

KÄYTETYN VALIMOHIEKAN SOVELTUVUUS MELUVALLIRAKENTEeseen

Tiivistelmä

Tekijä(t) Päivinen, Mitja	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä 33 + 2	Valmistumisaika Kevät/2019
Työn nimi Käytetyn valimohiekan soveltuvuus meluvallirakenteeseen		
Tutkinto Energia- ja ympäristötekniikka		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyössä tutkittiin Componenta Oy:n Karkkilan metallivalimoilta syntyvien käytöstä poistuneiden valimohiekkojen sijoittamista läheisen motocrossradan meluvallirakenteeseen. Karkkilan kaupunki tilasi Ramboll Oy:ltä selvityksen entisen yhdyskuntajätteen alueella toimivan motocrossradan maankaatopaikan siistimisestä olemassa olevan ympäristöluvan mukaiseen kuntoon ja uuden valimohiekasta rakennettavan meluvallin suunnitteluun. Ylijäämähiekkojen sijoittamisesta lähelle niiden syntypaikkaa haettiin kustannussäästöjä valimon alati kasvaville jätemaksuille. Motocrossradalta kantautuva meteli vaimenee rakennettavan vallin ansiosta.</p> <p>Kohteeseen tehtiin kattavat maastotutkimukset ja niiden pohjalta tehtiin suunnitelmat ja rakennettiin 3D-mallit meluvallista. Valimohiekalle tehtyjä mittauksia haitallisten aineiden pitoisuuksista ja liukoisuuksista verrattiin lainsäädäntöön ja asetuksiin. Valimohiekalle tehtiin myös sen rakennettavuutta kuvaavat tiivistystestit. Tulosten pohjalta saatiin kuva valimohiekan soveltuvuudesta maastonmuodoiltaan hankalaan kohteeseen.</p> <p>Työn tuloksena kaupungille laadittiin suunnitelmat asemapiirroksineen, ja opinnäytetyön pohjalta tehdään riskienarviointi ja ympäristölupahakemus.</p>		
Asiasanat Valimohiekka, uusiomateriaali, meluvalli, kiertotalous		

Abstract

Author(s) Päivinen, Mitja	Type of publication Bachelor's thesis	Published Spring 2019
	Number of pages 33 + 2	
Title of publication Discarded foundry sand use in noise barrier		
Bachelor's Degree in energy and environmental technology		
<p>This thesis has examined the placement of discarded foundry sand from Componenta Oy's Karkkila metal foundries into the noise barrier structure of a nearby motorcycle racing track. The city of Karkkila ordered Ramboll Oy to survey the tidying up of the landfill site in order to comply with an existing environmental permit in the former community waste area, and to design a new sound barrier made out of foundry sand. The idea of transferring surplus sand to a site near their origin is cost efficient for the ever-increasing waste expenses of the foundry. The built-in ramp dampens the noise from the motocross track.</p> <p>Comprehensive studies of the terrain were carried out on the site, and plans were made based on those studies, and 3D models of the noise barrier were then constructed. Measurements of the concentrations and the solubilities of harmful substances in the foundry sand were taken to make sure that the sand complies with the relevant legislation and regulations. The foundry sand was also subjected to sealing tests describing its constructability. Based on the test results, an overall picture of the suitability of the foundry sand to be used on such a difficult terrain was obtained.</p> <p>As a result of the work, plans with site layouts were drawn up for the city, and using the thesis as a base, a risk assessment and an environmental permit application will be drawn up.</p>		
Keywords Foundry sand, Noise barrier, Circular economy		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	TOIMEKSIANTAJAT.....	3
2.1	Ramboll Oy.....	3
2.2	Componenta Oy	3
2.3	Karkkilan kaupunki.....	3
3	JÄTE- JA UUSIOMATERIAALIEN HYÖDYNTÄMINEN MAANRAKENTAMISESSA..	5
3.1	Jäte	5
3.1.1	Jäte, sivutuote ja tuote.....	5
3.1.2	Jätteen luokittelun päättymisen - End of Waste -kriteerit (EoW)	6
3.2	Kiertotalous.....	7
3.3	Luonnonmateriaalin käytön vähentäminen maanrakentamisessa	8
3.4	MARA-asetus	9
3.5	MASA-Asetus	10
3.6	Ympäristönsuojelulaki ja ympäristölupa	10
4	VALIMOHIEKKA JA SEN SOVELTUVUUS MAANRAKENTAMISESSA.....	12
4.1	Valimohiekat.....	12
4.2	Hiekankierto.....	13
4.3	Kaavaushiekka, keernahiekka ja sen valmistus	13
4.4	Valimohiekan soveltuvuus maanrakennushankkeissa	14
4.5	Haitta-ainepitoisuudet	15
5	MELUVALLIN RAKENTAMISESSA TARVITTAVA GEOTEKNIikka	17
5.1	Geotekniikka käsitteenä.....	17
5.1.1	Kuivatilavuuspaino.....	17
5.1.2	Vedenläpäisevyys.....	17
5.1.3	Maaperän tiiveystesti	18
5.2	Kairaukset	18
6	MANSIKIN MELUVALLI JA MOTOCROSSRATA	22
6.1	Meluvalli käsitteenä	22
6.2	Kohteen nykytila	22
6.3	Karkkilan mansikin motocrossrata	23
7	MANSIKIN MELUVALLIN SUUNNITTELU JA RAKENTAMINEN	26
7.1	Mittaussuunnitelma.....	26

7.2	Alueen geosuunnittelu ja meluvallin mallintaminen	26
7.3	Maaperänäytteet.....	28
7.4	Meluvallin rakentaminen ja käytetyt työmenetelmät	28
7.5	Valimohiekan käyttäminen meluvallirakenteessa	29
7.6	Riskienarvio	31
8	YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT	32
	LÄHTEET	34
	LIITTEET	38

SANASTO JA LYHENTEET

Bentoniitti	Montmorilloniittisavi eli hyvin vettä absortoiva luonnonsavi
BTEX-yhdisteet	Bentseeni, tolueni, etyylibentseeni ja ksyleenit
DOC	Dissolved Organic Carbon
EoW	End of Waste
Fluoridi	Fluoria sisältävät orgaaniset tai epäorgaaniset yhdisteet
FOS	Factor of Safety
Geomembraani	Keinotekoinen eriste esim. (HDPE) High Density Polyethylene
InfraRYL	Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset
k	Yksikkö. Kilo. $k = 1000$
Korko	Korkeus merenpinnasta mitattuna
m^3	Kuutiometri. $1 \text{ metri} \times 1 \text{ metri} \times 1 \text{ metri} = m^3$
N	Newton. Si-järjestelmän mukainen johdannaisyksikkö
PAH-yhdisteet	Polyksyyliset aromaattiset hiilivedyt
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of chemicals
Tilavuuspaino	Ilmoitetaan muodossa kN/m^3
v	Nopeus

1 JOHDANTO

Karkkilan kaupunki tilasi Ramboll Oy:ltä selvityksen meluvallin rakentamisesta Mansikin moottoriturheiluradalle jätemateriaalia avuksi käyttäen. Tämän opinnäytetyön tarkoitus on tutkia valimohiekan soveltuvuutta meluvallirakenteeseen. Valimohiekalla tarkoitetaan valimoteollisuudessa syntyvää valumuottien purkujätettä, joka on yleensä erittäin hienojakoista hiekkaa.

Uusiomateriaalien käyttö maanrakentamisessa edistää materiaalien kestäväää käyttöä sekä säästää osaltaan neitseellisiä luonnonmateriaaleja. Valimohiekan ylittäessä MARA-asetukselle (valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä) annetut raja-arvot on hankkeelle haettava ympäristölupaa. Opinnäytetyön on tarkoitus toimia myös pohjana tälle lupaprosessille. Alueen maasto kartoitetaan ja kartoituksen pohjalle suunnitellaan 3D-malli. Haastetta suunnittelulle aiheuttavat hankalat ja kaltevat maaston muodot. Huomiota kiinnitetään myös alueen pohja- ja pintavesien ohjaukseen. Työ tukeutuu vahvasti InfraRYL:n vaatimukseen, olemassa olevaan ympäristölainsäädäntöön sekä nykyiseen MARA-asetukseen ja tulevaan MASA-asetukseen (maa-ainesjätteen hyödyntäminen maanrakentamisessa).

Opinnäytetyössä selvitetään valimohiekan soveltuvuutta suuriin meluvallirakenteisiin sekä perehdytään materiaalin hankalan muotoiltavuuden aiheuttamiin ongelmiin ja niiden ratkaisuun. Työtä selvitetään pääsääntöisesti kirjallisuuden ja haastattelujen pohjalta, joista mainittavimpana voidaan pitää valimotekniikan professoria Juhani Orkasta. Orkas on kirjoittanut useita valimotekniikkaan ja sen sivuvirtoihin liittyviä tutkielmia. *Valimoiden ylijäämähiekan hyötykäyttö- ja sijoituskelpoisuus* (1999) on hänen merkittävin teoksensa. Haasteena tutkimuksen hyödyntämiselle tänä päivänä on sen osittain vanhentunut tieto, joten tässä opinnäytetyössä kaikkea tutkimuksen tietoa verrataan nykyiseen vallitsevaan lainsäädäntöön

Tutkittavasta Componenta Oy Karkkilan valimohiekasta on tehty sen haitta-ainepitoisuuksia määrittäviä kokeita, joiden tuloksia tarkastellaan ja verrataan lainsäädännön vaatimuksiin. Motocross-radalle tehdään kattavat geoselvitykset sekä pohjatutkimukset Ramboll Oy:n toimesta. Geoteknisen selvityksen perusteella voidaan määrittää meluvallin rakennettavuus ja rakenne, joka sisältää materiaalit, täyttökorkeudet ja luiskakaltevuudet.

Työssä selvitetään erilaiset valimohiekat, mutta rajataan tutkimukset käsittämään vain Componentan Karkkilan valimosta syntyvä tuorehiekkä ja sen soveltuvuus geoteknisesti haastavalle alueelle. Opinnäytetyöstä rajataan pois myös meluntorjunta käsitteenä. Melua

käsitellään vain yleisellä tasolla. Työssä ei myöskään käsitellä haettavaa ympäristölupapäätöstä, sillä sen hakemisessa ja hyväksynnässä kestää yleensä 8 - 12 kuukautta. Työn tuloksia käytetään ympäristölupahakemuksen pohjana. Opinnäytetyön pohjalta on tarkoitus laatia kohteen riskinarvio, ja siitä on tiivistelmä luvussa 7.6. Myös meluvallin kustannukset rajataan pois, sillä yritysten maksamia jätemaksuja ei ole julkisesti saatavilla ja meluvallia ei muuten rakennettaisi perinteisin menetelmin.

Tässä opinnäytetyössä kaikki valimohiekan rakennettavuuteen vaikuttavat asiat on selvitetty haastatteluin maa-urakoitsijalta, jolla on pitkä ja vankka kokemus uusiomateriaalien käytöstä maanrakentamisessa.

Rautavalimo Componentalta syntyy vuosittain 5000-7000 tonnia käytettyä valimohiekkaa, jota ei pystytä hyödyntämään valimoprosesseissa. Mansikin moottoriurheilurata sijaitsee Karkkilassa Pitkälän teollisuusalueella. Alueella on myös kaupungin omistama vedenpuhdistamo, maanlajitysalue ja vanha suljettu kaatopaikka. Meluvallin tarkoitus on hillitä läheisiin kiinteistöihin alueelta kantautuvia ääniä ja toimia samalla myös yleisölle katsomona. Meluvalli rakentuisi alueelle jo rakennetun maanlajityspaikan jatkoksi, mikä toimii osittaisena melunsuojana alueella. Ympäristölainsäädäntö velvoittaa jätteen tuottajaa ensisijaisesti kierrättämään jätteensä, mitä meluvallin rakentaminen kierrätysmateriaalista palvelisi. Alue ei sijaitse tunnetulla pohjavesialueella.

2 TOIMEKSIANTAJAT

2.1 Ramboll Oy

Ramboll Oy on johtava suunnittelu- ja konsulttitoimintaa tarjoava kansainvälinen yritys, jonka tavoitteena on luoda innostavia ja vaativia ratkaisuja, jotka tukevat aidosti asiakkaiden, loppukäyttäjien ja koko yhteiskunnan toimintaa. Yrityksen toimialoina ovat kiinteistön rakentaminen, infra ja liikenne, kaupunkisuunnittelu, vesi, ympäristö ja terveys, energia sekä johdon konsultointi. Ramboll on perustettu vuonna 1945 Tanskassa, ja siellä työskentelee maailmanlaajuisesti 14 000 eri alojen ammattilaista. Suomessa yritys työllistää 2400 henkeä. Yli 300 toimiston ja 35 eri maan turvin Ramboll hallitsee niin isot kansainväliset projektit kuin pienet paikalliset hankkeetkin. Vuonna 2017 konsernin liikevaihto oli 1,4 miljardia euroa, josta Suomen osuus oli 170 miljoonaa euroa. (Ramboll 2019.)

2.2 Componenta Oy

Componenta Oy on johtava metallialan valimo Suomessa. Yrityksellä on Karkkilan lisäksi valimotoimintaa Porissa. Pääasiallisena asiakkaana ovat suuret raskaan kaluston autonvalmistajat, laivateollisuus, maa- ja metsätalouskoneiden valmistajat sekä kaivoksissa operoivat kalustot. Joustava ja asiakaslähtöinen palvelualttius näkyy yrityksen toiminnassa ja valettavat komponentit voivat olla vain 0,3 kiloa painavia pieniä osia tai yli 400 kiloa painavia suuria maatalouskoneiden runko-osia. Karkkilan valimolla on oma lämpökäsittelylinjasto (ADI), jolla saadaan parannettua metallin kestävyttä. Palveluna Componenta tarjoaa myös pelkkää lämpökäsittelyä. (Sundell 2019.)

