

Palokankaan esirakentaminen

Jouni Anttonen

Opinnäytetyö
toukokuu 2010

Rakennustekniikka
Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t) ANTTONEN, Jouni	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 25.05.2010
	Sivumäärä 52	Julkaisun kieli suomi
	Luottamuksellisuus () saakka	Verkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi Palokankaan esirakentaminen		
Koulutusohjelma Rakennustekniikka		
Työn ohjaaja(t) KORPINEN, Jussi, Lehtori		
Toimeksiantaja(t) Altek aluetekniikka Liikelaitos LIIMATAINEN Teemu, VAUHKONEN Eino		
Tiivistelmä <p>Työn tilaaja oli Jyväskylän kaupungin omistama liikelaitos, Altek aluetekniikka Liikelaitos. Altek tuottaa yhdyskuntatekniikan ja viheralueiden rakentamispalveluita, maa- ja kiviainespalveluita, alueiden hoito ja kunnossapitopalveluita, kone- ja kuljetuspalveluita sekä mittaus- ja pohjatutkimuspalveluita.</p> <p>Esirakentamisen tarkoituksena on mahdollistaa rakentaminen huonosti kantaville alueille. Esirakentamista voi myös olla pilaantuneiden maa-alueiden kunnostaminen, kaivu-, louhinta- ja täyttötyöt.</p> <p>Työn tavoitteena oli tutkia esirakentamista ja siihen liittyviä rakennustoimenpiteitä. Työssä käytiin läpi erilaiset mahdollisuudet esirakentamisen toteuttamiseen, maaperän ominaisuuksia sekä eri menetelmissä käytettävää konekalustoa.</p> <p>Työssä käsitellään Jyväskylän Palokankaan kaupunginosassa tehtävää esirakentamista ja siellä käytettyjä menetelmiä. Alueelle on tulossa myös kunnallistekniikkaa kuten viemärit, vesiputket, valaistus ja katualueen kuivatusrakenteet.</p> <p>Opinnäytetyö on selkeyttänyt esirakentamisen mahdollisuuksia ja siihen liittyviä työvaiheita. Työ on helpottanut ymmärtämistä siinä miten suuri esirakentamisen prosessi on ja kuinka kauan se voi kestää. Myös käytettävien menetelmien mahdollisiin ongelmiin on helpompi löytää vastauksia.</p>		
Avainsanat (asiasanat) esirakentaminen, massanvaihto, esikuormittaminen, pystyjoitus, geovahvisteet, maanrakennus, pehmeikköalueet, kallio, louhinta, maansiirto		
Muut tiedot		



Author(s) LAST, First ANTTONEN, Jouni	Type of publication Bachelor´s Thesis	Date 25.05.2010
	Pages 52	Language Finnish
	Confidential () Until	Permission for web publication (X)
Title GROUND PREPARATION PRIOR BUILDING IN THE PALOKANGAS		
Tutor(s) KORPINEN, Jussi, Senior Lecturer		
Assigned by LIIMATAINEN Teemu, VAUHKONEN Eino		
Abstract <p>The commissioner of this thesis was the company called ALTEK aluetekniikka Liikelaitos owned by the City of Jyväskylä. Altek produces municipal engineering and park building services, soil and rock material services, public area maintenance, machine and logistic services, measuring and geological surveys.</p> <p>The purpose of this thesis was to investigate ground preparation before building and what kind of possibilities there were to execute it. The thesis examined different possibilities to execute ground preparation, soil qualities and what kinds of machines were needed in excavation work.</p> <p>The target was to examine ground preparation work in the Palokangas area in the City of Jyväskylä and what methods were used there. In the (near) future municipality engineering like sewers, water pipes, a lighting system and street drainage system will be built in the Palokangas area.</p> <p>The thesis clarified the ground preparation possibilities and stages, and made it easier to understand how big the ground preparation process is and how long it could take. Now it is also a little bit easier to find solutions for possible problems in ground preparation methods.</p>		
Keywords soil exchange, soil load, vertical ditch, soil reinforcement, excavation work, soft landmass, rock, quarrying, earthmoving		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO.....	1
1.1 Rakennettava alue	1
1.2 Opinnäytetyön tavoitteet	1
1.3 Altek aluetekniikka Liikelaitos	2
2 MAALAJIEN OMINAISUUDET	2
2.1 Luokittelu	2
2.1.1 Koostumusominaisuudet.....	3
2.1.2 Rakenne ominaisuudet.....	5
2.1.3 Geotekniset ominaisuudet.....	6
2.2 Konsolidoituminen	7
3 ESIRAKENTAMINEN.....	9
3.1 Esirakentaminen käsitteenä	9
3.2 Tarkoitus	10
3.3 Esirakentamisen menetelmiä	11
3.3.1 Massanvaihto.....	12
3.3.2 Esikuormittaminen ja pystyjoitus.....	15
3.3.3 Pilari- ja massastabilointi.....	16
3.3.4 Keventäminen	18
3.3.5 Geovahvisteilla lujittaminen	19
3.3.6 Muut menetelmät.....	20
4 TYÖMENETELMÄT	21
4.1 Kaivaminen.....	21
4.2 Läjitykset	22
4.3 Kuljetukset.....	22
4.4 Täytöt.....	23
4.5 Levittäminen ja tasaus	23
4.6 Tiivistäminen	24
4.6.1 Tiivistämistyön seuranta	25
4.6.2 Tiivistäminen talvella	25
4.7 Louhinta.....	25
5 KALUSTON VALINTA	28
5.1 Kaivu- ja kuormauskalusto	28

5.2 Kuljetuskalusto	29
5.3 Levitys ja tasaaminen	30
5.4 Tiivistämiskalusto	32
5.4.1 Staattinen tiivistäminen	32
5.4.2 Dynaaminen tiivistäminen	33
5.5 Louhintakalusto.....	35
6 PALOKANKAAN ESIRAKENTAMINEN	37
6.1 Esirakentaminen.....	37
6.2 Maastotutkimukset	42
6.3 Työn suorittaminen ja dokumentointi	43
7 Pohdinta	43
Lähteet.....	46
Liitteet	47
LIITE 1. Kallioperätutkimus	47
LIITE 2. Avolouhinnan räjäytyssuunnitelma s.1	48
LIITE 3 Avolouhinnan räjäytyssuunnitelma s.2.....	49
LIITE 4. Tärinämittaus tulokset s.1	50
LIITE 5. Tärinämittaus tulokset s.2	51
LIITE 6. Työmaan asemapiirustus.....	52

KUVIOT

KUVIO 1. <i>Maalajien ominaisuuksien ryhmittely</i>	3
KUVIO 2. <i>Konsolidaatiopainuman muodostuminen</i>	8
KUVIO 3. <i>Erilaisten menetelmien vaatima aika ennen kuin varsinainen rakentaminen voi alkaa</i>	10
KUVIO 4. <i>Massanvaihto savikolle</i>	12
KUVIO 5. <i>Massanvaihdon tavallisimmat kaivumenetelmät</i>	13
KUVIO 6. <i>Massanvaihto pengertämällä käyttäen siirtyvää ylipengertä</i>	14
KUVIO 7. <i>Massanvaihto pengertämällä eli pohjaantäyttö</i>	14
KUVIO 8. <i>Esikuormittamisen sekä esikuormitus ja pystyöjitus</i>	16
KUVIO 9. <i>Ylhäällä pilaristabiloinnin ja alhaalla massastabiloinnin periaatekuva</i>	17
KUVIO 10. <i>”kynsillä” varustettu kuokkakauha</i>	21\\

KUVIO 11. <i>Tela-alustainen kaivinkone</i>	28
KUVIO 12. <i>Tela-alustainen puskutraktori</i>	31
KUVIO 13. <i>Kumipyörävetoinen valssitäryjyrä</i>	34
KUVIO 14. <i>Tela-alustainen poravaunu</i>	36
KUVIO 15. <i>Esirakennettava alue</i>	38
KUVIO 16. <i>Maansiirtodumpperi</i>	40
KUVIO 17. <i>louhetäyttö</i>	40
KUVIO 18. <i>kallioleikkaus</i>	42

TAULUKOT

TAULUKKO 1. <i>Tiiveyskuvaus kuivatilavuuspainon perusteella</i>	5
TAULUKKO 2. <i>Kivennäismaalajien vedenläpäisevyys</i>	6
TAULUKKO 3. <i>Erilaisten menetelmien sopivuus eri maalaaduille</i>	11

1 JOHDANTO

1.1 Rakennettava alue

Tämä opinnäytetyö tehtiin Jyväskylän kaupungin Altek Aluetekniikan Liikelaitoksen yksikköön. Työssä tutkittiin Jyväskylän kaupungissa sijaitsevan Palokankaan teollisuusalueen esirakentamisvaihetta ja siihen liittyviä maanrakennustoimenpiteitä. Esirakentamisella laajennetaan jo olemassa olevaa teollisuusaluetta. Laajennuksen pohjois- ja itäpuoli rajautuvat entisen Jyväskylän maalaiskunnan ja Jyväskylän kaupungin rajaan. Länsipuolen osa liittyy jo rakennettuun Yritystiehen. Uudelle alueelle on tulossa useita (16) uusia teollisuustontteja. Kohteen maasto on pääosin moreenia, kalliota ja suota. Alueella olevasta kalliosta on tehty 16.5.2007 kallioperätutkimus, jonka pohjalta tulevien louheiden käyttöä on suunniteltu.

Alueella vaihdettiin massat suoalueille, joista saatavaa turvetta jalostetaan kasvualustaksi. Louhittavat kalliot käytetään hyväksi työmaan omissa täytöissä ja osa louheesta tullaan ajamaan muihin työmaakohteisiin. Louhetta murskataan myös jakavankerroksen murskeiksi.

Teollisuusalueen laajennuksen asemakaava hyväksyttiin 20.8.2007. Laajennukseen sisältyy jo olemassa olevan Yritystien jatkaminen sekä uusien katujen Metsäpellontien sekä Koivupurontien rakennustyöt. Käytettävät suunnitelmat pohjautuvat jo tehtyihin esirakentamisen rakennussuunnitelmiin. Liikennejärjestelyissä rakennettavat kadut on suunniteltu raskasta liikennettä silmällä pitäen. Alueelle on suunniteltu valaistus, pintarakenteiden kuivatus ja vesihuolto eli vesijohdot ja jätevesivesiviemärit, josta osa toteutetaan painevesiviemärinä.

1.2 Opinnäytetyön tavoitteet

Tehtävä opinnäytetyö rajautuu esirakentamisen toimenpiteisiin. Opinnäytetyön tehtävänä oli tutkia maalajien perusominaisuuksia, yleisimpiä esirakentamismenetelmiä ja niihin käytettävää kalustoa. Työmenetelmät pyritään kuvamaan niin, että niistä välittyisi lukijalla mielikuva, kuinka ne toimivat ja missä niitä voidaan käyttää. Työn tar-

koituksena ei ole mitoitaa esirakentamismenetelmiä, joten mitoitussohjeet ja laskenta-kaavat on jätetty pois.

1.3 Altek aluetekniikka Liikelaitos

Altek aluetekniikka on Jyväskylän kaupungin omistama liikelaitos. Liikelaitos oli Teknisen Palvelukeskuksen alainen vuoteen 2004 asti, jonka jälkeen se on toiminut Jyväskylän kaupungin alaisena. Altekin liikelaitosjohtajana toimii Veli-Jussi Koskinen. (Altek 2010)

Aluetekniikan toiminta alkoi vuonna 1999, kun silloinen maanrakennus- ja alueidenhoitoyksikkö sekä materiaalikeskuksen varikko liittyivät yhteen. Kun Jyväskylän kaupunki, Jyväskylän maalaiskunta ja Korpilahti yhdistyivät vuonna 2009, Altekin henkilöstö ja palvelualueet suurenvat huomattavasti. Nykyisin Altekin tuottamia palveluita ovat: yhdyskuntatekniikan ja viheralueiden rakentaminen, alueiden hoito ja kunnossapito, kone- ja kuljetuspalvelut, maa- ja kiviainespalvelut sekä mittaus- ja pohjatutkimuspalvelut. Altek hoitaa noin puolet Jyväskylän kaupungin kunnallistekniikan investointikohteista. (mts.)

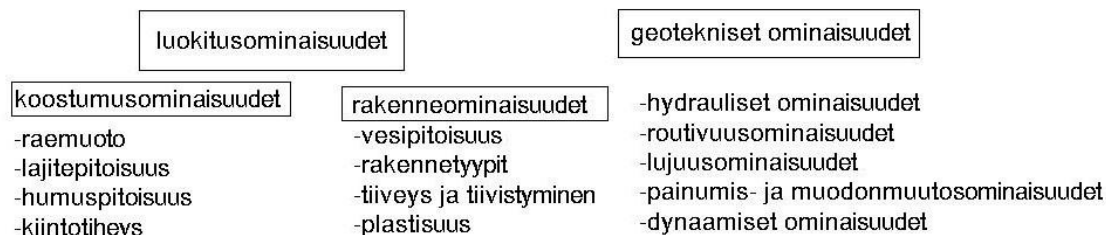
Vuoden 2009 liikevaihto oli noin 21,5 miljoonaa euroa, josta rakentamisen osuus oli noin 10 miljoonaa euroa. Altek työllistää noin 200 henkilöä, jonka lisäksi kesäisin otetaan noin 100 määräaikaista työntekijää. (mts.)

2 MAALAJIEN OMINAISUUDET

2.1 Luokittelu

Maalajien ominaisuudet voidaan jaotella luokitus- sekä geoteknisiin ominaisuuksiin, kuten kuviossa 1. voidaan nähdä. Luokitusominaisuus kertoo materiaalin koostumuksen ja rakenteen. Nämä jakautuvat vielä omiksi ryhmikseen: koostumusominaisuu-

siin ja rakenneominaisuuksiin. Koostumusominaisuus kertoo materiaalin raemuodon, lajitepitoisuuden, humuspitoisuuden ja kiintotiheyden. Rakenneominaisuudella kuvataan vesipitoisuutta, rakennetyyppejä, tiiveyttä, tiivistymistä ja plastisuutta. Geotekniset ominaisuudet kertovat miten maakerros toimii rakennuspohjana ja maarakenteena. (Rantamäki, Jääskeläinen & Tammirinne 2006, 71.)



KUVIO 1. Maalajien ominaisuuksien ryhmittely

2.1.1 Koostumusominaisuudet

Raemuoto

Kivennäismaalajit voidaan muotonsa puolesta jakaa kolmeen ryhmään:

- vakioläpimittaiset
- litteät
- piikkimäiset.

Vakioläpimittaisia rakeita on karkeissa maalajeissa, kuten sorassa ja hiekkassa. Litteän muotoisia rakeita on normaalisti hienoissa maalajeissa, kuten siltissä ja savessa.

Neulamaisista muotoa tavataan harvemmin maalajeista, koska neulamainen muoto on suhteellisen heikko. Kiviaineksessa olevan rakeen muoto vaikuttaa hyvin paljon siihen, minkälainen on maan tiiveys, kokoonpuristuvuus ja lujuus. Särmikkyydellä on suuri merkitys lujuudessa ja etenkin leikkauslujuudessa. (Rantamäki ym. 2006, 71–72.)

Lajitepitoisuus

Lajitepitoisuudella on iso merkitys maalajin ominaisuuksiin. Lajitepitoisuus määräytyy maa-aineksen sisältämän lohkaraisuuden sekä hienoainespitoisuuden mukaan. Lajitepitoisuus voidaan esittää rakeisuuskäyrällä. Erilaisia määrittystapoja lajituspitoisuudella on kuivaseulonta, pesuseulonta ja areometrikoe. (Rantamäki ym. 2006 72–73.)

