetään suunniteltuun kerrospaksuuteen esimerkiksi tiehöylällä. Tiivistämiseen käytetään koetivistyspenkereen perusteella valittua tiivistyskalustoa. Tiivistysvaatimuksena on vähintään 95 % standardi Proctor-sullonnalla saadusta maksimikuivatilavuuspainosta. Tiivistystulosta seurataan laadunvalvonta-ohjelman mukaisesti. Tiivistetty kerros suojataan välittömästi kuivumisen, eroosion ja jäätyminen vahingoittavalta vaikutukselta. Työn keskeytyessä on ryhdyttävä toimenpiteisiin mineraalisen tiivistyskerroksen kastumisen tai kuivumisen estämiseksi. Jos näin tapahtuu varotoimenpiteistä huolimatta, vahingoittunut, vettä tai kuivunut materiaali kaivetaan pois ja korvataan vaatimukset täyttävällä materiaalilla. (SYKE 2002.)

Tiivistyskalvon asennusalustana olevan mineraalisen tiivistyskerroksen yläpinnan tulee täyttää sille asetetut vaatimukset. Mineraalisen tiivistyskerroksen pinnan tasaisuuteen on

kiinnitettävä erityistä huomiota. Puutteellisesta tiivistämisestä, pinnan kuivumisesta tai kastumisesta aiheutuva irtonainen mineraaliaines saattaa muodostaa haitallisen vettä johtavan kerroksen kalvorakenteen alle, ellei sitä poisteta. Tiivistäminen on helpompaa ja kuivuminen hitaampaa, jos mineraalinen tiivistyskerros tiivistetään hieman optimivesipitoisuutta kosteampana ja keinotekoinen eriste levitetään välittömästi mineraalisen tiivistyskerroksen päälle. (SYKE 2002.)

Päivittäinen työtulos hyväksytetään työn valvojalla ja kirjataan ylös. Mineraalisen tiivistyskerroksen rakentamista ohjataan jatkuvalla laadunvalvonnalla, jolla varmistetaan vaaditun korkeustason, kaltevuuden, tiivistystuloksen, vedenläpäisevyyden ja kerrospaksuuden täyttyneen. (SYKE 2002.)

### 3.2 Muovirullien varastoiminen ja käsittely työmaalla

Materiaali toimitetaan yleensä suoraan tehtaalta työmaalle. Pienet, sekä täydennyserät tuodaan materiaalityöntekijän varastosta. Ensimmäisenä ennen, kuin aletaan kuormaa purkamaan, tulee rullien tiedot tarkistaa oikeiksi. Lisäksi olisi suositeltavaa, että tavarantoimittaja valvoo purkua tai että se olisi kokonaan tavarantoimittajan vastuulla. Vastuukysymyksistä tulee sopia toimitusehdoissa. (SYKE 2002; Virta 2011.)

Purkamisessa tarvitaan asianmukainen käsittelykalusto, jottei aiheuteta vauriota. Nostoliinat helpottavat rullien käsittelyä. Mikäli kontissa on katto, nostoliinojen käyttö hankaloituu. Kuorman purkaminen olisi parasta tehdä samanlaisella kalustolla millä lastauskin on tehty. Mikä toisaalta on harvinaista jos kuorma saapuu kontissa. Kuvassa 2 on esitetty kuinka kuorman purkamista tehdään kontista. Varsinkin konteissa toimitettujen rullien purku on haasteellista, ellei käytössä ole sopivaa nostotankoa.



KUVA 2. Rullien lastausta kontista (Geosynteetikoulutus 2011.)

Kuorman purkamisessa ja rullien käsittelyssä työmaalla on otettava huomioon työturvallisuus. (SYKE 2002; Virta 2011.)

