

# PILAANTUNEIDEN MAIDEN KUNNOSTUSKUSTANNUKSET

Pilaantuneiden massamäärien kehitys ja kustannusvaikutus pilaantuneiden maa-alueiden kunnostusprosessin erivaiheissa

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Ympäristötekniikan koulutusohjelma  
Ympäristötekniikka  
Opinnäytetyö  
31.5.2007  
Perttu Kautto

## ALKUSANAT

Tämän työn tarkoituksena oli tarkastella erityyppisiä pilaantuneen maaperän kunnostusprojekteja massamäärien ja niiden kustannusvaikutusten kannalta. Lisäksi tarkasteluun sisällytettiin tarkasteltujen kohteiden kunnostuskustannuksien muodostumista sekä vertailua arvioitujen ja toteutuneiden kustannusten välillä.

Työn ohjausryhmään kuuluivat Ramboll Finland Oy:stä Kimmo Järvinen, Helsingin kaupungin kiinteistövirastosta Katarina Leminen ja Espoon kaupungilta Satu Järvinen. Lisäksi työn ohjaukseen asiantuntijoina osallistuivat Ramboll Finland Oy:stä Jukka Tengvall ja Kirsi Pitkäranta. Ohjaavana opettajana Lahden ammattikorkeakoululla toimi Sakari Halmemies.

Kustannustiedot kohteista ovat toimittaneet kohteiden kunnostamisesta vastanneet tahot: Helsingin kaupungin kiinteistövirastosta Katarina Leminen, Espoon kaupungilta Satu Järvinen, Porvoon kaupungilta Kari Hällström ja Tiehallinnosta Risto Hyvärinta.

Työn tekijänä tahdon esittää kiitokseni kaikille tahoille, jotka omalla panoksellaan ovat osallistuneet tämän työn tekemiseen.

Lahdessa 31.5.2007

Perttu Kautto

Lahden ammattikorkeakoulu  
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

PERTTU KAUTTO

Pilaantuneiden maiden kunnostuskustannukset

Pilaantuneiden massamäärien kehitys ja kustannusvaikutus pilaantuneiden maa-alueiden kunnostusprosessin erivaiheissa

Ympäristötekniikan opinnäytetyö, 84 sivua, 8 liitesivua

Kevät 2007

TIIVISTELMÄ

---

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan pilaantuneiden massamäärien kehitystä kunnostusprosessien erivaiheissa sekä niiden aiheuttamia kustannusvaikutuksia. Lisäksi tarkastellaan eri kohteiden kunnostuskustannuksien muodostumista sekä vertaillaan kustannusarvioita toteutuneisiin kustannuksiin.

Tutkimus on toteutettu tarkastelemalla seitsemää kunnostettua kohdetta, ja analysoimalla eri vaiheissa esitettyjä massa- ja kustannusarvioita. Tarkasteluun valittiin kaksi vanhaa kaatopaikka-, kaksi kauppapuutarha-, kaksi varikko- / tukikohtakohdetta sekä yksi täyttöaluekohde. Tutkimusaineistona on käytetty kohteista laadittuja raportteja ja suunnitelmia. Kustannusmateriaalit on toimitettu kunnostuskustannuksista vastanneiden tahojen toimesta.

Johtopäätöksenä voidaan todeta eri kohdetyyppiluokkien välillä olevan huomattavia eroja. Osassa kohdetyypejä on tämän tutkimuksen perusteella olemassa eri kohteiden välillä samankaltaisuuksia. Pilaantuneiden massojen loppusijoituksesta aiheutuvat kustannukset olivat lähes kaikissa tarkastelluissa kohteissa suurin yksittäinen kustannustekijä. Tutkimukseen kuuluneiden kohteiden kunnostamisen kokonaiskustannukset loppusijoitettua tonnia pilaantunutta maata kohden (kokonaiskustannukset €/ pilaantuneiden massojen yhteismäärä t) vaihtelivat välillä 17–225 €/t.

Tutkimuksen perusteella esitetään toteutettavaksi kunnostusprojektien massamääräarvioiden ja kustannuksien tarkastelua kohdetyypeittäin siten, että tarkasteluun sisällytetään massamääräarvioiden toteutuminen ja niiden virheellisyyttä aiheuttaneet tekijät.

---

Avainsanat: Pilaantunut maaperä, kunnostaminen, kunnostuskustannukset, massamääräarvio

Lahti University of Applied Sciences  
Faculty of Technology

PERTTU KAUTTO

Remediation costs of contaminated soil  
Development and cost assessments in different phases of remediation process of contaminated soil areas

Bachelor's Thesis in Environmental Engineering 84 pages, 8 appendices

Spring 2007

## ABSTRACT

---

This study examines development of mass amounts and the cost effects of mass amounts in different phases of contaminated soil remediation processes. It also examines how remediation costs are formed, and compares estimated costs with actual costs.

Seven remediated sites were investigated, and reported mass- and cost-assessments were analyzed. The sites included 2 old landfill sites, 2 commercial gardens, 2 depot / base sites and 1 filled soil area. The data consisted of reports and project plans of sites. Information about the costs was received from those who were responsible for remediation costs.

As a conclusion of the study can be drawn, that there are considerable differences between different "type groups" of remediation sites. There are however similarities inside some "type groups". The costs caused by final disposal of contaminated soil masses were the highest cost factor in almost every project examined. The actual cost remediation costs per one ton contaminated soil varied between 17 and 225 euros.

This study suggests that mass- and cost assessments be made in different "type groups" using larger sampling, and including realization of mass assessments and factors causing inaccuracy.

---

Keywords: contaminated soil, remediation, remediation costs, mass assessment

## Sanasto

Alkuaineet	Alkuaineilla tarkoitetaan sellaisia alkuaineita, joista voi aiheutua vaaraa ympäristölle tai terveydelle.
In-situ kunnostus	Kunnostus tapahtuu paikanpäällä, massoja siirtämättä esimerkiksi huokosilmatekniikan avulla.
Kauppapuutarha/kasvihuone	Kauppapuutarhoista puhuttaessa puhutaan liiketoiminnallisesta kasvihuoneviljelytoiminnasta. Yleensä kauppapuutarhojen toiminnat ovat laajamittaisempia kuin puhuttaessa kasvihuoneista, käsittäen mm. lämmityksen.
Kenttämittaus	Tarkoitetaan paikanpäällä tapahtuvaa mittausta. Kenttämittauksien luotettavuus laboratorioanalyysijä heikompi.
Massamääräarvio	Massamääräarviolla tarkoitetaan pilaantuneiden massojen määrää joka joudutaan haitta-ainepitoisuuksien takia poistamaan.
PAH-yhd	Polyaromaattiset hiilivedyt. PAH-yhdisteitä syntyy eniten teollisuudessa, liikenteessä ja muussa energiantuotannossa. Luonnossa PAH-yhdisteitä muodostuu metsäpaloissa ja tulivuorenpurkauksissa. PAH-yhdisteet ovat usein tasomaisia, bentseenirenkaista koostuvia yhdisteitä. Bentseenirenkaat ovat yleensä sulautuneet yhteen kuten naftaleenissa, mutta niitä voi yhdistää myös yksinkertainen sidos kuten bifenyylissä. PAH-yhdisteet ovat kiinteitä aineita, eivätkä ne liukene veteen. Koska PAH-yhdisteet ovat myös hyvin pysyviä, ne kerääntyvät maaperään ja vajoavat vesistöissä sedimentteihin. <a href="http://fi.wikipedia.org/wiki/PAH">http://fi.wikipedia.org/wiki/PAH</a>
PID-mittaus	Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kenttämittaus

PCB	<p>Polyklooratut bifenyylit eli PCB-yhdisteet ovat bifenyylin klooraustuotteita, joita alettiin valmistaa 1920-luvulla. PCB-valmisteet ovat eriasteisten bifenyylin kloori-isomeerien, eli ns. kongeneerien sekoituksia, joita on 209 erilaista. PCB-yhdisteiden valmistus länsimaissa lopetettiin 1970-luvulla, koska todisteet osoittivat niiden kasautuvan ympäristössä ja aiheuttavan haitallisia vaikutuksia.</p> <p><a href="http://fi.wikipedia.org/wiki/Polykloorattu_bifenyyli">http://fi.wikipedia.org/wiki/Polykloorattu_bifenyyli</a></p>
Raskasmetallit	<p>Ympäristöministeriön asetuksessa yleisimpien jätteiden sekä ongelmajätteiden luettelosta: Käsitteellä ”raskasmetalli” tarkoitetaan kaikkia antimoni-, arseeni-, kadmium-, kromi(VI)-, kupari-, lyijy-, elohopea-, nikkeli-, seleeni-, telluuri-, tallium- ja tinayhdisteitä sekä näitä aineita metallisessa muodossa, jos ne ovat kohdassa 1 tarkoitettuja vaarallisia aineita.</p> <p><a href="http://fi.wikipedia.org/wiki/Raskasmetallit">http://fi.wikipedia.org/wiki/Raskasmetallit</a></p>
SAMASE	<p>Saastuneiden maa-alueiden selvitys ja kunnostus projekti. Projektin loppuraportti julkaistiin 1994.</p>
SAMASE ohje- ja raja-arvot	<p>Saastuneiden maa-alueiden selvitys ja kunnostus projektissa asetetut toimenpiteitä aiheuttavat arvot.</p>
Screenaus	<p>Screenauksella tarkoitetaan tässä työssä sellaista analyysiä, jolla ”luodaan yleisilmäys” jonkun näytteen haitta-aine sisältöön. Screenaus toteutetaan kaasukromatografisesti. Sillä saadaan tietää mitä orgaanisia aineita näytteestä löytyy, ei tarkkoja pitoisuuksia.</p>
TOC	<p>Orgaanisen hiilen kokonaismäärä</p>
TVOC teismäärä	<p>Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden yhteismäärä</p>
XRF-mittaus	<p>Alkuaineiden kenttämittaus</p>

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	TYÖN SISÄLLÖSTÄ	2
2.1	Työn tarkoitus ja tavoite	2
2.2	Tarkasteltavat kohteet	3
2.3	Rajaukset	4
2.4	Lähdetiedot	4
3	YLEISTÄ PILAANTUNEIDEN MAA ALUEIDEN KUNNOSTUKSISTA SUOMESSA	4
3.1	Vastuut pilaantuneen maaperän kunnostushankkeissa ja lainsäädäntö	5
3.2	Pilaantuneen maa-alueen tutkimus- ja kunnostusprosessin eri vaiheet	7
3.2.1	Esiselvitys	7
3.2.2	Tutkimusvaihe	7
3.2.3	Kunnostussuunnittelu	8
3.2.4	Ympäristönsuojelulain mukainen päätös	8
3.2.5	Toteutus- / rakennussuunnitelma	9
3.2.6	Kunnostuksen toteutus	9
3.2.7	Loppuraportti	9
3.2.8	Jälkiseuranta	10
4	TIEDON HANKINTA MASSAMÄÄRIEN ARVIOINTIIN	10
4.1	Esiselvitys ja tutkimusten suorittaminen	11
4.2	Analyysimäärät ja analysoitavat haitta-aineet	12
4.3	Kenttä- ja laboratorioanalyysit	12
4.4	Syvyysuuntainen tieto	13
4.5	Pilaantuneisuuden rajaaminen tutkimustulosten avulla	14
4.6	Massalaskenta	15
5	KOhteiden Kuvaukset	16
5.1	Kaatopaikat	16
5.1.1	Sopulitien vanha kaatopaikka Helsingin Herttoniemessä	16
5.1.2	Syvänteentien teollisuusjätteiden jätetäyttöalue, Porvoon Tolkkisissa	22