Humuspitoisuus

Humus on eloperäistä ainesta. Maa-aineksessa oleva humuspitoisuus kerrotaan normaalisti prosentteina. Humus vaikuttaa maalajin ominaisuuksiin huomattavasti. Se voi kuivana lisätä maalajin lujuutta. Kosteana humus kuitenkin vähentää maan lujuutta ja lisää sen luonnollista vesipitoisuutta, joka vähentää maalajin leikkauslujuutta ja vedenläpäisevyyttä. Myös kokoonpuristuvuus ja plastisuusominaisuudet muuttuvat, jos humuspitoisuus lisääntyy. Sen takia maa-aineksen humuspitoisuus olisi hyvä tutkia ja tietää. Sen määrittämiseen on kehitetty

- kuivapolttomenetelmä
- märkäpolttomenetelmä
- natriumhydroksidimenetelmä
- kolorimetrinen menetelmä.

(Mts. 71.)

Kiintotiheys

Kiintotiheydellä tarkoitetaan massansuhdetta sen tilavuuteen. Kivennäismaalajeilla kiintotiheys on 2,6–2,8 t/m³. Suomen moreenimaalajien keskimääräinen paino on 2,65 t/m³. Eloperäisellä aineksella kiintotiheyden arvona on 1,25 t/m³. Kun maa-aines sisältää kivennäismaalajia sekä eloperäistä ainesta, sen kiintotiheys on näiden välillä. (Mts. 78–79.)

2.1.2 Rakenneominaisuudet

Vesipitoisuus

Vesipitoisuus kertoo maa-aineksessa vallitsevan veden määrä suhteessa maamassaan. Vesi voi esiintyä maassa vapaana, kapillaarisena ja vaippavetenä. Vesipitoisuuden määrän voi määrittää kuivatusmenetelmällä tai karbidometrinenetelmällä. Maassa olevat huokokset voivat olla kokonaan tai osittain veden kyllästämiä. Tämä voidaan ilmaista kylläisyysasteena. (Rantamäki ym. 2006. 79–80.)

Rakennetyypit

Pääsääntöisesti maalajin rakennetyyppiin vaikuttaa se, minkälainen on ollut maalajin syntymäolosuhde. Rakennetyyppejä on kolmenlaisia: irtorakenne, kennorakenne ja kasautumarakenne. Karkeilla maalajeilla rakenteeseen vaikuttaa eniten painovoima, jolloin muodostuu irtorakenne. Hienorakeisilla vaikuttavana voimana ovat adheesiovoimat, jolloin muodostuu kennomaisia rakenteita. Kasautumarakennetta esiintyy erityisen hienoilla maalajeilla, joiden adheesiovoimat ovat hyvin suuria. (Mts. 81–82.)

Tiiviys

Tiiviys on maarakenteissa tärkeä käsite, sillä se vaikuttaa lujuteen ja kantavuuteen. Se vaikuttaa myös siihen miten hyvin maakerros soveltuu rakennuspohjaksi. Erilaisia tiiviyttä havainnollistavia ilmaisuja ovat löyhä, keskitiivis ja tiivis. Näitä käytetään yleensä karkearakeisten ja moreenimaiden kuvauksina. Muita tiiviyttä ilmaisevia käsitteitä ovat tilavuuspaino, irtotiheys, huokoisuus, huokosluku, suhteellinen tiiveys ja tiivisyysaste. Taulukossa 1 on joidenkin maalajien kuivatilavuuspainoja. (Mts. 82.)

TAULUKKO 1. *Tiivyskuvaus kuivatilavuuspainon perusteella* (Rantamäki, Jääskeläinen & Tammirinne 2006, 85)

Nimitys	Kuivatilavuuspaino γ_d (kN/m ³)			
	hiekkainen siltti	hiekkä	sora	moreeni
Löyhä	≤14,0	≤16,0	≤18,0	≤19,0
Keskitiivis	>14,0...16,0	>16,0...18,0	>18,0...20,0	>19,0...21,0
Tiivis	>16,0	>18,0	>20,0	>21,0

Plastisuus

Hienorakeisilla maalajeilla sekä paljon hienoainesta sisältävät moreeneilla on plastisia ominaisuuksia eli olotiloja. Ominaisuudet ovat juoksuraja, plastisuusraja, plastisuusluku ja hienousluku. (RIL 156 1995. 67.)

2.1.3 Geotekniset ominaisuudet

Hydrauliset ominaisuudet

Maa-aineksen huokosissa oleva vesi vaikuttaa hyvin paljon maan käyttäytymiseen. Tärkeimmät tarvittavat tiedot ovat yleensä maa-aineksen vedenläpäisevyys, huokosvedenpaine ja kapillaarisuus. (Rantamäki ym. 2006 99.)

Vedenläpäisevyys vaihtelee maalajeilla huomattavan paljon, kuten taulukosta 2. voidaan nähdä. Karkeat maalajit päästävät veden lävitseen suhteellisen nopeasti, kun taas hienommat hyvin hitaasti. Kun maalaji on hienorakeista, veden virtauksessa ei ole pyörteitä eli sitä voidaan sanoa laminaariseksi. Veden läpäisevyyteen vaikuttaa myös se kuinka tiivistä maa-aines on. Vedenläpäisevyyttä voidaan määrittää kahdella eri menetelmällä, jotka ovat vakioapainemenetelmä ja muuttuvan paineen menetelmä. Vakioapainemenetelmää sovelletaan karkeille maalajeille ja muuttuvan paineen menetelmää huonosti läpäiseville maalajeille. (Mts. 100–102.)

TAULUKKO 2. *Kivennäismaalajien vedenläpäisevyys* (Rantamäki, Jääskeläinen & Tamminrinne 2006, 101)

Maalaji	Vedenläpäisevyys k (m/s)	Huomautuksia
Sora	$10^{-2} \dots 10^{-4}$	} Hyvin vettäläpäiseviä Huonosti vettäläpäisevä Lähes vettäläpäisemätön
Hiekka	$10^{-4} \dots 10^{-6}$	
Siltti	$10^{-5} \dots 10^{-9}$	
Savi	$10^{-8} \dots 10^{-10}$	

Huokosvedenpaine

Maa-aineksesta voidaan jakaa erilleen huokospaine ja raepaine. Huokosvedenpaine on veden aiheuttama voima, joka vaikuttaa kaikkiin suuntiin yhtä paljon. Kun maata kuormitetaan, niin kuorman aiheuttaman paine siirtyy alussa pelkästään huokosveden paineeksi. Karkeilla maalajeilla vedenpaine pääsee purkautumaan melkein heti pois, ja kuorma siirtyy raepaineeksi. Hienorakeisilla maalajeilla ilmiö on päinvastainen, eli huokosvedenpaine ei pääse heti purkautumaan ja sen paine pääsee kasvamaan. (Mts. 106–107.)

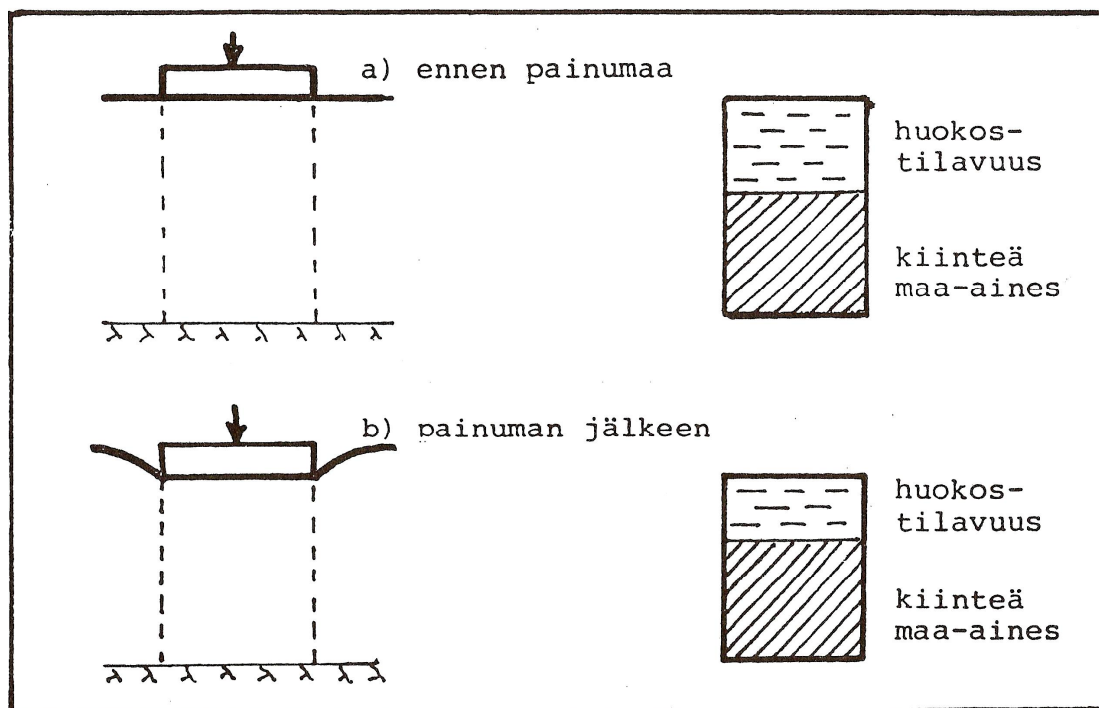
Kapillaarisuus

Kapillaarisuusilmiö tapahtuu, kun neste nousee hyvin kapeassa ”putkistossa” seinämän ja veden välisen vetovoiman sekä pintajännityksen avulla ylöspäin. Nousu loppuu kun maanvetovoima ja kapillaarisuusvoimat ovat samansuuruisia. Tämä ilmiö esiintyy hienoilla maalajeilla, jotka muodostavat maahan melko epäsäännöllisen ”putkiston”. Kapillaarisuuden voimakkuuteen vaikuttavat maantiiviys sekä raekoko. (Mts. 112–113.)

2.2 Konsolidoituminen

Maapohjan painuminen eli konsolidaatiopainuma on monissa tapauksissa hienorakeisen maamassan tiivistymistä. Siinä maamassojen tilavuus pienenee, mikä aiheuttaa painuman, kuten kuvioista 2. voidaan todeta. Yleensä myös maassa oleva vesipitoisuus laskee kuten myös huokostilavuus. Nopea konsolidaatiopainuma tapahtuu karkeassa maaperässä, jonka vedenläpäisevyys on hyvin suuri. (Rantamäki, Jääskeläinen & Tamminen 2006, 209.)

Maaperä on yleensä veden kyllästämää. Jotta konsolidaatiopainuma syntyisi, pitäisi maassa olevissa huokosissa olevan veden poistua. Hienorakeisilla maa-aineksilla vedenläpäisevyys on heikkoa, joten vesi ei pääse väistymään ja konsolidaatiopainuma on hyvin hidasta. Hienorakeisilla maa-aineksilla huokoisuus on suuri, mikä aiheuttaa sen, että maa sitoo paljon vettä. Tämän takia maanpainuminenkin on huomattavan suuri. (Mts. 209–210.)



KUVIO 2. Konsolidaatiopainuman muodostuminen (Rantamäki, Jääskeläinen & Tammirinne 2006, 210.)

Yleensä karkearakeisten maa-ainesten konsolidaation nopeutta ei tarvitse tarkastella, koska huokosveden virtaus on suhteellisen nopeaa. Sen sijaan hienorakeisilla maa-aineksilla huokosveden virtaus on hidasta ja niinpä painumatarkastelun nopeus on tarpeellista. Aluksi maaperässä huokosvedenpaine nousee. Paineen noustua huokosvesi pyrkii poistumaan maan huokosista ja samalla paine alenee. Kun tilanne on jatkunut riittävän pitkään, niin lisäjännitys muuttuu raepaineeksi.

Painuman nopeus on riippuvainen maakerroksen vedenläpäisevyydestä sekä konsolidaatiotilasta. Ylikonsolidoituneen hienoaines- sekä kuivakuorikerroksen painuminen tapahtuu nopeasti eikä se yleensä ole ongelma. Konsolidaatiopainumisen hitaus tulee ongelmaksi yleensä normaalisti konsolidoituneessa maa-aineksessa.

(Mts. 226–227.)

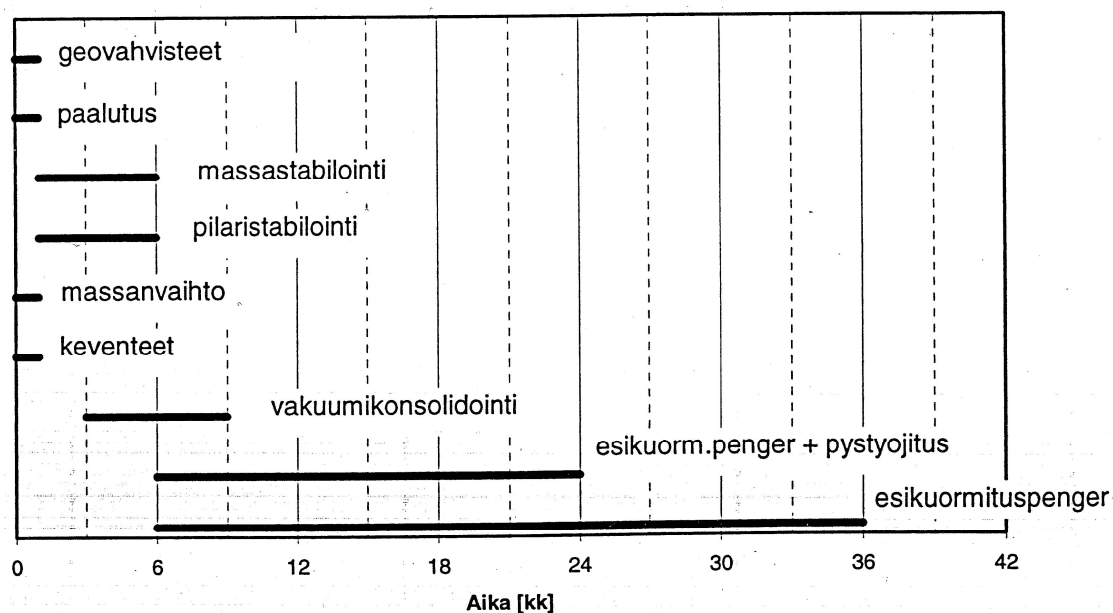
3 ESIRAKENTAMINEN

3.1 Esirakentaminen käsitteenä

Esirakentamisella tarkoitetaan rakentamisedellytysten luomista aiemmin rakentamatta jääneille alueille, esimerkiksi pehmeikköalueille, ja niiden laadun parantamista (mm. painumat, vakavuus) erilaisilla maanrakennuskeinoilla ennen alueen varsinaista rakentamista. Laajemmin tarkasteltuna esirakentamiseen voidaan lukea kaikki ne toimenpiteet, jotka parantavat alueen rakentamismahdollisuuksia. Esirakentamisen piiriin katsotaan kuuluvaksi myös alueelliset kaivu-, louhinta- ja täyttötöyt. Myös saastuneiden maiden kunnostamisen voidaan katsoa kuuluvaksi esirakentamisen toimiin. (Havukainen & Nauska 1998, 5.)

Ilman esirakentamista monet hyvillä alueilla olevat tonttimaat jäävät käytännössä hyödyntämättä. Alueilla, missä yleensä vaaditaan esirakentamista, toimenpiteet ovat hyvin mittavia ja tämän takia vaativat kaupungin puuttumista asiaan. Hyvillä rakentamisratkaisuilla alueesta saadaan toimiva ja kestävä. Esimerkiksi painumat saadaan kuriin ja alueen kuivatus toimii hyvin. (Mts. 5.)