Rullat on yleensä suojattu asianmukaisesti. Suojamuovit poistetaan vasta juuri ennen levitystä. Mikäli rullissa ei ole suojamuovia, tulee ne suojata esimerkiksi pressun avulla, jotteivät esimerkiksi pahiset putket pehmenne kostuessaan. Kuvassa 3 on esitetty, miten muovirullat varastoidaan asianmukaisesti työmaalla. (Geosynteetikoulutus 2011.)



KUVA 3. Asianmukaisesti suojatut sekä varastoidut rullat (kuva Minna Leppänen)

Kalvorullat varastoidaan ensisijaisesti tavarantoimittajan ohjeiden mukaisesti. Rullat tulee varastoida sileällä, tasaisella sekä kuivalla alustalla ja ne tulee suojata auringonvalolta. Rullat eivät saa taipua varastoinnin aikana, jottei keskiö väännä. Rullia saa kasata maksimissaan kolme rullaa päällekkäin. (Geosynteetti-koulutus 2011; Virta 2011.)

Rullia siirretään työmaalla puomin tai kantoliinon avulla siten, etteivät rullat taivu siirtämisen aikana. Kuvassa 4 on esitetty kuinka HDPE-rullaa siirretään kaivinkoneella puomin avulla. Kalvorullia ei saa siirtää pelkillä trukkipiikeillä suuren vaurioitumisriskin vuoksi. (Geosynteetti-koulutus 2011.)



KUVA 4. Tiivistyskalvorullan kuljetus puomin avulla, (kuva Minna Leppänen)

### 3.3 Muovikalvon asennus

Tiivistyskalvot levitetään levityssuunnitelman ja valmistajien antamien ohjeiden mukaisesti. Levityksessä käytetään sitä varten tarkoitettuja työvälineitä sekä riittävää konekalustoa. Levitykseen ei saa käyttää kaivinkoneen kauhaa, vaan siihen tarkoitukseen kehitettyä levityspuomia. Levityksessä tulee myös ottaa huomioon työturvallisuuden vaikuttavat tekijät. (SYKE 2002.)

Levityksessä on kiinnitettävä erityistä huomiota siihen, ettei asennusalustan pinta muutu haitallisella tavalla. Alustan epätasaisuudet on poistettava. Esimerkiksi kalvoja levitettäessä kaivinkoneen telasta jäävät jäljet, kuva 5, tulee tasoittaa ennen asennusta. (Virta 2011.)



KUVA 5. Poistettavat kaivinkoneen telanjäljet, (kuva Minna Leppänen)

Kalvoa ei saa missään vaiheessa vetää maata pitkin, eikä sen päällä työntää mitään, vaan esimerkiksi suojahiekka pudotetaan varovasti kauhasta. Kalvon päällä ei saa liikua työmaakoneilla ja kalvot asennetaan kalvon vierestä kuvan 6 osoittamalla tavalla. Kalvot rullataan auki siten, että saumaustekniikan edellyttämä limitys on mahdollinen. (SYKE 2002; Virta 2011.)



KUVA 6. Kalvon asennus kalvon vierestä, (kuva Minna Leppänen)