Käytetty kierrosta poistunut valimohiekka muodostaa yrityksen suurimmat jäte-erät. Jätteitä joudutaan kuljettamaan jopa satojen kilometrien päähän, minkä jälkeen ne hyödynnetään yleensä kaatopaikan eri kerroksissa ja niiden sulkemisprosesseissa. Käytetyn valimohiekan jätestatuksen vuoksi sitä on vaikea hyödyntää maanrakennuskohteissa, vaikka se sopisikin erinomaisesti erilaisiin rakennekerrokseen peitetyissä ja päällystetyissä rakenteissa. Viasveden kotimaista kvartsihiekkää käytetään saatavuuden mukaan, mutta muuten hiekka tuodaan ulkomailta. (Sundell 2019.)

2.3 Karkkilan kaupunki

Karkkilan kaupunki sijaitsee Länsi-Uudenmaan maakunnassa noin 70 kilometrin päässä Helsingistä. Karkkilassa asuu noin 9000 ihmistä, ja siellä on oman mainoksensa mukaan kaikki lähellä - koti, työ, palvelut ja harrastukset. (Karkkila 2019.) Kaupunki tunnetaan par-

haiten metalliteollisuudestaan. Vuonna 1820 valmistui ensimmäinen masuuni, jonka jälkeä tehdasalue on suurentunut ja Karkkilan kaupunki kasvanut alueen ympärille (Ruukkimuseo 2018.)

3 JÄTE- JA UUSIOMATERIAALIEN HYÖDYNTÄMINEN MAANRAKENTAMISSESSÄ

3.1 Jäte

Jätelainsäädännön (Jätelaki 641/2011, § 1) tavoitteena on vähentää jätteiden määrää, edistää luonnonvarojen kestäväää käyttöä, varmistaa jätehuollon toimivuus ja ennaltaehkäistä roskaantumista sekä ehkäistä jätteistä ja jätehuollosta aiheutuvia vaaroja ja terveyshaittoja. Jätelainsäädännön piiriin kuuluvat kaikki jätteet pois lukien ydinjäte ja erityisjätteet. Lainsäädäntö seuraa Euroopan unionin jätelainsäädännön kehitystä, mutta on kuitenkin joiltain osin tätä laaja-alaisempi ja tiukempi. (Ympäristöministeriö 2017.)

Jätelaki velvoittaa jätteen tuottajaa ensisijaisesti vähentämään syntyvää jätettä. Tuottaja on velvollinen valmistamaan syntyvä jäte uudelleenkäyttöä varten tai toissijaisesti kierrättämään sen materiaalina. Mikäli kierrätys ei ole mahdollista, on jäte hyödynnettävä muilla tavoin, kuten esimerkiksi energiantuotannossa. Mikäli hyödyntäminen ei ole mahdollista, on jäte loppukäsiteltävä. (Jätelaki 646/2011, § 5.) Mikäli jäte loppusijoitetaan kaatopaikalle, kannetaan jätteestä jätelain määräämä jätevero, joka oli vuonna 2018 70 euroa tonnilta. Loppusijoitetulle jätteelle jätevero kannetaan jätteen laadusta riippumatta.

(Verohallinto 2018.) Lisäksi vastaanottaja perii käsittelymaksun, joka vaihtelee yrityksen ja jätelajikkeiden mukaan. Ennen loppusijoitusta kaatopaikalle on jätteelle tehtävä kaatopaikkakelpoisuustutkimus, joka on säädetty valtioneuvoksen asetuksessa (861/1997). Loppusijoitettavasta jätteestä on tunnettava mahdollisimman hyvin sen liukoisuus ja käyttäytymisen pitkällä aikavälillä. Jätteen hyväksyminen kaatopaikalle perustuu jätteen ominaisuuksiin ja alkuperään. (Valtioneuvosto 861/1997, § 2.)

3.1.1 Jäte, sivutuote ja tuote

EY-säädökset pyrkivät ensisijaisesti määrittelemään erilaiset tuotteet jätteistä tuotteistamisen avulla. Tuotteistamisen avulla jättemateriaalia voidaan hyödyntää tuotteenomaisesti jätelainsäädännöksiä kuitenkin noudattaen. Ongelmana tuotteistamisessa on aineen tai esineen siirtyminen tuotesääntelyn piiriin ja tämän myötä sovellettavaan kemikaalilainsäädännön ml REACH-asetukseen. Lisäksi tuotteistetun aineen tai esineen on oltava tasalaatuisia, joka aiheuttaa usein ongelmia varsinkin tuotannon sivu- ja jäännösmateriaalivirroissa, joiden laatu voi vaihdella huomattavasti eri prosesseissa. (Pajukallio, Wahlström & Alasaarela 2011.)

Jätelain mukainen jätemääritelmä

Jätelain (646/2011) 5.1 pykälän määritelmän mukaan jätteellä tarkoitetaan ainetta tai esinettä, jonka sen haltija on poistanut tai aikoo poistaa käytöstä tai on velvollinen poistamaan käytöstä.

Asia tai esine on sivutuote, mikäli se syntyy sellaisissa prosessissa, joiden ensisijaisena tarkoituksena ei ole kyseisen tuotteen valmistaminen. Lisäksi laki määrittelee varmuuden aineen tai esineen jatkokäytölle: sitä voidaan joko käyttää sellaisenaan tai pienellä tavanomaisella muutoksella. Tuotteen on myös synnyttävä tuotantoprosessin olennaisena osana. (Jätelaki 646/2011, § 5.)

3.1.2 Jätteeksi luokittelun päätyminen - End of Waste -kriteerit (EoW)

Tuotteen luokittelu jätteeksi päättyy, kun se on käynyt läpi hyödyntämistoimen tai kierrätyksen, eikä siihen enää sovelleta jätelain säännöksiä. Hyödyntämisellä tarkoitetaan jätteen tuotteistusta, jolla korvataan siihen tarkoitukseen muuten käytettäviä aineita tai esineitä. Tuottajan tai maahantuojan on ylläpidettävä laadunhallintajärjestelmää, joka on pyynnöstä annettava valvontaviranomaisen tutustuttavaksi. (Ympäristöministeriö 2014, 8.) Jotta materiaali täyttäisi jätteeksi päätymistä koskevat vaatimukset, on sen täytettävä seuraavat jätelain arviointiperusteet:

- Se on käynyt läpi hyödyntämistoimen.
- Sillä on käyttötarkoitus, johon sitä käytetään yleisesti.
- Sillä on markkinat tai kysyntää.
- Se täyttää käyttötarkoituksensa mukaiset tekniset vaatimukset ja on vastaaviin tuotteisiin soveltavien säännösten mukainen.
- Sen käyttö ei kokonaisuutena arvioiden aiheuta vaaraa tai haittaa ympäristölle (Jätelaki 646/2011, § 5.)

Jätettä voidaan käyttää raaka-aineena muissa prosesseissa, kun sillä ei ole jätteeseen liittyviä riskejä ja se täyttää kaikki asetuksen mukaiset arviointiperusteet (Ympäristöministeriö 2014, 8).

EoW-kriteeriä ei tällä hetkellä hyödynnetä valimohiekkaan eikä muuhunkaan MARA-asetuksen piirissä olevaan jätenimikkeeseen. Tästä on poikkeuksena murskattu betoni, joka on todennäköisesti saamassa EoW-statuksen vuoden 2019 aikana (Vaajasaari 2018).

3.2 Kiertotalous

Kiertotalous on talouden malli, jossa materiaalit ja raaka-aineet kiertävät eteenpäin niin kauan kuin niillä on arvoa. Kiertotaloudessa pyritään minimoimaan jätteen synty ja vähentämään luonnonmateriaalien käyttöä (kuvio 1). Syntyvä jäte on raaka-ainetta muille käyttäjille. (Keskusliitto 2018.)

Maapallon väkimäärän sekä tuotannon ja kulutuksen jatkaessa kasvuaan on syytä huolehtia kasvavissa määrin maapallon resurssien riittävydestä. Jo nyt kulutamme resursseja 1,6:n maapallon verran. Suomessa kulutustottumus on tätäkin suurempaa: kulutamme vuotuiset uusiutuvat luonnonvaramme loppuun jo huhtikuussa, minkä vuoksi tarvitsimme 3,6 maapalloa. Ylikulutus luonnonvaroissamme johtaa väistämättä luonnon monimuotoisuuden hupenemiseen. (WWF 2018.)

Euroopan komissio (Komissio 2015) on hyväksynyt vuonna 2015 uuden kiertotalouspaketin, jonka tarkoituksena on edistää Euroopan siirtymistä kiertotalouteen. Paketti myös edistää maailmalaajuista kilpailukykyä, auttaa luomaan uusia työpaikkoja ja edistää kestäväää talouskasvua. Koska monet luonnonvarat ovat rajallisia, emme voi jatkaa ”ota, valmista, hävitä” -mallin noudattamista. Luonnonvarojen käytölle on löydettävä ympäristön ja talouden kannalta kestävä tapa.

Pakettiin sisältyy toimintasuunnitelma, joka pitää sisällään toimenpiteitä materiaali-kierron sulkemiseksi ja tuotteen elinkaaren kaikkien vaiheiden käsittelemiseksi tuotannosta ja kulutuksesta jätehuoltoon ja uusioraaka-aineen markkinoihin (Komissio 2015).

EU-tasolla jätteiden syntymisen ehkäiseminen, ekosuunnittelu, uudelleenkäyttö ja muut vastaavat toimet voivat tuottaa säästöjä jopa 600 miljardia euroa tai kahdeksan prosenttia EU:n yritysten vuosittaisesta liikevaihdosta (Komissio 2015). Kiertotalouden ratkaisulla teollisessa materiaalien tuotannossa voitaisiin vähentää hiilidioksidipäästöjä jopa 56 prosenttia vuoteen 2050 mennessä (Economics 2018).



KUVIO 1. Kiertotalousympyrä (Parlamentti 2018)

3.3 Luonnonmateriaalin käytön vähentäminen maanrakentamisessa

Suomen merkittävät luonnonvarat heijastuvat kansantalouteemme. Käytämme luonnonkiviaineksia noin 100 miljoonaa tonnia vuodessa ja olemme väkilukuun suhtautettuna yksi EU:n suurimmista kiviaineen käyttäjistä (Elinkeinoministeriö 2018). Olemme turvautuneet rakentamisessa jo pitkään neitseellisten kiviainesten varaan, vaikka uusiomateriaaleilla on mahdollisuus päästä samoihin, ellei jopa parempiin lujuus- ja kantavuusarvoihin kuin luonnonmateriaaleilla. Luonnonvarojen kestävä ja älykäs käyttö avaa myös tulevaisuudessa työpaikkoja ja uutta yritystoimintaa sekä parantaa kansantalouttamme. (Sitra 2018, 2.)

Valtakunnallisen jätesuunnitelman 2008 – 2016 mukaan maanrakentamisessa tulisi hyödyntää teollisuuden ja kaivannaistuotannon jätteitä vähintään 5 % eli noin 3 – 4 miljoonaa tonnia vuodessa (Ympäristöministeriö 2008). Tähän tavoitteeseen ei kuitenkaan taustareportin 2023 mukaan päästy. Suurimmaksi ongelmaksi muodostui uusiomateriaalien luokittelu jätteeksi sekä vaikea ja aikaa vievä byrokratia jätteen tehokkaaksi hyödyntämiseksi. Lisäksi aiheesta puuttuu luotettava tilastointi ja kerätty aineisto on peräisin ainoastaan valtakunnalliselta liikennesektorilta. (Ympäristöministeriö 2017.)

Sitran koordinoiman luonnonvarastrategian mukaan luonnonvarojen käyttö edellyttää resurssi- ja osaamistalouden oikeaoppista yhdistymistä. Keskeisempiä tavoitteita strategialle ovat:

- Suomessa on menestyvä korkean arvonlisän biotalous.
- Suomi hyödyntää ja kierrättää materiaalivirtoja tehokkaasti.
- Alueelliset voimavarat luovat kansallista lisäarvoa ja paikallista hyvinvointia.
- Suomi on aloitteellinen edelläkävijä luonnonvarakysymyksissä. (Sitra 2009, 4.)

Strategiassa painotetaan biotalouden edistämisen lisäksi materiaalikiertoa, jossa huomioidaan myös jätteen rooli raaka-aineena. Strategia tuo esiin tuotteiden kierrätettävyyden ja materiaalien käytön sekä kestävät tuotantotavat, jotka ovat myös osana valtakunnallista jätesuunnitelmaa. (Sitra 2009, 4.)

3.4 MARA-asetus

MARA-asetus on hallituksen kärkiprojekteihin kuuluva hanke, joka helpottaa jätteiden hyödyntämistä maanrakentamisessa. Se myös edistää kiertotaloutta ja auttaa korvaamaan neitseellisten luonnonvarojen käyttöä. Asetus määrittää vaatimukset, joiden täytyessä jätteiden hyötykäyttö ei tarvitse ympäristösuojelulain (527/2014) mukaista ympäristölupaa. Uusi 1.1.2018 voimaan tullut laki vastasi Mara-asetusta (VNa 591/2006), mutta oli kuitenkin tätä kattavampi jätemateriaalien lajikkeiden suhteen. Uusi asetus määrittää raja-arvot suoraan rakennuskohteille, kun taas vanhassa asetuksessa se oli jätemateriaalikohtaista. Uusi asetus myös täsmentää jätemateriaalien laadunhallintaa koskevia vaatimuksia. (Valtioneuvosto 2018, 1-6.)

MARA-rakenteilla tarkoitetaan maanrakennuskohteita, joihin jätemateriaalia aiotaan sijoittaa. MARA-rakenteen tulee muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta olla aina peitetty tai päällystetty. Peittomateriaali voi olla luonnon maa- tai kiviaineksesta tehty sitomaton pintakerros tai muu vastaava rakenne, jolloin vuotuisesta sadannasta imeytyy vähintään 5 % vettä MARA-rakenteeseen. Päällystemateriaali saa päästää vettä rakenteensa lävitse maksimissaan 5 %. Jos päällystäminen tehdään asfalttinormien mukaisesti, ei vedenläpäisevyyttä tarvitse erikseen osoittaa. Mikäli käytetään muita materiaaleja, kuten bentonitiitimattoa ja vedenhallintajärjestelmää, on vedenläpäisy erikseen osoitettava testien perusteella. (Valtioneuvosto 2018, 6.)