Esirakentaminen tulisi aloittaa suhteellisen aikaisin. Jotkin esirakentamisen työt ovat paljon aikaa vaativia, esimerkiksi esikuormittaminen voi kestää 0,5 - 3 vuotta, kuten kuviosta 3 voidaan päätellä. Esirakentamiseen saadaan enemmän vaihtoehtoja, jos työt päästään aloittamaan ajoissa. Myös suunnitelmista saadaan parempia, kun aikaa on enemmän käytettävissä. Tämän takia esirakentaminen olisikin hyvä liittää kunnalliseen päätöksentekoon. Tällöin esirakentamisen aloittamisen aikaisin vaihe olisi asemakaavan luonnosvaihe. (Mts.16.)



KUVIO 3. Erilaisten menetelmien vaatima aika ennen kuin varsinainen rakentaminen voi alkaa (Havukainen & Nauska 1998, 15).

3.2 Tarkoitus

Esirakentamisen tarkoituksena on mahdollistaa alueen tuleva rakentaminen. Esirakentamisella edistetään alueen rakennettavuutta ja parannetaan kunnallistekniikan alueellista rakennetta. Onnistuneilla ratkaisuilla saadaan aikaan suoria sekä epäsuoria hyötyjä:

- Kuntarakenteen palvelut tehostuvat ja paranevat.
- Yhdyskuntarakenne parantuu kun alueista saadaan tiiviimpiä ja toimivampia.
- Kun alueen tekninen laatu paranee niin kuivatus ja muiden rakenteiden kunnossapitotarve vähenee.
- Alueellinen terveellisyys, turvallisuus sekä viihtyisyys parantuvat.
- Kaupunki saa hyvää tonttimaata käyttöön
- Kaupunki hyötyy tonttien myynti- ja vuokratuloista.

(Pikku-huopalahden esirakentamiskokemukset. 2002, 16.)

Esirakentamisella on kaksi päätavoitetta. Ensinnäkin on alueellinen stabiliteetti eli alueen painumien saaminen hallintaan. Toiseksi paikallisen stabiliteetin tarkasteleminen esimerkiksi putkijohtojen kaivannot sekä pienemmistä töistä aiheutuvat läjitykset.

Stabiiliteettia joudutaan tarkastelemaan, kun suunnitellaan alueen korkeusasemia sekä eri työvaiheiden aikaista rakentamista. Tavallisimmin alueellista ja paikallista stabiiliteettia tutkitaan luiskan kriittisimmällä liukupinnalla olevaa kallion tai maan leikkauslujuuden ja leikkausjännityksen suhdetta. (Mts. 14.)

3.3 Esirakentamisen menetelmiä

Esirakentamisessa käytettäviä menetelmiä on useita. Sopivien menetelmien käyttöön vaikuttaa esimerkiksi se, kuinka paljon aikaa on varattu rakentamiseen, millaiset ovat alueella vallitsevat geotekniset olosuhteet, minkälaista toimintaa alueelle tulee sekä kuinka suuret kustannukset rakentamisesta syntyvät. Taulukosta 3 nähdään eri menetelmien sopivuus maalajeille. Eniten käytettyjä menetelmiä ovat

- massanvaihto
- esikuormituspengeri ja liuskapystyöjitus
- pilari- ja massastabilointi
- keventäminen
- geovahvisteilla lujittaminen.

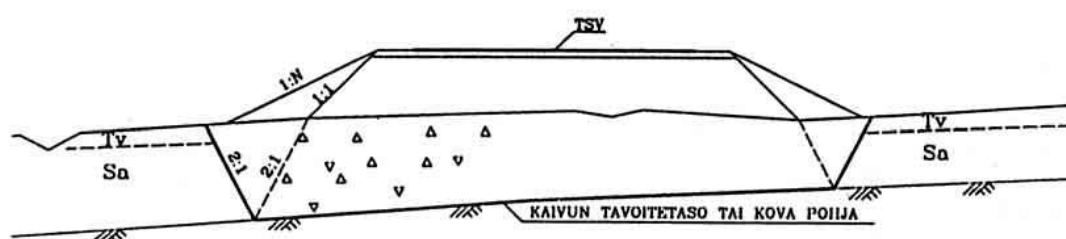
Käytettäviä menetelmiä ovat myös esimerkiksi paaluttaminen ja vakuumikonsolidointi, mutta niitä käytetään vähemmän. Menetelmiä voidaan tietenkin yhdistellä työnlaajuuden ja sopivuuden pohjalta. (Havukainen & Nauska 1998, 2.)

TAULUKKO 3. *Erilaisten menetelmien sopivuus eri maalaaduille* (Havukainen & Nauska 1998, 15)

	turve	lieju	savi	siltti	täyte
Esikuormituspengeri			—————	—————	
Pystyöjitus + esikuor.penger		—————	—————	—————	
Vakuumikonsolidaatio		—————	—————	—————	
Keventeet	—————	—————	—————	—————	
Massanvaihto	—————	—————	—————	—————	
Pilaristabilointi		—————	—————		
Massastabilointi	—————	—————	—————		
Paalutus	—————	—————	—————	—————	
Geovahvisteet	—————	—————	—————	—————	

3.3.1 Massanvaihto

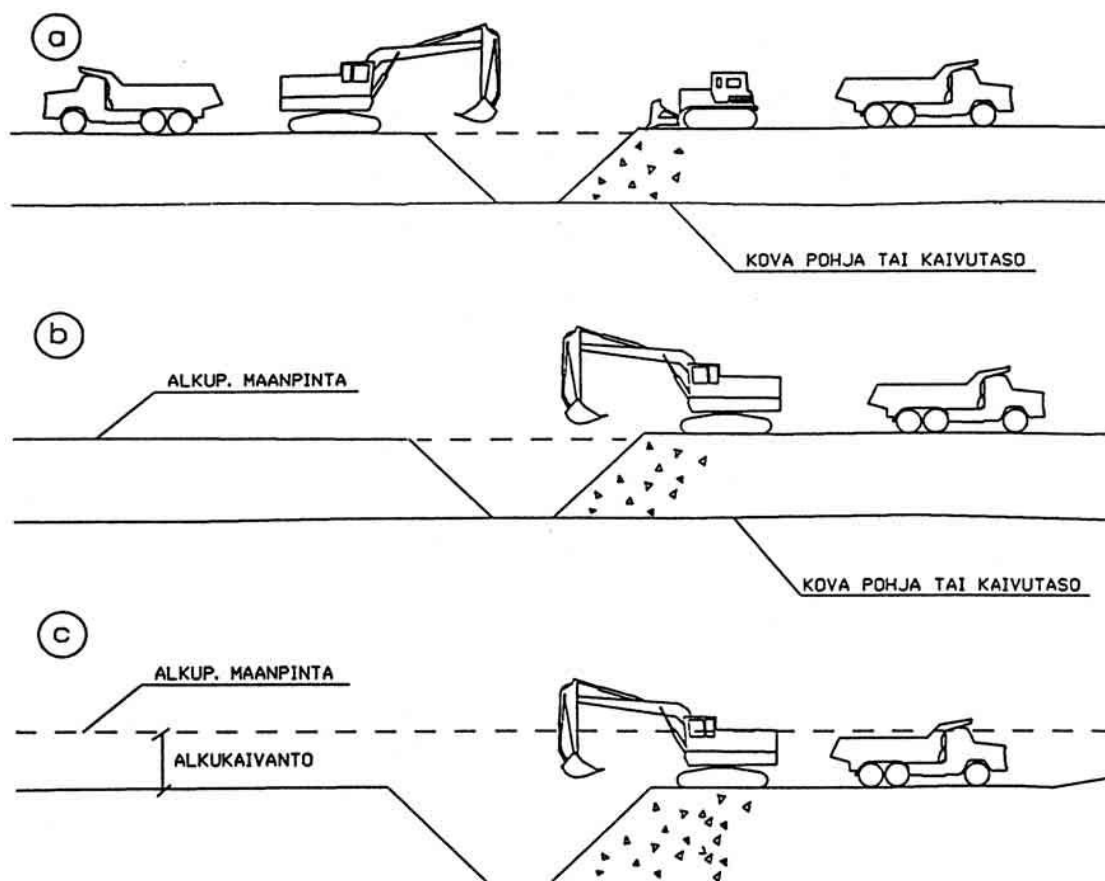
Massanvaihto on yleensä pehmeän tai huonosti kantavan maapohjan täydellinen tai osittainen vaihto paremmin kantavaan maalajiin. Kuviossa 4 massanvaihto on kaivettu savikon läpi kantavaan maapohjaan. Se voidaan tehdä joko kaivamalla tai pengertämällä, jossa syrjäytetään pehmeä maa-aines. Oikein toteutettuna molemmilla tavoilla päästään hyvään lopputulokseen. (Hartikainen 1998, 128.)



KUVIO 4. *Massanvaihto savikolle* (Massanvaihto. 1993, 8)

Massanvaihto kaivamalla sopii hyvin suoalueille, jotka eivät ole kovin syviä. Tällöin kovan maapohjan tulisi olla heti turpeen alla. Mikäli kantava maapohja on hyvin syvällä, tulisi harkita muita vaihtoehtoja. Massanvaihtoa voidaan myös käyttää koheesiomaapehmeiköille ja paalutettujen alueiden matalille osille, joissa paalujen pituus jäisi melko lyhyeksi (3 – 4 m). Kaivussyvyytenä käytetään yleensä 2 – 5 m:ä. Kaivussyvyyden mennessä tämän yli voidaan ruveta pohtimaan muiden pohjanvahvistusmenetelmien käyttöä, kuten paaluttamista tai massastabilointia. (Mts. 129.)

Kaivaminen voi tapahtua kaivannon päältä tai sen edestä. Maa-ainekset voidaan kaivaa etukäteen tai kaksivaiheisena (kuvio 5.). Kaivannon luiskat tehdään kaltevuuteen 1:1. Kaivanto täyttyy yleensä vedestä, mikä parantaa kaivannon vakavuutta, mutta hankaloittaa massojen kaivamista. Syvissä luiskissa käytetään luiskan suhteena 1:1.5 tai 1:2. (Mts. 129.)

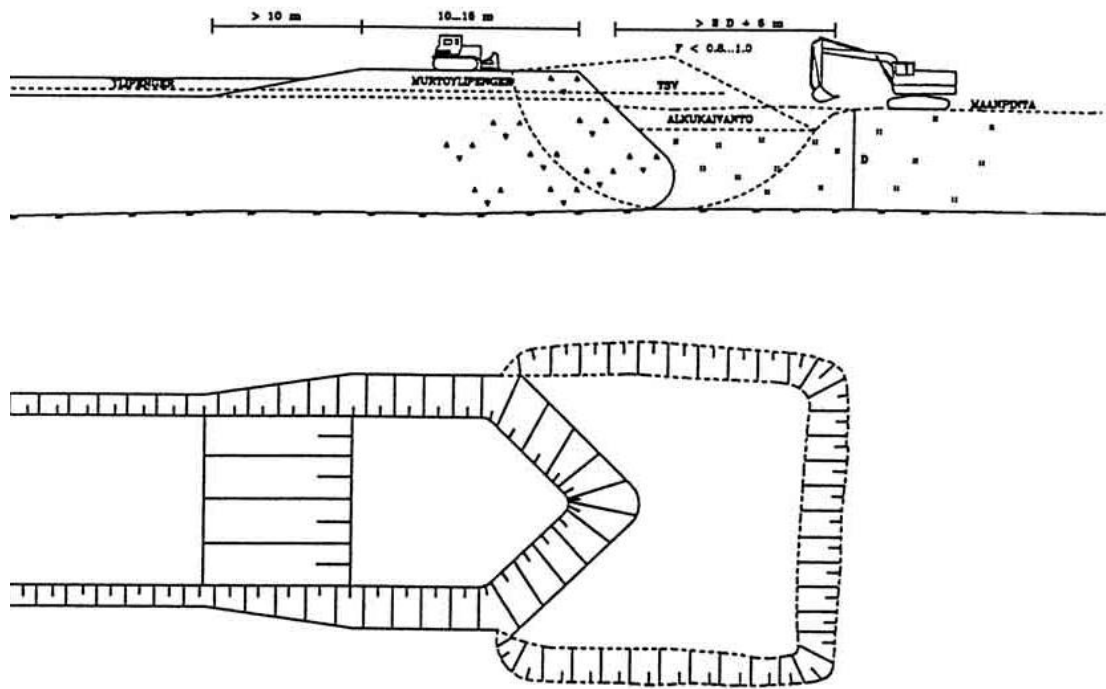


KUVIO 5. Massanvaihdon tavallisimmat kaivumenetelmät. a) Etukäteen kaivu b) Penkereen päältä kaivu c) Kaksivaiheinen kaivumenetelmä. (Massanvaihto 1993, 10)

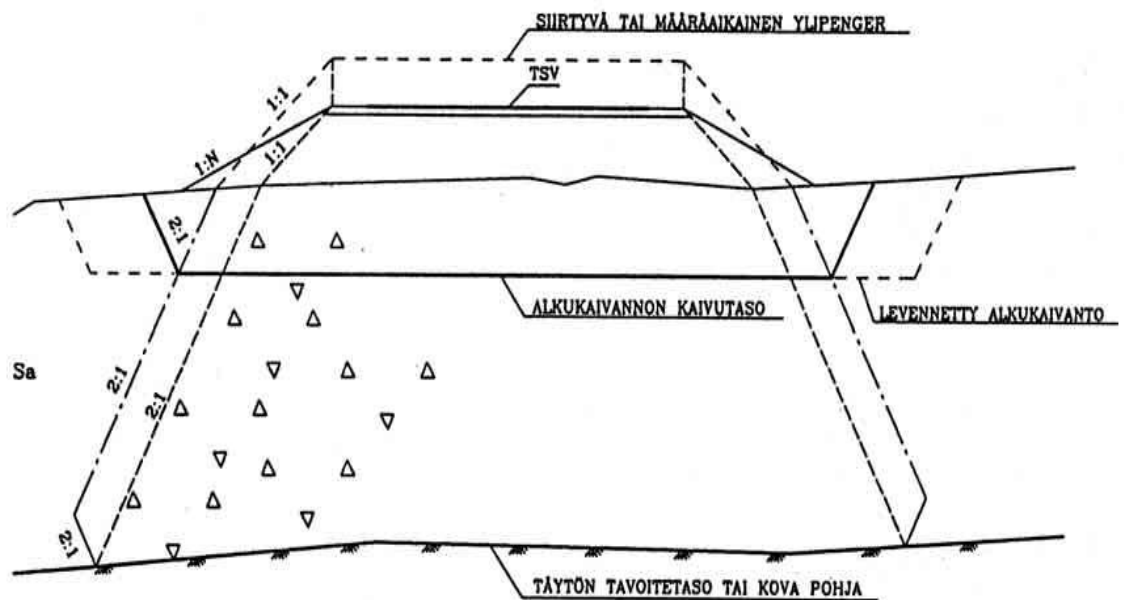
Massanvaihto pengertämällä tapahtuu usein jyrkkäluisena ylipengerryksenä, joka nousee 1–2 m päätypengerryksen yli (kuvio 6. ja 7.). Sillä pyritään aiheuttamaan murtorajatila pehmeälle maapohjalle. Kun painuminen alkaa, pyritään lisäämään pengertä, joka puskee pehmeät maa-ainekset kiilamaisesti penkereen sivuille. Pengertäminen voi onnistua hyvin silloin, kun pohjamaa on hyvin pehmeää ja sortumisen varmuuskerroin on alle 0,8. Monesti pengertämistä voidaan helpottaa seuraavilla toimenpiteillä:

- kaivaminen penkereen alta
- sivuilta nousevan maan poiskaisu
- pohjamaan räjäyttäminen pohjamaassa
- sivujen räjäyttäminen penkereessä.