5.2	Kauppapuutarhat (kasvihuoneet)	29
5.2.1	Munkkiniemen kauppapuutarha, Helsingin Munkkiniemessä	30
5.2.2	Kulovalkean alue, Espoon Tuomarilassa	34
5.3	Varikkoalueet	37
5.3.1	Uudenmaantiepiirin Saukkolan entinen tukikohta, Nummi-Pusulan Saukkolassa	38
5.3.2	Muuralan linja-autovarikko, Espoo	42
5.4	Täyttöalueet	49
5.4.1	Arabianrannan pohjoiset alueet, Helsinki	49
6	TULOKSET	58
6.1	Sopulitien kaatopaikka	58
6.1.1	Kustannusten muodostuminen	58
6.1.2	Syyt kustannusvaihteluihin	59
6.2	Tolkkisten entinen teollisuusjätteen jätetäyttöalue	59
6.2.1	Kustannusten muodostuminen	59
6.2.2	Syyt kustannusvaihteluihin	60
6.3	Munkkiniemen kauppapuutarha	61
6.3.1	Kustannusten muodostuminen	61
6.3.2	Syyt kustannusvaihteluihin	62
6.4	Kulovalkeantien kasvihuoneet	62
6.4.1	Kustannusten muodostuminen	62
6.4.2	Syyt kustannusvaihteluihin	63
6.5	Saukkolan entinen tukikohta	64
6.5.1	Kustannusten muodostuminen	64
6.5.2	Syyt kustannusvaihteluihin	65
6.6	Muuralan varikko	66
6.6.1	Kustannusten muodostuminen	66
6.6.2	Syyt kustannusvaihteluihin	67
6.7	Arabian rannan pohjoiset alueet, Helsinki	67
6.7.1	Kustannusten muodostuminen	67
6.7.2	Syyt kustannusvaihteluihin	68
6.8	Kustannusten muodostuminen	69
6.9	Kohteiden todelliset kunnostuskustannukset tonnia pilaantunutta maata kohden	71



7	JOHTOPÄÄTÖKSET	72
	7.1 Kaatopaikat	72
	7.2 Kauppuutarhat	74
	7.3 Varikkokiinteistöt	75
	7.4 Täyttöalueet	76
	7.5 Yleiset havainnot	76
8	KEHITYSEHDOTUKSET	78
	LÄHTEET	80
	LIITTEET	84

## 1 JOHDANTO

Suomessa olevien pilaantuneiden maa-alueiden määrästä ei ole tarkkaa tietoa. Ympäristöhallinnon tiedossa oli vuonna 2003 noin 20 000 pilaantuneeksi epäiltyä maa-aluetta. Näiden tiedossa olevien alueiden kunnostamiseen arvioidaan käytettävän vuosittain noin 50–70 M€ ja yhteiskunnostuskustannuksiksi noin 1,2 miljardia euroa. Pilaantuneiksi epäiltyjen alueiden joukossa on muun muassa polttonesteiden jakeluasemia, korjaamoja, romuttamoja, vanhoja saha-alueita, kaatopaikka-alueita ja vanhoja täyttömaa-alueita. (Ramboll Finland Oy 2004.)

Pilaantuneita alueita on kunnostettu Suomessa enenevässä määrin 1990-luvun puolivälistä vuoteen 2004 yhteensä 2600 kappaletta. Toteutettujen kunnostuksien määrä on kasvanut voimakkaasti vuoden 1994 17:sta (SAMASE-projektin loppuraportti) vuoden 2004 392 kunnostukseen. Huippuvuosi oli 2002 jolloin tehtiin yhteensä 449 kunnostuspäätöstä. Syitä kunnostustoimien voimakkaaseen lisääntymiseen ovat olleet muun muassa: Valtion ja kuntien rahoituksen myöntäminen kiireellisiin kohteisiin, kaatopaikkatoimintojen keskittäminen, polttoaineiden rakennetoiminnan muutos sekä yleisen talouden kohentuman seurausta oleva kuntien vanhojen teollisuus- varasto ja satama-alueiden puhdistaminen maankäytön muutosten seurauksena. Taulukossa 1, on esitetty tavallisimpia maaperää pilanneita haitta-aineita. (Ympäristöhallinnon verkkosivut, pilaantuneilla alueilla tehdyt kunnostukset.)

TAULUKKO 1. Esimerkkejä tavallisimmista haitta-aineista, jotka ovat pilanneet maaperää (Ramboll Finland Oy 2004)

Esimerkkejä tavallisimmista maaperää pilanneista haitta-aineista									
Toiminto \ haitta-aine	Lyijy	Muut raskasmetallit	Arseni	öljyt, bensini	PAH	PCB	CP, DIOX	Syanidi	Pestisidit
Polttoaineen jakelu, kiinteistöjen öljylämmitys, öljyonnettomuudet	x			x					
Sahat ja kyllästämöt		kupari, kromi	x		x		x		
Teollisuus	x	x	x	x	x	x		x	
Romuttamot, varikot, liikenne	x	x	x	x	x	x		x	
Kasvihuoneet	x	x	x	x					x
Ampumarata-alueet	x	Antimoni			x				
Muut kohteet	x	x	x	x	x	x	x	x	x

## 2 TYÖN SISÄLLÖSTÄ

### 2.1 Työn tarkoitus ja tavoite

Tässä työssä tarkastellaan pilaantuneiden massamäärien kehitystä ja kustannusvaikutuksia kunnostusprosessien erivaiheissa. Lisäksi tarkastellaan pilaantuneen maaperän kunnostushankkeiden kustannuksien muodostumista ja vertaillaan arvioituja kunnostuskustannuksia toteutuneisiin. Virheelliset massamääräarviot aiheuttavat kunnostustöiden eri osapuolille haittaa ja hidastavat kunnostustöiden valmiiksi saattamista. Julkisella sektorilla varat kunnostuksiin anotaan ennakkoon tehtyjen kustannusarvioiden perusteella. Virheelliset massamääräarviot saattavat viivästyttää kunnostusprojektien läpivientiä, ja edelleen hidastaa kunnostettavan alueen saamista hyötykäyttöön. Työn tavoitteena on ollut analysoida erityyppisiä pilaantuneen maaperän kunnostusprojekteja ja kartoittaa virheellisten massamää-

räarvioiden syitä ja kustannusvaikutuksia, jotta tulevaisuudessa osattaisiin ennakolta varautua paremmin tuleviin kunnostuskustannuksiin.

## 2.2 Tarkasteltavat kohteet

Kohteiden valinnassa oli muutamia ratkaisevia kriteerejä: Ensiksikin kohteiden oli oltava tutkittu ja kunnostettu kokonaan ja niiden kustannustiedot tuli olla saatavilla. Kohteita valittiin siten, että jokaisesta mukaan valitusta tyyppiluokasta tuli mukaan kaksi kohdetta, pois lukien täyttöalueet joista tarkasteluun otettiin vain yksi kohde, lisäksi kohteiden valinnassa huomioitiin tutkimukset, suunnittelun ja valvonnan toteuttanut konsulttiyritys. Tarkasteluun valittiin tarkoituksen mukaisesti eri konsulttiyritysten tutkimia ja valvomia kohteita. Lisäksi kohteiden valikoinnissa on huomioitu haitta-aineiden leviämispotentiaali ja sen tuoma vaikeus tutkimusten suorittamiseen ja edelleen massamäärien arviointiin. Tarkasteluun valittiin seuraavat kohteet:

Kaatopaikat:

- Herttoniemen entinen kaatopaikka, ”Sopulitie” Helsinki
- Syväteentien entinen teollisuusjätteen jätetäyttöalue Porvoon Tolkkisissa

Varikko- ja tukikohta kiinteistöt:

- Uudenmaantiepiirin entinen tukikohta, Saukkola Nummi-Pusula
- Muuralan linja-autovarikko Espoossa

Kauppapuutarhat (kasvihuoneet):

- Munkkiniemen kasvihuoneet, Helsinki
- Kulovalkeantien kasvihuoneet, Espoo

Täyttöalueet:

- Arabianrannan pohjoiset alueet (osa-alueet VI-VIII), Helsinki.

## 2.3 Rajaukset

Tarkastelu on ulotettu koskemaan kunnostusprosessin eri vaiheita. Tarkasteluun otetut kohteet on kaikki kunnostettu massanvaihdoilla. Massamäärien arviointeja on mahdollisuuksien mukaan tarkasteltu niin ensimmäisen tutkimuskierroksen, lisätutkimuksien kuin kunnostussuunnitteluvaiheen suhteen ja niitä on verrattu toteutuneisiin määriin. Valvonta- ja laboratoriokustannusten vaikutusta kokonaiskustannuksiin on tarkasteltu yksilöidysti kussakin kohteessa. Osassa kohteita ei ollut käytettävissä kaikkia mahdollisia kustannustietoja johtuen siitä, että tämän työn ohjauksessa mukana olleet tahot eivät välttämättä ole vastanneet kaikista kustannuksista.

## 2.4 Lähdetiedot

Lähdetietoina on käytetty laadittuja raportteja ja suunnitelmia. Raporttien ja suunnitelmien nimet, yritysten nimet ja päiväykset on esitetty lähdeluettelossa sekä kunkin aihealueen yhteydessä. Kustannustiedot on saatu työn yhteistyöhenkilöiltä, jotka edustavat kunnostuksien maksajia.

# 3 YLEISTÄ PILAANTUNEIDEN MAA ALUEIDEN KUNNOSTUKSISTA SUOMESSA

Yleisin pilaantuneen maa-alueen kunnostusmenetelmä Suomessa on massanvaihto. Massanvaihdossa pilaantuneet massat kaivetaan työkoneilla ja toimitetaan joko jatkokäsittelyyn tai loppusijoitukseen. Kaivannot täytetään ja tiivistetään alueen tulevan käytön asettamien vaatimusten mukaisilla täyttömassoilla. Lievästi pilaantuneita massoja hyödynnetään maanrakennuksessa varsin laajasti, erityisesti kaatopaikkojen täyttökerroksissa. Joissain tapauksissa voidaan lievästi pilaantuneita massoja hyödyntää kunnostuskohteiden täyttökerroksissa. Lievästi pilaantuneiden massojen hyödyntäminen vaatii kuitenkin aina ympäristöviranomaisen hyväksynnän. Voimakkaasti eri haitta-aineilla pilaantuneita massoja ei voida hyödyntää sellaisenaan, vaan ne on kuljetettava luvanvaraiseen paikkaan, jossa niitä voidaan

käsitellä tai loppusijoittaa. Voimakkaasti pilaantuneita maita voidaan esimerkiksi polttaa, kapseloida, kompostoida ja stabiloida.

Massanvaihdon etuja ovat siitä aiheutuva varmuus maa-alueen puhtaudesta, joka on tärkeää varsinkin alueilla, jotka tulevat asuinkäyttöön. Massanvaihto on suosittu kunnostusmenetelmä myös nopeutensa takia. Useimmat In-Situ kunnostusmenetelmät ovat hitaita, lisäksi Suomen kylmä ilmasto rajoittaa mikrobien avulla tapahtuvaa maaperän puhdistamista. In-Situ kunnostuksissa pilaantuneen maaperän kunnostaminen tapahtuu massoja siirtämättä esimerkiksi mikrobiologisesti tai huokosilmatekniikan avulla. Erityisesti kasvukeskuksissa on kunnostustöiden nopea läpivienti tärkeää, koska pilaantuneiden maa-alueiden kunnostustyöt liittyvät osaprosessina laajempiin rakennustoimintoihin, esimerkiksi asuntojen rakentamiseen.

### 3.1 Vastuut pilaantuneen maaperän kunnostushankkeissa ja lainsäädäntö

Suomessa ei ole erikseen säädetty lakia koskien pilaantunutta maaperää. Pilaantuneen maaperän kunnostuksiin sovelletaan Suomessa seuraavia lakeja (sovellettava laki riippuu maaperän pilaantumisen ajankohdasta): Jätehuoltolaki (673/1978), jätelaki (1072/1993) ja ympäristönsuojelulaki (86/2000). (Suomen ympäristö 503, Pilaantuneiden alueiden kunnostamista ja riskinarviointia koskeva lainsäädäntö. Suomen ympäristökeskus.)