Peittoa ja päällystystä koskevat samat laatuvaatimukset kuin MARA-rakennetta, eli niiden on täytettävä määritelmät koko elinkaarensa aikana. Huonoon kuntoon mennyt päällyste on korjattava tai uusittava. (Valtioneuvosto 2018, 7.)

3.5 MASA-Asetus

MASA-asetus on vireillä oleva asetus ja se tulee olemaan MARA-asetuksen rinnakkaisasetus, jota on valmisteltu samanaikaisesti. Asetusten taustalla toimii sama vuonna 2016 tehty taustaselvitys. MASA-asetus on MARA-asetuksen pikkuveli, jonka tavoitteena on saada tietyt maa-ainesjätteet hyödynnettyä maanrakentamisessa. Asetus on toteutuksessaan YSL 32 §:n toisessa momentissa tarkoitettu poikkeus jätteen hyödyntämisen ympäristölupavelvoitteesta. Asetus käsittää ympäristönsuojeluvaatimuksia, joiden täytyessä asetuksessa tarkoitettujen jätteiden hyödyntämiseen ei tarvita ympäristölupaa. MASA-asetus on tarkoitus ottaa lausuntokierrosten valmistuttua käyttöön vuonna 2019.

(Vaajasaari 2018.)

3.6 Ympäristönsuojelulaki ja ympäristölupa

Ympäristönsuojelulaki velvoittaa toiminnanharjoittajan järjestämään toimintansa niin, että ympäristön pilaantuminen voidaan ehkäistä. Laki kieltää jätteen sijoittamisen maaperään. Mikäli jätteen sijoittamisesta voi aiheutua maaperän tai pohjaveden pilaantumisen vaaraa, edellyttää se muilta kuin MARA-asetuksen piirissä olevilta lajikkeilta ympäristölupaa. Jätteen määrän jäädessä alle 50 000 tonniin vuodessa lupaa haetaan kunnan ympäristölupaviranomaiselta. Jättemäärän ollessa yli 50 000 tonnia vuodessa on lupa haettava Aluehallintovirastosta (AVI) ja lisäksi käynnistetään ympäristövaikutusten arviointi (YVA). Ympäristövaikutusten arviointi käynnistetään myös silloin kun hanke on lueteltuna sen hankeluettelossa. (Ympäristöministeriö 2018,14-17.) Ympäristövaikutusten arviointia ei tarkastella tässä opinnäytetyössä laajemmin, sillä hanke ei edellytä ympäristövaikutusten arviointimenettelyä. Ympäristölupaprosessi on yleensä aikaa vievää ja jarruttaa näin ollen materiaalien tehokasta siirtymistä ja käyttöä.

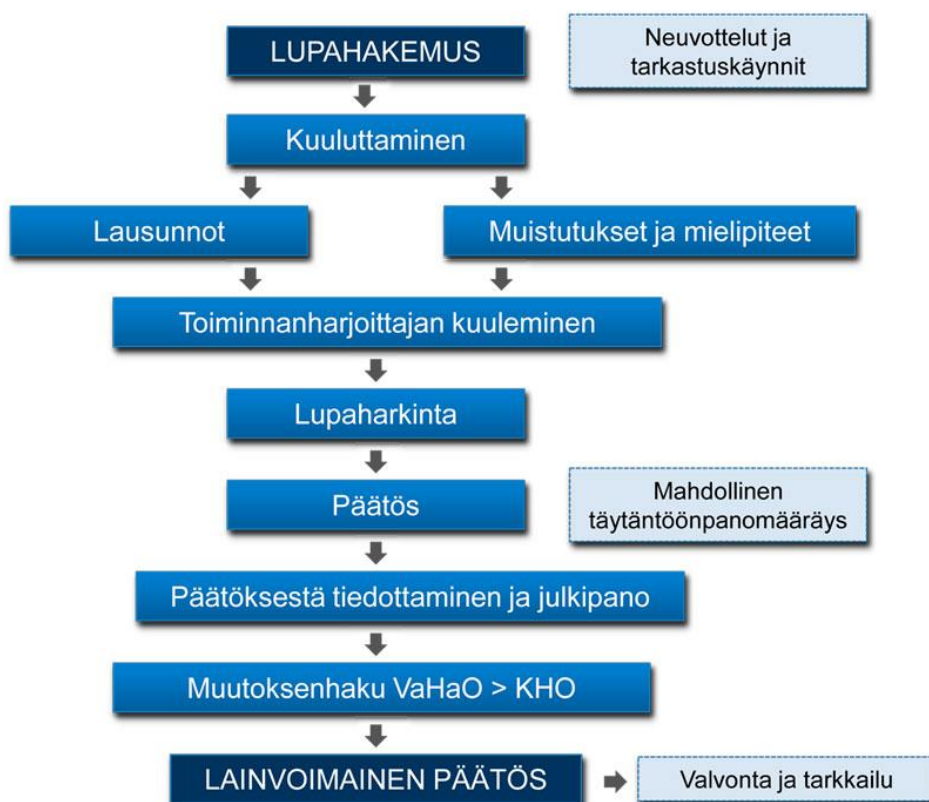
Ympäristölupa tarvitaan, mikäli toiminta aiheuttaa ympäristön pilaantumista, vaaraa ympäristön pilaantumisesta tai terveyshaittoja (Ympäristönsuojelulaki 527/2014, § 27). Hakemus aluehallintovirastoon tai kunnan ympäristölupaviranomaiselle kannattaa jättää hyvissä ajoin, yleensä kuukausia ennen suunnitellun toiminnan aloittamista. Käsittelyä voidaan edesauttaa selkeällä hakemuksella ja ennakkoneuvotteluilla lupaviranomaisten kanssa. Käsittelyaikaa voi tiedustella etukäteen. (Aluehallintavirasto 2018.) Hakemus voi olla vapaamuotoinen tai ympäristöhallinnon hakemuslomake 6010. Hakemuksessa tulee aina esittää YSA 3 §:n 1 momentin mukaiset tiedot. Hakemukseen liitetään tarvittaessa ja

tarpeen mukaan erillisiä selvityksiä, karttoja, suunnitelmia ja kaavioita. Hakemukseen liitettävät selvitykset voivat koskea päästöjä, toimintaa, asianomaisia, vaikutuksia ja muita merkityksellisiä seikkoja. (Ympäristöhallinto 2016) Kuviossa 2 on esitetty ympäristölupahakemuksen kulku prosessikaaviona.

Hakemuksen voi tehdä asianomistaja, mikäli hakijalla on riittävä asiantuntemus hakemuksen laatimiseksi. Hakemuksen voi tehdä toimeksiantona myös asiantunteva henkilö tai alalla toimiva konsultti. (Ympäristöhallinto 2016.)

Ympäristölupa myönnetään toimintaan, jos se täyttää ympäristönsuojelulain ja jätelain sekä niiden nojalla annettujen säännösten vaatimukset, eikä muistakaan laeista (luonnonsuojelulaki, maankäyttö- ja rakennuslaki) tai niiden nojalla annetuista säännöksistä aiheudu estettä luvan myöntämiseen (Ympäristöhallinto 2018, 5).

Kun lupaviranomainen on käsitellyt hakemuksen ja se täyttää lait ja edellytykset, myönnetään ympäristölupa määräaikaisena tai toistaiseksi voimassa olevana. Määräaikaisessa luvassa on mahdollista saattaa toimintaa koskeva uusi lupahakemus vireille päätöksessä annettuun ajankohtaan mennessä. Muutoin ympäristölupa raukeaa. (Ympäristöhallinto 2018, 6.)



KUVIO 2. Ympäristöluvan prosessikaavio (Aluehallintavirasto 2013)

4 VALIMOHIEKKA JA SEN SOVELTUVUUS MAANRAKENTAMISESSA

4.1 Valimohiekat

Valimohiekat voidaan jakaa neljään eri luokkaan, jotka muodostavat Suomessa käytetyistä hiekoista noin 90 %. Niitä ovat tuorehiekkä, furaanihiekka, alphaset-hiekka ja vesilasihiekkä, jota tosin ei enää käytetä Suomen valimoissa.

Tuorehiekkä

Tuorehiekkään lisätään noin 10 % bentoniittia ja 3 - 3,5 % vettä. Seos sekoitetaan huolellisesti annossekoittimilla. Bentoniitin lisäksi hiekkään sekoitetaan 1 - 4 % lisäaineita (esim. hiillisiä aineita), joiden avulla saadaan hiekkarakeiden pinnalle kiiltohiilikalvo, joka taas antaa valettavalle kohteelle hyvän pinnanlaadun. Tuorehiekkä kovetetaan mekaanisesti puristaen. Tuorehiekan etuna on sen nopeus muotteja tehtäessä sekä sen minimaalinen elvytys – vain pieni määrä palanutta bentoniittia ja veden lisäys. (Meskanen 2018.)

Furaanihiekka

Furaanihiekka kehitettiin 1950-luvun lopulla ja on vielä tänäkin päivänä käytetty valumenetelmä. Menetelmässä hiekka kovettuu huoneenlämmössä furaanihartsin avulla. Sekoittimella annostellaan halutusta kovettumisajasta riippuen hiekan sekaan hoppokovetetta ja hartsia. (Orkas, Vehmas, Wahlström & Laine-Ylijoki 1999, 11.) Etuna furaanipohjaisten siideaineiden käytössä on muotin lujuus ja sitkeys sekä erinomainen elvytettävyyden. Haittana pidetään mallin hankalaa irrotusta muotista. Lisäksi irrotus on ajoitettava juuri oikeaan hetkeen, sillä muuten malli ei välttämättä irtoa muotistaan. (Meskanen & Höök 2015, 3.)

Alphaset-hiekka

Esterikovetteinen fenoliformaldehydihartsihiekka tunnetaan parhaiten kauppanimellä alphaset-hiekka. Fenoliformaldehydihartsia ja esterä sekoitetaan hiekkään jatkuvatoimilla ruuhisekoittimilla. Prosessissa voidaan säädellä kovettumisaikaa erityyppisillä kovetteilla. (Orkas ym 1999, 11.) Prosessin etuna ovat mallin helppo irrotettavuus, erinomainen pinnanlaatu ja vähäinen kaasunmuodostus. Alphaset-hiekköjen haittoina ovat huono säilyvyysaika ja elvytettävyyden sekä huonompi lujuus. (Meskanen & Höök 2015, 3.)

4.2 Hiekankierto

Valimot käyttävät valumuoteissaan lähes sataprosenttisesti kvartsihiekkää sen hyvän tuulenkestävyyden vuoksi. Hiekka kovetetaan orgaanisilla tai epäorgaanisilla sideaineilla. Valimoiden kvartsihiekkä tuodaan pääsääntöisesti ulkomailta. Suomessa kvartsihiekkää saadaan Viasveden hiekkaesiintymältä Porista. (Orkas 2018)

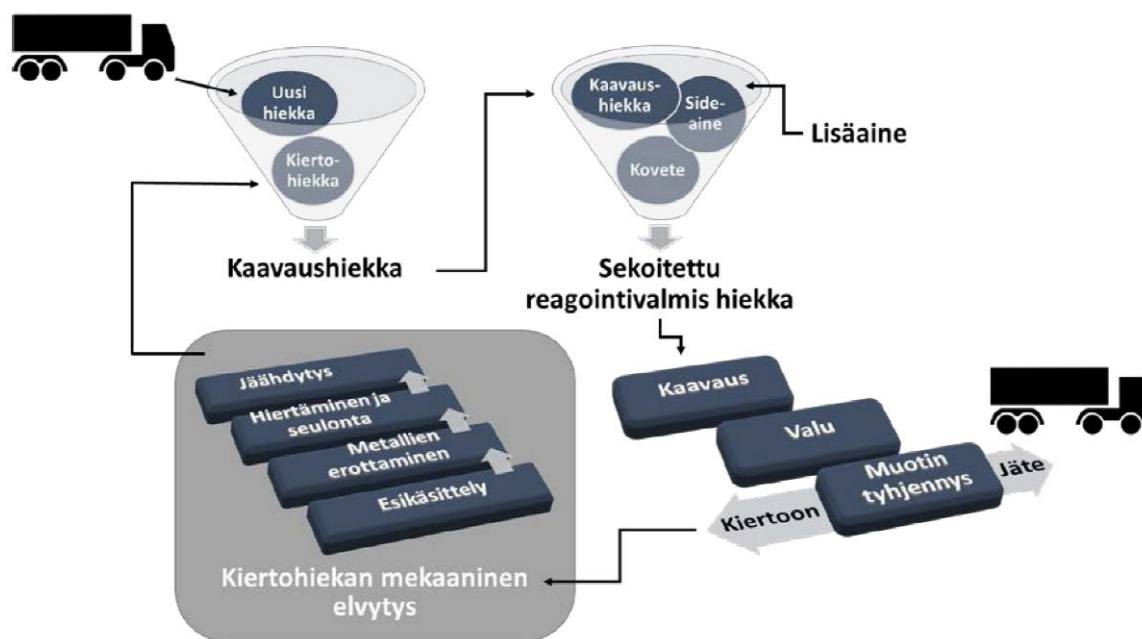
Rauta- ja teräsvalimot tuottavat keskimäärin yhden tonnin ylijäämähiekkää valettua teräs-tonnia kohden. Valimot kierrättävät hiekkansa tehokkaasti. Tuorehiekkavalimoiden kaavaushiekasta kierrätetään jatkuvasti noin 95 % ja hartsihiekkavalimossa kierrätysaste on 50-90 % riippuen menetelmistä ja valettavasta materiaalista. Suuri osa ylijäämähiekoista päätyy edelleen kaatopaikoille erinäisiin täyttö- ja tasauserroksiin. Nousevat jätemaksut kannustavat valimoteollisuutta kierrättämään prosessissa syntyvän ylijäämähiekan tehokkaammin. (Orkas ym. 4.)