(Hartikainen 1998, 129–130.)



KUVIO 6. Massanvaihto pengertämällä käyttäen siirtyvää ylipengertä. (tiehallinto massanvaihto 1993, 15)



KUVIO 7. Massanvaihto pengertämällä eli pohjaantäyttö. (tiehallinto massanvaihto 1993, 8)

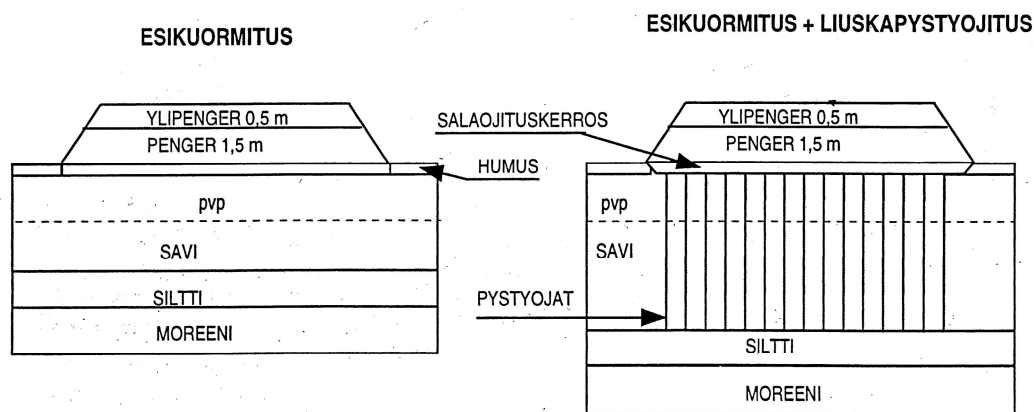
Osittaista poiskaivua voidaan käyttää, jos pehmeän maapohjan päällä on kuivakuori-kerros tai silloin, kun pintaturve on hyvin juurakkoista. Tämä kannattaa toteuttaa silloin, kun se parantaa pengermassojen painumista. Tavanomainen syvyys kaivannolle on normaalisti noin 2 m ja penkereen tulisi olla kaivannon levyinen. (Hartikainen 1998, 130.)

Pengerräjätysten käyttäminen massanvaihdossa on suotavaa, jos täyttömassojen tunkeutuminen ei ole riittävää. Räjätysten avulla saadaan heikennettyä pohjamaan lujuutta ja heti tehty penger saadaan näin tunkeutumaan kovaan pohjaan. Räjätysten tehdään noin 10–30 m:n matkalle. Räjätys toteutetaan suljetuilla teräsputkilla, jotka upotetaan haluttuun tasoon. Putkien etäisyydet ovat 2–4 m:ä, ja räjähdysaineena käytetään 35–prosenttista dynamiittia, jota käytetään noin 50 g jokaista maakuutiometriä kohti. (Tiehallinto massanvaihto 10.)

3.3.2 Esikuormittaminen ja pystyjoitus

Esikuormituspenkereellä tarkoitetaan sitä, kun maapohjaa kuormitetaan ennen varsinaista rakentamista (kuvio 7.). Kuormituksen tulee olla suurempi kuin tuleva kuorma, mutta se ei kuitenkaan saa ylittää maan kantokykyä. Esikuormittaminen tehdään yleensä konsolidoituvalla maapohjalle tilapäisenä massapenkereenä tai kuormitettavaa aluetta voidaan pitää väliaikaisena kiviaineksen välivarastona. Menetelmää käytetään hyvin usein savipohjaisilla alueilla, jossa savikerroksen paksuus on alle 6 m:ä. Paksummilla kerroksilla kuormittaminen kestäisi liian kauan. Kuormituksen kesto on 0,5–3 vuotta riippuen siitä miten hyvin maapohja läpäisee vettä sekä painuvan kerroksen paksuudesta. (Havukainen & Nauska 1998, 25.)

Pystyjoitus on joko sylinterimäinen hiekkapystyjoitus tai nauhamainen liuskaojitus. Pystyjoitusta käytetään yleensä savikerrosten esikonsolidoimisessa, missä maakerrokset läpäisevät heikosti vettä. Tämä menetelmä nopeuttaa huokosveden poistumista kerroksista. Pystyjoitus otetaankin monesti mukaan esikuormittamiseen, koska konsolidoituminen nopeutuu huomattavasti. Pystyjoitusta käytetään 1–2 vuotta, jolloin konsolidoitumisesta on tapahtunut noin 80–85 %. (Mts. 25.)



KUVIO 8. Esikuormittamisen sekä esikuormitus ja pystyjojitus (Havukainen & Nauska 1998, 26)

3.3.3 Pilari- ja massastabilointi

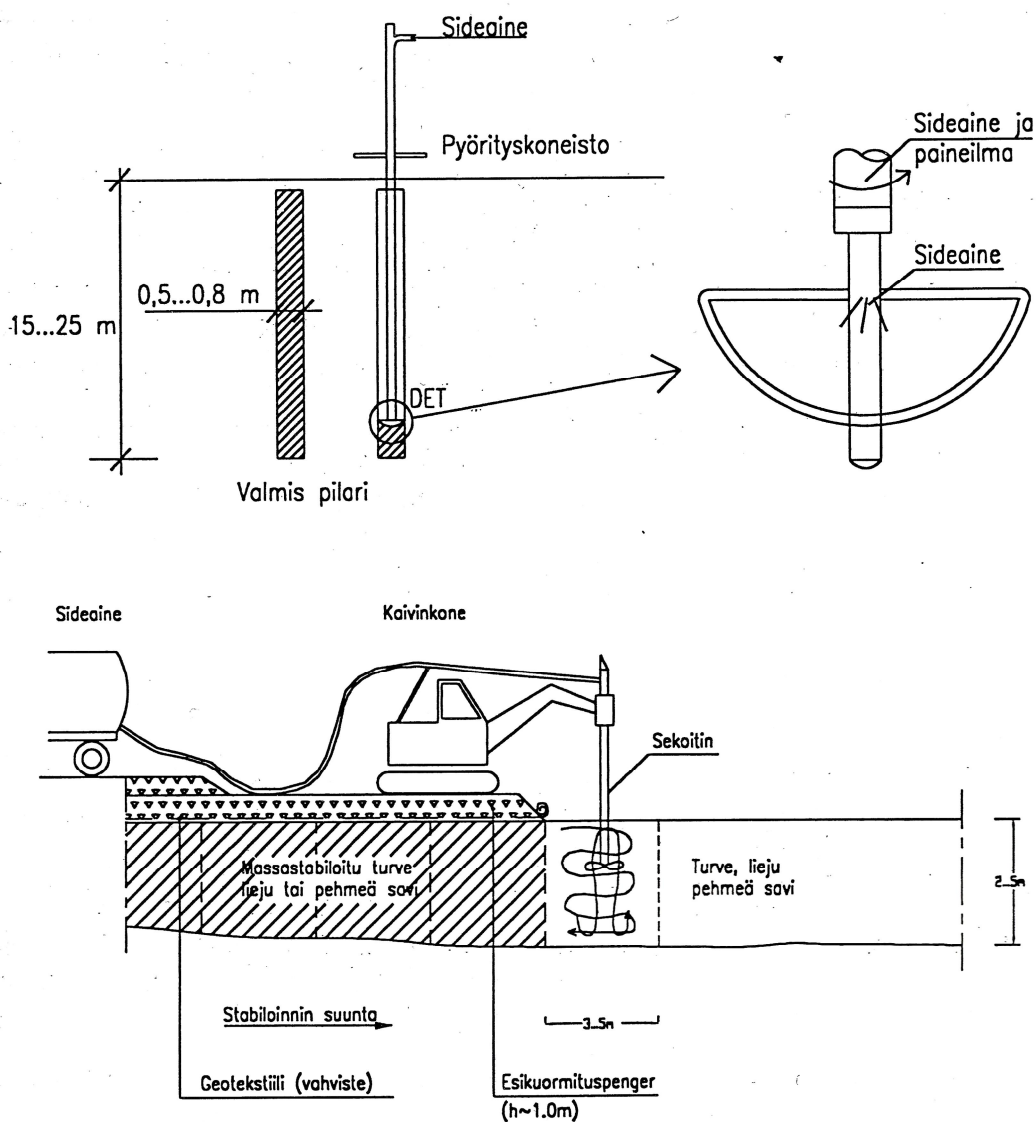
Pilaristabilointi

Pilaristabilointi on pehmeiden maakerrosten vahvistamiseen käytetty menetelmä. Menetelmässä maahan painetaan sekoittimella sideainetta, joka muodostaa maakerrokseen sylinterimäisen pilarin (kuvio 9.). Menetelmä ei sovi maapohjiin, missä on suuri humuspitoisuus tai savella on korkea rikki-pitoisuus. Menetelmän sideaineena on Suomessa yleensä käytössä kalkkia ja sementtiä. Niitä voidaan käyttää täysin erillään tai mahdollisesti myös keskenään. Käyttöön on pyritty myös ottamaan muita teollisuuden sivutuotesideaineita, jotta kustannuksia saataisiin halvemmaksi. Pilarin lujuutta on myös pyritty parantamaan muilla aineilla. Helsingissä on tehty erilaisia koepilareita laboratoriossa ja maastossa, mutta ongelmia on yhä pilarin lujuuden pysyvyyden ja homogeenisuuden kanssa, kun käytetään sivutuotesideaineita. (Havukainen & Nauska 1998, 32.)

Pilaristabilointi aloitetaan yleensä syöttämällä maahan sideainetta syvästabilointilaitteissa tuotetulla paineilmalla. Tehtävän pilarin koko vaihtelee 500–800 mm:n välillä. Pilarin pituus vaihtelee Suomessa käytössä olevalla laitteistolla 15–25 m. Pilaristabiloinnin käyttäminen on vakiintunut Helsingin kunnallistekniikassa. (Mts. 33.)

Massastabilointi

Tässä menetelmässä maahan sekoitetaan sideainetta, joka vahvistaa maakerrosta ja muodostaa homogeenisen seoksen maamassan kanssa. Sivutuoteaineilla on suuri merkitys, jos menetelmää käytetään eloperäisen maamassan stabilointiin. Kohteina on yleensä lieju- tai turvekerros, jonka alin kerros vahvistetaan. Menetelmässä käytetään yleensä sekoituslaitetta, joka asennetaan kaivinkoneeseen. Tällä tavalla voidaan vahvistaa kerroksia aina viiteen metriin saakka. Massastabiloinnin kilpailijana matalilla pehmeikköalueilla on yleensä massanvaihto. Massastabilointi on yleensä parempi vaihtoehto, jos alueelle on vaikea saada korvaavia massoja. (Mts. s.33)



KUVIO 9. Ylhäällä pilaristabiloinnin ja alhaalla massastabiloinnin periaatekuva (Havukainen, Nauska 1998, 34)

3.3.4 Keventäminen

Maapohjan kuormituksen vähentämiseen voidaan käyttää normaaleja kiviaineksia kevyempiä materiaaleja, jotka pienentävät painumia sekä lisäävät stabiliteettia. Käytettävät materiaalit ovat yleensä myös lämmöneristeitä, mikä vähentää rakennekerrosten paksuutta. Keventämismateriaaleina käytössä on:

- kevytsora
- paisutettu polystyreenimuovi
- tuhka
- rengasrouhe

(Havukainen & Nauska 1998, 28.)

Kevytsora

Kevytsora on savea, joka poltetaan polttouunissa. Poltto tapahtuu pitkässä sylinterimäisessä uunissa, jonka lämpötila on +1100-1200 C astetta. Kevytsora levitetään normaalilla kalustolla esimerkiksi tela-alustaisella puskutraktorilla, jolla voi samalla esitiivistää kerroksia. Rakeisuudet ja kuivatilavuuspainot ovat 4–32 $\phi = 3,2\text{kN/m}^3$, 0–32 $\phi = 3,5\text{kN/m}^3$ ja 8–20 $\phi = 2,5\text{kN/m}^3$. Kevytsoraa saatetaan joskus sitoa, jolloin sideaineesta riippuen voidaan puhua kevytsorabetonista tai bitumoidusta kevytsorasta.

Kevennettäviä rakenteita ovat yleensä

- siirtymärakenteet
- vanhat ojat
- vanhojen penkereiden leventäminen
- jo tehtyjen penkereiden leventäminen
- paikoitus ja piha-alueet
- syvät pehmeiköt.

(Mts. 28.)

Paisutettu polystyreenimuovi

EPS (expanded polystyrene) eli paisutettua polystyreenimuovi. Sen tilavuuspaino on yleensä 1kN/m^3 . Käytettävät palat voidaan tilata tehtaalta määrämittäisinä. Kappaleita on helppo työstää perustyökaluilla, koska materiaali on suhteellisen pehmeää. EPS:n

käyttö kevennysmateriaalina on kalliimpaa kuin kevytsoran, mutta hinnat ovat nykyään lähempänä toisiaan. (Mts. 29.)

Tuhka

Tuhkaa on käytetty keventämisessä sen halvan hinnan takia. Tuhkan etu tulee esiin paksuissa rakennekerroksissa (>1 m). Erilaisia tuhkia on lentotuhka, rikinpoistotuote ja pohjatuhka. Lentotuhkaa saadaan voimalaitosten savukaasuista ja sen kuivatilavuuspaino on 10kN/m^3 ja tiivistettynä $12\text{--}16\text{kN/m}^3$. Rikinpoistotuotetta saadaan kivihiilen polton savukaasuista, joiden lopputuote vastaa lähinnä silttiä. Rikinpoistotuotetta ei saa käyttää suoraan maanrakentamisessa vaan siihen on sekoitettava lentotuhkaa, joka parantaa sen lujuusominaisuuksia. Pohjatuhkaa saadaan pölynpolttolaitoksista, mikä vastaa materiaalina suurin piirtein keskikarkea tai karkeaa hiekkaa. Kun kohteessa käytetään tuhkaa, niin tällöin sille on haettava ympäristölupa. (Havukainen & Nauska 1998, 30.)

Rengasrouhe

Rengasrouhetta on käytetty USA:ssa penkereiden kevennyksessä huonosti kantavilla maapohjilla. Suomessa rouhetta on käytetty ainakin Siilinjärvellä vt. 5:n meluvälillä ja paikallistiellä Ilolassa, joka on ollut koerakennuskohteena. Rengasrouheen tilavuuspaino on verrattavan pieni suhteessa muihin kevennysmateriaaleihin, vain noin $300\text{--}500\text{ kg/m}^3$. Materiaalina rouhe ei ime itseensä lainkaan vettä. Rengasrouheen vedenläpäisevyys on isompi kuin soralla. (Mts. 31.)

3.3.5 Geovahvisteilla lujittaminen

Geovahvisteet ovat yleensä polymeerisiä tuotteita, kuten tekstiilejä, verkkoja ja kalvoja. Näillä pyritään vahvistamaan maan lujuutta keinotekoisesti. Tekstiileillä eli kuitukankailla pyritään estämään maakerrosten sekoittuminen keskenään. Kuitukangasta käytetään hyvin usein heikosti kantavilla maapohjilla sekä kosteiden maakerrosten välissä esimerkiksi saven ja suodatinkerroksen välissä. Verkkoja sekä köysiä käyte-

tään yleensä ”paketoimaan” kankaalla lujitettuja maamassoja. Verkkoja käytetään monesti maapenkereiden ja seinämien vahvisteena. (Hartikainen 1998, 117–118.)