Suomessa astuu 1.6.2007 voimaan uusi valtioneuvoston asetus: Pima –vna. Asetuksessa on asetettu uudet kynnyks- ja ohjearvot yli 50 yleisimmin maaperää pilantuneelle haitta-aineelle. Uusi asetus painottaa haitta-aineiden vaikutuspotentiaalien arviointia, eli riskinarviointia.

Vastuu kunnostamisesta määräytyy sen mukaan, milloin pilaantuminen on aiheutunut. Vastuun määräytyminen voidaan ajallisesti jakaa kolmeen ajanjaksoon: uudet tapaukset (pilaantuminen aiheutunut vuoden 1994 jälkeen), vanhat tapaukset (pilaantumisen voidaan todeta aiheutuneen vuosien 1978 ja 1994 välisenä ai-

kana) ja ennen vuotta 1978 aiheutuneet tapaukset. Vastuiden jakautuminen on esitetty taulukossa 2.

TAULUKKO 2, Pilaantuneen maaperän puhdistamiseen velvoittavat vastuut (Ramboll Finland Oy 2004)

<b>Pilaantuneen maan puhdistamisen vastuiden jakautuminen</b>			
	<b>Uudet tapaukset 1994 -&gt;</b>	<b>Vanhat tapaukset 1978-1994</b>	<b>Ennen vuotta 1978</b>
<b>Ensisijainen vastuu</b>	Pilaantumisen aiheuttaja	Pilaantumisen aiheuttaja tai kiinteistönhaltija***	Yleensä nykyinen haltija
<b>Toissijainen vastuu</b>	Alueen haltija*	Kiinteistönhaltija	
<b>Täydentävä vastuu</b>	Kunta		
<b>Kohtuullistaminen</b>	ayk:n päätöksellä**	ei	
<b>Sovellettava laki</b>	ympäristönsuojelulaki (86/2000)	jätehuoltolaki (673/1978) ja jätelaki (1072/1993)	lainsäädäntö puutteellista****
*Vastuu lankeaa mikäli pilaantumisen aiheuttajaa ei saada vastuuseen ja mikäli pilaantuminen on tapahtunut haltijan suostumuksella			
**Alueellinen ympäristökeskus voi todeta puhdistamisen kohtuuttomaksi haltijalle			
***Mikäli sovelletaan roskaamissäännöksiä vastuu aiheuttajalla, mikäli jätehuoltosuunnitelman esittämisvelvollisuutta vastuu haltijalla			
****Korkeimman hallinto-oikeuden omaksuman tulkintalinjan mukaan on jätehuoltolakia sovellettu joissain tapauksissa taannehtivasti tapauksiin, joissa maaperän pilaantuminen on aiheutunut ennen 1.4.1979, jätehuollon järjestämisvelvollisuuden nojalla. (lähde: Pilaantuneiden maa-alueiden kunnostamista ja riskinarviointia koskeva lainsäädäntö, Suomen ympäristö 503. Suomen ympäristökeskus)			
Lähteet: Pilaantuneiden maiden kunnostuskustannukset Suomessa, Ramboll Finland Oy 5.10.2004 Pilaantuneiden maa-alueiden kunnostamista ja riskinarviointia koskeva lainsäädäntö, Suomen ympäristö 503. Suomen ympäristökeskus			

### 3.2 Pilaantuneen maa-alueen tutkimus- ja kunnostusprosessin eri vaiheet

Pilaantuneiden maa-alueiden kunnostusprosessi voidaan yleisellä tasolla jakaa seuraaviin vaiheisiin: Esiselvitys-, tutkimus-, yleissuunnittelu eli kunnostussuunnitteluvaihe, ympäristönsuojelulain mukainen päätös, kunnostuksen toteutussuunnittelu-, kunnostus – vaihe, loppuraportointi ja alueen jälkiseuranta.

#### 3.2.1 Esiselvitys

Esiselvityksessä selvitetään alueen käyttö- ja toimintohistoria. Esiselvitysvaihe luo pohjan sitä seuraavalle tutkimusvaiheelle. Esiselvityksen tärkein tehtävä on kohteen toimintojen laadun ja fyysisen sijoittumisen selvittäminen kohteessa sekä selvittää, mitä mahdollisia maaperää pilaavia kemikaaleja on toiminnan yhteydessä käytetty.

#### 3.2.2 Tutkimusvaihe

Tutkimusvaiheessa kohteessa suoritetaan ympäristötekniisiä tutkimuksia, jotka kohdennetaan esiselvityksen perusteella. Tutkimuksien toteuttamista varten laaditaan tutkimussuunnitelma, jonka mukaan tutkimukset toteutetaan. Tutkimussuunnitelmassa määritetään mm. näytepisteiden sijainnit, mistä kerroksista näytteitä otetaan (kerrospaksuudet ja erityistapaukset), kuinka paljon näytettä tarvitaan, tutkimuspisteistä kirjattavat havainnot, näytteiden käsittely (pakkaus, kuljetus, säilytys ja kestäväointi) sekä näytteistä tehtävien kenttä- ja laboratorioanalyysien määrät ja tutkittavat haitta-aineet.

Tutkimusten tuloksista laaditaan tutkimusraportti, joka sisältää mm. seuraavat kohdat: alueen sijainti, omistussuhteet, käyttöhistoria ja tuleva käyttö, toteutettujen tutkimusten kuvaus, tutkimuksissa havaitut haitta-aineet ja niiden pitoisuudet, arvio alueen maaperän pilaantuneisuudesta, mahdollisen pilaantuneisuuden rajaus ja massamääräarvio (jos voidaan tehdä), lisätutkimuksien tarve (voidaanko kunnostussuunnittelu toteuttaa tehtyjen tutkimusten perusteella?) ja lyhyt riskinarvio



alueen pilaantuneisuuden aiheuttamista välittömistä riskeistä alueen ympäristölle ja ihmisten terveydelle. Mikäli tehtyjen tutkimusten perusteella alueen kunnostussuunnitelmaa ei voida laatia, tehdään lisätutkimuksia, joissa tarkennetaan pilaantuneisuuden laatua ja levinneisyyttä.

### 3.2.3 Kunnostussuunnittelu

Kunnostussuunnitelmien sisältö vaihtelee riippuen kohteen vaativuudesta, laajuudesta ja monipuolisuudesta. Valmis kunnostussuunnitelma tulee liitteeksi kohteen maaperän puhdistamista varten tehtävän lupahakemukseen tai ilmoitukseen, jonka pohjalta ympäristöviranomaiset tekevät YSL:n mukaisen päätöksen. Kunnostussuunnitelmat ovat yleissuunnitelmatasoisia, eikä niissä oteta kantaa siihen miten tehdään vaan mitä tehdään. Yleissuunnitelmasta tulisi käydä esille mm. seuraavat asiat: ympäristön tila, tehdyt tutkimukset ja niiden tulokset, tulevat toimenpiteet ja niiden vaikutukset sekä arvio kunnostuskustannuksista. Kunnostussuunnitelman mallirakenne on esitetty tämän työn liitteenä 1. (Suomen ympäristöopas 83 sivu 10, 2001.)

### 3.2.4 Ympäristönsuojelulain mukainen päätös

Ympäristöviranomainen (alueellinen ympäristökeskus tai Helsingin kaupungin alueella ympäristölautakunta) tekee pilaantuneen maaperän kunnostamista koskevan päätöksen, jossa se ilmoittaa hyväksyntänsä, ottaa kantaa ja asettaa velvoitteita ja määräyksiä tuleviin toimiin alueella. Päätöksessä voidaan velvoittaa laatimaan suunnitelmia koskien mm. näytteenottoa, työsuojelua, vesien ja/tai ympäristön tarkkailua, lisätutkimuksia, jäännöspitoisuusnäytteenottoa, pilaantuneiden massojen käsittelyä ja kuljetusta sekä maaperästä mahdollisesti löytyvien jätteiden käsittelyä.

### 3.2.5 Toteutus- / rakennussuunnitelma

Kohteiden koko, monipuolisuus, olemassa olevat rakenteet (mm. kadut, viemäri-  
linjat ja rakennukset), kaivussyvyys, alueen maaperäolosuhteet ja erityisesti käytet-  
tävä kunnostusmenetelmä asettavat edellytyksiä toteutussuunnitteluun – ja sen  
tarpeellisuuteen. Yksinkertaisissa ja pienissä kohteissa, joissa käytetään massan-  
vaihtoa, massamäärät ovat pienet ja kaivussyvyys on ”matala”, eikä kohteessa ole  
rakenteita jotka vaikeuttavat kaivutyötä voidaan erillinen toteutussuunnittelu  
”ohittaa”. Tuolloin kunnostuksen käytännön toteutuksen kannalta oleelliset seikat  
voidaan esittää jo kunnostussuunnitelmassa. Toteutus- / rakennussuunnittelu do-  
kumentteja ovat esimerkiksi työkohtainen työselostus, näytteenottosuunnitelma,  
työsuojelusuunnitelma, tuentasuunnitelma, täyttösuunnitelma, pohja-, pinta- ja/tai  
orsiveden tarkkailusuunnitelma, joissa kussakin määritellään yksityiskohtaisesti ne  
seikat, jotka ovat työn toteuttamisen kannalta oleelliset.

### 3.2.6 Kunnostuksen toteutus

Kunnostustyö toteutetaan siitä laadittujen suunnitelmien perusteella. Kunnostuk-  
sissa on yleensä mukana seuraavat osapuolet: kiinteistön haltija, rakennuttaja,  
suunnittelija, ympäristötekniikan valvoja, urakoitsija sekä ympäristöviranomaisen.  
Kunnostustyön etenemistä seurataan määrävälein pidettävillä työmaakokouksilla,  
joista laaditaan pöytäkirjat. Työmaakokouksissa voidaan seurata esimerkiksi seu-  
raavia työmaata koskevia asioita: työmaatilanne ja vahvuus, aikataulu, laskutus,  
lisä- ja muutostyöt sekä muita mahdollisia kunnostusta koskevia asioita kuten  
suunnitelma muutoksia.

### 3.2.7 Loppuraportti

Loppuraportti on kunnostustyön ympäristötekniikan valvojan (konsulttitoimiston)  
laatima tuloste, jossa kuvataan ainakin seuraavat seikat: kunnostuskohde, alueen

ympäristölupa ja lupa-alue, kunnostuksen lähtötiedot, kunnostukseen osallistuneet eri tahot, kunnostuksen toteutus, seuranta ja laadunvalvonta, pilaantuneen maa-aineksen ja veden käsittely, kunnostuksen lopputulos (tavoitetason saavuttaminen) sekä jatkotoimenpiteiden ja jälkiseurannan tarve. Myös kunnostuksen yhteydessä esiin tulleet erityispiirteet on raportoitava.

### 3.2.8 Jälkiseuranta

Mikäli kaikkia pilaantuneita massoja ei kunnostuksessa saada poistettu / puhdistettua tai mikäli ympäristöviranomaiset niin velvoittavat voidaan kohteen tilaa tarkkailla kunnostuksen jälkeen. Kunnostuskohteiden jälkiseurannasta (tarkkailusta) laaditaan erillinen suunnitelma, joka hyväksytetään lupaviranomaisella. Varsinainen tarkkailu ja seuranta toteutetaan hyväksytyjen suunnitelmien mukaisesti. Jälkiseuranta voidaan toteuttaa esimerkiksi ottamalla alueen ympäristöön asennetuista / asennettavista pohjavesiputkista näytteitä määräväliajoin (esim. kerran vuodessa) ja analysoimalla näytteistä tarkkailusuunnitelmassa määritettyjä haitta-aineita.