4.3 Kaavaushiekka, keernahiekka ja sen valmistus

Kaavaushiekan tarkoituksena on muodostaa valettavien kappaleiden ulkopinta, kun taas keernahiekkää käytetään kappaleiden reikien ja onteloiden tekoon. Kaavaushiekan valmistamiseen käytetään uutta raakahiekkää, kiertohiekkää ja sideaineita. Kuivatettu raakahiekka tuodaan valimoihin yleensä säiliöautoilla. Kiertohiekkää saadaan hiekankäsittelylaitoksista, ja se on peräisin puretuista valumuoteista. Hiekan kiertäessä siihen rikastuu yhä enemmän haitallisia aineita, ja tämän vuoksi hiekka on joko elvytettävä tai kiertoon on lisättävä uutta hiekkää. Elvytys on kolmivaiheinen ja sisältää aina hiekan esikäsittelyn, sideainekalvon poiston ja jälkikäsittelyn. Kuviossa 3 on esitelty hiekankiertoa tarkemmin. (Meskanen & Höök 2015, 18.)

Käsittelyssä paakkuinen muottihiekka hierretään mekaanisesti ja siitä poistetaan liian hieno ja karkea aines. Kiertohiekka voidaan myös käsitellä termomekaanisesti, jossa sideaineet hävitetään lämmön avulla, minkä jälkeen hiekka on lähes uuden veroista. Märkäelvytyksessä hiekka pestään siipisekoittimilla. Prosessissa poistuu liete, jossa on yleensä suuret pitoisuudet haitta-aineita. (Meskanen & Höök 2015, 18.)

Uusi hiekka ja kierrätyshiekkä on varastoitu erillisiin säiliöihin, joista ne annostellaan tietyllä sekoitussuhteella sekoituslaitteeseen. Sekoituslaite annostelee lisäksi sideainejärjestelmään kuuluvat aineosat, kuten kovetteet. (Meskanen & Höök 2015, 18.)



KUVIO 3. Hiekankierto (Meskanen & Höök 2015, 1)

4.4 Valimohiekan soveltuvuus maanrakennushankkeissa

Kun arvioidaan valimohiekan soveltuvuutta maanrakentamiseen, on aina oltava tiedot materiaalin muodostumisprosessista ja lähtömateriaaleista. Näiden perusteella voidaan arvioida materiaalissa mahdollisesti esiintyvät haitta-aineet. Aikaisempia tutkimuksia voidaan käyttää haitta-ainepitoisuuksien tai reaktiotuotteiden arvioimiseen. Mikäli tutkimuksia ei ole tai ne ovat vajavaisia, materiaalille on tehtävä kemialliset analyysit. (Orkas ym. 1999, 7.)

Valimohiekka sisältää vain pieniä jäämiä orgaanisista sideaineista ja niiden haitta-aineiden merkitystä sijoituspaikalla arvioidaan yleensä kokonaispitoisuuksien perusteella. Haitallisten metallien ympäristövaikutuksia arvioidaan liukoisuustesteillä. (Orkas ym. 1999, 7.)

Insinööritoimisto Gradientin tekemässä tutkimuksessa (Gradientti 2017) selvitettiin valimoiteollisuuden sivutuotteiden soveltuvuutta maanrakentamiseen ja niiden haitta-ainepitoisuuksien liukoisuutta. Tutkimuksessa oli mukana kolme erilaista valimohiekköjen ja maaainesten sekoitusta. Seoksia kokeiltiin tuorehiekan, valimopölyn, teräshiekan, betonimurskeen ja moreenin sekoituksilla. Yksikään seoksista ei alittanut MARA-asetukselle määritellyjä raja-arvoja haitallisten aineiden osalta. Seokset eivät myöskään täyttäneet infraRYL 2010 mukaisia jakavan kerroksen rakeisuusvaatimuksia. Toisaalta kaikki seokset soveltuivat ominaisuuksiensa perusteella hyvin maanrakentamiseen ja niiden tiivistettävyyden on erinomaista. (Gradientti 2017.)

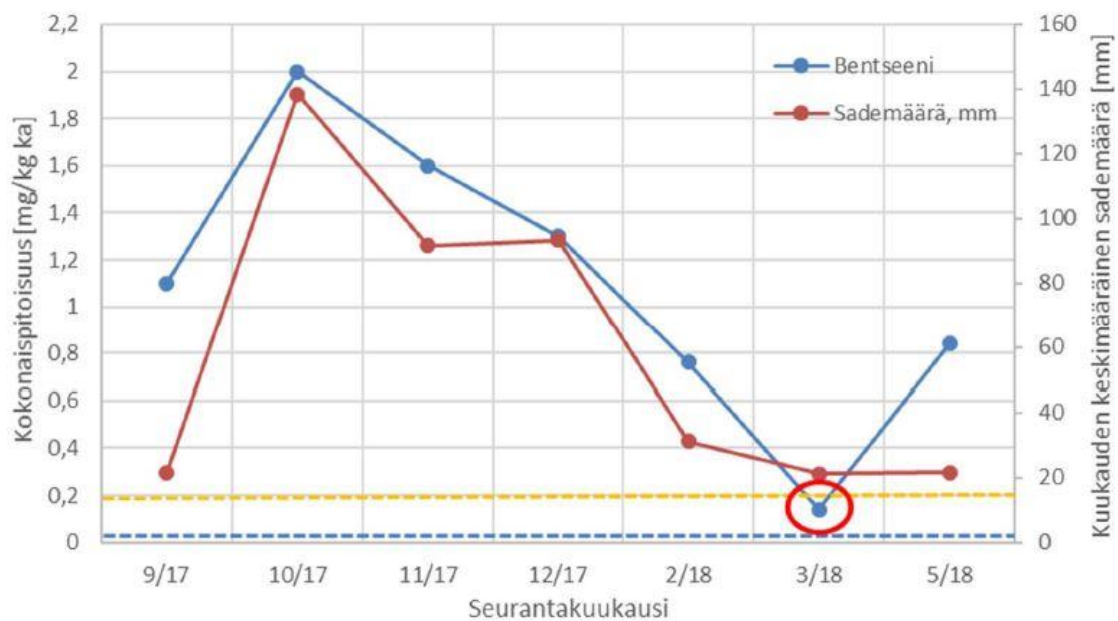
4.5 Haitta-ainepitoisuudet

Valimohiekat eivät pääsääntöisesti sovellu MARA-asetuksen mukaisesti hyötyrakentamiseen niiden korkeiden haitta-ainepitoisuuksien, kuten liuenneen orgaanisen hiilen (DOC) ja korkeiden bentseenipitoisuuksien vuoksi. Ympäristöministeriön (Ympäristöministeriö 2015b) teettämän selvityksen mukaan vain 3.5 % valimohiekoista alittaa niille asetetut MARA-vaatimukset. Mikäli yksinkin MARA-asetuksen raja-arvo ylittyy, on loppusijoituskohteelle haettava ympäristösuojelulain mukainen ympäristölupa.

Teknolohiateollisuuden vuosina 2017-2018 teettämässä valimohiekkojen ikäännyttämis-seurannassa (Ramboll 2018) tarkasteltiin valimohiekkojen ikääntymisen vaikutusta hiekkojen haitta-ainepitoisuuksiin. Testissä tutkittiin BTEX-yhdisteiden kokonaispitoisuuksia, joihin kuuluvat bentseeni, tolueeni, etyleenibentseeni ja xyleenit. Lisäksi liukoisuustesteissä määritettiin Fluoridin ja DOC:n liukoisuudet, pH ja sähkönjohtavuus. Tutkimuksessa seurattiin kasavarastoitujen valimohiekkojen haitta-ainepitoisuuksien ja liukoisuuksien vaikutuksia puolen vuoden ajan noin kuukauden välein otettujen testien perusteella.

Tutkimuksen tuorehiekkana oli peräisin Componentan Karkkilan valimolta. Hiekkaa lajitettiin noin 100 tonnia vanhennustestiä varten. Tutkimuksen loppupuolella kasa jaettiin kahtia ja toinen kasa sekoitettiin ja jätettiin noin kuukaudeksi ikääntymään. (Ramboll 2018.)

Testeissä havaittiin, että vanhentamisella ei ole merkittävää vaikutusta DOC ja Fluoridipitoisuuksiin. Bentseenin ja TEX-yhdisteiden pitoisuudet kuitenkin laskevat, ja tämä johtuu suurilta osilta sadevesien aiheuttamasta huuhtoutumasta. Bentseenin raja-arvot ylittävät MARA-asetuksen rajat vielä 8 kuukauden vanhentamisen jälkeenkin. On kuitenkin syytä kiinnittää huomiota siihen, etteivät haitallisia yhdisteitä sisältävät suotovedet pääse pilamaan muuta ympäristöä. Hiekkojen vanhentamisessa täytyy ottaa huomioon tutkimuksen ajankohta ja sadanta tutkimusjakson aikana. Lämpötilalla ja sademäärällä on suuri vaikutus haitta-aineiden liukenemiseen. Kuviossa 3 on esitetty bentseenin kokonaispitoisuus ja sademäärä testin aikana. Maaliskuun alhainen lukema johtuu kestäväidyn näytepullon hajoamisesta, eikä sitä tule huomioida tuloksia tarkasteltaessa. (Ramboll 2018.)



Kuvio 3. Bentseenin kokonaispitoisuus ja sademäärä vanhentamistutkimuksessa. Keltainen viiva kuvaa bentseenin MARA-asetuksen raja-arvoa. (Ramboll 2018)

5 MELUVALLIN RAKENTAMISESSA TARVITTAVA GEOTEKNIikka

5.1 Geotekniikka käsitteenä

Geotekniikka käsittelee maa- ja kallioperän teknisiä ominaisuuksia ja niiden soveltamista maa- ja pohjarakentamiseen sekä niiden mitoitusmenetelmiä. Nykyaikainen maanrakennustekniikka juontaa juurensa 1900-luvun alkuun. Ala kehittyi maarakennuskoneiden kehittymisen ohella. 1910-luvun loppupuolella Suomen ja Ruotsin yhteinen komissio ryhtyi tutkimaan rautateillä sattuneita maaperän pettämisestä aiheutuneita onnettomuuksia. Komission syntyä pidetään alkusysäyksenä nykyiselle geotekniikalle Pohjoismaissa. Ensimmäiset rakennusnormit ja -ohjeet julkaistiin vuonna 1964, ja niitä on kehitetty ja nykyaikaistettu vuosien varrella. (Jääskeläinen 2011, 13.)

5.1.1 Kuivatilavuuspaino

Kuivatilavuuspainon määrittämiseen käytetään Proctor-koetta. Kokeessa tiivistetään maa-aines laboratorio-olosuhteissa. Työmaalla maanrakennuskoneet suorittaisivat tiivistyksen työselostuksen mukaisesti. Kokeen tuloksena saadaan akselistoon piirrettyä ylöspäin kupera kaari, jonka lakipiste antaa kuivatilavuuspainon maksimin. Sitä vastaavaa kosteutta kutsutaan optimikosteudeksi. Maksimikuivatilavuuspainolla haetaan optimivesipitoisuutta maa-aineksen parhaaksi kuivatilavuuspainoksi. (Jääskeläinen 2011, 54 - 55.)

5.1.2 Vedenläpäisevyys

Maa-aineksissa vedenläpäisevyyttä tutkitaan veden liikkumisella huokosten muodostamilla käytävillä. Virtaus taas juontaa juurensa Darcyn lakiin $[Q = (KA\Delta H)/L]$, joka on avattu yhtälössä 1. Darcyn laissa veden keskimääräinen nopeus on koko maan vedenläpäisykerroin kerrottuna paineekaltevuudella. Tulokseksi saadaan veden keskimääräinen nopeus eli verrannollisuuskerroin K maa-aineksessa, joka voi olla muotoa $2.4 \cdot 10^{-10} \text{m/s}$. Vedenläpäisevyyttä voidaan tutkia koepumppauksilla maastossa tai laboratoriossa, mikäli tahdotaan selvittää jonkin käyttöön aiotun materiaalin ominaisuuksia. (Jääskeläinen 2011, 68 - 69.)

Darcyn laki		
Q	=	Virtaama [m^3/s]
A	=	Poikkipinta-ala [m^2]
ΔH	=	ero hydraulisessa korkeudessa [m]
L	=	pituus [m]

Taulukko 1. Darcyn laki

5.1.3 Maaperän tiiveystesti

Maa-aineksen lujuusominaisuudet ovat parhaimmillaan mahdollisimman tiiviissä tilassa. Sama maa-aines voi esiintyä luonnollisessa ympäristössään kaikista tiiviimmässä olomuodossaan, juuri koossa pysyvänä tai mitä vain näiden kahden olomuodon väliltä. Siksi onkin tärkeää mitoitaa maa-aineksen suhteellinen tiiveys ja tiiviysaste. Jotta tiiveys voidaan määrittää, on tiedettävä maa-aineksen suurin ja pienin kuivatilavuuspaino. Sora voi esiintyä painoltaan 15 - 22kN/m³ ja moreeni noin 15 - 24kN/m³. (Jääskeläinen 2011, 51 - 52.) Tiivistetyn maaperän mittaukseen on olemassa esimerkiksi Loadman painonpudotuslaite, jolla mitataan maa-aineksen painumaa laitteen sisällä olevan painon avulla.

5.2 Kairaukset

Suomessa käytetään useita eri tyyppisiä kairauksia. Kairauksella saadaan selvitettyä maaperästä haluttuja ominaisuuksia, kuten esimerkiksi maaperän rakennetta, kantavuutta tai pohjaveden tasoa. Kairaus perustuu erilaisilla kairausvastuksilla ja painoilla varustetun kairan etenemiseen maaperässä. Maaperän ominaisuuksien tulkinta on kairausvastuksista aina likimääräismenettelyä. (Jääskeläinen 2011, 250.) Kairauksista piirretään diagrammi, josta pystytään päättämään maaperän laatu, maalajin tiiveys ja peruskallion korko. Kuvassa 1 on esitetty tyypillinen monitoimikaira, jossa oli kuvaushetkellä kiinni näytteenottoon kykenevä kierrekaira.