Kalvot ovat yleensä massasta tehtyjä tasalaatuisia muovikalvoja. Ne ovat sileitä, eivätkä ne päästä lävitseen ilmaa tai nestettä. Kalvot pystyvät yleensä venymään melko paljon verrattuna muihin vahvisteisiin (yksiaksaalinen venymä jopa 700 %). Laminoimalla kalvoja toisiinsa tai muihin geotekstiileihin niistä saadaan vahvempia. Saumat liitetään kiinni liimaamalla tai hitsaamalla. Kalvoja käytetään silloin, kun halutaan hyvää tiiveyttä rakenteelta. Tämän takia ne toimitetaan melko leveinä toimituksina, jopa 10 metrisinä. Kalvoja käytetään hyvin paljon kaatopaikkojen rakentamisessa. Myös tierakentamisessa kalvoja voidaan käyttää suojaamaan pohjavettä. (Mts. 120.)

3.3.6 Muut menetelmät

Pudotustiivistys perustuu mekaaniseen iskuenergiaan. Tarvittava iskuenergia saadaan koneella, joka nostaa noin 80–2000 kN painoisen järkäleen tietylle pudotuskorkeudelle ja tiputtaa sen vapaasti maanpintaan. Tiivistämisvaikutus ulottuu noin 10–30 m syvyyteen. Menetelmää on käytetty louheesta, sorasta, hiekasta ja siltistä koostuvien maapohjien tiivistämisessä. **Tiivistyspaalutuksessa** maahan lyödään kartiomaisia paaluja, jotka syrjäyttävät maa-ainesta. Käytettyjen paalujen pituus on yleensä 1,5–6 m. Paalut asetetaan noin 0,5–1 m jaolla. Paalut revitään maasta irti ja maahan jääneet kolot täytetään soralla tai hiekalla. (Rantamäki & Tammirinne 2006, 193–194.)

4 TYÖMENETELMÄT

4.1 Kaivaminen

Kuokkakaivu

Nykyisten kaivinkoneiden yleisin kauhatyyppi on kuokkakauha (kuvio 10.), joka toimii hyvin seuraavissa töissä

- erilaisten maaleikkausten tekeminen sekä pintamaiden poisto
- kalliolouheiden kuormaus
- ojitusten tekeminen sekä vesistöjen kaivu ja perkaus
- erilaiset raivaustyöt
- viimeistelytyöt.

Kuokkakaivun etuihin kuuluvat kauhan hyvä hallittavuus sekä kuljettajan näköyhteys kaivettavaan kohteeseen. Parhaimpana työskentelyasentona voidaan pitää alapuolelle asettuvaa kaivutasoa. Myös kaivaminen kaivutason yläpuolelta on mahdollista, mutta tällöin kauhan hallittavuus on huomattavasti heikompaa. (Hartikainen 1998, 49.)



KUVIO 10. ”kynsillä” varustettu kuokkakauha

Keskisuuren kaivinkoneen tavanomaisen kaivussyvyys on 4,5–6,0 m. Suurilla koneilla 5,5–7,0 m. Tyhjennyskorkeutena on 4,5–6,0 m. Rintamakaivu ja yhdensuuntaisuus-

kaivu ovat tavallisimpia kuokkakaivussa käytettäviä kaivutyömenetelmiä. Kaivumenetelmän valintaan vaikuttavat kuljetusten toimivuus sekä alustan kantavuus. (Mts. 49.)

Koneen työsaavutukseen vaikuttaa paljolti kaivinkoneen kääntökulma. Kuljettajan ammattitaito, kaivussyvyys sekä kuljetuskaluston sijainti vaikuttavat paljon saavutettavaan työtulokseen. (Mts. 50.)

4.2 Läjitykset

Läjitysten suunnittelu on tärkeä osa-alue massojenvaihtoa. Läjitysalueet tulisi suunnitella etukäteen, jotta vältetään työn aikaisilta ongelmilta. Suunnittelussa pitäisi ottaa huomioon ympäristölliset sekä luonnonsuojelulliset näkökohdat. Kuljetusyhteydet sekä matkat ovat osana suunnittelua. Läjitysalueesta olisi hyvä laatia ennen töiden aloittamista käyttö- ja viimeistelysuunnitelma. Läjitysalueen suunnittelun tärkeimpiä kohtia ovat alueen maapohjan kantavuus sekä kuivatusojat ja virtausolosuhteet. Maamassojen kuivattaminen tulisi järjestää niin, että luonnontilaiset kuivatusolosuhteet pysyvät kunnossa. Myös läjitysmassojen valuminen ympäristöön tulee estää. (Massanvaihto 1993, 24.)

Läjitetävyyteen ja kuljetettavuuteen vaikuttaa melko paljon maamassan vesipitoisuus. Vesipitoisuuden kasvaessa riittävän suureksi, maamassat häiriintyvät ja muuttuvat huonosti käsiteltäviksi. Häiriintymistä aiheutuukin eniten moreenimaalajeilla. Hiekoilla ja sorilla ei tapahdu kuljetuksissa häiriintymistä ja läjityksissäkään ei tapahdu valumista, jos suurinta luiskakaltevuutta ei ylitetä. (Hartikainen 1998, 12–13.)

4.3 Kuljetukset

Kuljetuskustannuksiin vaikuttavat osaltaan myös läjitysalueen yhteydet ja toimivuus. Kuljetusten merkitys korostuu, jos etäisyydet työkohteesta kasvavat suuriksi. Kuljetusyhteyksien matkat ovat yleensä sadoista metreistä useisiin kilometreihin. Kuljetusten järjestäminen työalueen sisälle vähentääkin kustannuksia huomattavasti. Massojen

siirtoja on kuitenkin hyvin hankalaa toteuttaa rakennettujen alueiden läheisyydessä. Kaupunkialueella lyhyet siirtoetäisyydet saattavat nousta huomattaviksi, kun linnuntietä mitattavat matkat moninkertaistuvat. Suurimpina ongelmina ovat kulkeminen eritasoliittymien kautta sekä liikenteen ruuhkat. (Massanvaihto 1993, 25.)

4.4 Täytöt

Kun maapohjasta halutaan kantava ja vähän painuva, käytetään tällöin täyttömateriaalina louhetta, mutta muitakin kitkamaalajeja käytetään kuten soraa, moreenia tai hiekkaa. Jos kantava pohja on sivukalteva tai kallio, joka on peittynyt savikerroksella, olisi suositeltavin täyttömateriaali penkereen pohjalla louhe. Veden täyttämässä kaivannoisissa louhe on paras täyttömateriaali, koska sillä ei ole liettymisvaaraa. Kaivinkoneen työskennellessä louhepenkereen päällä, sen etuna on hyvä varmuus sortumaa vastaan. Jos alueelle tullaan myöhemmin paaluttamaan rakenteita, tulisi käyttää täyttömateriaalina paalutyypistä riippuen hiekkaa, mursketta tai pienikivistä soraa. (Mts. 11.)

4.5 Levittäminen ja tasaus

Levittäminen

Työmaalle tuotujen maamassakasojen levittämiseen ja tasaamiseen käytetään yleensä tela- ja pyöräpuskutraktoreita. Mahdollisuuksien mukaan toissijaisina koneina saateen käyttää tiehöyliä sekä jyriä, joissa on levittämiseen soveltuva puskulevy. Massojen levitys ei välttämättä ole kaikkein tärkein työvaihe, mutta huonosti suunniteltuna ja toteutettuna se voi aiheuttaa viivytyksiä työmaalle. (RIL 156 1995, 140.)

Tasaus

Pintojen tasaus on yleensä kerroksen viimeinen muotoilu eli pinnan lopullinen korko sekä muoto. Louhetäytön tasaamista ei yleensä voida tehdä pelkästään louheesta vaan kerroksen päälle ajetaan kiilausmurske. Tällöin louheen taso jätetään hieman vajaaksi (<100mm) ja käytettävä kiilausmurske tasataan haluttuun tasoon. Tällä toimella pinta

saada huomattavasti helpommin oikeaan tasoon ja saadaan tukittua louheessa olevat kolot, joihin saattaisi myöhemmin valua ylemmän kerroksen maamassoja. (Mts. 142.)

4.6 Tiivistäminen

Maata tiivistämällä pyritään pienentämään maa-aineksen huokoisuutta, mikä suurentaa irtotiheyttä. Tällöin maapohjan leikkauslujuus sekä kantavuus paranevat. Myös vedenläpäisevyys pienenee ja yleensä myös säänkestävyys kasvaa. Huonosti tehdyt tiivistämistyöt voivat aiheuttaa myöhemmin muodonmuutoksia esimerkiksi tien pintakerroksissa, mistä voi koitua suuria ongelmia sekä kuluja. (Hartikainen 1998, 81.)

Maan tiivistämisessä tulisi ottaa huomioon maan vesipitoisuus, kalusto ja riittävät tiivistämiskerrat. Hyvään tiivistämistulokseen päästään, kun maassa olevan kosteuden määrä on optimivesipitoisuuden lähetyvillä. Optimivesipitoisuus on se vesipitoisuus, missä jonkin maalajin maksimaalinen kuivatilavuuspaino saavutetaan tietyllä vakiotiivistämismäärällä (Nm/m^3). Suomessa sen määrittämiseen käytetään parannettua Proctor-koetta. (Mts. 81.)

Maaperän oikeanlaisella kastelulla voidaan vaikuttaa siihen, että vesipitoisuus on riittävä. Eri maalajeilla on erilaiset optimivesipitoisuudet, kuten taulukosta 4 voidaan nähdä. Hienorakeisilla maa-aineksilla pienikin vesimäärän lisäys vaikuttaa huomattavasti maan tiivistymiseen. Sateisena aikana tulisikin välttää hienorakeisten maalajien tiivistämistä vettymisvaaran vuoksi. (Mts. 81.)

TAULOKKO 4. *Tiivistämisen kannalta tärkeitä maalajien ominaisuuksia* (Hartikainen 1998, 83)

Maalaji	Kosteus % luonnontilaisena	Optimivesipitoisuus(%)	Kuivatilavuuspaino(max) t/m^3
Sora ja soramoreeni	5-15	5-10	2,0-2,2
Hiekka- ja silttimoreeni	10-20	5-10	2,0-2,3
Hiekka	5-25	5-15	1,7-2,2
Siltti	15-45	15-25	1,6-1,8
Savi	35-110	20-30	1,4-1,7

4.6.1 Tiivistämistyön seuranta

Tiivistämistyön tarkkailu ja seuranta ovat tärkeitä asioita maanrakennustöissä. Epäonnistuneella tiivistämistyöllä on suuret vaikutukset lopullisiin pintarakenteisiin. Tiivistämistä tulisikin tarkkailla riittävästi.

Tiivistämistyön edistymistä seurataan työmaalta saaduilla mittaustuloksilla. Tuloksia verrataan laboratorio-oloissa saatuihin maksimi kuivairtitiheysarvoihin. Työmaalta saatu arvo ilmoitetaan suhteellisena tiiviytenä. Se saadaan irtotiheyden (ρ) ja irtotiheyden maksimin ($\rho_{\text{maks.}}$) suhteen prosentuaalisena arvona. (Hartikainen 1998, 94.)

Kosteuden vaikutus tiivistystyössä on huomattavan suuri. Tämän takia kosteuden määrää maassa tulisi seurata. Jos kosteutta ei saada pysymään annetuissa rajoissa, niin silloin on mahdotonta saada parhaita mahdollisia arvoja tiivistämisestä.

4.6.2 Tiivistäminen talvella

Maa-aineksen tiivistäminen talvella on huomattavasti haasteellisempaa kuin kesällä. Talvella veden kiviainesta voiteleva ilmiö kääntyy päinvastaiseksi ja alkaa hidastaa tiivistymistä. Tämän vaikutuksen takia käytettyjen maa-ainesten tulee olla mahdollisimman kuivia (<2,5-3,5 %), jotta maa-aines saataisiin tiivistymään. Tiivistämistyö tulisi aloittaa heti kun maamassat on saatu levitettyä. Tiivistämistyön viivästyminen huonontaa huomattavasti lopputulosta. Jos tiivistystyöt jäävät talvella keskeneräisiksi, voidaan jälkitiivistys hoitaa kesällä yleensä jakavankerroksen päältä. Tämä edellyttää kuitenkin sitä, että käytetään riittävän suurta jyrää, jonka vaikutus ulottuu riittävän syvälle maakerroksiin. (Hartikainen 1998, 105.)

4.7 Louhinta

Räjätys- ja louhintatyöt ovat ”ankaran vastuun töitä”. Se tarkoittaa sitä, että räjäytystöiden tekijä on aina vastuussa aiheuttamistaan vahingoista. Töistä tulleet tai mahdollisesti suurentuneet vahingot aiheuttavat korvausvelvollisuuden. Ennen töiden aloitus-

ta tulee tehdä katselmointi kohteesta ja sitä ympäröivästä alueesta vakuutusehtojen mukaisesti. Katselmoinnissa tulee tarkastaa lähialueella olevat rakennelmat. Normaalisti lähialueena pidetään 30–200 metriä räjäytystyömaasta. (Käytännön ohjeita pientalorakentamisen louhintatöihin 2007, 13.)

Tärinä

Räjäytystöistä syntyy kallioon väliaineen siirtymistä eli tärinää. Tärinästä voi aiheutua ympäröivälle alueella haittoja, kuten alueella olevien rakennusten vaurioitumista. Myös ihmisille ja eläimille voi aiheutua häiriöitä. Ihmisille aiheutuvaa haittaa voidaan ennaltaehkäistä hyvällä tiedottamisella. (Vuolio 1991, 164.)

Alueella voidaan tehdä tärinämittauksia, joiden pohjalta alueella tehtävät räjäytystyöt mitoitetaan (kohde, määrä, aika) huomioiden alueella oleva haurain tai mahdollisesti lähin rakennelma. Räjäytystöistä aiheutuvaa tärinää tulee seurata ja dokumentoida riittävästi. Mikäli tärinä ylittää sallitut raja-arvot, niin siihen tulee reagoida ja ryhtyä tarvittaviin toimenpiteisiin, jotta vahingoilta säästytään. Räjäytystöissä ei kuitenkaan pitäisi alkaa alittamaan raja-arvoja liian paljon, sille se saattaa nostaa huomattavasti työmaan kustannuksia. (Käytännön ohjeita pientalorakentamisen louhintatöihin 2007, 13.)

Paineaalto

Räjäytystöistä aiheutuva paineaalto saattaa häiritä tai vahingoittaa ympäristöä joissain tilanteissa enemmän kuin tärinä. Esimerkiksi ikkunoiden halkeamista voi tapahtua. Paineaalloista koituvia vaurioita ei ole todettu alle 100 metrin matkoilla, jos tärinästä aiheutuvia raja-arvoja ei ole ylitetty. (Vuolio 1991, 164,193,194.)

Kivien sinkoutuminen

Suurina vaaratekijöinä ovat myös kivien sinkoutumiset hallitsemattomasti ympäristöön. Tällaiset tilanteet tulee estää ja hallita hyvin. Tähän voidaan vaikuttaa oikeilla menetelmien ja räjähteiden käytöllä. Esimerkiksi suunnataan poratut reiät oikeaoppi-

sesti ja käytetään oikean kokoista panosreikää, porausreikiä ei sijoiteta kalliossa havaittaviin halkeamiin tai ruhjeisiin sekä mitoitetaan sytytysjärjestelmän sytytysväli sopivaksi (25–40 ms). (Mts. 164,195.)