## 4 TIEDON HANKINTA MASSAMÄÄRIEN ARVIOINTIIN

Massamäärien arvioinnissa on otettava huomioon monia eri tekijöitä; mm. alueen käyttöhistoria, kerätyt tutkimustiedot, tutkimusten riittävyys, analysoidut haitta-aineet, maaperän ominaisuudet (mm. vedenjohtokyky), maaperän syvyysuhteet ja maa-aineksen turpoaminen kaivettaessa (paljonko maa-aineksen irtotilavuus on kiintotilavuutta suurempi). Maa-aineksen ominaisuuksista myös kaivettavuus ja kuljetettavuus vaikuttavat epäsuorasti aiheutuviin kustannuksiin. Arviointien laatimisvaiheessa on syytä kiinnittää huomiota eri tietojen luotettavuuteen, ja ”arvioiden riskitarkasteluun” eli pohtia, millä todennäköisyydellä arvio on paikkaansa pitävä ja mitä riskitekijöitä siihen sisältyy.

#### 4.1 Esiselvitys ja tutkimusten suorittaminen

Alueen käyttöhistoria on selvitettävä kattavasti, jotta alueelle tehtävät tutkimukset voidaan kohdentaa oikein, ja että otetuista näytteistä voidaan analysoida mahdolliset haitta-aineet kattavasti. Käyttöhistoriasta on hyvä selvittää alueella olleet toiminnot, niiden sijoittuminen kohteessa, mitä aineita on käytetty, miten on käytetty ja missä on käytetty. Hyviä apuvälineitä alueiden käyttöhistorian selvittämiseksi ovat mm. vanhojen työntekijöiden haastattelut (suhtauduttava varauksella), vanha kartta-aineisto sekä vanhat ilmakuvat.

Tehtävien tutkimusten määrän on myös oltava suhteessa tutkimuskohteen kokoon, ideaalisessa tilanteessa on tutkimusvaiheessa ollut resursseja käytössä siten, että tutkittavalle alueelle on ollut mahdollista tehdä esimerkiksi tutkimuspiste / 100 m<sup>2</sup> kohden. Tarvittava tiheys luonnollisesti vaihtelee riippuen muun muassa havaituista haitta-aineista, niiden pitoisuuksista, ominaisuuksista ja niiden vaihtelevuudesta alueella, sekä maaperän ominaisuuksista. Aina ei välttämättä havaita kaikkea pilaantuneisuutta, vaikka tutkimuskohde olisikin tutkittu miten tiheään tahansa.

Näytteenotolla on suuri merkitys tutkimusten onnistumisen kannalta. Näytteitä on otettava maakerroksittain siten, että laadultaan erilaisista massoista tulee näytteitä otettua edustavasti. Näytteiden käsittely, kuljetus, kestävöinti, säilytys, riittävän nopea laboratorioon toimittaminen ja oikeanlaiset näytteenottovälineet sekä näytteenottovälineiden puhtaus ja huolto ovat tärkeitä tekijöitä kontaminaation välttämiseksi. Näytteenoton ulottaminen syvyysuunnassa puhtaiksi oletettuihin kerroksiin on myös tärkeää (joskaan ei aina näytteenottoteknisesti mahdollista). Puutteellisten syvyysuuntaisten tietojen takia voi massamääräarviot mennä täysin pieleen. Maakerrokset ovat harvoin lineaarisia ja tasaisia. Kunnostuskohteiden maaperästä löytyy usein painanteita tai muita vastaavia, joita on vaikea havaita tutkimusten yhteydessä ja jotka aiheuttavat massamäärien kasvua.

Kaikki edellä mainitut seikat edesauttavat paitsi massamäärien laadun kattavaa selvittämistä, myös jouduttavat tulevien kunnostustöiden suorittamista ja poistet-

tavien massojen toimittamista luvanvaraisiin jatkokäsittely- / loppusijoituskohteisiin.

#### 4.2 Analyysimäärät ja analysoitavat haitta-aineet

Kohteesta otetuista näytteistä on analysoitava haitta-aineita siten, että tutkittava-alue tulee riittävällä tarkkuudella katettua (määräytyy jo tutkimuspisteiden sijoittumisen myötä). Valittaessa näytteitä analyyseihin on tärkeää huomioida maaperän eri kerrokset (maalajeittain ja tyypeittäin, eli täyttöä vai luonnonmaata). Alueesta, haitta-aineista, maaperäolosuhteista (maalajit, kerrospaksuudet), kustannustekijöistä ja epävarmuustekijöistä riippuen voidaan analysoida tutkimuspisteistä esim. 1 – 5 näytettä kustakin. Heterogeenisillä täyttö- ja kaatopaikka-alueilla on suositeltavaa analysoida kenttäanalyysointilaitteilla esim. alkuaineiden pitoisuudet kaikista otetuista näytteistä – varsinkin silloin, jos ko. alueelta ei ole aikaisempaa tutkimustietoa käytettävissä.

#### 4.3 Kenttä- ja laboratorioanalyysit

Kustannusten ja nopeuden takia tutkimuksissa ja kunnostuksissa käytetään lähes poikkeuksetta kenttäanalyysointilaitteita. Kenttämittauslaitteistojen käyttäminen on suositeltavaa, niistä on todellista hyötyä etenkin kunnostustöiden yhteydessä nopeutensa takia. Esimerkiksi alkuainepitoisuuksien analysoiminen yhdestä näytteestä kestää alle 5 minuuttia (mikäli mittari kalibroitu ja näyte otettu valmiiksi), kun taas laboratorioanalyysissä aikaa kuluu päiviä, jopa viikkoja. Kenttämittareiden ongelma on niiden luotettavuus, jota heikentää liian korkea määrittäysraja joillakin aineilla, sekä epätarkkuus, joka vaihtelee tutkittavista haitta-aineista ja maaperän ominaisuuksista (kosteus ja humuksen määrä) riippuen (suullinen tieto Kimmo Järvinen 2007). Kenttämittauslaitteistoja onkin käytettävä rinnan laboratorioanalyysien kanssa. Kunnostettavien alueiden ympäristöluvuissa veloitetaan aina varmentamaan kenttämittaus tuloksista tietty prosentti laboratorioanalyysillä (usein haitta-aineista riippuen 10–20%).

Kenttämittareita on esimerkiksi Petroflag Testkit – öljyhiilivetyjen kokonaispitoisuuden analysointiin (yleisin käytetty vaste on RC5, joka vastaa hiililukuja 10 – 40), Innov-XRF, Niton-XRF ja XMet kenttäanalyysointilaitteita käytetään alkuaineiden analysointiin. Site-Lab kenttäanalyysointilaitteilla voidaan analysoida polyyromaatista hiilivetyjä eli PAH-yhdisteitä ja PCB:tä.

#### 4.4. Syvyysuuntainen tieto

Näytteenoton ulottaminen puhtaaseen maakerrokseen asti on tärkeää massamääräen arvioinnin kannalta. Näytteenoton yhteydessä ei voida varsinkaan käytettäessä kairauskalustoa tehdä varmuudella kerrosten pilaantumisesta kuin suuntaa-antavia aistinvaraisia-arvioita, siksi onkin tärkeää resursoida tutkimukset siten, että voidaan näytteenotto ulottaa riittävään syvyyteen asti. Käytettäessä koekuoppia tutkimusmenetelmänä on aistinvarainen arviointi luotettavampaa, koska kaivettaessa kuoppia varsinkin orgaanisista haitta-aineista aiheutuu hajua niiden joutuessa ilman kanssa kosketuksiin. Koekuopitusta ei aina voida ulottaa riittävän syville johtuen maaperän löyhyydestä, aikataulun tiukkuudesta (siis resurssien puutteesta), kerrosten paksuudesta tai liian kevyestä kaivinkoneesta. Kaivinkoneella kaivettaessa hidastuu koekuoppien kaivuvauhti huomattavasti, mikäli kaivetaan yli 4 metrin syvyisiä koekuoppia (riippuu maalajista ja muista maaperän ominaisuuksista). Kairauskaluston vahvuus onkin syvyysuuntaisen näytteenoton ”helpous”, toisaalta taas otettaessa näytteitä kairaamalla saatu tieto eli näyte edustaa varsin pistemäistä aluetta, koska porakonekairan työputken halkaisija on yleensä 90mm.

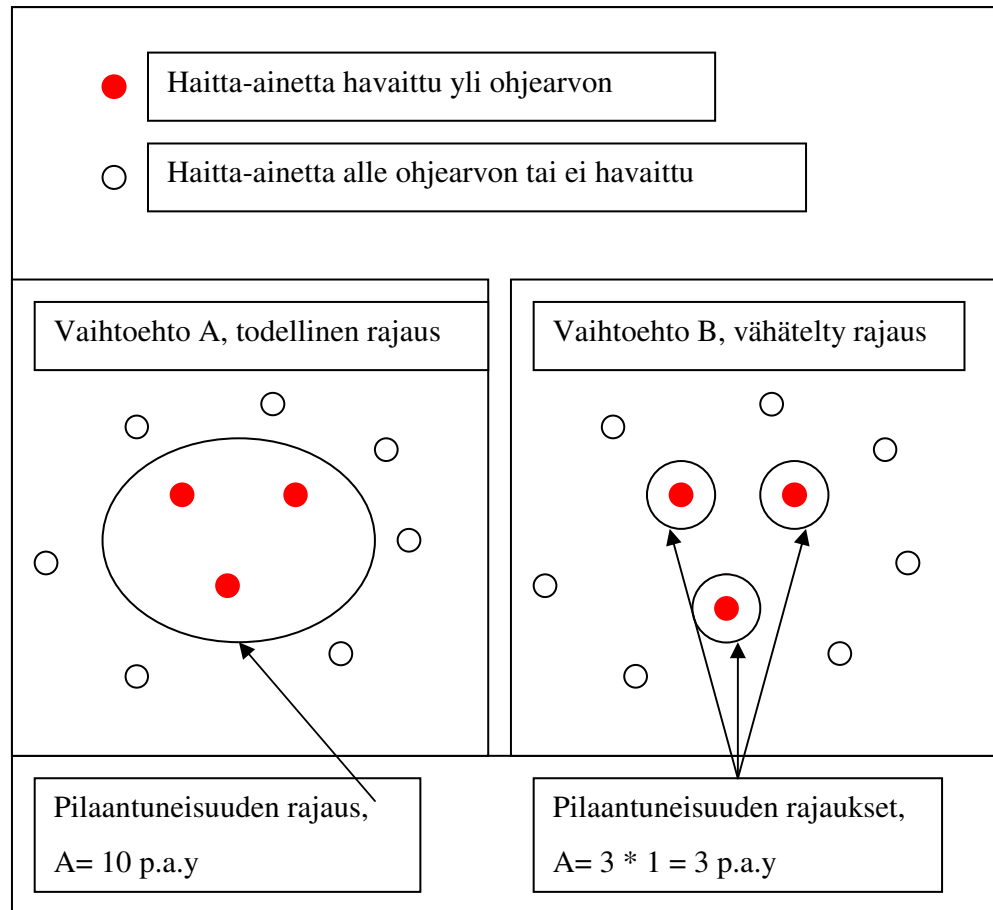
Täyttö- ja kaatopaikka-alueilla on harvoin varmaa tietoa olemassa täyttökerrosten paksuudesta ja/tai laadusta. Toisaalta ko. kohteissa täytetyt kerrokset ja luonnonmaakerrokset ovat helpohkosti erotettavissa toisistaan aistinvaraisesti, ja pilaantuneisuus usein rajautuu perusmaalajista ja tapauksesta riippuen siten, että täyttökerrokset ovat pilaantuneita ja perusmaa-kerrokset puhtaita – näin ei tietenkään ole aina.