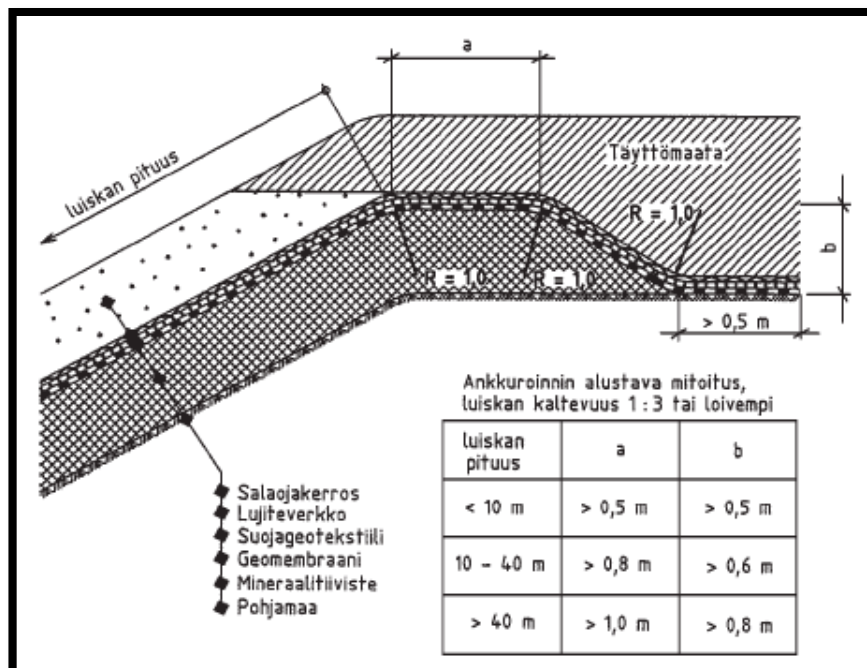
Levityksen yhteydessä tulee ottaa huomioon ympäristötekijöiden, työmaajärjestelyiden ja alusrakenteen vaikutukset. Levitystä ei aloiteta, ennen kuin asennusalusta on kunnossa. (SYKE 2011.)

### 3.4 Luiskat ja ankkurointi

Tiivistysrakenteen sisäinen stabiilitetti luiskissa tulee varmistaa laskelmin. Jotta rakenne olisi pysyvä, tulee tiivistyskalvon ja sen molemmin puolin olevan mineraaliaineksen välillä olla riittävä kitkakerroin. Kitkavoiman tulee riittäväällä varmuudella olla suurempi kuin pinnan suuntaan vaikuttava leikkausvoiman. Toisaalta, jottei tiivistyskalvoon synnyisi vetojäännityksiä, tulee kalvon yläpuolisen kitkavoiman olla pienempi kuin alapuolisen. Tiivistyskalvon ja maan välistä kitkaa voidaan lisätä käyttämällä pintakuvioitua kitkakalvoa. Käytettävien materiaalien välinen kitkavoima määritetään esimerkiksi rasialeikkauskokeella. (SYKE 2002.)

Tiivistyskalvojen saumaus tulee suorittaa luiskan suuntaisesti. Suunniteltaessa luiskan kaltevuutta tulee aina ottaa huomioon myös työtekniset seikat. Luiskaa rakennettaessa tiivistyskalvo tulee peittää mahdollisimman pian, jotta vältetään kalvon alla mahdollisesti virtaavan veden eroosion vaikutukselta. (SYKE 2002.)

Tiivistyskalvo ankkuroidaan luiskan harjalla olevaan kaivantoon kuvan 7 osoittamalla tavalla.



KUVA 7. Esimerkki tiivistyskalvon ankkuroinnista ja luiskan vahvistamisesta, (kuva SYKE 2002)

Kaivannon sijaintiin ja syvyyteen (eli ankkurointipituuteen) vaikuttavat luiskan kaltevuus ja pituus sekä tiivistyskalvon ja maan välinen kitkakerroin, joka määritetään ulosvetokokeella. Tarvittava ankkurointipituus tulee kulloinkin määrittää laskennallisesti ottaen huomioon vallitseva olosuhteet. Kuvan mittoja voidaan käyttää alustavissa tarkasteluissa. (SYKE 2002.)

Ankkurointia ei saa suorittaa ennen kuin tiivistyskalvo on peitetty koko luiskan matkalta. Ankkurointikaivanto peitetään hyvin tiivistetyllä materiaalilla, joka ei vahingoita tiivistyskalvoa. (SYKE 2002.)

### 3.5 Saumaus

Kalvot voidaan liittää toisiinsa monin tavoin mm:

- Kuumentamalla eli hitsaamalla
  - Ekstruusiosausaus eli pursotesausaus
  - Kuumakiilasaumaus
  - Kuumailmasausaus
- Kemiallisesti
- Adheesion avulla
  - Liimaamalla
  - Teippaamalla.