Räjätystöiden loputtua pidetään loppukatselmus, joka tulisi pitää mahdollisimman nopeasti töiden päätyttyä. Siihen osallistuvat samat henkilöt, jotka olivat alkukatselmuksessa. Kun loppukatselmusta tehdään ja siellä todetaan eriävä mielipide mahdollisesti aiheutuneista vahingoista, niin se tulee kirjata ja kuitata paikalla olevien henkilöiden kesken. Jälkikäteen voidaan pyytää paikalle asiantuntija selvittämään syy-yhteyttä, jos sille on tarvetta. (Käytännön ohjeita pientalorakentamisen louhintatöihin 2007, 14.)

Murskaaminen

Murskauskaluston valintaan vaikuttaa murskattavan materiaalin ominaisuudet ja esiintymismuoto. Murskaukseen käytettävän kiviaineksen pitää olla riittävän lujaa sekä tasalaatuista. Rapautuneita kiviaineksia ei pidä käyttää. Murskaustuotteen ominaisuudet kuten rakeisuus, lujuus ja muoto vaikuttavat kaluston valintaan. (RIL 156 1995, 158,160.)

Murskaustyöt aloitetaan yleensä koemurskauksella. Sen perusteella tullaan valitsemaan murskaustuotteen rakeisuuden ohjealue. Siihen vaikuttaa, mihin käyttöön murskaustuotetta halutaan. Kun murskaimen asetukset on saatu kohdilleen ja koemurskauksesta on saatu haluttua oikeanlaista tuotetta, voidaan itse murskaus aloittaa. (Mts. 159.)

Työn aikana murskainten asetuksia pitää valvoa päivittäin, jottei lopputuotteen haluttu rakeisuus pääse muuttumaan. Myös murskainten kuntoa tulee valvoa ja seulat tulee pitää puhtaina. Murskaustuotteen laatua tulee seurata tarkasti. Näytteitä tulee ottaa kiviaineksien louhintapaikasta sekä murskausasemalta. Kiviaineksesta tulee selvittää kiintotiheys, irtotiheys, vesipitoisuus sekä humuspitoisuus. (Mts. 159.)

Valmiin murskaustuotteen varastointi tapahtuu tasaiselle ja hyvin kestäväälle maapohjalle. Talvella varastointi alueen pohja tulisi puhdistaa lumesta ja jäästä. Varastointi-

alue pitää muotoilla riittävillä kallistuksilla, joilla ehkäistään pintavesien pääsy alueelle. Murskeen varastointi alueelle pitää tehdä niin, ettei haitallista lajittumista pääse tapahtumaan. Murskeet tulisikin levittää matoiksi ristikkäisiin suuntiin, jolla vähennetään lajittumista. Eri murskelaadut tulee sijoittaa riittävän etäälle toisistaan, jotta ne eivät pääse sekoittumaan keskenään. (Mts. 159.)

5 KALUSTON VALINTA

5.1 Kaivu- ja kuormauskalusto

Työmaan pääasiallisena kaivu- ja kuormauskalustona käytetään nykyisin hydraulis-toimisia kaivinkoneita (kuvio 11.). Myös traktorikaivureiden ja pyöräkuormaajien käyttö on mahdollista.

Kaivinkone voi olla joko tela- tai pyöräalustainen. Pyöräalustaisten kaivinkoneiden käytön etuna on nopea ja ketterä liikkuvuus. Sen takia ne soveltuvatkin hyvin keveisiin töihin kuten ojien tekoon, rumpukaivantojen kaivamiseen sekä pintojen viimeistelyyn. Tela-alustaisten etuna ovat hyvä maastokelpoisuus sekä suurempi kaivukapasiteetti. (RIL 156 1995, 131.)



KUVIO 11. *Tela-alustainen kaivinkone*

5.2 Kuljetuskalusto

Kuljetuskaluston valinnasta tulisi aina tehdä perusteellinen esiselvitys. Siinä läpikäytäviä asioita pitäisi olla käytettävissä oleva kuormaus-, levitys-, tiivistyskoneet sekä työmaateiden olosuhteet. Myös siirrettävien maamassojen määrä ja laatu tulee ottaa huomioon. Kuljetuskaluston lavarakenteen tulee olla kuljetettavalle materiaalille sopiva. Esimerkiksi karkean ja lohkaraisen materiaalin kuljetuksessa lavan pintamateriaali tulee olla hyvin iskuja kestävä. Talvella lavan tulisi myös olla lämmitettävä, joka estäisi materiaalin kiinnittymisen lavan pintaan. (RIL 156 1995, 134.)

Maamassojen kuormaus- ja purkupaikan suuruuden määrää käytettävän kaluston leveys, pituus ja kääntösäde. Hyvin mitoitetuilla kuormaus- ja purkupaikoilla kuljetuskalusto liikkuu jouhevasti ja kaksisuuntainen liikenne toimii hyvin. (Mts. 135.)

Kuljetuskaluston valintaa vaikeuttavat yleensä erilaisten töiden määrä ja niiden vaihtelu. Myös kuljetus- ja kuormauskaluston yhteensovittaminen vaikeuttaa valintaa. Tämän takia koneyhdistelmät tulisi valita samanaikaisesti. Taloudellisesti kannattavana voidaan pitää sellaista koneyhdistelmää, jonka massavirta on ainakin 200 t/h. Tähän vaikuttaa kuormauskaluston mitoittaminen riittävän suureksi etenkin hyvin lyhyillä etäisyyksillä. Myöskään kuormauksen kesto ei saisi ylittää 25 % kuljetuskaluston työajasta. (Mts. 137.)

Kaluston sopivaa suhdetta voidaan arvioida kauha- ja lavakoon suhteella eli kuinka monella kauhallisella auton lava tulee täyteen. 2–4 suhdetta voidaan pitää hyvänä, jos käytetään pyöräkuormaajaa ja kaivinkoneella suhde on 4–8. Suurempaa suhdettakin kannattaa käyttää, jos vaihtoaikaa voidaan vähentää erilaisilla kuormausjärjestelyillä. (Mts. 137–138.)

Kuljetusketjussa kaluston tulisi olla kokonsa ja tyyppinsä puolesta melko samanlaista. Niiden työmaolosuhteissa toimivuus olisi hyvä olla riittävällä tasolla nopeutensa ja kantavuuden puolesta. Tehtävien työmäärien toteuttaminen voi tapahtua suurella tai pienellä kalustolla. Esimerkiksi pienen kaluston käytettävyyden etuja ovat

- hyvä käytettävyys yleisillä teillä
- yleensä hyvä saatavuus

- liikkuvuus
- yksittäisen auton hajoamisen vähäinen vaikutus kuljetusketjun kapasiteettiin

Pienen kaluston haittoina voidaan pitää

- paino- ja voimasuhteen alhaisuutta
- suuren autonvaihtuvuuden määrää, joka pienentää kuormauskapasiteettia
- mahdollisesti heikompaa ajettavuutta maastossa
- työmaalla tapahtuvan liikenteen lisääntymistä

Kuljetusketjun toimintaa voidaan myös parantaa pidentämällä työaika ja työryhmien määrä nostamalla. (Mts. 138.)

5.3 Levitys ja tasaaminen

Tela-alustainen puskutraktori (kuvio 12.) on yleisin käytössä oleva levityskone. Sen vahvana puolena on suurten maamassojen levityskyky. Myös niiden toimiminen vaikeissakin maasto-olosuhteissa on hyvä. Kevyet telapuskutraktorit toimivat parhaiten kun levitettävän maamassana on hiekkaa tai soraa. Raskaammat telapuskutraktorit tulevat kysymykseen silloin kun levitetään louhetta ja moreenia tai maamassoja tulee yli 150 m³itd/h. (Mts. 140.)



KUVIO 12. *Tela-alustainen puskutraktori*

Pyöräalustainen puskutraktori soveltuu hiekan sekä sora-ainojen levittämiseen. Oikeanlaisella työn suunnittelulla ja pätevällä kuljettajalla voidaan saavuttaa riittävän hyviä työtuloksia. Pyöräpuskutraktori ei kuitenkaan aina sovellu luiskien tekemiseen. Tämän takia kuljettajan tulisi pystyä arvioimaan massojen määrää, jottei materiaalin menekki kasvaisi turhaan. Normaaliolosuhteissa pyöräpuskutraktorilla saadaan aikaan melko tasaista pintaa. (Mts. 140.)

Tiehöylää käytetään yleensä pinnan viimeistelytyöissä. Mikäli tiehöylä on vapaa sen pääasiallisesta työstä, voidaan harkita sen käyttämistä myös levitystyössä. Puskuterää käyttäen tiehöylällä saatetaan tehdä hyviäkin tuloksia. Työn tulokseen vaikuttaa kuitenkin käytettävissä oleva liikkumatila, sillä tiehöylän kääntösäde on varsin suuri ja näin ollen se vaatii paljon tilaa toimiakseen riittäväällä suoritusasteella. (Mts. 140–141.)

5.4 Tiivistämiskalusto

Maanrakentamisessa käytettävät tiivistämismenetelmät jaetaan yleensä dynaamisiin ja staattisiin menetelmiin. Näihin menetelmiin perustuvat koneet on mahdollista jakaa rakenteen ja kulkutavan mukaan. Rakenteellisesti staattisia koneita ovat

- sileävalssijyrä
- kumipyöräjyrä
- sorkkajyrä.

Dynaamiseen tiivistämiseen luettavat koneet ovat

- täryjyrät
- juntat
- tärylevyt.

(Hartikainen 1998, 84–85.)

5.4.1 Staattinen tiivistäminen

Sileävalssijyrä kuuluu staattisiin menetelmiin. Sen tiivistämisvaikutus perustuu joustamattomaan vertikaaliseen paineeseen. Huonona puolena tiivistämisen alkuvaiheessa saattaa olla se, että valssit kuljettavat edellään tiivistymätöntä maata. Se kuitenkin vähenee tiivistämisen edetessä. Valssin tiivistämisvaikutus suurenee jyräskertojen lisääntyessä, koska valssi ei enää pääse painumaan tiivistettävään pintaan yhtä paljon kuin tiivistämisen alussa. Sileävalssijyrän tiivistämistehokkuuteen vaikuttaa

- kuinka painava jyrä on
- miten leveää valssia käytetään
- käytettävän valssin halkaisija
- työnopeuden suuruus.

(Hartikainen 1998, 85–86.)

Kumipyöräjyrän tiivistämisvaikutus tulee puristuksen ja sullonnan yhteisvaikutuksesta. Kumipyörän pysty- ja vaakavoimat muodostavat edestakaisen liikkeen, joka aiheuttaa sen, että maa-aines liikkuu myös sivusuunnassa. Voimien suuruudet määräy-

tyvät pyöräkuormista sekä siitä kuinka paljon renkaassa on painetta. Tiivistämisvaikutus on parempi kuin valssijyrällä, koska kumipyöräjyrällä on suurempi paine jyrättävää pinta-alaa kohti. Kumipyöräjyrät ovat yleensä hyvin raskaita, hinattavat 30–100 tn ja itsekulkevat 10–45 tn. Kumipyöräjyrällä voidaan tiivistää hienoja maalajeja, kuten hiekkaa ja soraa. Huono puoli kumipyöräjyrässä onkin se, että se ei pysty tiivistämään karkeita maalajeja. Kumipyöräjyrää ei käytetä Suomessa kovinkaan paljon. (Mts. 87–89.)

Sorkkajyrän toiminta perustuu valssissa oleviin sorkkiin, jotka aiheuttavat suuren pintapaineen. Sorkat painuvat maakerroksen sisään ja tiivistävät sitä. Ajokertojen lisääntyessä sorkat painut maahan entistä vähemmän. Maakerroksen pinta jää kuitenkin pehmeäksi ja pinnan lopullinen tiivistäminen tehdään jollain toisella jyrällä. Sorkkajyriä on itsevetäviä ja vedettäviä. Sorkkia valssissa on yleensä 10–18 kappaletta ja niiden pituus on 150–300 mm, jyrän paino vaihtelee 5–30 tn välillä. Sorkanpään kohdistuva paine on melkein pistemäinen ja aiheuttaa n. 200–500 kN/m² olevan voiman. Sorkkajyriä käytetään koheesiomaiden tiivistämiseen. Tämä onkin yleensä ainoa menetelmä saven tiivistämiseen. Suomessa sorkkajyriä ei kovinkaan paljon käytetä. (Mts. 89–90.)

5.4.2 Dynaaminen tiivistäminen

Dynaaminen tiivistäminen perustuu pääasiassa koneen oman painon aiheuttamaan pintapaineeseen sekä koneen tekemään dynaamiseen tärinään. Tärinä tulee koneesta maahan lähes pystysuoraan. Tärinän aikaan saamiseen käytetään yleensä pyöriviä epäkeskomassoja. Myös jaksollisesti värähteleviä massoja voidaan käyttää. (Hartikainen 1998, 90.)

Värähtely vähentää maassa olevien rakeiden normaalivoimaa ja niiden kitkaa. Tämä saa aikaan sen, että maarakeet tiivistyvät. Tehokkainta tiivistäminen on silloin, kun tärinän taajuus on tiivistettävän maalajin ominaisfrekvenssin (tärytaajuus) tasolla. Tiivistuskoneen värähtelyn tehokkuus perustuu yleensä koneen painoon, keskipakovoimaan ja amplitudiin. Yleisimpiä käytössä olevia laitteita ovat

- täryjyvä
- tärylevy
- täryjunta
- ranajunta.

(Mts. 91–94)

Yleisin dynaamisista tiivistämiskoneista on **täryjyvä**. Jyriä on vedettäviä sekä itsekulkevia (kuvio 13.). Itsekulkevat jyvät ovat helposti ohjailtavissa ja sen takia käteviä ahtaissa paikoissa. Nykyään vedettävät mallit onkin melkein syrjäytetty. Nykyisiä jyriä on helppo säätää suurentamalla tai pienentämällä niiden amplitudia, jolloin jyvän syvyysvaikutus muuttuu. Jyrien painot ovat 4-9 tn ja niiden tiivistämisvaikutus on 0,5–1,0 m. Täryjyvät soveltuvat hyvin hiekan, soran sekä murskeiden tiivistämiseen. Täryjyvää voidaan käyttää tietysti ilman tärytystä, mikä on aiheuttanut staattisen jyrien vähentymisen. (Mts. 91–93.)



KUVIO 13. Kumipyörävetoinen valsstitäryjyvä

Tärylevyä käytetään yleensä pienissä kohteissa esimerkiksi putkikaivannoissa ja kapeilla käytävillä. Sen massa vaihtelee 50–800 kg. Vaikutus perustuu koneen pohjassa olevaan levyyn, jossa tapahtuu suunnattua värähtelyä. Suuntaamisella kone saadaan liikkumaan eteen ja taaksepäin. Pienemmillä koneilla liike tapahtuu vain eteenpäin. Tärylevy tiivistää hyvin hiekkaa ja soraa. (Mts. 93.)

Täryjunttaa käytetään haastavissa olosuhteissa, kuten hyvin ahtaissa johtokaivannoissa. Se painaa 50–100 kg ja sillä on noin 600 iskua/min iskunopeus. Sillä voidaan tiivistää kaikkia maalajeja. Syvyysvaikutus on 200–400 mm. Suomessa täryjunttia ei ole kovin paljon käytössä. (Mts. 94.)