#### 4.5. Pilaantuneisuuden rajaaminen tutkimustulosten avulla

Tutkimuksien avulla hankitun tiedon pohjalta tehdään maaperän pilaantuneisuuden rajaukset. Rajaukset voidaan suorittaa kartta-aineiston ja tutkimustulosten avulla. Alueen pohjakartalle voidaan laatia esimerkiksi 10m\*10m ruudukko ja edelleen liittää siihen tutkimuspisteiden sijainnit. Tutkimuspisteiden sijainnin ja niistä havaittujen haitta-aineiden perusteella voidaan pilaantuneisuuden rajaukset päätellä. Riittävän tiuhan näyteverkon avulla voidaan rajaukset tehdä luotettavasti. Luotettavuus huononee näyteverkon harvetessa. Ongelmia ilmenee erityisesti jos vain osassa tutkimuspisteitä on havaittu pilaantumista, tai pilaantuneet kerrokset vaihtelevat. Tämänkaltaisissa tilanteissa on massamäärien rajaaminen likimain arvaamista ilman lisätutkimusten suorittamista.

Rajauksien tekeminen on pitkälti kiinni niitä tekevän henkilön ammattitaidosta. Saatuja tutkimustuloksia on osattava tulkita ja niistä on kyettävä tekemään oikeat johtopäätökset. Pilaantuneisuuden rajauksissa voidaan aluetta tarkastella siten, että saatuja tuloksia tarkastellaan esimerkiksi 1metrin paksuisina kerroksina tai alueen maaperän kerrostuneisuuden mukaan. Tutkimusraportteihin ja kunnostussuunnitelmiin voidaan liittää karttaliitteiksi pilaantuneisuutta kerroksittain kuvaavia karttoja.

Rajausten tahallisella vähättelyllä voidaan aiheuttaa tutkimusten tilaajalle vääristynyt kuva kunnostuksen tulevista kustannuksista. Täten voidaan pyrkiä suostuttelemaan tilaajaa käynnistämään kunnostustoimenpiteet uskoen todellista alhaisempiin kunnostuskustannuksiin. Kuviossa 1, on havainnollistettu edellä mainittua vähättelyä. Kuvio on täysin fiktiivinen, ja sen tarkoitus on vain havainnollistaa lukijalle rajausten piirtämistä. Havaittu haitta-aine ja kerrospaksuus ovat molemmissa vaihtoehdoissa samat. Vaihtoehto B:n pilaantuneen maa-aineksen kaivusta, kuljetuksesta, käsittely- ja vastaanottomaksuista aiheutuvat kustannukset ovat vain 30 % vaihtoehto A:n vastaavista.



KUVIO 1, Esimerkki pilaantuneisuuden rajauksesta

#### 4.6 Massalaskenta

Nykyisin tietotekniikan avulla on massalaskenta ja havainnollistavien karttojen piirtäminen helpottanut ja antanut lisäluotettavuutta tietojen analysoinnille. Sähköisillä mittauksilla luodaan alueesta maastomalli, joka kuvaa alueen maanpintaa. Kun saatuihin mittaustietoihin yhdistetään esimerkiksi Auto-cad suunnitteluohjelmistolla tutkimuksissa saadut maalaji- ja syvyysuuntaiset tiedot, niin voidaan tietoja tarkastella yhdessä saatujen haitta-aineanalyysien tulosten kanssa ja edelleen voidaan tilavuuksia ja massoja laskea suhteellisen helposti. Edellä mainitulla tavalla massojen laskenta vie kohtuullisesti aikaa, ja se vaatii työtä. Aina ei ole järkevää varsinkaan pienissä kohteissa kuluttaa resursseja liian tarkkaan laskentaan. Tuolloin on järkevää laskea epätarkemmin massamääriä kerrospaksuuksien ja pinta-alojen perusteella.



## 5 KOHTEIDEN KUVAUKSET

### 5.1 Kaatopaikat

Kaatopaikkojen ja entisten jätetäyttöalueiden aiheuttamat riskit ihmisten terveydelle ja ympäristölle ovat viime vuosina herättäneet laajaakin yhteiskunnallista keskustelua. Esimerkiksi Helsingin Myllypurossa jouduttiin vanhan kaatopaikan päälle rakennetut asuinkerrostalot ja päiväkotit purkamaan niiden alla olleen kaatopaikan aiheuttaman ympäristö- ja terveysriskin takia. Kaatopaikkojen jätetäyttöjen laatu vaihtelee sen mukaan, missä jätteet ovat syntyneet ja minkä tyyppisiä jätteitä täyttöön on ajettu. Yleisesti ottaen voidaan todeta teollisuusjätteiden aiheuttavan tavanomaista yhdyskuntajätettä merkittävämmät riskit. Erityisen hankalaksi kunnostamisen olosuhteet käyvät, mikäli jätetäytössä havaitaan esimerkiksi syanideja (erityisesti vapaita) niiden synnyttämän syaanivety – kaasun takia. Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC-yhdisteet) aiheuttavat myös ongelmia vanhoilla kaatopaikka-alueilla. Kaatopaikkojen jätetäytön ominaisuudet ovat määräävä tekijä niiden kunnostamiseen ja tutkimiseen liittyvissä toiminnoissa.

#### 5.1.1 Sopulitien vanha kaatopaikka Helsingin Herttoniemessä

Kohteessa on ollut kaatopaikka vuosina 1948 – 1953, ennen kaatopaikkaa kohteessa on ollut sorakuoppa. Alueen pinta-ala on noin 5700 m<sup>2</sup>. Jätetäyttöön tuotiin ainakin yhdyskunta- ja teurastamojätettä. Alueen luonnonmaa on hiekkaa, kohde ei sijaitse luokitellulla pohjavesialueella. Alueelle on tehty kaavamuutos, jossa alueelle on kaavoitettu (nykyään jo rakennettu) kerrostaloja. Kohteen ympäristössä, pohjois-, länsi- ja eteläpuolella oli asutusta, ja itäpuolella luonnontilaista metsää ja idempänä Viikintie. Kohdealueella oli ennen kunnostustöiden aloittamista luonnontilaista metsää ja katu. Kartta alueesta on liitteessä 2.

## Alueella tehdyt tutkimukset ja suunnittelu

Alueella on toteutettu seuraavat maaperän pilaantuneisuustutkimukset.

- Helsingin kaupungin Geotekninen osasto tutki aluetta lokakuussa 1997 (Sopulitien alueen ympäristöselvitys, GEO 5353/24.10.1997).
- Viatek Oy teki alueella lisätutkimuksia syksyllä 1999 (Herttoniemen entisen kaatopaikan tutkimus, Sopulitie. Y6201 11.10.1999).
- Herttoniemen entisen kaatopaikan saastuneen maaperän kunnostussuunnitelma, Viatek Oy, 31.1.2000.

## Ympäristöselvitys

Helsingin kaupungin geotekninen osasto teki Sopulitien entiselle kaatopaikka-alueelle kunnallistekniikan suunnittelua varten. Tutkimukset suoritettiin porakonekairauksina. Yhteensä alueelta otettiin näytteitä 11 pisteestä. Analyysimäärät on esitetty taulukossa 3. Selvityksessä havaittiin kaikissa muissa paitsi pisteessä 9 vähintään ohjearvotason ylittäviä alkuainepitoisuuksia. Kolmessa pisteessä alkuainepitoisuudet ylittivät raja-arvot, pisteessä 11 havaittiin lisäksi lievästi PAH-yhdisteillä ja ongelmajätetasoisesti mineraaliöljyillä pilaantunutta jätetäyttöä. Selvityksen perusteella ei esitetty massamääräarviota, mutta kaatopaikkatäytön laajuutta voitiin selvittää.

TAULUKKO 3, Ympäristöselvityksen analyysimäärät

Analyysi	Määrä [kpl]
Cr, Cu, Ni, Zn, As, Cd, Hg ja Pb	10
Mineraaliöljyt	1
PAH-yhdisteet	1
Petrolieetteriin uuttuvat yhdisteet	1

## Lisätutkimukset

Lisätutkimuksissa alueelle kaivettiin 21 koekuoppaa, lisäksi kahdesta tutkimuspisteestä otettiin näytteitä porakonekairalla. Koekuopat kaivettiin luonnonmaahan tai vedenpintaan asti, kuitenkin maksimissaan 4m syvyydelle. Kenttä- ja laboratorio-analysien määrät on esitetty taulukossa 4 Lisätutkimuksien perusteella arvioitiin alueen pinta-alaksi 5700 m<sup>2</sup> ja jätetäytön kokonaismääräksi noin 10 000 m<sup>3</sup>.

TAULUKKO 4. Analyysimäärät, Sopolitien lisätutkimukset

<b>Analyysi</b>	<b>Määrä [kpl]</b>
Alkuaine	50
Öljihiilivedyt	4
Öljihiilivedyt	6
VOC- yhdisteet	2
PAH- yhdisteet	2
PCB	2

## Kunnostussuunnittelu

Kunnostussuunnittelun yhteydessä ei tehty lisätutkimuksia. Tutkimuksissa saadun tiedon pohjalta arvioitiin alueelta poistettavien massojen lajit on esitetty taulukossa 5. Jätetäyttö tulkittiin voimakkaasti pilaantuneeksi, mikäli haitta-aineiden pitoisuudet ylittivät tason 2x raja-arvo. Kunnostustyön arvioitiin kestävän noin. 2 kuukautta.

TAULUKKO 5. Sopulitien vanha kaatopaikka – kunnostussuunnittelussa arvioi-  
dut massamäärät

Kustannustekijä	Määrä [m <sup>3</sup> ktr]	Määrä [t]	Loppusijoituskohde (mahdollinen)
>2x raja-arvon metalleja, öljyjä ja PAH:a	800	1 600	Soveltuva laitos
Muu jätetäyttöalue, väh. lie- västi metalleilla pilaantunutta (osin voimakkaasti)	9 000	18 000	Kaatopaikka
Jätetäyttöä yhteensä	10 000	20 000	

### Kunnostus

– Herttoniemen entinen kaatopaikka, kunnostuksen loppuraportti, SCC Viatek Oy,  
2.12.2002.

Varsinainen kunnostustyö aloitettiin 28.2.2002 alueen keskelle tulevalta Sopuli-  
rinteen katualueelta. Kunnostustyö valmistui kokonaisuudessaan 17.7.2002, joten  
työn arvioitu kesto aika yli kaksinkertaistui. Ennen varsinaisten kunnostustöiden  
aloittamista alueella tehtiin lisätutkimuksia siten, että kunnostettavalle alueelle oli  
sijoitettu 1 koekuoppa jokaista 100 m<sup>2</sup> aluetta kohden.