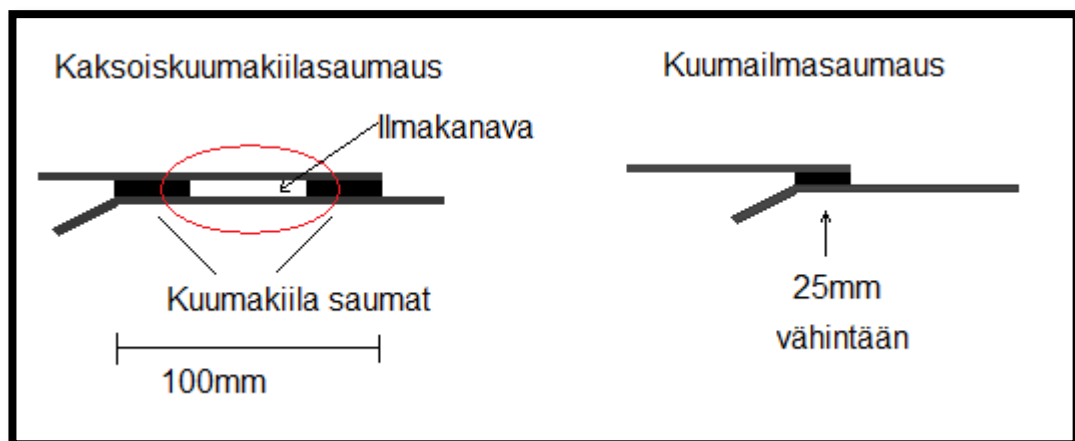
Tiivistyskalvojen saumaus onnistuu luotettavasti vain hitsaamalla. Asennussuunnitelmassa esitetään saumojen periaatteellinen sijainti ja levityspiirroksen merkitään toteutunut sijainti. Sauma hiotaan enintään 20 minuuttia ennen hitsauksen aloittamista. Saumaa hiotaan noin 5 % kalvon paksuudesta ja yli 10 % hiontajäljet tulee korjata. Hiontapölyt tulee puhaltaa pois hitsausalueelta. Hitsattavien pintojen pitää olla puhtaat ja kuivat. (Geosyntetikoulutus 2011; SYKE 2002.)

Tiivistyskalvojen hitsaukseen tulee käyttää tähän tarkoitukseen valmistettuja hitsauslaitteita. Hitsauslaitteen valintaan vaikuttaa käytettävän tiivistyskalvon materiaali ja paksuus, saumattava kohde, saumalta vaadittavat ominaisuudet sekä sauman koestettavuus.(SYKE 2002.)

Saumausmateriaalilta vaaditaan vähintään yhtä hyvä kestävyys kuin hitsattavalla kalvomateriaalilla on. Saumausmateriaali ei saa reagoida kalvon kanssa. (SYKE 2002.)

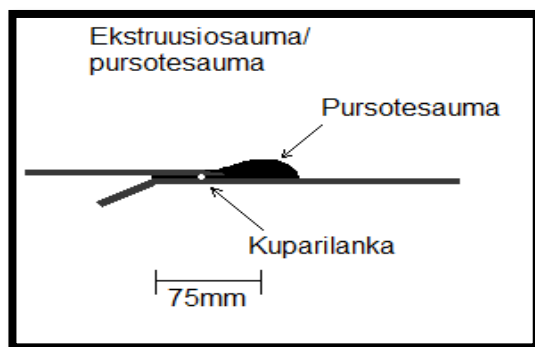
Kaatopaikkarakenteissa käytetään pääsääntöisesti kaksoissaumaa jonka tiiviys voidaan testata luotettavasti paineistamalla ilmakanava ja todeta siten sauman tiiveys.