Ranajuntta on normaalisti 10–15 tn pudotusjärkäleellä varustettu kaivukone. Tiivistämisvaikutus perustuu 10–20 m korkeudelta pudotettavaan järkäleeseen, joka aiheuttaa suuren paineen maahan. Ranajuntalla voidaan tiivistää hyvin paksuja kerroksia kitkamaalajeja sekä kivipenkereitä. Ranajuntta ei kuitenkaan sovellu koheesiomaalajien tiivistämiseen. (Mts. 94.)

5.5 Louhintakalusto

Suomessa käytetään maanpäällisten porauskenttien pääasiallisena kalustona päältälyötävää porausta. Päältälyötävässä menetelmässä porausreiän aikaansaamiseksi energia siirretään rikottavaan kallioon iskulla, syöttövoimalla ja pyörityksellä. Poratanko välittää energian iskuaaltoina (4500–5500 m/s) porakruunuun, josta se etenee kallio-perään. (Vuolio 1991, 67.)

Koneissa on ollut käytössä kahta eri energianvälitysmenetelmää, hydraulinen sekä pneumaattinen. Pneumaattisessa energian siirrossa on käytössä paineilma, joka välittää energian. Hydraulisessa on käytössä paineöljyvirtaus. Paineilma on ollut aikaisemmin vallitsevana menetelmänä, mutta nykyisin hydraulinen järjestelmä on käytetympi. Paineilmalla toimiva järjestelmä on jäänyt epätaloudelliseksi tehonsiirtämisessä, koska paineilma puristuu kokoon ja sen toimintaa ei juurikaan voida automatisoida. Hydraulisen järjestelmän etuina ovatkin hyvä tehonsiirto ja sen säästämismahdollisuus. (Mts. 68.)

Avolouhintatöissä kalusto luokitellaan rakenteen ja koon mukaan. Käytettävät koneet voidaan luokitella seuraavasti

– käsiporakoneet

- puomilla varustettu työkoneet, joissa on kevyt syöttölaite
- kevyet poravaunut
- keskiraskaat poravaunut
- raskaat poravaunut.

(Mts. 69.)



KUVIO 14. *Tela-alustainen poravaunu*

Käytettävän porauskaluston valintaan vaikuttavat seuraavat asiat:

- alueelta louhittavan kiven määrä
- alueelta louhittavan kallion laatu, esimerkiksi kovuus ja rakenne
- penkereiden korkeus
- porausreikien läpimitta
- kustannusten määrä

- louhittavan kentän koko
 - ympäristön muoto ja sijainti
- (Mts. 72–73.)

Poravaunut (kuvio 14.) voidaan varustaa kohteesta riippuen joko telaketjuaalustalla tai kumipyöräaalustalla. Käytettävä kalusto valitaan usein louhittavan kohteen mukaan. Myös aikataululliset syyt vaikuttava valintaan, sillä porauskoneiston suurentuessa myös laitteen suorituskyky paranee. (Mts. 69.)

Louhintatöissä on käytössä myös kaivinkoneeseen asennettavaa iskuvasara eli rammeri. Sillä saadaan hajotettua louhe sekä suuret kivet pienemmiksi.

6 PALOKANKAAN ESIRAKENTAMINEN

6.1 Esirakentaminen

Päätös Palokankaan esirakentamisesta tehtiin, koska alueella on jo aikaisemmin rakennettua teollisuusaluetta, mikä helpottaa kunnallistekniikan tuomista uudelle alueelle. Jyväskylän kaupungilla oli hyvin vähän teollisuustontteja tarjolla, mikä myös lisäsi tonttitarvetta. Alueella on myös hyvät kulkuyhteydet. Palokankaan jo rakennetulla alueella pohjaolosuhteet ovat olleet suhteellisen hyviä, eikä siellä ole tarvinnut toteuttaa esirakentamistoimenpiteitä. Nyt esirakennettavalla alueella (kuvio 15) on suuri suoalue ja korkea kallioharjanne. Alueella on myös jonkin verran savea, silttiä, hiekkaa ja moreenia. Pääasiassa esirakentamistoimenpiteitä tarvittiin pehmeikköalueen takia.



KUVIO 15. *Esirakennettava alue*

Suoalue

Suoalueen esirakentamismenetelmäksi valittiin massanvaihto, koska suon keskimääräinen syvyys on noin kaksi metriä ja sen täyttömateriaali saatiin helposti hankittua viereisestä louhittavasta kalliosta. Turvekerroksen paksuus vaihteli 1–8 m välillä ja tämän takia kuokkakaivinkoneen käyttäminen oli mahdollista. Kaivinkoneen käytöllä päästiin myös riittävään tarkkuuteen turpeen poistamisessa. Mikäli turvetta olisi ollut enemmän niin muiden menetelmien käyttämistä olisi voitu harkita.

Kaivettavan turpeen alla on hyvin kantava moreeni, jota syvemmälle ei tarvinnut kaivaa. Suoalueiden turpeet kaivettiin kahdella tela-alustaisella kaivinkoneella. Suosta kaivetut turpeet sijoitettiin kahteen alueella sijaitsevaan läjityspaikkaan, missä ne pääsivät kuivumaan. Turpeelle on kaavailtu mahdollista jatkojalostamista kasvualustaksi.

Resurssit

Palokankaan työmaan vastaavana mestarina on toiminut Altekin rakennusmestari Jouni Tervahartiala. Altekin omia työmiehiä on ollut keskimäärin kaksi. Kaivu- ja levityskalustona on käytetty kahta tela-alustaista kaivinkonetta (21 tn ja 30 tn), yhtä pyöräalustaista kaivinkonetta ja yhtä tela-alustaista puskutraktoria. Työmaan massojen kuljetuksessa on ollut käytössä kaksi maansiirtodumpperia sekä yksi kuorma-auto kiilamurskeen ajossa. Kerrosten tiivistämisessä on käytetty yhtä kumipyörävetoista valssijyrää (12 tn).

Palokankaan massojenvaihdossa on pyritty mahdollisimman tehokkaaseen kaluston käyttöön. Massojen kuljetuksessa olleet dumpperit veivät menokuormana turvetta läjitysalueelle ja toivat paluukuormana louhetta. Turvetta massojen vaihdossa kertyi arviolta noin 20 000 m³ltr. Täytteeksi mennyttä louhetta on käytetty noin 23 000 m³ltr. Pintamaita alueelta kertyi noin 2000 m³ltr. Pintamaat ja muut hyödyntämättä jääneet maat kuljetettiin Jyväskylän Palokassa sijaitsevalle maankaatopaikalle. Pintamaiden ajo tapahtui kuorma-autoilla ja sitä kesti noin kaksi viikkoa. Matkaa maiden kuljetuksessa kertyi työmaalta noin 8–10 km yhteen suuntaan. Kuorma-auton kuormauksesta vastasivat molemmat tela-alustaiset kaivinkoneet sekä pyöräalustainen kaivinkone.

Kalusto

Palokankaan kaluston valintaan on vaikuttanut paljon alueen maasto. Massanvaihto-alueiden pehmeä pohjamaan takia kaivukalustona on käytetty tela-alustaisia kaivinkoneita. Kaivinkoneiden koko on myös melko suuri, koska louheen kaivamiseen vaaditaan järeää kalustoa. Louheen sekä kiilamurskeen levityksessä ja tasauksessa oli käytössä tela-alustainen puskutraktori. Kuljetuskalustona käytettiin myös vaikeisiin maasto-olosuhteisiin sopivia maansiirtodumppereita (kuvio 16.).



KUVIO 16. *Maansiirtodumpperi*

Täytöt

Massanvaihdoissa täyteenä on käytetty pääasiassa kallioleikkauksista tullutta louhetta (kuvio 17.). Louhe on esimurskattu kaivinkoneen iskuvasaralla <600 mm kiviainekseksi. Louheen pinta on kiilattu murskeella. Täytöt tiivistettiin 0,5–1,0 metrin kerroksina.



KUVIO 17. *Louhetäyttö*

Suunnitelmat

Työmaan suunnitelmat ovat hyvin pitkälti InfraRYL2006 ohjeiden sekä osittainen KT02 mukaan tehtyjä. Suunnitelmat on tehty Destia Oy:n infrasuunnittelun Jyväskylän toimipisteessä. Suunnitelmien koordinaattitiedot ovat Jyväskylän kaupungin järjestelmästä.

Painumat

Massanvaihtoalueen painumista seurataan 6-12 kk. Painumamittauksessa käytetään tankopainumamittaria. Työmaan alueelle on asetettu useita painumamittareita, joilla todetaan aiheutuneet painumat. Jyväskylän kaupungin geologi Kari Seurasen mukaan alueelle ei ole odotettavissa suuria painumia, koska massanvaihto on tehty kantavaan moreenikerrokseen saakka ja täyttömateriaalina on käytetty louhetta. Alustavien mitaustulosten mukaan painumat ovat pysyneet 1–3 cm tasolla.

Täytteenä ajettua louhetta on kiilattu murskeella, ja se on tiivistetty mahdollisimman hyvin jyräyksellä. Massanvaihtoalueille oli suunniteltu levypainomittaukset, joilla olisi voitu mitata massanvaihtoalueen kantavuusarvot. Mittaukset oli tarkoitus toteuttaa heti tiivistämistyön jälkeen, mutta kaluston rikkoutumisen takia niitä ei voitu suorittaa. Siksi mittaaminen siirrettiin myöhempään ajankohtaan.

Louhinta

Työmaalla on jouduttu louhimaan hyvin paljon. Räjähdyksistä aiheutuvaa tärinää on seurattu tärinämittauksilla. Alueella lähimpänä olevien kahden rakennuksen viereen on asetettu tärinää mittaavat laitteet, joilla on pystytty toteamaan räjähdysten aiheuttamat tärinät (liitteet 4-5). Tärinämittauksista saaduista tuloksista on voitu todeta, että räjähtysten aiheuttama tärinä ei ole ollut haitallista rakennuksille. Louhinnasta on myös tehty räjähtyysuunnitelma (liitteet 2-3). Kallion louhintaa on keskitetty esirakentamisvaiheessa tierakenteen alueelle (kuviot 18.). Myöhemmässä kunnallistekniikan vaiheessa muut kallioalueet tullaan myös louhimaan.



KUVIO 18. *Kallioleikkaus*

6.2 Maastotutkimukset

Alueen maastomallit on luotu Jyväskylän kaupungin tekemien mittausten perusteella. Alueelle on myös tehty maaperätutkimuksia (painokairauksia, tärykairauksia) vuonna 1982. Niiden perusteella on tehty maalajitulkinnat sekä kalliopintojen tarkastelu. Palokankaan alueella on tehty myös kalliooperätutkimus 16.5.2007. Sen pohjalta on voitu määrittellä, mihin tarkoitukseen louhittava kiviaines soveltuu.

Esirakennettavan alueen keskiosa on laajaa kallioaluetta, jota ympäröi pohjoisessa, lännessä ja lounaassa soinen pehmeikköalue. 1982 tehtyjen tutkimusten pohjalta paksuimmat turvekerrokset ovat alueen lounaispuolella (6–8 m) ja ohuimmat kerrokset pohjoisella puolella (1–2 m). Painokairauksia alueelle on tehty yhdeksän kappaletta. Niistä saatujen maanäytteiden tuloksista on määritetty turpeen maatumisaste ja turvekerroksen alapuolinen maalaji. Pääasiassa turve on keskinkertaisesti maatumutta ja osaksi raakaturvetta. Turvekerroksen alla on lähinnä silttistä hiekkaa ja moreenia.

2007 tehdyn kallioperätutkimuksen mukaan alueen kallioperä on hyvin vaihtelevaa. Kallioperästä löytyneitä kivilajeja ovat olleet dioriitti, sarvivälkegraniittigneissi, apliit-tigraniitti ja sarvivälkegneissi. Kalliosta on myös käyty ottamassa neljä lohkenäytettä, joille on tehty Kuulamyllykoe ja Los Angeles testi (liite 1.), jotka kertovat kiviaineksen kestävyydestä tierakenteena. Tehtyjen tutkimusten pohjalta testatusta kiviaineksesta vain yksi näyte olisi sopivaa kantavan kerroksen materiaaliksi ja loput kolme sopivat jakavaan kerrokseen. Näiden tulosten pohjalta louhittavaa kiviainesta on suositeltu käytettäväksi pelkästään jakavan kerroksen materiaalina tai täyttömateriaalina.

6.3 Työn suorittaminen ja dokumentointi

Varsinaiset esirakentamisen maanrakennustoimenpiteet, kallion louhinta ja turpeen kaivaminen aloitettiin kesällä 2009. Työt etenivät aina talveen saakka. Työmaa oli seisahduksissa talven ajan. Sinä aikana suunnitelmia korjattiin. Työt jatkuivat keväällä 2010 louhitun kiviaineksen kuljetuksella. Alueen kunnallistekniikan (Liite 6.) rakentaminen alkaa keväällä 2010.

Työmaamestari suoritti päivittäin kierroksia työmaalla ja valvoi, että työt tehdään suunnitelmien mukaan. Työmaasta pidettiin myös päiväkirjaa, johon kirjattiin mm. tehdyn päivän kaikki toimenpiteet, sääolot, mahdolliset kokoukset ja työmaan vahvuus sekä muut tarpeelliset asiat, jotka liittyivät työmaan toimintaan.

7 POHDINTA

Työn aihetta ehdotti rakennuspäällikkö Eino Vauhkonen, joka johti yhdyskuntatekniikan rakentamisen yksikköä. Työn edetessä Altekilla tapahtui kevään 2010 aikana organisaatiomuutoksia ja työn ohjaamista hoiti muutoksen jälkeen työpäällikkö Teemu Liimatainen. Työn tekoa vaikeutti hieman se, että tarkempaa työn tavoitetta ei ehditty miettimään Vauhkosen kanssa ja sen takia työn lopullinen tulos jäi aiottua heikommaksi.

Esirakentaminen

Esirakentamisen tarpeellisuus tulee varmasti tulevaisuudessa kasvamaan Suomessa, sillä kantavat ja helposti rakennettavat maa-alueet vähenevät jatkuvasti. Tämä tulee ja on tullut esille ainakin pääkaupunkiseudun alueella sekä rannikkokaupungeissa. Myös Jyväskylän alueella voidaan odottaa, että esirakentaminen kasvaa, jos halutaan rakentaa tiivistä kunnallisrakennetta. Esimerkiksi Palokankaan aluetta voidaan myöhemmin laajentaa lisää. Esirakentamista ei ole jouduttu vielä käyttämään kovinkaan paljon ja Palokankaan kohteesta myöhemmin saatavien rakennuskokemusten pohjalta voidaan miettiä tarkemmin esirakentamisen kannattavuutta. Jyväskylän alueella on kuitenkin tällä hetkellä melko paljon rakentamattomia alueita, jotka tarjoavat hyvät edellytykset normaalille rakentamiselle.

Valittavaa esirakentamismenetelmää tulee harkita tarkkaan, koska vääränlaisella menetelmällä ei välttämättä päästä haluttuun tavoitteeseen. Tonttien hinta saattaa nousta liian korkeaksi ja tällöin tonttien myyminen hankaloituu. Kun alueen rakennukset ovat valmiit saattaa niihin aiheutua vaurioita, jos painumat menevät yli suunniteltujen arvojen. Tämän takia esirakentaminen pitäisi toteuttaa mahdollisimman hyvin ja käytettävän menetelmän pitää olla pohjaolosuhteisiin täysin sopiva. Tiivistämistyön valvonta onkin tehtävä tarkkaan ja laajasti, jotta voidaan varmistua siitä, että odottamattomia painumia ei pääse syntymään. Painumisen kannattaa myös seurata riittävän tarkasti, jotta varmistutaan painumisen loppumisesta. Myös nopea rakentamisaikataulu vähensi esirakennusmenetelmien määrää, kuten pystyjoituksen ja ylikuormituspenkereen.