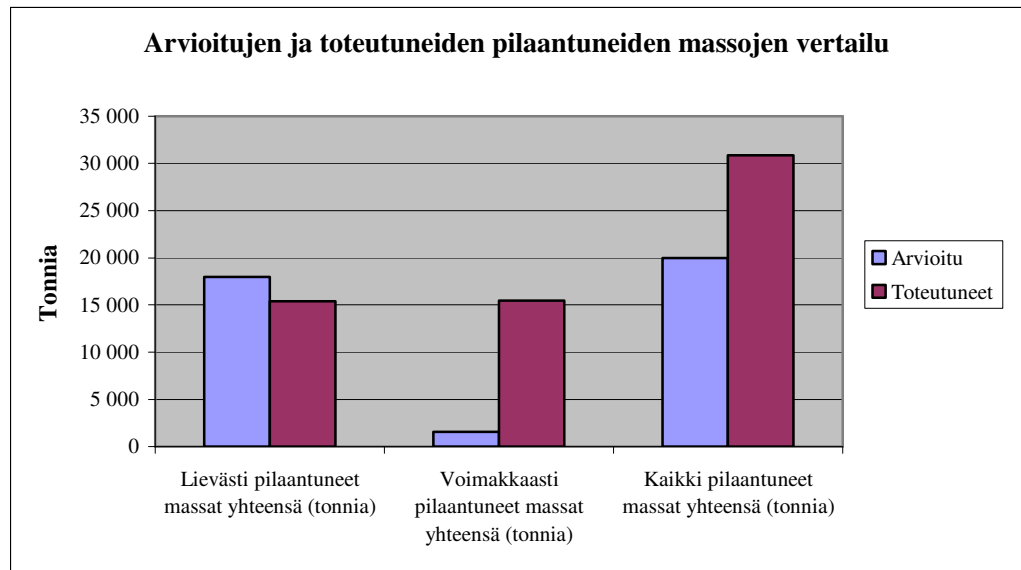
Varsinainen massanvaihtotyö toteutettiin lajittelevana kuivakaivuna. Kaivumassat  
eroteltiin aistinvaraisten havaintojen ja kenttämittauksien avulla hyväksikäyttäen  
tutkimustuloksia siten, että haitta-ainepitoisuustasoiltaan erilaiset massat tulivat  
erotelluiksi toisistaan. Maa-aineksista eroteltiin kaivutyön yhteydessä erottelevalla  
kaivulla ja/tai tarpeen vaatiessa välppäkauhalla suurimmat jätejakeet erilleen kai-  
vumassoista.

TAULUKKO 6. Sopulitien vanha kaatopaikka, toteutuneet massamäärät

<b>Materiaalin pilaantuneisuus</b>	<b>Määrä [t]</b>
Öljyhiilivedyille haiseva maa	4855
Lievä metalli	9466
Lievä metalli, lievä PAH	135
Lievä öljy	866
Lievä metalli, Lievä PCB	66
Lievä metalli, voimakas öljy	3242
Lievä metalli, voimakas öljy, lievä PAH	29
Lievä metalli, voimakas öljy, lievä PAH, lievä PCB	1027
Lievä metalli, voimakas öljy, lievä PCB	83
Lievä metalli, voimakas öljy, voimakas PAH	326
Voimakas metalli	5787
Voimakas metalli, lievä PCB, lievä öljy	188
Voimakas metalli, lievä öljy	216
Voimakas metalli, lievä öljy, lievä PAH, lievä PCB	660
Voimakas metalli, lievä öljy, lievä PCB	31
Voimakas metalli, voimakas öljy	2273
Voimakas metalli, voimakas öljy, lievä PAH	33
Voimakas metalli, voimakas öljy, Lievä PAH, lievä PCB	284
Voimakas metalli, voimakas öljy, lievä PCB	31
Voimakas metalli, voimakas öljy, voimakas PAH	32
Voimakas öljy	1220
<b>Lievästi pilaantuneet massat yhteensä (tonnia)</b>	<b>15388</b>
<b>Voimakkaasti pilaantuneet massat yhteensä (tonnia)</b>	<b>15462</b>
<b>Kaikki pilaantuneet massat yhteensä (tonnia)</b>	<b>30850</b>

### Arvioitujen ja toteutuneiden kustannuksien vertailu

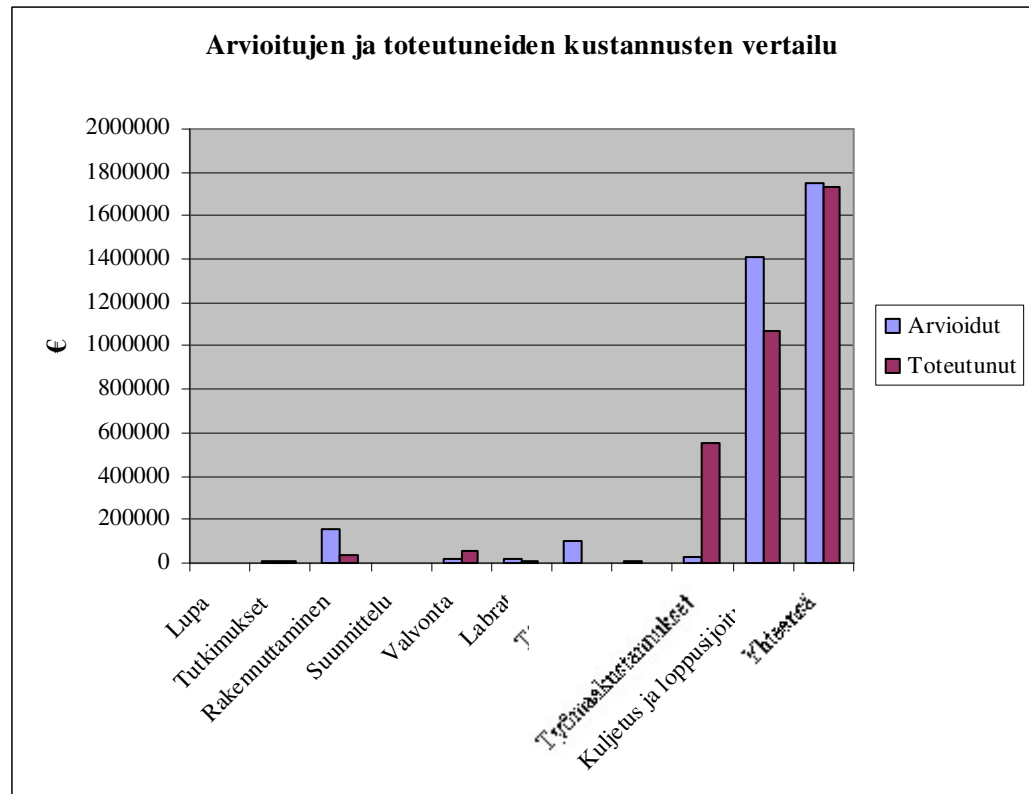
Kohteen lopulliset toteutuneet kunnostuskustannukset olivat 1 725 596 €, ja arvioitunut 1 747 481 €, joten toteutuneet kustannukset olivat 98,75 % arvioiduista. Kuviossa 2 on esitetty arvioitujen ja toteutuneiden pilaantuneiden massojen vertailu, taulukossa 7 ovat lopulliset toteutuneet kustannukset ja niitä on vertailtu arvioituihin, taulukon 7 tiedot on havainnollistettu kuviossa 3. Kunnostuskustannukset jäivät ennalta arvioiduista kustannuksista, vaikka pilaantuneet massamäärät kasvavat kolmanneksella.



KUVIO 2, Arvioitujen ja toteutuneiden massamäärien vertailu

TAULUKKO 7, Arvioitujen ja toteutuneiden kustannusten vertailu

Prosessivaihe	Arvioidut	Toteutunut
Lupa		538
Tutkimukset	10 031	10 031
Rakennuttaminen	158 862	33 173
Suunnittelu	4 205	2 371
Valvonta	19 005	55 132
Labrat	15 557	8 878
Täytöt	100 913	
Muut työt	10 091	
Työmaakustannukset	25 228	555 372
Kuljetus ja loppusijoitus	1 413 620	1 070 132
<b>Yhteensä</b>	<b>1 747 481</b>	<b>1 735 627</b>



KUVIO 3, Arvioitujen ja toteutuneiden kustannusten vertailu

### 5.1.2 Syväteentien teollisuusjätteiden jätetäyttöalue, Porvoon Tolkkisissa

Syväteentien entinen teollisuusjätteiden jätetäyttöalue sijaitsee Porvoon Tolkkisissa Syväteentien ja Skallholmintien välisellä ”Vita linjen – nimisellä” puistoalueella. Jätetäyttöalue on perustettu tiilitehtaan entiseen savenottokuoppaan. Jätetäyttöön on ajettu massoja 1940–1950 ja 1960 luvuilla, lähinnä Tolkkisissa sijainneelta sahalta ja selluloosatehtaalta. Jätetäyttöön on ajettu Tolkkisten sahan ja sellutehtaan alueelta ainakin rikkikiisun tuhkaa ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  +mahdollisesti metallisulfideja, arsenikkia ja seleeniä), prosessihäiriöiden seurauksena syntyneitä rikkikokkeita sekä happotorneista hiekkaa ja kalkkikiveä (saattaa sisältää epäpuhtauksina kuparia ja bariumia). (Anttonen 2002.sivut 1-10.)

Alueen pinta-ala on noin  $10\,300\text{m}^2$ , ja varsinaisen jätetäytön pinta-ala noin  $4500\text{m}^2$ . Kohteen rajanaapureina on kolme omakotitalotonttia. Alueen kaavassa

pääosa alueesta on merkitty VP-alueeksi, jonne voidaan sijoittaa pallokenttä. Lähin käytössä oleva talousvesikaivo sijaitsee noin 300–400 metrin päässä kohteesta (Anttonen 2002, sivu 11.). Kartta kohteesta on liitteessä 3.

### **Alueella tehdyt tutkimukset ja suunnittelu**

Alueen tutkimukset on suoritettu kolmessa vaiheessa, vuosina 2002–2004. Ensimmäinen tutkimus (2002), eli perustilaselvitys on Hämeen ammattikorkeakoulussa laadittu opinnäytetyö. Sen jälkeiset tutkimukset ja suunnitelmat ovat konsulttitoimiston laatimia:

- Tolkkisten sahan ja selluloosatehtaan vanhan jätetäytön tilan kartoitus, 9.4.2002, Laura Anttonen, Hämeen ammattikorkeakoulu, opinnäytetyö
- Syvänteentien entinen teollisuusjätteen jätetäyttöalue, Tolkkinen, Porvoo, Lisätutkimus, 82103695, 8.10.2003, SCC Viatek Oy
- Syvänteentien entinen teollisuusjätteen jätetäyttöalue, Tolkkinen, Porvoo, Täydentävä lisätutkimus, 82103695, 13.4.2004, Ramboll Finland Oy (SCC Viatek Oy).
- Syvänteentien entinen teollisuusjätteen jätetäyttöalue, Tolkkinen, Porvoo. Pilaantuneen maaperän kunnostuksen yleissuunnitelma, Ramboll Finland Oy 2.6.2004.

### **Tutkimus 2002**

Laura Anttonen kartoitti opinnäytetyössään alueen jätetäytön tilaa. Tutkimuksissa alueelle kaivettiin 10 koekuoppaa. Seitsemästä koekuopasta otettiin yksi näyte kustakin, yhdestä koekuopasta otettiin kaksi näytettä. Koekuopista määritettiin mm, jätteiden koostumus ja hajua. Taulukkoon 8 on koottu näytteistä tehdyt analyysimäärät. Tutkimuksissa havaittiin raja-arvot ylittäviä pitoisuuksia raskasmetal-



leja ja PAH-yhdisteitä. Tutkimuksen perusteella jätetäytön pinta-alaksi arvioitiin noin 2400 m<sup>2</sup> ja tilavuudeksi 4800 m<sup>3</sup>.

TAULUKKO 8. Vuoden 2002 tutkimus, tehdyt analyysimäärät

<b>Analyysi</b>	<b>Määrä [kpl]</b>
Alkuaineet (25 kpl)	8
Öljyt	7
PAH-yhdisteet	3
kloorifenolit	3

### **Lisätutkimus 2003**

SCC Viatek toteutti alueella lisätutkimuksia. Tutkimuksissa alueelle tehtiin 17 kpl koekuoppia, lisäksi näytteitä otettiin itäpuolella olevasta lammikosta, lammikon laskuojasta ja laskuojan penkereestä. Koekuopista otettiin näytteitä kerroksittain. Kuuteen koekuoppaan asennettiin huokoskaasuputki, kyseisten koekuoppien kairun yhteydessä suoritettiin kuopista huokoskaasumittaukset. Kuopista mitattiin H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, HCN sekä VOC-yhdisteet ja ilmanpaine. Taulukossa 9 on esitetty lisätutkimuksissa tehdyt analyysimäärät.