Parempien lujuusominaisuuksiensa vuoksi kuumakiila-/ilmahitsausta käytetään tiivistyskalvokaistojen välisissä saumoissa ja pursotehitsausta läpivienneissä, paikkauksissa ja/tai muissa kohdissa, joissa kuumakiila-/ilmahitsaus ei sovi käytettäväksi. Kuumakiila- ja kuumailmasaumoista on esitetty esimerkit kuvassa 8. Koehitsauksella osoitetaan saumamateriaalin ja saumausmenetelmän kelpoisuus. (SYKE 2002.)



KUVA 8. Kuumakiila- ja kuumailmasauma

Pursotehitsin tiiviys tarkistetaan hitsauksen yhteydessä syöttämällä sauman sisälle kuparilanka kuvassa 9 esitetyllä tavalla. Mikäli sauma on jossakin kohdassa epäonnistunut, se voidaan todeta sähkövirran avulla kipinäkokeella. (SYKE 2002.)



KUVA 9. Ekstruusiosauga eli pursotesauga

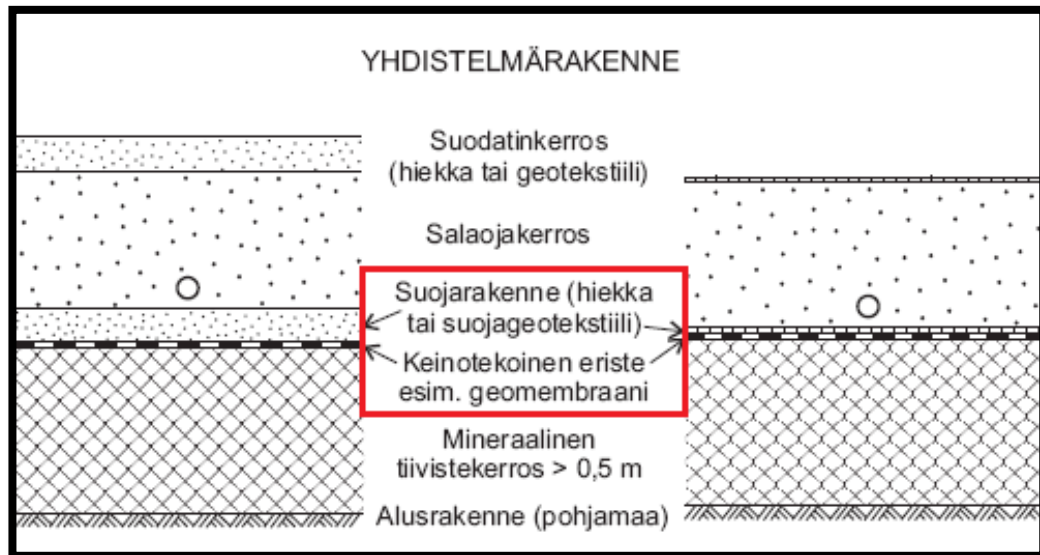
Ennen hitsaamisen aloittamista tulee tehdä koesaumaus, jonka aikana tarkistetaan hitsauskoneen parametrit (lämpötila, puristusvoima, etenemisnopeus) yleensä kone hoitaa parametrit automaattisesti, jolloin koneen säätöihin ei sovi koskea. Hitsauskoneen parametrit tarkistetaan ja tarvittaessa säädetään sopiviksi jokaisen työvuoron alkaessa sekä olosuhteiden merkittävästi muuttuessa. Lisäksi hitsauksen aikana työn jälkeen pitää seurata: laiteviat, sääolosuhteiden muutokset ja materiaalin laatuvariaatioita. (Geosyntetikkoulutus 2011.)