KUVA 1. Tela-alusteinen monitoimikaira

Painokairaus

Painokairaus on yleisimmin Suomessa käytetty kairausmenetelmä. Painokairaa kutsutaan yleiskairaksi ja sitä käytetään pehmeiköltä lähtien aina keskitiiviisiin moreeneihin asti. Nykyään painokairaus tehdään tela-alustaisilla monitoimikairoilla. Kairavaunussa on maastotallentimet, joilla tallennetaan eri syvyyksissä tarvittu kairan kuormitus ja kairausvastus. Kairauksessa mitataan, painuuko kaira pelkän painon avulla. Kairaa kuormitetaan 100 kg:lla. Tarkoituksena on aina löytää pienin paino, jolla kaira painuu maaperään. Mikäli kaira ei painu suurimmallakaan painolastilla, tankoa lyödään tai tärytetään. Mikäli kaira alkaa painumaan, kairausta jatketaan. (Jääskeläinen 2011, 245 - 246.)

Heijarikairaus

Heijarikairaus perustuu nimensä mukaisesti heijariin, joka pudotetaan aina samalta korkeudelta kairatankoon varustettua kiinnikettä vasen. Nykyisin heijarikairaus suoritetaan monitoimikairoilla. Kairauksessa kirjataan jokaisen 20 cm etenemän tarvitsevat iskut jaärkeä pyöritellään välillä tangon kiillautumisen estämiseksi. Heijarikaira on parhaimmillaan tiivissä maissa, kuten paksuissa soraharjuissa, joihin painokairaus olisi aivan liian

heppoinen menetelmä. Heijarikairauksella saatua tietoa voidaan käyttää esimerkiksi paalutuksen suunnitteluun, jolloin itse kairauslaite toimii minikokoisena paalutuslaitteena. (Jääskeläinen 2011, 253 - 256.)

Porakonekairaukset

Mikäli kallionpinnasta tarvitaan luotettavaa ja varmaa tietoa, on ainoa vaihtoehto kallion esiin kaivamisen lisäksi porakonekairaus. Se sopii myös lohkareiseen maahan, josta ei muilla kairausmenetelmillä saada luotettavaa tietoa kaivuusyvydestä lohkareiden pysäyttäessä kairausyritykset. (Jääskeläinen 2011, 257.)

Tangon päässä oleva kruunu tunkeutuu hyvin eri maa-ainesten lävitse. Ongelmaksi muodostuu yleensä porareiän ympäriltä irtoavat kappaleet, jotka voivat pahimmassa tapauksessa jumittaa koko porauskangen. Tämän vuoksi porakruunun ympärillä on yleensä suojaputki, joka kruununsa ansiosta etenee porareikää pitkin aina peruskallioon asti. Tämän jälkeen voidaan aloittaa itse kallion poraus, josta etenemä kirjataan konetyypistä riippuen 20 cm välein. Etenemällä saadaan tietoa kallion laaduista ja mahdollisista raoista kalliosta. Jotta voitaisiin poissulkea mahdollisuus isoista lohkareista, poraus kallioon jatkuu vähintään kahteen metriin asti. Syntyneestä porauspölystä voidaan tarvittaessa ottaa näytteitä, ja mikäli tarvitaan tarkempaa analyysiä, voidaan kalliosta ottaa myös sydännäytteitä erikoiskaluston avulla. (Jääskeläinen 2011, 257-259.)

Siipikairaus

Siipikairauksella tutkitaan saven leikkauslujuutta. Pohjatutkimuksissa alue tutkitaan ensin muilla kairausmenetelmillä, minkä jälkeen suunnittelija määrittelee siipikairauspisteet ja syvyydet. Yleensä pisteet sijoitetaan saven syvimpiin kohtiin, mutta samalla ne pyritään sijoittamaan tasaisesti savikkoalueelle. Siipikairauksen tarkoitus on verrata keskenään muiden kairausten kautta saatuja tuloksia. Jos tulokset ovat saman suuntaisia, voidaan muilla välineillä tehtyjä tutkimuksia laajentaa pisteisiin, joihin siipikairausta ei ole tehty. (Jääskeläinen 2011, 260.)

Puristinkairaus (CPT-kairaus)

Puristinkairauksen perusideana on mitata voimaa, jota standardin mallinen kärkikappale tarvitsee pureutuessaan maaperän eri kerroksiin. Puristinkaira antaa tarkempaa tietoa maaperästä, mutta ei sovellu karkeisiin maihin. Myös puristinkairaus tehdään muiden yleisten kairausten mukaisesti monitoimikairauslaitteistolla. Mittaus tapahtuu sähköisin laittein ja tietotekniikkaa hyväksikäyttäen. Kairan kärkiosa mittaa samanaikaisesti kärjen

vastusta, kitkahylsyyyn kohdistuvaa hankausvoimaa ja joissain tapauksissa huokoista vesipainetta. Puristusjännityksellä, kitkalla ja vesipaineella saadaan luotettavaa tietoa maalojeista. (Jääskeläinen 2011, 263 - 265.)

Puristin-heijarikairaus

Puristin-heijarikairauksessa yhdistyvät kahden laadukkaan kairauksen parhaat puolet. Se soveltuu parhaiten hienojakoiseen kivettömään maahan. Alkukairauksen jälkeen tiivis pintakerros avarretaan, jottei se häiritse puristinkairausta. Puristinkairausta jatketaan kunnes saavutetaan suurin mahdollinen puristusvoima, jonka jälkeen siirrytään käyttämään heijarikairausta. Mikäli heijarikairauksessa esiintyy maaperän vaihteluita, siirrytään tarvittaessa takaisin puristinkairaukseen. Kairaus lopetetaan aina heijarikairaukseen. Maalajien arviointia varmistetaan näytteenotoilla, mutta myös kairaajan havainnot ovat tärkeitä pohjatutkimuksissa. (Jääskeläinen 2011, 267 - 270.)

Koekuopat

Koekuopilla saadaan helposti otettua näytteitä, selvitettyä maakerrosten rajoja tai jätettyä pohjavedelle havaintoputki. Koekuoppa voi tulla tarpeeseen myös lohkaraisessa maassa, jossa kalliopinnan paljastaminen voi olla kairaamista nopeampi ja kustannustehokkaampi vaihtoehto. Pilaantuneita maita tutkittaessa koekuoppien kaivaminen on välttämätöntä. Koekuopista tehdään aina piirustukset ja koekuopparaportti, joista selviää koekuoppien sijainti ja niiden sisältö. Koekuopat eivät voi kuitenkaan olla yksinään osa pohjatutkimusta. Ne ovat osana kokonaisuutta, jossa kairaustulokset täydentävät koekuopista saatua informaatiota. Valokuvat kuopista parantavat oleellisesti tutkimuksen havainnollisuutta. (Jääskeläinen 2011, 259 - 260.)

6 MANSIKIN MELUVALLI JA MOTOCROSSRATA

6.1 Meluvalli käsitteenä

Meluvallin tarkoituksena on vaimentaa melua ja ohjata melusaastetta haluttuun suuntaan, yleensä melunlähdeä päin. Meluvallin rakentamiseen voidaan käyttää Mara- ja tulevan MASA-asetuksen mukaisia jätemateriaaleja, luonnonmateriaaleja ja erinäisiä läjitysmaita. Näin ollen meluvalliin voidaan usein käyttää paikallisia materiaaleja, mikä edistää osaltaan tehokasta kiertotaloutta. Meluvallin haittana on sen vaatima suuri tila. Luiskan kaltevuuden määrittävät meluvallissa käytettävät materiaalit. Meluvallin vaatimaa tilaa voidaan pienentää esimerkiksi käyttämällä kivikoreja tai tukiseiniä osana rakennetta. Myös erilaiset vallien yhdistelmä rakenteet on syytä ottaa huomioon valleja suunnitellessa. Mikäli valli rakennetaan pehmeälle maaperälle, on sen kantavuus varmistettava mahdollisilla massanvaihoilla. (Liikennevirasto 2010.) Vallin määritelmäperusteena pidetään rakennetta, jonka harjan leveys on enintään 5 m ja johon sisältyvät harjaa puoltavat enintään 1:2 kaltevuudessa olevat luiskat. Mikäli harjan leveys ylittää 5 m, valli luetaan väyläksi tai kentäksi, jonka sisältämä jätetäyttö ei voi olla 1,5 m korkeampi. Valli ei myöskään voi olla viittä metriä korkeampi täyttääkseen MARA-asetuksen vaatimukset. (Valtioneuvosto 2018, 6.)

6.2 Kohteen nykytila

Kohde sijaitsee Karkkilan Mansikin moottoriurheiluradalla. Toteutuessaan meluvalli palvelisi Componentan valimoa, Karkkilan kuntaa ja Moottorikerhoa. Moottorikerhon toiveena on, että toteutunut meluvalli toimisi myös katsomoalueena. Radan länsipäädyssä on vanha suljettu kaatopaikka ja sen yhteydessä puhtaiden maiden maankaatopaikka, josta muodostuu nykyinen meluvalli. Kuvassa 2 on esitelty motocrossrata ja taustalla näkyvä maankaatopaikka. Karkkilan kaupunki hallinnoi ja operoi maankaatopaikkaa tehden samalla yhteistyötä motocrossradan kanssa. Nykyinen meluvalli täytyy saattaa ympäristöluvan mukaiseen kuntoon. Ympäristöluvassa vallin luiskat ovat 1:3 ja harjakorkeus +65 metriä merenpinnasta. Tällä hetkellä vallin harjakorkeus on +67 metriä ja luiskakaltevuudet 1:1.5. Tapahtumien aikana katsojat seuraavat kisoja nykyisen vallin päällä, vaikka vallille nousu on kiellettyä sen jyrkkien luiskien vuoksi. (Harju 2018.) Tilattuun suunnitelmaan kuuluu myös vanhan maankaatopaikan muotoilu ympäristöluvan mukaiseksi.



Kuva 2. Mansinkin motocrossrata. Taustalla näkyy nykyinen meluvalli, joka koostuu puhtaista ylijäämämaista. (Ramboll 2018)

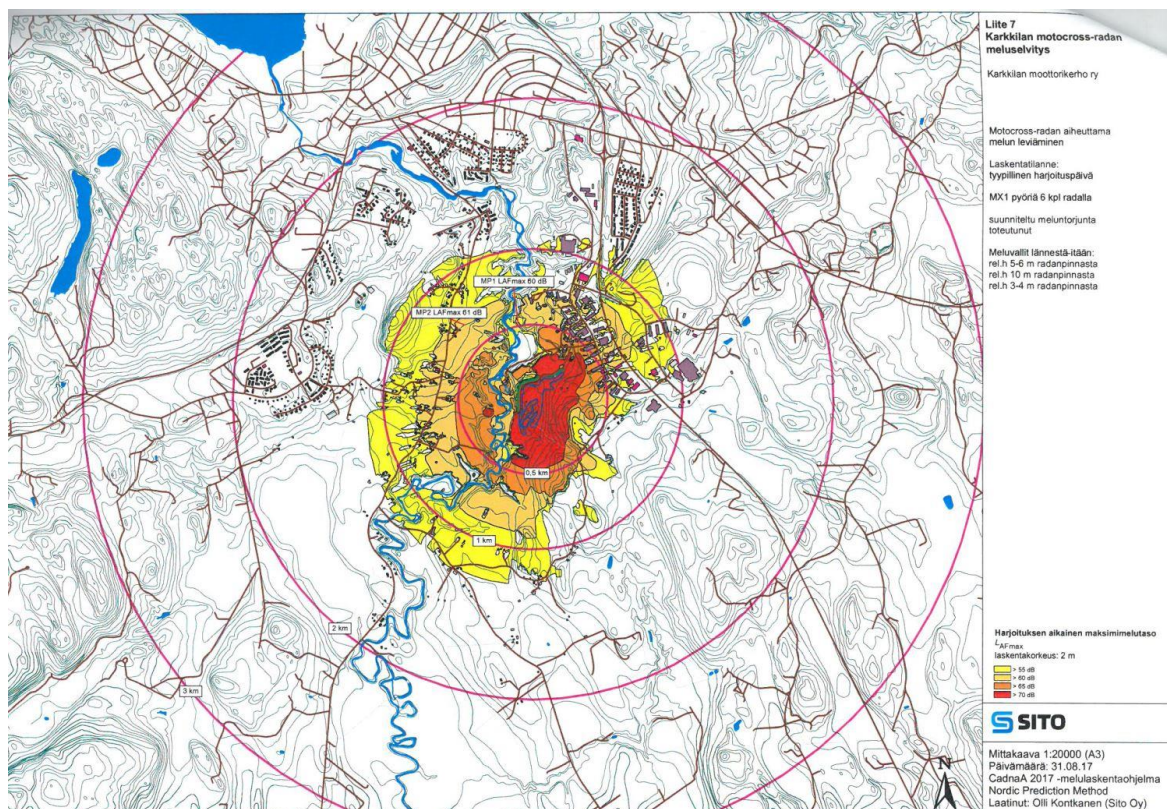
6.3 Karkkilan mansikin motocrossrata

Mansikin moottoriurheilurata sijaitsee noin kolmen kilometrin päästä ydinkeskustasta vanhalla yhdyskuntajätteen kaatopaikka-alueella Pitkälän kaupunginosassa. Alueella sijaitsevat vanha suljettu yhdyskuntajätteen kaatopaikka, vedenpuhdistamo ja Motocross-rata. Alueelta kantautuvan melun vuoksi kaupunki on läjittänyt puhtaita täyttömaita alueelle meluvalliksi. Lähimpiin kiinteistöihin kuitenkin kantautuu radalta melua, minkä torjuminen on kerhon ja kaupungin yhteinen tavoite. Täyttömaat ovat peräisin kaupungin omista rakennushankkeista, kuten jalkapallokentän remontoinnista. (Harju 2018.) Componentan valimohiekat sopisivat hyvin jatkoksi olemassa olevalle meluvallille ja uusi meluvalli hillitsisi radalta kantautuvia pahimpia meluja.

Motocrossrataa hallinoina vapaaehtoisten voimin ja 65 000 euron vuosibudjetista suurin osa menee radan kunnostukseen ja ylläpitämiseen ajojen jäljiltä. Jokainen tapahtuma radalla tuo välillisesti Karkkilan kaupungissa sijaitseville yrityksille merkittävästi tuloja. (Harju 2018.)