TAULUKKO 9. Lisätutkimuksien analyysimäärät

<b>Analyysi</b>	<b>Määrä [kpl]</b>
Alkuaineet	22
Elohopea	11
Öljyt	13
VOC-yhdisteet	4
PAH-yhdisteet	6
kloorifenolit	6
PCB	4
asbesti	4

Tutkimusten perusteella todettiin varsinaisen jätetäytön olevan kokonaisuudessaan voimakkaasti metalleilla (pääasiassa As, Cu, Pb ja Zn) sekä suurelta osin myös voimakkaasti tai lievästi PAH- yhdisteillä pilaantunutta. Tutkimuksen perusteella jätetäytön pinta-alaksi arvioitiin 5300 m<sup>2</sup> ja tilavuudeksi 11 000 m<sup>3</sup> ktr. Lisäksi lammikon alueella arvioitiin olevan pilaantunutta sedimenttiä noin 1 000 m<sup>3</sup> ktr.

## Täydentävä lisätutkimus 2004

SCC Viatek toteutti alueella täydentäviä lisätutkimuksia. Tutkimuksissa alueelle tehtiin 9 kpl koekuoppia, joista otettiin näytteitä kerroksittain. Huokoskaasumittaukset suoritettiin lisätutkimusten yhteydessä alueelle asennetuista huokoskaasuputkista, joista mitattiin: H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, HCN sekä VOC-yhdisteet ja ilmanpaine. Taulukossa 10, on esitetty täydentävien lisätutkimusten analyysimäärät.

TAULUKKO 10. Täydentävien lisätutkimusten analyysimäärät

Analyysi	Määrä [kpl]
Alkuaineet	15
Elohopea	8
Öljyt	4
VOC-yhdisteet	4
PAH-yhdisteet	4
PCB	5
asbesti	4
PCDD/PCDF	1
syanidit	1

Tutkimusten perusteella arvioitiin jätetäytön laajuudeksi noin 4500 m<sup>2</sup>.

## Kunnostuksen yleissuunnitelma

Kunnostussuunnitelman yhteydessä ei tehty tarkentavia tutkimuksia ja pilaantuneiden massojen määrät arvioitiin tehtyjen tutkimusten perusteella. Yleissuunnitelmassa esitettiin alueelle jätettäväksi n. 500 m<sup>3</sup> lievästi metalleilla pilaantunutta maata lammikon alueelle ja alueen lounaiskulmaan. Taulukossa 11 on esitetty arvioitujen pilaantuneiden massojen määrät pilaantuneisuustasoin.

TAULUKKO 11, Tolkkisten arvioidut pilaantuneet massamäärät tasoittain

Muuttuja \ Alue	Jätetäyttö	Tontti 10:126	Itä- ja lounaispuolien puolien pilaantuneet maat	Pilaantunut sedimentti	Yhteensä
Voimakkaasti pilaantunutta [m <sup>3</sup> ktr]	10 000	100 - 500	0	200	10 300 - 10 800
Voimakkaasti pilaantunutta [t]	20 000	200 - 1000	0		20 600 - 21 600
Lievästi pi- laantunutta [m <sup>3</sup> ktr]	0	100 - 500	350	700	1 150 - 1 550
Lievästi pi- laantunutta [t]	0	200 - 1000	700		2 300 - 3 100
<b>Yhteensä [m<sup>3</sup>ktr]</b>	<b>10 000</b>	<b>200 - 600</b>	<b>350</b>	<b>900</b>	<b>11 450 - 12 350</b>
<b>Yhteensä [t]</b>	<b>20 000</b>	<b>400 - 1200</b>	<b>700</b>		<b>22 900 - 24 700</b>
<b>Kaikki pilaantuneet massat yhteensä 12 000 m<sup>3</sup>ktr (24 000 t)</b>					

### Kunnostus

– Syväteentien entisen teollisuusjätteen jätetäyttöalue, Tolkkinen, Porvoo. Pilaantuneen maaperän kunnostuksen loppuraportti, yhteenvedo koko alueesta. Ramboll Finland Oy 6.3.2006.

Alueen kunnostustyöt toteutettiin syksyllä 2005. Työt alkoivat 18.8.2005 ja valmistuivat pilaantuneiden maiden kaivutyön osalta 25.10.2005, minkä jälkeen alueella tehtiin vielä täyttö- ja viimeistelytyötä. Kunnostustyö kesti n. kaksi kuukautta.

Pilaantuneiden massojen kaivutyöt toteutettiin lajittelevana kuivakaivuna. Eritavoin pilaantuneet massat eroteltiin toisistaan aistinvaraisten havaintojen ja kenttämittausten avulla hyödyntäen alueelta olevia tutkimustuloksia. Kaivutöiden edessä havaittiin jätetäyttöalueen ulottuvan arvioitua laajemmalle alueelle Syvänteentien kohdalla. Alueen kaakkoispuolella olevan lammikon alueelle jätettiin lievästi pilaantunutta maa-ainesta, kuitenkin siten että kunnostuksen tavoitetasot

saavutettiin. Kunnostetulta alueelta poistettiin maamassoja yhteensä 19 544 tonnia. Taulukossa 12 on esitetty alueelta poistetut massat.

TAULUKKO 12, Tolkkisten toteutuneet massamäärät

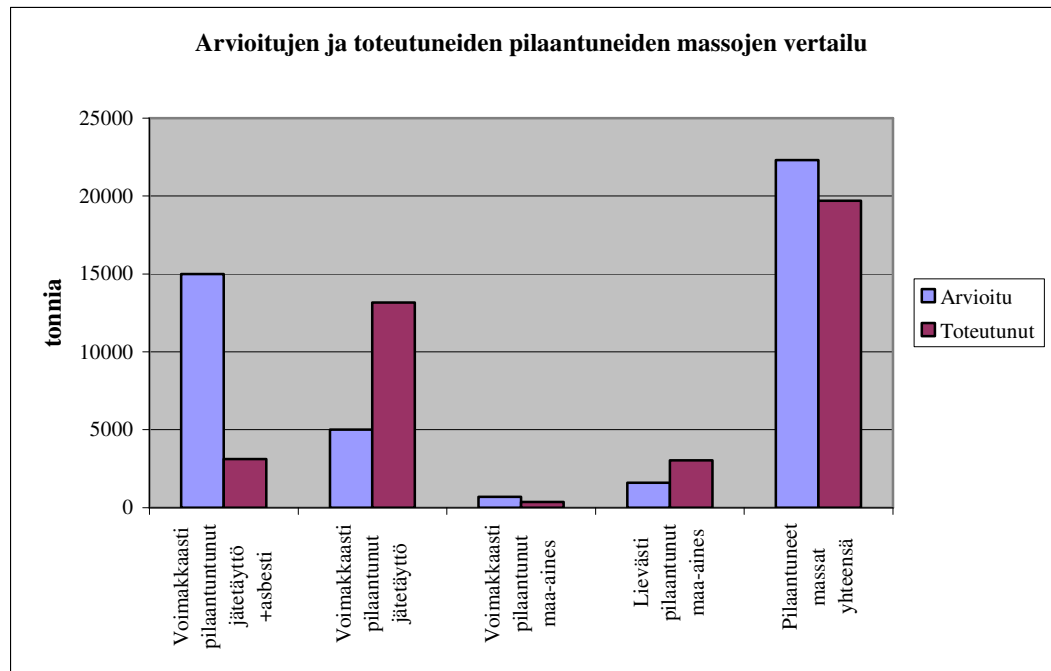
<b>Kustannustekijä</b>	<b>Määrä [t]</b>	<b>Määrä [m<sup>3</sup>ctr]*</b>
Lievästi pilaantunut maa	3 105	1 552
Lievästi pilaantunut maa, jätettä	97	48
Voimakkaasti pilaantunut maa	554	277
Voimakkaasti pilaantunut maa, jätettä	12 287	6 144
Voimakkaasti pilaantunut maa, jätettä ja asbestia	3 196	1 598
Rakennusjäte ja ylijäämämaa	262	131
Ylijäämämaa, jätettä	44	22
<b>Pilaantuneet maamassat yhteensä</b>	<b>19 238</b>	<b>9 619</b>
<b>Kaikki maamassat yhteensä</b>	<b>19 544</b>	<b>9 772</b>
*Tilavuudet laskettu käyttäen oletus 1tonni = 0,5 m <sup>3</sup> ctr		

### Arvioitujen ja toteutuneiden kustannuksien vertailu

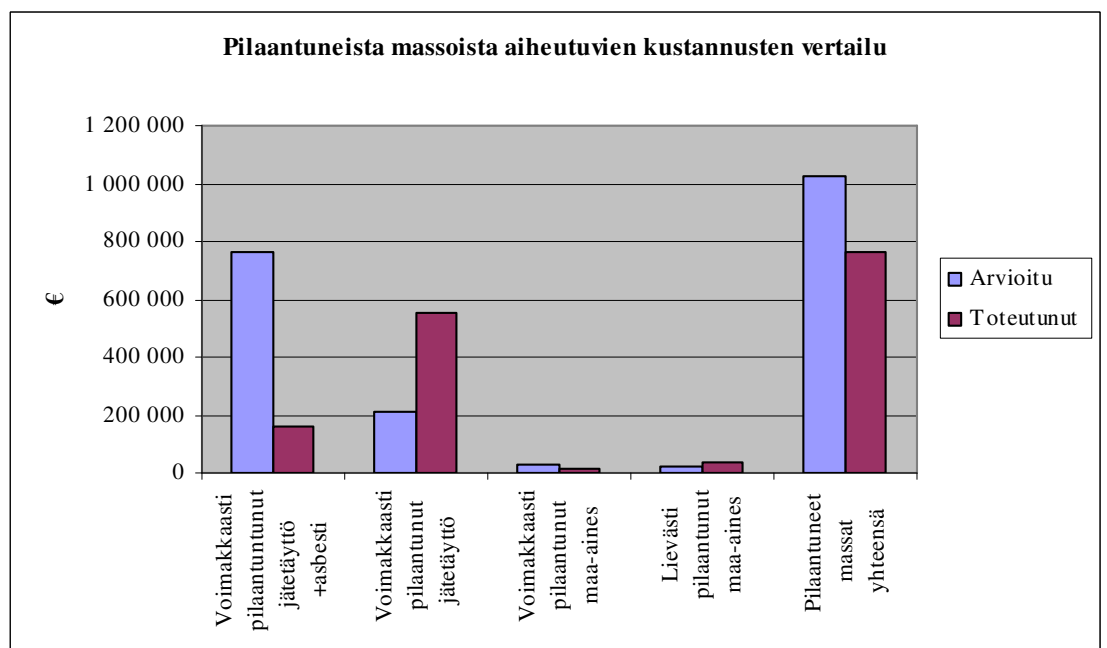
Kohteen toteutuneet kunnostuskustannukset olivat 1 156 800 € ja arvioidut 2 040 200 €, joten toteutuneet kustannukset olivat 57 % arvioiduista. Taulukossa 13 on verrattu arvioituja ja toteutuneita kustannuksia, kuviossa 4 on esitetty arvioitujen ja toteutuneiden pilaantuneiden massojen vertailu, kuviossa 5 on vertailtu pilaantuneista massoista aiheutuneita kustannuksia ja kuviossa 6 on esitetty massamäärien kehitys kunnostusprosessin eri vaiheissa (kuviossa ei huomioitu seulonnan vaikutusta jätetäytön tilavuuteen).