### 3.6 Suojarakenne

Tiivistyskalvon päälle tehdään suojarakenne, millä pyritään pienentämään kalvon vaurioitumisen riskiä. Tiivistyskalvo voi vaurioitua useastakin syystä. Yleisimpiä vaurioitumisen syitä ovat

- rakentamisen aikaiset vauriot
- raskaiden koneiden aiheuttamat vauriot jos suojaava maakerros liian ohut
- jätepenkereen paino, painuminen ja liikkeet
- huonosti tasattu tiivistyskerros
- kemiallinen vaurioituminen
- biologinen vaurioituminen
- eläinten kaivautuminen. (Geosyntetikkoulutus 2011.)

Suojarakenne voidaan rakentaa kahdella eri tavalla, joko suojageotekstiilillä tai suojarakenteella, joka on esimerkiksi hiekkaa, joka ei vahingoita kalvoa. Suojarakenteen molemmat vaihtoehdot on esitetty kuvassa 10.



KUVA 10. Suojarakenteen sijainti yhdistelmärakenteessa (SYKE 2002, muokattu.)

### 3.6.1 Suojageotekstiili

Suojageotekstiili on paksua huopamaista kangasta, joka asennetaan tiivistyskalvon yläpuolelle suojaamaan pistemäisiltä kuormilta. Lisäksi suojageotekstiili suojaa tiivistyskalvoa rakennusvaiheesta alkaen.

Suojageotekstiilirullat ovat pakattuna kosteussuojatuissa ja merkityissä suojapusseissa. Rullien käsittely ja varastointi suoritetaan kohdan 3.2 mukaisesti.

Suojakerroksella on tärkeä tehtävä kalvon suojaamisessa jo työn aikana lämpötilanvaihtelua, UV-säteilyä sekä mekaanisia rasituksia vastaan. Suojakerroksen asennus on tehtävä mahdollisimman nopeasti geomembraanin asennuksen, saumojen tarkastuksen ja hyväksymisen jälkeen. Suojakerros rakennetaan mineraalisesta aineksesta tai paksusta, tarkoitukseen sopivasta geotekstiilistä. (SYKE 2002.)

Suojatekstiili levitetään käsin rullaamalla. Kalvon pinnan tulee olla puhdas eikä kalvon ja suojageotekstiilin väliin saa joutua kiviä tai muita epäpuhtauksia. Suojageotekstiili saumataan hitsaamalla tai ompelemalla. (SYKE 2002.)

### 3.6.2 Suojarakenne

Suojakerroksen asentaminen tehdään kalvotoimittajan hyväksymällä työtavalla.

Luisissa on suojaus aina rakennettava alhaalta ylöspäin. Kalvojen lopullinen ankkurointi tulee tehdä vasta suojakerroksen levityksen jälkeen. (SYKE 2002.)

Mineraalisen suojakerroksen levittämisessä ei saa käyttää puskutraktoria tai kaivinkoneen puskulevyä, vaan levitys tehdään kaivinkoneen kauhalla tai muulla hyväksyttävällä tavalla, joka ei vaurioita kalvoa. Levityskone ei saa kulkea samoja jälkiä levitysvaiheessa, jotta ei syntyisi uria mineraaliseen tiivistyskerrokseen ja vetorasituksia kalvoon. Levityskaluston kulkureitit ja työmaatiet suunnitellaan erikseen. Mikäli työmaajärjestelyjen takia joudutaan käyttämään samoja kulkureittejä, on suojakerroksen paksuutta kasvatettava ajojen ajaksi 500 mm:iin. (SYKE 2002. )

## 4 LAADUNVARMISTUS JA DOKUMENTOINTI

Tiivistysrakenteen saa asentaa vain tiivistysrakenteen asennukseen pätevöityneet asentajat tähän tarkoitukseen valmistetuilla asennuslaitteilla. Aputyöt ja suojaeroksen levitys tehdään kalvoasentajien valvonnassa. Asennustapahtumasta pidetään kirjaa ja kirjallinen aineisto dokumentoidaan. (SYKE 2002.)