Alueelle on vireillä 2012 käynnistetty asemakaavamuutos, jonka tarkoituksena on muodostaa jo rakennetusta alueesta yhdyskuntateknistä huoltoa palvelevien laitosten ja rakennusten alue ja tähän liittyvä katualue. Alue on kumpuilevaa ja osittain täyttömaata. Savinen motocrossrata on saanut kehuja ollessaan SM-tasolla ainoa kunnan savimaalle perustettu rata hyvillä korkeuseroilla. Savisuuden takia rata on erittäin haastava ja sen ajoille käyttöön sopivat ajankohdat ajoittuvat yleensä toukokuusta elokuun loppuun. Rataa kutsutaan myös maailmanradaksi, jolla vieraillee kansainvälisiä suuria nimiä. Keväällä ja syksyllä savi aiheuttaa haasteita ajamiselle, ja silloin radalla harjoittelevat yleensä kokeneet kuskit. Talvella radan jäätyessä se on erinomainen jäärata, sillä renkaiden piikit pureutuvat jäiseen saveen paremmin kuin muuhun maa-ainekseen. (Harju 2018.)

Kisojen yhteydessä jokaiselle kisaan osallistuvalla pyörällä tehdään katsastus, jossa mitataan pyörästä kantautuva melu kahden metrin etäisyydeltä. Meteli saa olla korkeintaan 112 dB, ja tämän ylitys aiheuttaa katsastuksen hylkäyksen. (Harju 2018.) Melua mitataan myös kisojen aikana radan eri kohdista lähellä ajoreittejä. Meluarvot ovat aina olleet niiden sallimissa rajoissa. Sito Oy on tehnyt tutkimukset alueelta kantautuvasta melusta vuonna 2017. Tutkimuksessa alueelta kantautuu häiritsevää yli 55 dB:n melua noin kilometrin säteellä radan alueelta. Kuvassa 3 on esitelty tarkemmin alueelta kantautuva meteli. Harjun mukaan suurimmalle osalle läheisistä asukkaista satunainen melu ei aiheuta haittaa, mutta alueella on myös muutamia kiinteistöjä, jotka kokevat alueelta kantautuvan metelin häiriöksi.



Kuva 3. Sito Oy:n tekemä melumallinnus motocrossradan alueelta. (Harju 2018)

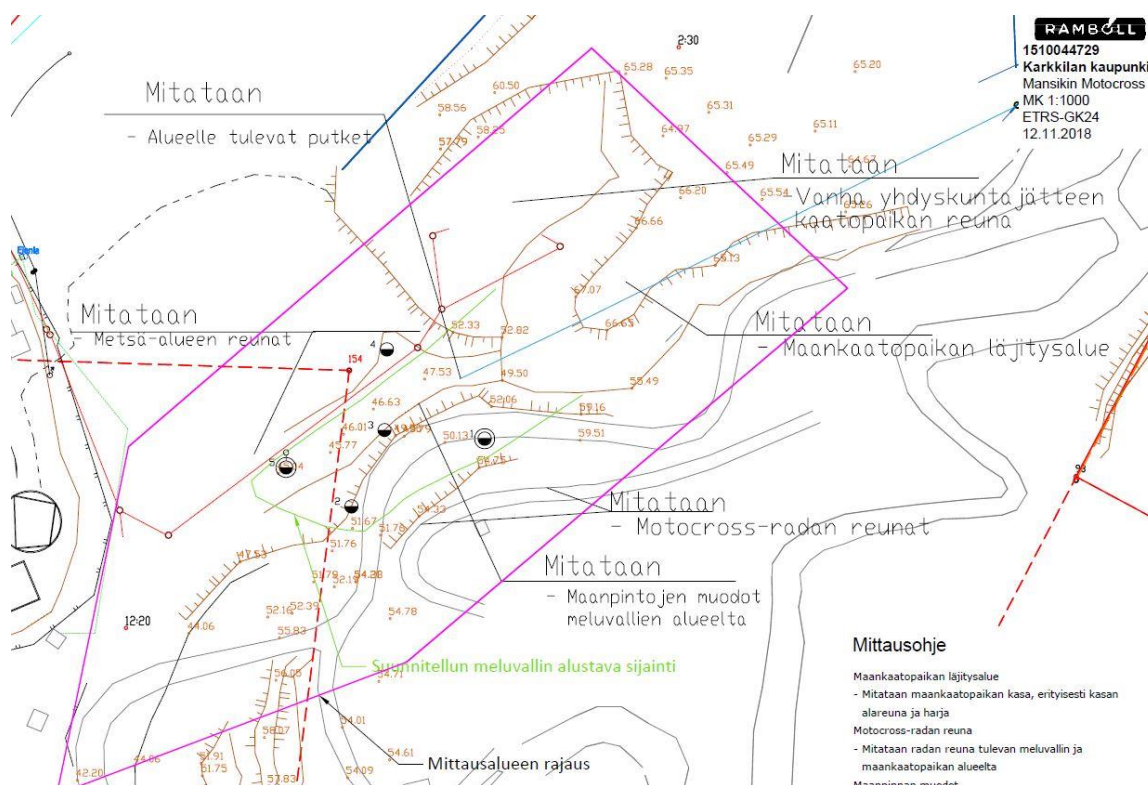
Motocross-radalle on myönnetty sijoituslupa vuonna 1977 ja sen on myöntänyt Karkkila-Pusulan kansanterveystyön kuntaliitto. Ympäristölain tultua voimaan vuonna 2000 radalle olisi lain mukaan täytynyt hakea ympäristölupaa. Karkkilan kaupunki päätti vuonna 2003 että radalle myönnetty sijoituslupa riittää toimintaan alueella. Vuonna 2017 Karkkilan ympäristölautakunta on päätöksellään edellyttänyt moottorikerhoa hakemaan ympäristölupaa toiminnalleen. Lupaa ei voida kuitenkaan hakea ennen kuin asemakaavamuutos alueelle on tullut lainvoimaiseksi, sillä asemakaavassa alue on merkitty kaatopaikka-alueeksi ja ympäristölupaa ei voida myöntää kaavan vastaiselle toiminnalle. (Kulla 2017.)

Motocrossradan puheenjohtajan Jukka Harjun mukaan ympäristölupaprosessi on aloitettu selvityksillä ja se valmistuu aikaisintaan kesällä 2019 tai viimeistään asemakaavamuutoksen voimaantullessa.

7 MANSIKIN MELUVALLIN SUUNNITTELU JA RAKENTAMINEN

7.1 Mittaussuunnitelma

Uuden meluvallin alueelle tehtiin erillinen mitoitussuunnitelma (kuva 4), jonka lähtökoh-
tana selvitettiin olemassa olevat voimalinjat ja vesijohtoputket. Selvityksen jälkeen alueen
jo olemassa olevaa digitaalisesti kartoitettua aluetta tutkittiin ja valittiin kairaukselle pisteet.
Kairauksella tuotettiin tietoa maaperän rakenteesta ja sen rakennettavuudesta. Alueen
korkotiedot olivat riittämättömät, joten aluetta rajattiin tarkemmin tulevan meluvallin alu-
eelta. Jo lähtökohdalla oli tiedossa alueen haastavat maastonmuodot ja niiden huono so-
veltuvuus korkeille rakenteille. Korkeuserot olivat suunnitellun meluvallin alueella pahim-
millaan yli 10 metriä.

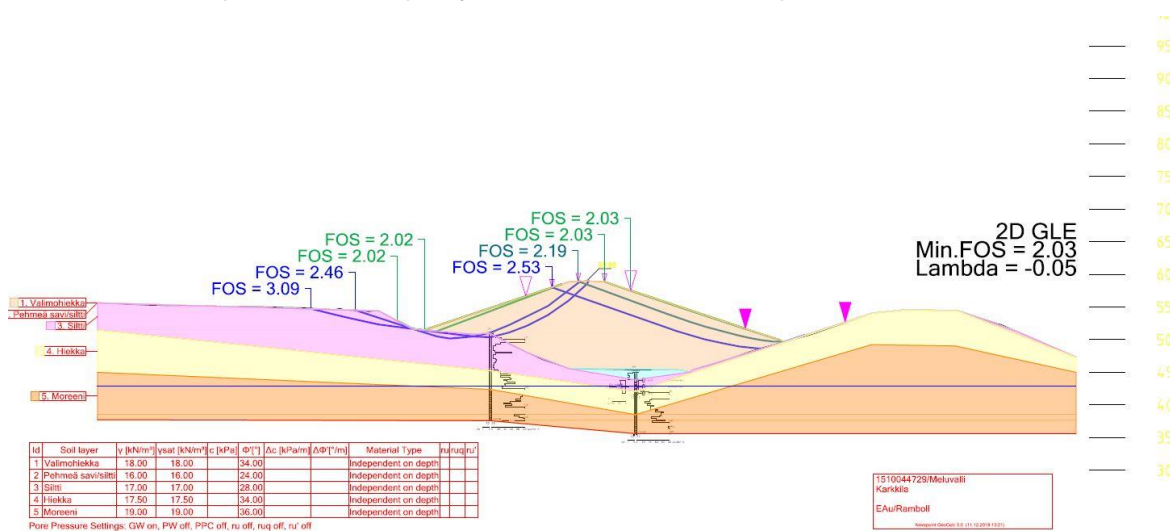


Kuva 4. Mansikin motocrossradalle laadittu mittausohje

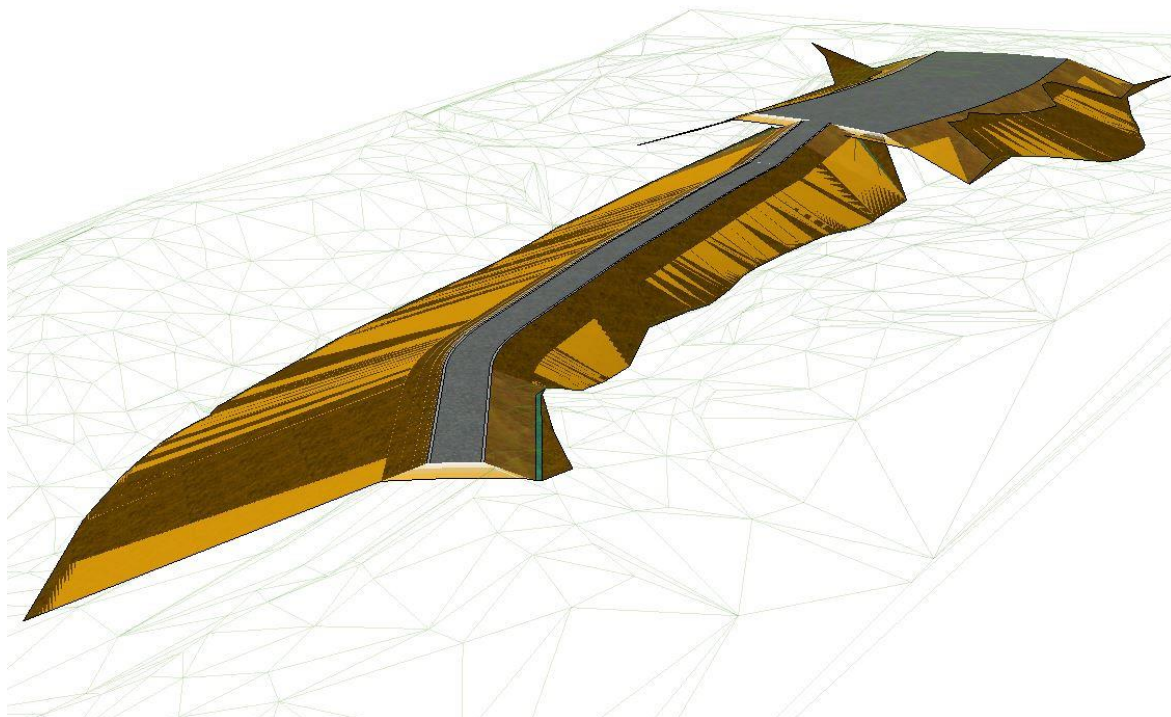
7.2 Alueen geosuunnittelu ja meluvallin mallintaminen

Alueella suoritettujen tarkemmittausten jälkeen kohteesta oli saatavissa riittävästi tietoa 3D-
mallinnuksen aloittamiseksi. Työ aloitettiin tuomalla saatu mittausdata Autocad ohjelmaan.
Datasta työstettiin maanpintamalli, joka vietiin Novapoint Base-ohjelmaan, jossa valli
suunniteltiin aluksi luiskaobjektina. Sen soveltuvuus muuhun geosuunnitteluun oli kuitenkin

kin huono, minkä vuoksi suunnittelu muutettiin väylämallikseksi. Väylämalli tarjosi tarvittavat leikkauskuvat vallin eri kohdista ja näiden pohjalta Rambollin geosuunnittelija määritteli maakerrosten ominaisuudet ja kokonaisvarmuuskertoimet liukupintojen luisumiselle. Kokonaisvarmuuskerroin esitetään FOS-luvuilla. Sortumia ja luisumisia ei pääse tapahtumaan luvun ollessa suurempi kuin 1.5. Kuvassa 4 on esitettyä tulevan meluvallin leikkauskuvaa ja sen kokonaisvarmuuskertoimet. Kaiken suunnittelun lähtökohtana pidettiin radan koskemattomuutta ja sen tarvitsemia suojavaiohykkeitä, jotka Karkkilan radalla olivat neljä metriä. Kuvassa 5 on hahmoteltu uutta meluvallia. Uusi meluvalli tulee vanhan meluvallin jatkeeksi hieman matalampana. Vallin rakenteessa päädyttiin aluksi 1:3 luiskakaltevuuteen, joka mahdollisti turvallisen katsomotoiminnan vallin alueella. 1:3 luiskakaltevuudella valli kuitenkin ulottuisi pitkälle metsään asti ja näin pitkälle vallia ei tahdota rakentaa. Tilaajan ja suunnittelijoiden yhteistuumiin päädyttiin suunnittelemaan valli luiskakaltevuuteen 1:2.5. Luiskasta tulee hieman jyrkempi, mutta se mahdollistaa meluvallin alkuperäisen korkoasetelman. Muussa tapauksessa vallin harjaa olisi pitänyt madaltaa, mikäli alkuperäinen luiskakaltevuus ja metsän raja olisivat olleet määrittävät tekijät. Matalampi harja ei olisi torjunut melua yhtä tehokkaasti, sillä nykyiselläkin suunnitelmalla valli on matalimmillaan vain noin neljä metriä rataa ylempänä. Korkeus on suunniteltu alkavaksi korosta +62.0 metriä merenpinnasta ja vallin harjan keskikorko on noin +57.5 metriä merenpinnasta. Radan korko vallin alueella on +50.0 - +54.0 metriä merenpinnasta. Vallin pituus on noin 120 metriä ja leveys on keskimäärin 40 metriä. Massalaskennan mukaan vallin tilavuus olisi noin 18 000 m³. Tämän lisäksi vallin päälle tarvitaan vielä vähintään puolen metrin kasvukerros, jonka vedenläpäisy ei saa olla 5 % suurempi.