Esirakentaminen vaikuttaa jonkin verran tonttien hintaan. Kaupunki tulee lisäämään esirakentamisesta koituneita kustannuksia ainakin osittain tonttien hintaan. Tämän takia esirakentamista ei tulisi toteuttaa, ellei olla varmoja siitä, että tontit saadaan myytyä tai vuokrattua. Mielestäni käyttöasteen tulisi olla melko korkea, jotta esirakentamiseen laitetut rahat saataisiin varmasti takaisin. Palokankaan alueen hyvät yhteydet sekä Jyväskylän vähäinen teollisuustonttitarjonta vaikuttavat kysyntään positiivisesti, siksi uskonkin siihen, että tonteille on kysyntää.

Palokankaalla tehty esirakentaminen ja siihen liittyvät toimet sujuivat melko hyvin. Työmaan käytössä ollut kalusto oli olosuhteisiin nähden hyvin mitoitettu. Ajoittaista työn hidastumista aiheutti poravaunun rikkoutuminen. Suurimpana hidastuksena oli kuitenkin tiedon puute siitä, miten paljon louhinnasta syntyvää louhetta ajettaisiin

muille työmaille. Tämän takia täyttötyöt saattoivat välillä hiukan hidastua, koska ei pystytty tietämään, kuinka paljon louhetta pidettäisiin tallessa. Suurimpana työmaana oli Lutakon sataman laajennus, jonne meni suurin osa ylimääräisestä murskeesta. Massanvaihdon valitseminen esirakennusmenetelmäksi oli myös hyvä ratkaisu, sillä massojen kustannukset pysyivät suhteellisen matalina, koska saatua täyttömateriaalia saatiin helposti kallioleikkauksista.

Mielestäni Palokankaan esirakentaminen on ollut hyvä asia, sillä alueen vahvuus teollisuusalueena paranee. Alueelta saadaan myös käyttöön melko paljon kiviainesta, jota voidaan käyttää muissa rakentamiskohteissa suoraan täyttömateriaalina ja myöhemmin murskattuna kiviaineksena. Suosta saadulle turpeellekin on hyvät jatkojalostusmahdollisuudet, sillä siitä saadaan melko helposti tehtyä kasvualustamultaa. Esirakentamisesta aiheutuneita kustannuksia voidaan myös siirtää jonkin verran tonttien hintaan.

Lähteet

Altek aluetekniikka liikelaitos. Altek rakentaminen. 2010. Viitattu 12.4.2010.
<http://jyvaskyla.fi/altek>

Havukainen, J. & Nauska, J. 1998. Esirakentaminen. Helsingin kaupungin Geotekni-
sen osaston tiedotteet 77/1998.

Hartikainen, O-P. 1998. Maanrakennustekniikka 435. 7. täydennetty ja korjattu pai-
nos. Helsinki.

Käytännön ohjeita pientalorakentamisen louhintatöihin. 2007. Infra ry. Esite.

Massanvaihto. 1993. Tielaitoksen selvityksiä 2/1993 Helsinki.

Pikku-huopalahden esirakentamiskokemukset. 2002. Geotekniikan kiinteistövirasto,
Helsinki. Julkaisu 86/2002 Helsinki.


Rantamäki, M. & Tammirinne, M. 2006 Pohjarakennus 465. 13. muuttumaton painos.
Helsinki.

Rantamäki, M. Jääskeläinen, R. & Tammirinne, M. 2006. Geotekniikka 464. 21.
muuttumaton painos. Helsinki.

RIL 156 Maanrakennus. 1995. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL r.y.

Vuolio, R. 1991. Räjätystyöt. 3. uusittu ja laajennettu painos. Suomen Maanrakenta-
jien keskusliitto r.y.

LIITE 1. Kallioperätutkimus

DESTIA		TUTKIMUSSELOSTUS					
Konsultointi, Geopalvelut Oulun laboratorio		Päivämäärä	29.6.2007				
		Diarinumero	308/2007				
TILAAJA Jyväskylän kaupunki							
NÄYTTEEN OTTOPAIKKA Palokankaan teollisuusalueen laajennus		KUNTA Jyväskylä					
NÄYTTEEN OTTOAIKA 6/2007		NÄYTTEEN OTTAJA					
NÄYTTEEN TIEDOT Lohkareita							
TUNNUS	KOKEEN NIMI	MENETELMÄ	TULOS	LUOKKA			
1	Kuulamyly	SFS-EN 1097-9	28.3	A _N 30			
	Los Angeles-luku	SFS-EN 1097-2	34	LA ₄₀			
	Tiheys Mg/m ³	SFS-EN 1097-6	2.91				
2	Kuulamyly	SFS-EN 1097-9	15.2	A _N 19			
	Los Angeles-luku	SFS-EN 1097-2	37	LA ₄₀			
	Tiheys Mg/m ³	SFS-EN 1097-6	2.62				
3	Kuulamyly	SFS-EN 1097-9	24.8	A _N 30			
	Los Angeles-luku	SFS-EN 1097-2	44	LA ₅₀			
	Tiheys Mg/m ³	SFS-EN 1097-6	2.70				
4	Kuulamyly	SFS-EN 1097-9	20.1	A _N 30			
	Los Angeles-luku	SFS-EN 1097-2	25	LA ₂₅			
	Tiheys Mg/m ³	SFS-EN 1097-6	2.78				
Allekirjoitukset:							
Laborantti			Laboratoriomestari				
		Timo Ollila	Raimo Moilanen				
Jakelu: Pekka Karhinen	Kuulamylykoe	A _N 7	A _N 10	A _N 14	A _N 19	A _N 30	
	Los Angeles-koe	LA ₂₀	LA ₂₅	LA ₄₀	LA ₄₀	LA ₅₀	LA ₆₀
Testaustulos koskee ainoastaan testattua näytettä.							
Destia Tieliikelaite Oulun laboratorio							
KÄYNTIOSOITE	POSTIOSOITE	PUHELIN	TELEFAX				
Ollankantie 2, 90440 Kempele	PL 8, 90441 Kempele	040 749 1441	020 444 7282				

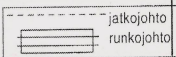
LIITE 2. Avolouhinnan räjäytyssuunnitelma s.1

AVOLOUHINNAN RÄJÄYTYSSUUNNITELMA

Työn suorittaja		RÄJÄYTYKSEN SUUNNITELTU AJANKOHTA		Päivämäärä		Kellonaika													
Työmaan nimi ja osoite						Kentät													
PORAUS JA SYTYTYSKAAVIO																			
Mittakaava:																			
PANOSTUSTAULUKKO				Pohjapanos/reikä		I Varsipanos		II Varsipanos		Reikäpanos		Reikien lukumäärä		Pora metrejä		Panos/nalli no			
Nallit L/P	Penger korkeus	Käytännön etu	Käytännön reikäväli	Reiän syvyys	m	kpl	kg	m	kpl	kg/m	kg	m	kpl	kg/m	kg	kg	kpl		kg
K(m)	V,(m)	K,m	m																
YHTEENSÄ																			
<input type="checkbox"/> Jatkuu toisella lomakkeella																			
4) Kentän tilavuus (m ³) (pituus x leveys x keskisyyvyys)				1) Mom. räjähdysainemäärä (kg)															
5) Ominaispanostus (kg/m ³) (kohta 3 : kohta 4)				2) Porametrit/kenttä															
6) Ominaisporaustus m/m ³ (kohta 2 : kohta 4)				3) Rajähdysainemäärä kg/kenttä															

* Pyöristetään lähimpään kymmenesosaan

LIITE 3 Avolouhinnan räjäytyssuunnitelma s.2

PEITTÄMINEN				Huom!				
<input type="checkbox"/> Peittäminen vaaditaan <input type="checkbox"/> Ei vaadita <input type="checkbox"/> Louhetäkkäys								
Materiaali	Painopeitteet	kpl	Kevyet peitteet		kpl			
	m ³	Paino kg/m ³	m ³	Paino kg/m ³				
Huom!								
Räjäytyksestä varoittaminen								
<input type="checkbox"/> Hälytyspilli <input type="checkbox"/> Varmistuspöytä <input type="checkbox"/> Muu, mikä								
SVTYTYSKAAVIO			SÄHKÖNALLIEN KYTKENTÄ					
			<input type="checkbox"/> Sarjaan <input type="checkbox"/> Ryhmäkytkentä (rinnan)					
			Sarjojen lukumäärä		Nallityyppi			
			kpl					
			Nallien lukumäärä		Nallin vastus			
			kpl		Ω			
			Jatkojohto/sarja			m		
			Jatkojohtojen vastus					
			Vastus/100 m		Ω	Vastus/sarja		Ω
			Runkojohdon pituus			m		
			Runkojohdon vastus					
			Vastus/100 m		Ω	Vastus/runkoj.		Ω
			Yhden sarjan vastus					
			Laskettu			Ω		
			Mittattu		Sarjojen vastusero <5%			
		Ω Tarkastettu <input type="checkbox"/>						
Virtapiirin vastus								
Laskettu			Ω					
Mittattu			Ω					
			Ω					
			Sytytyslaite					
KENTÄN TÄRINÄMITTAUSPISTEIDEN SJAINTI (kentän heittosuunta, rakennukset ja herkät laitteet)								
					Mittakaava:			
RIKKOJEN PANOSTUSSUUNNITELMA				LIITTEITÄ:				
Rikkoja:	Rikkoja:	Räjähdyssainemäärä	Räjähdyssainemäärä					
kpl	m ³	kg	kg/m ³					
kpl	m ³	kg	kg/m ³					
kpl	m ³	kg	kg/m ³					
Rikkojen peittäminen				Päivämäärä				
<input type="checkbox"/> Painopeitteet <input type="checkbox"/> Kevyet peitteet								
Räjäytystyön johtajan allekirjoitus			Suunnitelman laatijan allekirjoitus					

LIITE 4. Tärinämittaus tulokset s.1



281 - Yritystie - Tulokset - MP2

Työnumero 281
 Asiakas Kairjalan Iuhinta- ja Iujitus OY
 Yhteyshenkilö Puranen Jari
 Puhelin 0400 300 132
 Sähköposti jari.puranen@kalliotekniikka.fi
 Tulostettu Mon Jul 06 11:21:52 EEST 2009

Mittari: BE1186
 Rak.tapakerroin: 1
 Mittaus alkoi: 2009-04-16 10.00.00
 Raja-arvot:
 PVS: jari.puranen@kalliotekniikka.fi
 Siirtymä: Mon Jul 06 11:21:52 EEST 2009

Osolite: Yritystie 10 B
 Perustamistapa: kallio
 Mittaus päättyi:
 Heilahdusnopeus: 68 (10m) - 35 (50m) - 26 (100m) - 15 (>350m) mm/s
 Taajuuks:

Sijainti: sokkeli
 Koordinaatti: x : y : z :

Kilhtyvyys:
 IAP/Melu :

Pvm	Aika	Nro	Heilahdusnopeus (mm/s)					Kilhtyvyys (g)					Siirtymä (mm)					Taajuuks (Hz)					IAP/Melu (Pa/dB)		Reportit			
			PVS	raja	Tran	Vert	Long	raja	Tran	Vert	Long	raja	Tran	Vert	Long	raja	Tran	Vert	Long	raja	Tran	Vert	Long	raja		Tärinä	FFT	
																												%
14.06.2009	07.01.10		3.52		3.05	2.29	1.78		0.610	0.345	0.292		0.0411	0.00099	0.00087		100	100	100		NA							
12.06.2009	12.46.41		15.0		3.94	7.62	14.7		0.133	0.252	0.345		0.0265	0.0266	0.0843		24	37	28		NA							
10.06.2009	17.31.03		11.7		3.56	5.08	11.7		0.106	0.265	0.265		0.0203	0.0226	0.0557		30	39	32		NA							
26.05.2009	14.31.20		5.16		1.78	1.52	5.08		0.0398	0.0530	0.133		0.0190	0.0263	0.0596		22	28	43		NA							
26.05.2009	14.31.18		12.6		3.30	5.33	11.7		0.0928	0.186	0.292		0.0207	0.0206	0.0383		23	39	32		NA							
20.05.2009	11.00.37		8.57		3.17	4.70	8.00		0.0795	0.239	0.278		0.0338	0.0269	0.0549		27	23	28		NA							
15.05.2009	10.44.48		12.3		4.95	6.10	11.9		0.119	0.172	0.265		0.0301	0.0291	0.0499		20	26	27		NA							
12.05.2009	14.43.36		9.69		3.43	5.33	9.65		0.0928	0.199	0.239		0.0156	0.0228	0.0350		17	37	37		NA							
07.05.2009	14.39.14		6.88		1.90	3.43	6.73		0.0663	0.106	0.146		0.0233	0.0168	0.0357		32	34	39		NA							
04.05.2009	16.08.13		8.40		2.41	3.68	8.00		0.0530	0.106	0.199		0.0164	0.0118	0.0283		16	28	37		NA							
29.04.2009	10.59.39		7.30		2.16	2.41	7.11		0.0398	0.0795	0.199		0.0182	0.0122	0.0174		24	47	28		NA							
24.04.2009	12.30.45		4.46		2.03	2.29	4.19		0.0398	0.0530	0.119		0.0135	0.00800	0.0326		24	47	28		NA							
21.04.2009	16.36.57		6.12		1.78	1.65	6.10		0.0398	0.0530	0.133										NA							

Sivu 1(f)

LIITE 5. Tärinämittaus tulokset s.2

Työmaa _____
 Louhintakorkeus _____
 Kenttä n:o 12

Rakennuttaja _____
 Ruutu _____
 Tasoväli _____

Tärinämittauspöytäkirjan n:o _____
 Urakoitsija _____

Rakennuttaja _____
 Tärinämittauspöytäkirjan n:o _____
 Urakoitsija _____

Rakennuttaja _____
 Räjätystyön johtaja _____

Rinnan keskim. korkeus 11,5 m
 Reikä 170 kpl
 Porametrit 2070 jm
 Reiän halk. ø 76 mm
 Kallistus 12 °
 Kentän koko 8415 k-m²
 Noinet nalleja 340 kpl
 Dynamiittia 100 kg
 Aniittia _____ kg
 Ammoniittia 2000 kg
 Forsiittia Kemix 3900 kg
 Räj. tuillanka _____ jm
 Muu räj. aine _____
 Kokonais. räj.ainem. 6300 kg
 Ominalspanostus 675 kg/m³
 Mom.räj.ainemäärä 148 kg/nalli
 Rikkoja _____ kpl

Lounittu kokonaismäärä 8415 kpl
 Räjätysheikei pvm 19.6.09 kic 12,15

Urakoitsija _____
PORAUS- ja PANOSTUSSUUNNITELMA
 Päämäärä _____ Ketonala _____ Kenttä _____
 KENTÄN PORAUS- JA SYTYTYSKAAVIO
 Eiu 1,8 m Raikaväli 2,4 m Ohjoraus 1 m

Huomautuksia _____

PEITÄMINEN
 Peittäminen vesiliuon: Peittäminen ei vaadita
 Painopeite: _____
 Maieraa _____

RÄJÄTYKSESTÄ VAROITAMINEN
 Hälyyspölli
 Varmistuslehti
 Maku, mikä _____

Suunnitelman täsmien allekirjoitus
 Penostajan allekirjoitus

Suomen Käräjä
Penostajan allekirjoitus

LIITE 6. Alueelle tulevaa kunnallistekniikkaa