Laadunvarmennussuunnitelman tulee sisältää hylkyrajat, esimerkiksi milloin rakenne on uusittava ja milloin se on korjattava (SYKE 2002).

### 4.1 Pätevöityneet asentajat

Tiivistyskalvojen asentajilta vaaditaan pätevöitymistä kyseisten töiden suorittamiseen. Tiivistyskalvojen asentajien pätevyys tehdä kyseisiä asennustöitä on todettava ennen töiden aloittamista. Vain pätevöityneet asennusyrietykset ja asentajat hyväksytään suorittamaan asennustyötä. (SYKE 2002.)

Asennusyrietyksen hyväksymiskriteereinä ovat yrityksen yleinen osaaminen, referenssi-kohteet ja yrityksen työnjohdolle asetetut vaatimukset. Asentajan henkilökohtainen hyväksymiskriteeri on diplomikuva, joka takaa haltijalla olevan perustiedon materiaaleista ja asentamisesta, hyväksytyt työnäyte ja osoitus ammattitaidon ylläpitämisestä, esimerkiksi vuosittainen työmäärä. Sertifikaatti voi olla esimerkiksi kuvan 11 mukainen. (SYKE 2002.)



KUVA 11. Esimerkki sertifikaatti hitsaajan pätevyydestä

Myös suojarakenteen asentamisessa tulee olla mukana vähintään yksi opastettu ja vastuullinen työntekijä (SYKE 2002).

Puolueeton valvoja hyväksyy henkilöt, jotka tekevät kalvoasennukseen liittyviä työtehtäviä (SYKE 2002).

#### 4.2 Käytettävät asennuslaitteet

Tiivistyskalvojen asennuksessa saa käyttää vain tähän tarkoitukseen valmistettuja asennus- ja saumauslaitteita. Yleisimmin kaatopaikan tiivistysrakenteissa käytettävät kalvot saumataan kaksoiskiilasaumauksella. Kaksoiskiilasauma voidaan tehdä kuvassa 12 esitetyllä saumausrobotilla. Laitteet on huollettava ja pidettävä asianmukaisessa kunnossa. Asennustyön aikana laitteiden toimintaa ja kuntoa tulee jatkuvasti seurata. Viallisilla, vajaatoimisilla tai puutteellisilla laitteilla ei saa asennus- tai saumaustyötä suorittaa. Sähkölaitteiden tarvitseman sähkövirran tulee olla riittävä, eikä siinä saa esiintyä jännitevaihtelua. (SYKE 2002.)



KUVA 12. Saumausrobotti (kuva geosyntetikoulutus 2011.)

### 4.3 Tiivistysrakenteen ja sen saumojen koestus

Tiivistysrakenteen laadunvarmistus muodostuu urakoitsijan laadunvalvonnasta ja vaativissa kohteissa, kuten kaatopaikkarakenteissa, ulkopuolisesta laadunvalvonnasta. Ulkopuolinen puolueeton laadunvalvoja tarkastaa urakoitsijan laadunvalvonnan, toteaa tiivistyskalvon tiiviyyden ja koestaa saumojen laadun pistokokein. (SYKE 2002.)

#### Sauman koestusmenetelmät

1. saumojen muoto, poikkileikkauksen mitat
2. lujuuskokeet (kuorintakoe, vetokoe)
3. tiiviyskokeet (paine- ja kipinäkoet)
4. vaativissa rakenteissa kuten kaatopaikan pohjan tiivistämisessä kaikkien saumojen lujuus (kuorintakoe) ja tiiviys on testattava. (SYKE 2002.)

Liiallista näytteenottoa tai ainetta rikkovien tutkimusmenetelmien käyttöä tulee rajoittaa kaatopaikkarakentamisessa. Paikattu näytteenottopaikka ei ole koskaan yhtä tiivis kuin ehjä sauma. Näytteenottopisteet kannattaa sijoittaa reunoille, esimerkiksi sauman loppuun. (SYKE 2002.)