Kuva 4. Meluvallin poikkileikkaus ja kokonaisvarmuuskertoimet



Kuva 5. Meluvallin suunnittelua Novapoint-ohjelmistolla

7.3 Maaperänäytteet

Alueella suoritettujen kairausten yhteydessä otettiin kahdesta eri kohdasta maaperänäytteet kierrekairalla. Kuvassa 4 on esitetty kairausdiagrammien avulla maaperän koostumus. Näytteet otettiin kolmesta eri syvyydestä 0.5 metristä aina 3.5 metrin syvyyteen asti. Näytteet lähetettiin tutkittavaksi Eurofins Testing Finland Oy:lle, jossa niille tehtiin rakeisuus- ja routivuustestit. Kummassakin näytteessä 1.00 – 1.50 metrin syvyydellä esiintyi savista silttiä. Vasta syvemmälle mentäessä maa-aines muuttuu hiekkaiseksi siltiksi. Kaikissa syvyyksissä maa-aines on routivaa ja osittain humuspitoista. Yhteen reikään asennettiin painokairausten yhteydessä pohjavesiputki, jotta pohjaveden pinnan korkeus olisi myöhemmin helposti määriteltävissä.

7.4 Meluvallin rakentaminen ja käytetyt työmenetelmät

Ohjeistus (Tupala 2018) työmenetelmiin on saatu vastaavien jätemateriaalin parissa työskentelevältä Tupala-Yhtymältä. Kohde rakennetaan turvallisilla luiskakaltevuuksilla ja vallin rakentaminen valimohiekasta voidaan toteuttaa tavanomaisin menetelmin. Tehokkain rakennustapa on siirtää suunniteltu vallin malli kaivinkoneiden ymmärtämään 3D-muotoon, ja aloittaa muotoilu mallin mukaisesti. Vallin suunniteltu paikka sijaitsee notkel-

massa. Vallin pohjan muotoilu aloitetaan noin 1 m - 1,5 m kerroksissa, kunnes saavutetaan pohjan maksimileveys, joka on noin 40 metriä. Vallia telotaan jokaisella kerroksella ja konesuositus olisi noin 25 tonnia. Telomisella tarkoitetaan maa-aineksen yli ajamista edes takaisin hyvän tiiveyden saavuttamiseksi. Työtä helpottaa, mikäli koneessa on puskulevy. Puskulevyt tämän kokoisissa koneissa ovat hieman harvinaisempia. Kun pohjan maksimileveys saavutetaan, ruvetaan vallia nostamaan työstettävyyden sallimissa kerrospaksuuksissa ylöspäin. Luiskakaltevuudet muotoillaan valmiiksi vallin edetessä. Työn aikana pidetään koko ajan reitti avoinna vallille, jotta päästään kippaamaan valimohiekka suoraan muotoiltavaan paikkaan. Tämä vähentää turhia kasojen siirtoja ja säästää työaika. Vallin päälle muotoillaan mineraalinen tiivistyskerros, johon voidaan käyttää alueen savea, mikäli se täyttää ympäristöluvassa määritellyn vedenläpäisyn. (Tupala 2018.)

Mikäli valli joudutaan tekemään kerralla peitetyksi, on työmenetelmät haastavimmat. Vanhaa meluvallia on madallettava noin puolella, jotta päästään kippaamaan valimohiekka suoraan vanhan vallin jatkoksi. Tämä työmenetelmä on riippuvainen kerralla saatavasta valimohiekan määrästä. Vallia nostetaan telomatta harjakorkeuteen ja peitetään tämän jälkeen mineraalisella tiivistyskerroksella. Toinen vaihtoehto on suojata keskeneräinen valli vettä läpäisemättömällä materiaalilla, joka voi olla esimerkiksi keinotekoinen eriste, geomembraani. (Tupala 2018.) Tämän käyttö lisää kuitenkin vallin kustannuksia ja tätä onkin syytä arvioida tarkemmin vasta ympäristöluvun valmistuttua. Seuraavassa luvussa käsitellään valimohiekan tutkittuja haitta-ainepitoisuuksia ja niiden liukoisuuksia. Niiden perusteella en näe jälkimmäistä työmenetelmää tarpeellisena, vaan valli voidaan rakentaa alkuperäisen ohjeistuksen mukaisesti.

Vallin kustannukset on rajattu pois tästä opinnäytetyöstä, mutta rakennettavuutta mietittäessä on syytä ottaa huomioon erilaiset kalustot. Monesti niin sanottua pitkäpuomikonetta pidetään liian kalliina vaihtoehtona sen korkean tuntihinnan perusteella ja samalla unohdetaan sen tehokkuus. Pitkällä puomilla ulottuvuutta on jopa 18 metriä ja koko tämän vallin pohjan leveyden voisi muotoilla konetta sivuttain siirtämättä. Pitkän puomin ulottuvuus korostuu vielä luiskakaltevuuksissa, jolloin ei tarvitse ajaa luiskassa sitä muotoillessa. Telominen voidaan tässä tapauksessa myös hoitaa kauhalla huolellisesti painaen.

7.5 Valimohiekan käyttäminen meluvallirakenteessa

SYNLAB Finland Oy:n teettämässä testissä Karkkilan Componentan valimohiekalle mitattiin haitta-ainepitoisuuksia ja verrattiin MARA-asetuksen mukaisiin arvoihin. Valimohiekka täyttää kaikki muut kohdat paitsi bentseenin ja fenoliset yhdisteet. Bentseenin kohdalla sen pitoisuus on 1.4mg/kg ja raja-arvon ollessa 0.2mg/kg se ylittyy se moninkertaisesti. MARA-asetuksen mukaan yksikään raja-arvo ei saa ylittyä, joten käytettyä valimohiekkaa

ei voida hyödyntää pelkästään sen ilmoitusmenetelmällä, vaan sille on haettava ympäristölupaa. Raportissa bentseenin liukoisuusarvo on erinomainen ollessaan pienempi kuin 0.01mg/kg, joten peitetystä rakenteesta ei pitäisi liueta mitään ympäristöön. Raporttia on syytä käyttää ympäristölupahakemuksen liitteenä. Fenoliset yhdisteet ylittyvät vain lievästi. Mara-asetuksen arvoja ja tutkimustuloksia on verrattu taulukossa 2.

Taulukko 2. MARA-asetuksen suurimmat sallitut pitoisuusarvot

Haitallinen aine	Kenttä		Valli	Karkkilan
	Peitetty	Päällystetty	Peitetty	valimohiekka
Pitoisuus (mg/kg kuiva-ainetta)				
Antimoni (Sb)	0,3	0,7	0,7	0,074
Arseeni (As)	0,5	1,5	0,5	0,10
Barium (Ba)	20	60	20	0,21
Kadmium (Cd)	0,04	0,06	0,04	0,02
Kromi (Cr)	0,5	5	1	0,10
Kupari (Cu)	2	10	10	0,10
Lyijy(Pb)	0,5	2	0,5	0,10
Molybdeeni (Mo)	0,5	6	1	0,10
Nikkeli (Ni)	0,4	1,2	1,2	0,10
Seleeni (Se)	0,4	1	1	0,10
Sinkki (Zn)	4	12	15	0,12
Vanadiini (V)	2	3	2	0,17
Elohopea (Hg)	0,01	0,03	0,03	0,01
Kloridi (Cl-) 3)	800	2400	1800	500,00
Sulfaatti (SO42-) 3)	1200	10000	3400	700,00
Fluoridi (F-) 3)	10	50	30	16,00
Liuenut orgaaninen hiili (DOC)	500	500	500	120,00
Bentseeni	0,02	0,2	0,06	1,40
TEX	25	25	25	6,80
Naftaleeni	5	5	5	4,70
PAH-yhdisteet	30	30	30	6,90
Fenoliset yhdisteet	5	10	10	13,00
PCB-yhdisteet	1	1	1	
Öljyhiili-vedyt C10-C40	500	500	500	

Vasemmalla MARA-asetuksen suurimmat sallitut arvot pitoisuuksista ja oikealla Karkkilan valimohiekan näytteestä saadut tulokset.

7.6 Riskienarvio

Ympäristölupaa haettaessa on siihen liitettävä riskienarvio. Riskienarvion tekeminen aloitettiin tämän opinnäytetyön yhteydessä, mutta se ei valmistunut ennen opinnäytetyön määräaikaa. Tämän vuoksi riskienarviota tarkastellaan vain yleisesti käsitteenä ja käydään lävitse, mitä riskejä valimohiekan käyttö meluvallirakenteessa aiheuttaa. Riskienarviossa tutkitaan toiminnan ympäristö- ja terveysriskejä. Arviossa käsitellään haitta-aineita sekä niiden vaikutuksia alueella ja niiden kulkeutumisreittien varrella.

Käytettyä valimohiekkaa sijoitetaan alueelle yli 18000 m³, joten bentseenin liukoisuuteen on syytä kiinnittää huomiota. Yleensä vastaavassa kohteissa rakenne on suojattava täytöjen välissä haitta-aineiden liukoisuuden vuoksi. Edellisessä luvussa käsitellyissä liukoisuustesteissä kuitenkin todettiin, ettei bentseeni liukene hiekasta. Muutkin arvot fluoridia lukuun ottamatta alittivat selvästi MARA-asetuksen mukaiset rajat, joten kustannustehokain ja helpoin tapa olisi rakentaa vallia sitä välissä peittämättä.

8 YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT

Valimohiekka on erinomainen maanrakennusaine ja se sopii hyvin erilaisiin valli- ja pohjarakenteisiin. Valimohiekan sisältämän bentoniitin vuoksi se tiivistyy ja kovettuu lähes sementin tavoin. Valimohiekat ovat niiden jätestatuksen vuoksi valimoille suuri ongelma, ja lisäksi korkeat kuljetus- ja kaatopaikkamaksut muodostavat valimoissa kuluerän, joka saattaa olla jopa useita prosentteja yrityksen liikevaihdosta. Kustannustehokkuuden lisäksi valimohiekan käyttö maanrakennuskohteissa lähialueilla lisää materiaalien kestäväää kehitystä, parantaa kiertotaloutta ja vähentää neitseellisten luonnonvarojen käyttöä.

Valimohiekkojen sisältämien haitallisten yhdisteiden vuoksi hiekkaa ei voida sijoittaa suoraan kohteeseen, vaan sijoittamiselle on haettava päätös ympäristöluvan kautta. Ympäristöluvan käsittelyajat ovat venyneet Suomessa jo lähes vuoden mittaisiksi, ja tämä jarruttaa monesti hiekan tehokasta käyttöä. Tämän vuoksi sitä sijoitetaan edelleen kaatopaikkojen eri rakenteisiin. Tutkittu valimohiekka sisälsi MARA-arvot ylittäviä bentseenin ja fenolisten yhdisteiden pitoisuuksia, mutta testien mukaan niiden liukeneminen oli käytännössä erittäin vähäistä. Mikäli MARA-arvoja tarkasteltaisiin arvojen liukenemisen perusteella, voisi valimohiekatkin olla suoraan MARA-kelpoisia ja tämän myötä helpommin sijoitettavissa.

Meluvallin suunnittelu kävi kätevästi Autocad- ja Novapoint-ohjelmistoilla, joskin niiden käyttö vaatii paljon harjoittelua. Rambollilla suunnitteluun osallistuu useita henkilöitä ja kokonaisuuden hallitseminen vaatii hyvää projektijohtamisen taitoa, jota myös harjoittelin työn edetessä.

Tämän opinnäytetyön aikana pääsin tapaamaan ja haastattelemaan monia valimoteollisuuden parissa työskenteleviä ihmisiä, joiden kanssa pääsimme kehittämään myös uusia ideoita ja jatkokäyttösuunnitelmia valimohiekalle. Tulemme myös tekemään jatkossa yhteistyötä ympäristöasioiden ja -suunnittelun parissa. Valimoteollisuudella olisi paljon ympäristöalaan liittyviä opinnäytetyömahdollisuuksia energia- ja materiaalitehokkuudesta sekä ympäristöstä. Kannustan valimoita ottamaan yhteyttä kouluihin ja tarjoamaan aiheita opinnäytetyön pohjiksi. Tämän opinnäytetyön myötä itselleni täysin tuntematon valimohiekka tuli tutuksi. Sen jatkokäyttömahdollisuuksia on paljon, ehkä jopa uusien opinnäytetöiden aiheiden perustaksi. Opinnäytetyön valmistuttua jatkan työskentelyä Ramboll Oy:llä suunnittelijana ja hyödynnän tulevissa töissä kaikkea suunnittelussa oppimaani. Aion myös hyödyntää tulevaisuudessa opinnäytetyöntekijöitä, sillä hyvin tehty opinnäytetyö prosessina valmistaa opiskelijan kohtaamaan työelämän haasteita.

Meluvallin suunnittelun tuloksia päästään tarkastelemaan vasta ympäristöluvan valmistuttua. Myöskään ympäristöluvan liitteenä tarvittava riskinarvio ei ehtinyt valmistua tämän opinnäytetyön puitteissa, joten sen tuloksia päästään tarkastelemaan vasta myöhemmin.

LÄHTEET

Aluehallintavirasto 2013. Ympäristöluvan prosessikaavio [viitattu 21.11.2018]. Saatavissa:

<https://www.avi.fi/documents/10191/56930/Ymparist%C3%B6lu-pap%C3%A4%C3%A4t%C3%B6s+kaavio/b34271f4-604e-46c6-bab3-5816c8e315d7?t=1381841267421>

Aluehallintavirasto 2018. [viitattu 18.11.2018]. Saatavissa: https://www.avi.fi/web/avi/avi-etela-suo-mi?p_p_id=122_INSTANCE_aluevalinta&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_r_p_564233524_resetCur=true&p_r_p_564233524_categoryId=14398

Econimics 2018. Material Economics - The circular economy a powerful force for climate mitigation [viitattu 8.1]. Saatavissa: <https://media.sitra.fi/2018/05/04145239/material-economics-circular-economy.pdf>

Elinkeinoministeriö 2015. Kiviaines- ja luonnonkiviteollisuuden kehitysnäkymät [viitattu 24.10.2018]. Saatavissa: http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/75045/TEMjul_54_2015_web_28102015.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gradientti 2017. Valimoteollisuuden sivutuotteet – esiselvitys. Insinööritoimisto Gradientti [viitattu 12.11.2018]. Saatavissa: https://issuu.com/prizztech/docs/valimoteollisuuden_sivutuotteet-esi

Harju, J. 2018. Puheenjohtaja. Karkkilan moottorikerho. Haastattelu 21.12.2018.

Jätelaki 646/2011.

Jääskeläinen, R. 2011. Geotekniikan perusteet. 3. painos. Jyväskylä: Bookwell Oy.

Karkkila 2019. Karkkila – Elämän kokoinen kaupunki [viitattu 12.1.2019]. Saatavissa: <http://www.karkkila.fi/sivut/FI/Karkkila>

Keskusliitto 2018. Mikä ihmeen kiertotalous? Elinkeinoelämän keskusliitto [viitattu 15.10.2018]. Saatavissa: <https://ek.fi/syty-kiertotaloudesta/mika-ihmeen-kiertotalous/>

Komissio 2015. Kiertotalouspaketti: Kysymyksiä ja vastauksia. Euroopan Komissio [viitattu 19.10.2018]. Saatavissa: http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-15-6204_fi.htm

Kulla, E. 2017. Ympäristölautakunta vaatii hakemaan ympäristölupaa Mansikin motocrossradalle. Karkkilainen 18.5.2017.

Liikennevirasto 2010. Tien melusteiden suunnittelu. [Viitattu 20.11.2018]. Saatavissa: https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lo_2010-16_meluste_suunnittelu_web.pdf

- Meskanen, S. 2015. Muottien valmistus sullomalla. Valimoinstituutti [viitattu 25.11.2018]. Saatavissa: http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/vtp_menet_sullottavat.pdf
- Meskanen, S. & Höök, T. 2015. Valimotekniikan perusteet. Valuatlas [viitattu 25.11.2018]. Saatavissa: <http://www.valuatlas.fi/?q=node/308>
- Orkas, J., Vehmas, M. & Wahlsröm, M. & Laine-Ylijoki, J. 1999. Valimoiden ylijäämähiekan hyötykäyttö- ja sijoituskelpoisuus. Espoo: Libella Oy.
- Orkas, J. 2018. Professori. Aalto-yliopisto. Haastattelu 12.12.2018.
- Pajukallio, A., Wahlström, M. & Alasaarela, E. 2011. Maarakentamisen uusiomateriaalit [viitattu 15.10.2018]. Saatavissa: <http://www.ym.fi/download/noname/%7B13DE6161-BF77-4AC5-98E3-7C73F9380A2C%7D/32052>
- Parlamentti 2015. Mitä kiertotalous on ja miksi sillä on merkitystä? [viitattu 15.10.2018]. Saatavissa: <http://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/economy/20151201STO05603/mita-kiertotalous-on-ja-miksi-silla-on-merkitysta>
- Ramboll 2018. Teknologiateollisuus Ry. Valuhiekkojen ikäännyttämis seuranta. Sisäinen raportti. [viitattu 13.12.2018].
- Ramboll 2019. Ramboll yritysesittely [viitattu 12.1.2019]. Saatavissa: https://fi.ramboll.com/ramboll_finland_oy
- Ruukkimuseo 2018. Senkka. Karkkilan ruukkimuseo [viitattu 22.11.2018]. Saatavissa: <http://www.karkkila.fi/ruukkimuseo/historiikki.html>
- Sitra 2009. Älykkäästi luonnon voimin [viitattu 24.10.2018]. Saatavissa: <https://media.sitra.fi/2017/02/27172552/Kansallinen20luonnonvarastrategia-2.pdf>
- Sundell, P. 2019. QESH Manager. Componenta Oy. Haastattelu 3.1.2019.
- Tupala, J. 2018. Toimitusjohtaja. Tupala-Yhtymä Oy. Haastattelu 20.12.2018.
- Vaajasaari, K. 2018. Ajankohtaista ympäristölainsäädännöstä. Luento Ygoforum Seminaarissa 14.11.2018.
- Valtioneuvosto 1997. Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista 861/1997.
- Valtioneuvosto 2018. Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maanrakentamisessa [viitattu 27.10.2018]. Saatavissa: <http://www.ym.fi/download/noname/%7B5925E94C-828D-42BC-8023-BBABC7E03AFE%7D/135698>

Verohallinto 2018. Jätevero [viitattu 7.11.2018]. Saatavissa: <https://www.vero.fi/yritykset-ja-yhteisot/tietoa-yritysverotuksesta/valmisteverotus/valmisteverolajit/jatevero/>

WWF 2018. Suomalaisten ylikulutuspäivä on tänään – jos kaikki eläisivät kuin suomalaiset, tarvitsisimme 3,6 maapalloa [viitattu 15.10.2018]. Saatavissa: <https://wwf.fi/wwf-suomi/viestinta/uutiset-ja-tiedotteet/Suomalaisten-ylikulutuspäivä-on-tanaan---jos-kaikki-eläisivät-kuin-suomalaiset--tarvitsisimme-3-6-maapalloa-3439.a>

Ympäristöhallinto 2016. Ympäristölupahakemus [viitattu 18.11.2018]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BA85320FC-F062-49FB-B798-4A8DBEB09DBD%7D/37106>

Ympäristöhallinto 2018. Ympäristölupahakemuksen laatiminen [viitattu 18.11.2018]. Saatavissa: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=2ahU-KEwjHhIOzuYPfAhWsiIsKHcXWB6oQFjACegQIARAC&url=http%3A%2F%2Fwww.ym.fi%2Fdownload%2Fnoname%2F%257B2C486943-293C-4490-B12B-D8538B5EE7F7%257D%2F133022&usg=AOvVaw09AG9SYq7HozpHrrtapntY>

Ympäristöministeriö 2008. Kohti kierrätysyhteiskuntaa: Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2016 [viitattu 24.10.2018]. Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38363/SY_32_2008.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Ympäristöministeriö 2014. Jätelain eräiden säännösten tulkintalinjauksia. Muistio [viitattu 18.10.2018]. Saatavissa: <http://www.ym.fi/download/noname/%7BCD7F8935-DBAB-46D0-B606-4DF92D0F82DA%7D/106176>

Ympäristöministeriö 2015. Kaivetut maa-ainekset - jäteluonne ja käsittely [viitattu 27.10.2018] Saatavissa: <http://www.ym.fi/download/noname/%7B5E488047-B25B-45E4-AAE2-6495FBB53B5B%7D/110447>

Ympäristöministeriö 2015b. Jättemateriaalien MARA-kelpoisuuden arviointi [viitattu 13.12.2018]. Saatavissa: <http://www.ym.fi/download/noname/%7BA4FD9E4F-E281-47D6-B28A-850F3BA99D36%7D/118795>

Ympäristöministeriö 2017. Jätelainsäädäntö edistää luonnonvarojen järkevää käyttöä ja ehkäisee jätteistä aiheutuvia haittoja [viitattu 22.11.2018]. Saatavissa http://www.ym.fi/fi-fi/Ymparisto/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Jatelainsaadanto

Ympäristöministeriö 2017. Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2023 [viitattu 24.1.2018]. Saatavissa: http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79699/SY_03_2017.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Ympäristönsuojelulaki 527/2014.

9 LIITTEET.

Liite 1. Mara-asetuksen raja-arvot.

Versio 1.3.2018

8. Haitallisten aineiden raja-arvot (liite 2)

Liite 2

HAITALLISTEN AINEIDEN RAJA-ARVOT JA MUUT LAATUVAATIMUKSET SEKÄ JÄTTEEN ENIMMÄISKERROSPAKSUUS MAARAKENTAMISKOHTEESSA

Taulukko 1. Hyödynnettävän jätteen suurin sallittu haitallisten aineiden liukoisuus (mg/kg L/S-suhteessa 10 l/kg) ja pitoisuus (mg/kg kuiva-ainetta) sekä kerrospaksuus maarakentamiskohteessa. Jättemateriaalikohtaiset määritysvaatimukset on annettu liitteessä 3 (jätteen laadunhallinta).

Haitallinen aine	Maarakentamiskohte						
	Väylä ¹⁾ jätteen kerrospaksuus ≤ 1,5 m		Kenttä ¹⁾ jätteen kerrospaksuus ≤ 1,5 m		Valli jätteen kerrospaksuus ≤ 5,0 m	Teollisuus- ja va- ratorakennuksen pohjarakenne jätteen kerrospaksuus ≤ 1,5 m	Tuhkamursketie ²⁾ jätteen kerrospaksuus ≤ 0,2 m
	Peitetty	Päällystetty	Peitetty	Päällystetty	Peitetty		
Liukoisuus (mg/kg LS = 10 l/kg)							
Antimoni (Sb)	0,7	0,7	0,3	0,7	0,7	0,7	0,7
Arseeni (As)	1	2	0,5	1,5	0,5	2	2
Barium (Ba)	40	100	20	60	20	100	80
Kadmium (Cd)	0,04	0,06	0,04	0,06	0,04	0,06	0,06
Kromi (Cr)	2	10	0,5	5	1	10	5
Kupari (Cu)	10	10	2	10	10	10	10
Lyijy (Pb)	0,5	2	0,5	2	0,5	2	1
Molybdeeni (Mo)	1,5	6	0,5	6	1	6	2
Nikkeli (Ni)	2	2	0,4	1,2	1,2	2	2
Seleeni (Se)	1	1	0,4	1	1	1	1
Sinkki (Zn)	15	15	4	12	15	15	15
Vanadiini (V)	2	3	2	3	2	3	3
Elohopea (Hg)	0,03	0,03	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03
Kloridi (Cl ⁻) ³⁾	3 200	11 000	800	2 400	1 800	11 000	4 700
Sulfaatti (SO ₄ ²⁻) ³⁾	5 900	18 000	1200	10 000	3 400	18 000	6 500
Fluoridi (F ⁻) ³⁾	50	150	10	50	30	150	100
Liuenut orgaaninen hiili (DOC)	500	500	500	500	500	500	500

Versio 1.3.2018

Haitallinen aine	Maarakentamiskohde						
	Väylä ¹⁾ jätteen kerrospaksuus ≤ 1,5 m		Kenttä ¹⁾ jätteen kerrospaksuus ≤ 1,5 m		Valli jätteen kerrospaksuus ≤ 5,0 m	Teollisuus- ja varastorakennuksen pohjarakenne jätteen kerrospaksuus ≤ 1,5 m	Tuhkamursketie ²⁾ jätteen kerrospaksuus ≤ 0,2 m
	Peitety	Päällystetty	Peitety	Päällystetty	Peitetty		
Pitoisuus (mg/kg kuiva-ainetta)							
Bentseeni	0,2	0,2	0,02	0,2	0,06	0,02	0,2
TEX ⁴⁾	25	25	25	25	25	10	25
Naftaleeni	5	5	5	5	5	5	5
PAH-yhdisteet ⁵⁾	30	30	30	30	30	30	30
Fenoliset yhdisteet ⁶⁾	10	10	5	10	10	10	10
PCB-yhdisteet ⁷⁾	1	1	1	1	1	1	1
Öljyhiilivedyt C10-C40	500	500	500	500	500	300	500

- Hyödynnettävän asfalttimurskeen ja -rouheen enimmäismäärä maarakentamiskohteessa on 1 000 tonnia
- Tuhkamursketien kerrospaksuus on asetettu täytekerroksen laskennalliselle paksuudelle
- Taulukossa 1 kloridille, sulfaatile ja fluoridille asetettuja raja-arvoja ei sovelleta rakenteeseen, joka täyttää kaikki seuraavat edellytykset: sijaitsee enintään 500 m etäisyydellä merestä, rakenteen läpi suotautuvan veden purkautumissuunta on mereen sekä rakenteen ja meren välillä ei ole talousvedenottoon käytettäviä kaivoja
- Toluenei, etyylibentseeni ja ksyleeni (summapitoisuus)
- Polyaromaattiset hiilivedyt: antraseeni, asenaftenei, asenaftyleeni, bentso(a)antraseeni, bentso(a)pyreeni, bentso(b)fluoranteeni, bentso(g,h,i)peryleeni, bentso(k)fluoranteeni, di-bentso(a,h)antraseeni, fenantreeni, fluoranteeni, fluoreeni, indeno(1,2,3-cd)pyreeni, kryseeni, naftaleeni ja pyreeni (summapitoisuus)
- Fenoli, o-kresoli, m-kresoli, p-kresoli ja bisfenoli-A (summapitoisuus)
- Polyklooratut bifenyylit kongeneerit 28, 52, 101, 118, 138, 153 ja 180 (summapitoisuus)

Poikkeukset taulukon 1 raja-arvoista, jos toteutettavan rakenteen enimmäispaksuus on 0,5 m (mg/kg L/S-suhteessa 10 l/kg)

- peitetty väylä: barium (Ba) 80; vanadiini (V) 3; kloridi (Cl⁻) 3 600; sulfaatti (SO₄²⁻) 6 000;
- päällystetty väylä: kloridi (Cl⁻) 14 000; sulfaatti (SO₄²⁻) 20 000;
- peitetty kenttä: antimoni (Sb) 0,4.