### 4.4 Laadunvarmennusasiakirjat

Asennustyön laadunvarmennuksen osalta laaditaan vähintään seuraavat asiakirjat:

1. tiivistyskalvon materiaalitodistukset
2. levityssuunnitelma- tai -piirros, jossa esitellään kunkin rullan ja sauman, läpiviennin, tai muun detaljin sijainti.
3. asennuspäiväkirjat
4. saumojen ja kalvon tiiviyyden koestusraportti
5. korjausraportti. (SYKE 2002.)

Asiakirjat säilytetään työmaalla, jossa ne täytetään ja allekirjoitetaan työn edistyessä päivittäin. Lisäksi ne on oltava tilaajan ja tämän edustajan ja/tai työmaavalvojan nähtävissä jatkuvasti. Työn päätyttyä kaikki asiakirjat luovutetaan tilaajalle tai tämän edustajalle. (SYKE 2002.)

## 5. JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOTOIMENPITEET

Teoreettisia aineistoja lukiessani ja kaatopaikka-alan ammattilaisten kanssa keskustellessani, olen huomannut, että teoreettisissa aineistoissa on ristiriitoja käytännön toteutuksen kanssa. Näihin epäkohtiin olen pyrkinyt puuttumaan opinnäytetyössäni, jotta työnopastuskortit olisivat mahdollisimman selkeitä ja kokematonkin rakentaja saisi niistä mahdollisimman suuren hyödyn.

Opinnäytetyötä tehdessäni ja aineistoja läpikäydessäni huomasin, että muun muassa kaatopaikkarakentamista koskevia työhjeita on saatavilla todella vähän, varsinkin suomen kielellä. Se ihmetyttää, koska kaatopaikkoja rakennettaessa tiivistyskerroksen ja keinotekoisien eristeen merkitys on erittäin suuri. Niiden korjaaminen jälkikäteen on hankalaa ja kallista. Tällaisiin keinotekoisiiin eristeisiin on todella vähän työhjeita saatavilla. Mielestäni olisikin kannattavaa panostaa kattaviin työhjeisiin, jotta rakentamisaikaisten virheiden määrä vähenisi ja samalla työntekoa saataisiin tehostettua.

Jatkotoimenpiteenä ehdotankin, että samanlaisia työnopastuskortteja laajennettaisiin myös muihin materiaaleihin, kuten esimerkiksi geomembraaneihin ja tiiviiseen asfalttiin. Myös muista yhdistelmä rakenteen kerroksista olisi kannattavaa tehdä työnopastuskortteja. Niiden avulla esimerkiksi kaatopaikkarakentamista olisi mahdollista tehostaa kauttaaltaan.

## LÄHDELUETTELO

Rathmayer, H. Juvankoski, M. 1992. Geosynteettiset tuotteet georakentamisessa

Sheirs, J. 2009. Guide to polymeric geomembranes

Sipilä, L 2010. Kaatopaikkarakenteiden laadunvalvonta. Tampereen Teknillinen Yliopisto. diplomityö

Suomen Geoteknillinen Yhdistys, Tampereen Teknillinen Yliopisto, Suomen Ympäristökeskus. 2011. Geosynteetti-koulutus.

Suomen Ympäristökeskus (SYKE). 2002. Ympäristöhallinnon ohjeita 36. Kaatopaikan tiivistysrakenteet.

Virta, K. 2011. Haastattelu 18.2.2011. Haastattelija Joonas Huhtanen

## LIITTEET

LIITE 1. Työnopastuskortti, Pohjatyöt

LIITE 2. Työnopastuskortti, Muovirullien varastoiminen ja käsittely

LIITE 3. Työnopastuskortti, Muovikalvojen asentaminen

LIITE 4. Työnopastuskortti, Tiivistyskalvon saumaus

LIITE 5. Työnopastuskortti, Suojarakenne / suojageotekstiilin asennus