TAULUKKO 13. Arvioitujen ja toteutuneiden kustannuksien vertailu

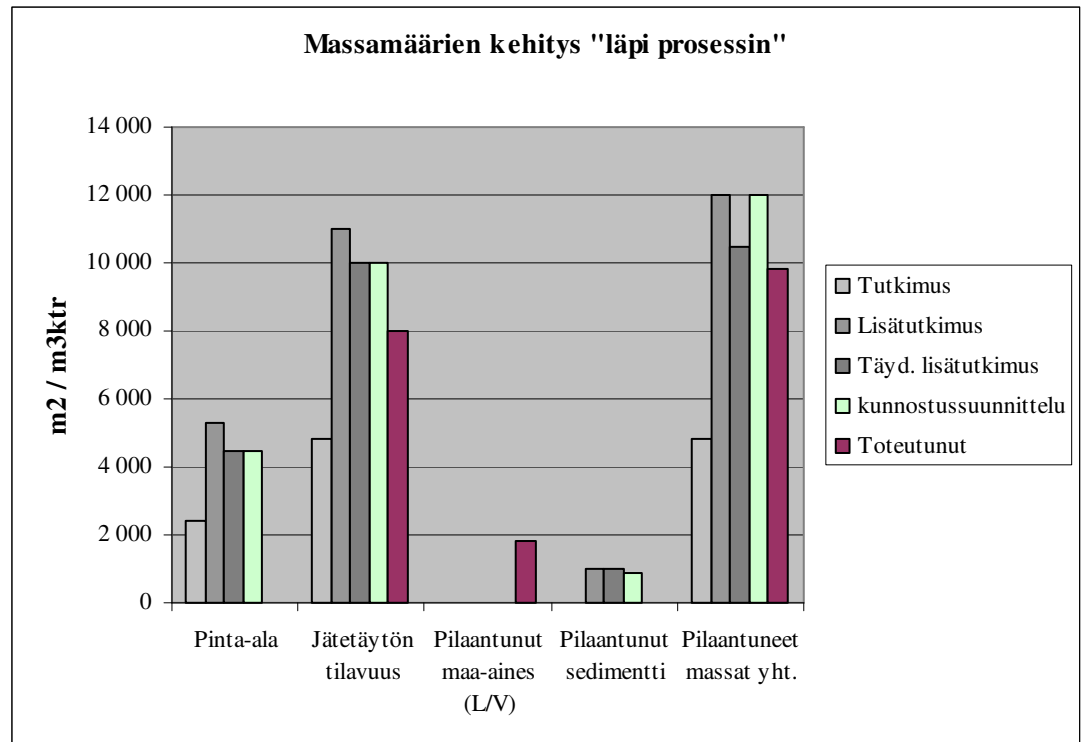
<b>Kustannustekijä</b>	<b>Toteutunut</b>	<b>Arvioitu</b>	<b>Toteuma (%)</b>
Rakennuttaminen	47 862	105 200	45
Työmaakustannukset (ml täytöt)	191 312	247 400	77
Kaivu, käsittely kuljetukset	765 936	1 542 600	50
Suunnittelu	15 185	6 000	253
Valvonta	98 400	139 000	71
Labrat (kaikki)	51 437		
Tutkimukset	38 104		
<b>Yhteensä</b>	<b>1 156 800</b>	<b>2 040 200</b>	<b>57</b>



KUVIO 4. Arvioitujen ja toteutuneiden pilaantuneiden massojen vertailu



KUVIO 5. Pilaantuneista massoista aiheutuvien kustannusten vertailu



KUVIO 6, massamäärien kehitys prosessin eri vaiheissa

## 5.2 Kauppapuutarhat (kasvihuoneet)

Kasvihuonekohteet ovat tyypillisesti pieniä kohteita ja poistettavat pilaantuneet massamäärät suhteellisen pieniä. Tyypillisen kotimaisen kauppapuutarhan koko vuonna 1950 oli 620m<sup>2</sup> kun vuonna 2000 se oli 1811m<sup>2</sup> (Suomen ympäristö 604, sivu 20, 2003). Kauppapuutarhan toiminta-aika vaikuttaa selvästi paitsi alueen todennäköiseen laajuuteen, myös käytettyihin torjunta-aineisiin.

Maaperän pilaantuminen kasvihuonekiinteistöillä johtuu yleensä joko käytetyistä torjunta-aineista ja/tai kasvihuoneiden lämmitykseen käytetystä öljystä (pääasiallinen lämmönlähde). Muutamia yleisimpiä maaperän pilaantumista aiheuttaneita aineita kasvihuoneilla ovat metalleja sisältävät torjunta-aineet (As, Cu, Pb ja Zn), elohopea, atrasiini, simatsiini ja DDT. (Suomen ympäristö 604, sivut 32 – 38,2003)

Yleisimmin kasvihuoneilla on maaperä pilaantunut ainoastaan humuspitoisen kasvukerroksen osalta, johtuen humuksen haitta-aineita sitovasta vaikutuksesta (ai-

heesta lisää Leea Fraktmanin selvityksessä). Usein kasvihuonekiinteistöt ovat lisäksi sijoittuneet huonosti vettä läpäiseville (mineraali- ja ravinnepitoisille) savikkoalueille, joissa on paremmat luontaiset kasvuedellytykset kasvien kasvulle. (Pitkäranta 2007.)

### 5.2.1 Munkkiniemen kauppapuutarha, Helsingin Munkkiniemessä

Kohde sijaitsee Helsingin Munkkiniemessä, osoitteessa Perustie 39, kohteen pinta-ala on 3039m<sup>2</sup>. Alueella on ollut kauppapuutarhatoimintaa vuodesta 1927 vuoteen 1988 saakka. Alueella on ollut useita kasvihuoneita, lisäksi alueella on harjoitettu avolava- ja peltoviljelyä. Kohteessa tiedettiin kasvatetun ainakin kukkia.

Kohteen maaperä tiedettiin ainakin osittain pilaantuneeksi ennen varsinaisia tutkimuksia. Kohteesta oli aiemmin otettu Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen toimesta neljästä pisteestä näytteitä, joista on analysoitu torjunta-aineita ja metalleja. Tutkimuksissa osassa pintamaanäytteissä ohjearvotason ylittäviä pitoisuuksia DDT:tä, DDE:tä, elohopeaa, kadmiumia ja sinkkiä. Kohde ei sijaitse luokitellulla pohjavesialueella. Kartta kohteesta on liitteessä 4.

#### **Alueelle tehdyt tutkimukset ja suunnittelu**

- Leea Fraktman. Torjunta-aineiden esiintyminen ja käyttäytyminen kauppapuutarhojen maaperässä. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 8/2002.
- SCC Viatek Oy. Maaperän pilaantuneisuustutkimus, Helsingin kaupunki, Munkkiniemen kauppapuutarha, Perustie 39. 8.5.2003, päivitetty 12.6.2003.
- SCC Viatek Oy. Kunnostuksen yleissuunnitelma, Helsingin kaupunki, Munkkiniemen kauppapuutarha, Perustie 39, Kortteli 30095, tontti16. 9.5.2003.

## Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen selvitys

Helsingin ympäristökeskus teki selvitystyön torjunta-aineiden esiintymisestä ja käyttäytymisestä kauppapuutarhojen maaperässä (Fraktman 2002). Selvitystyössä mukana olleet kohteet olivat Helsingin kaupungin alueelta, joista yhtenä mukana oli Munkkiniemen kauppapuutarha. Alueella havaittiin selvityksessä osassa pintamaanäytteistä ohjearvotason ylittäviä pitoisuuksia elohopeaa, kadmiumia, sinkkiä sekä DDT:tä ja DDE:tä. Selvityksen tarkoituksena ei ollut kartoittaa massamääriä kauppapuutarhoilta, joten siinä ei esitetty massamääräarvioita.

## Varsinaiset tutkimukset ja kunnostussuunnitelma

SCC Viatek Oy toteutti alueen maaperän pilaantuneisuustutkimuksen. Tutkimuksissa alueelle tehtiin 17 kappaletta koekuoppia, joista otettiin näytteitä sekä pintamaakerroksesta (noin 0-0,2m), että pintamaan alapuolisesta kerroksesta (noin 0,2-0,5m). Taulukossa 14 on esitetty tutkimuksen yhteydessä analysoidut näytemäärät ja haitta-aineet.

TAULUKKO 14, Munkkiniemen kauppapuutarha – Analysoidut haitta-aineet ja näytemäärät

<b>Kustannustekijä</b>	<b>Määrä [kpl]</b>
Koekuoppia	17
Näytteitä	31
<b>Analysoidut haitta-aineet:</b>	
Alkuaineet (INNOV-Xrf)	31
Alkuaineet (ICP-AES)	6
Torjunta-aineet	17
PAH-yhdisteet	1

Tutkimuksissa havaittiin alueella ohjearvotason ylittäviä pitoisuuksia alkuaineita (lyijy, sinkki, arseeni, kadmium ja kupari) ja torjunta-aineita (DDT, DDD, DDE ja heksaklooribentseeni). Torjunta-aineita havaittiin kaikissa tutkituissa näytteissä (17kpl), ohjearvotaso ylittyi 11 näytteessä. Tutkimusten perusteella laadittiin kunnostussuunnitelma, jossa arvioitiin alueella olevan lievästi pilaantunutta maata



noin 1425 m<sup>3</sup> ktr, lisäksi alueen itäosassa arvioitiin olevan noin 15 m<sup>3</sup> ktr jätetäytettä.

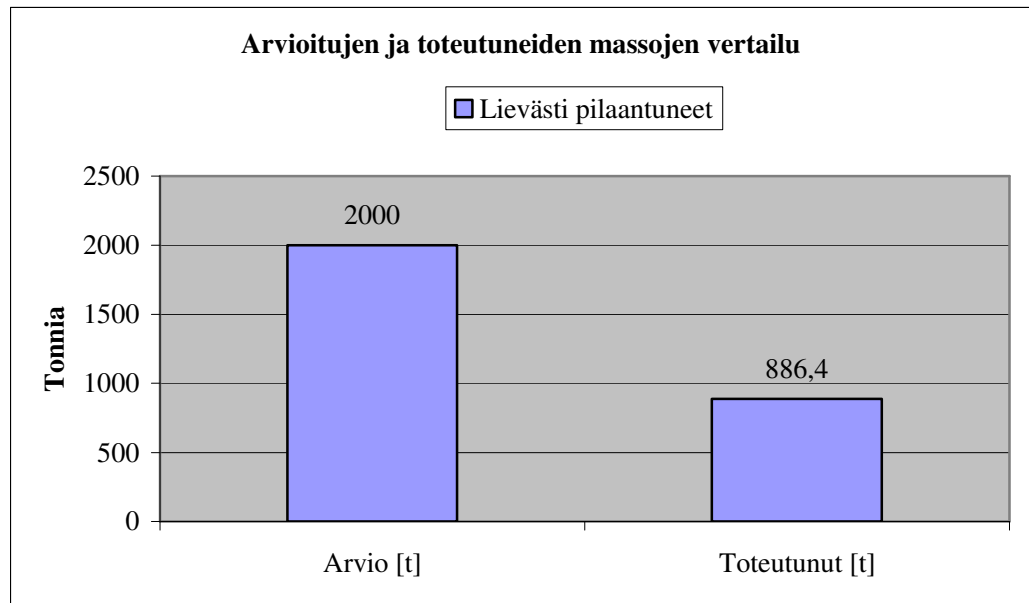
### **Kunnostus**

– Pilaantuneen maaperän puhdistuksen loppuraportti, Perustie 39, Helsinki. 29.9.2003 Scc Viatek Oy.

Alueen maaperä kunnostettiin massanvaihdoilla 25.6.2003 ja 24.7.2003 välisenä aikana. Kunnostustyö toteutettiin alueen rakennustöiden yhteydessä. Alueelle jätettiin lievästi alkuaineilla ja torjunta-aineilla pilaantunutta maata noin 20m<sup>2</sup> kokoiselle alueelle noin 20 m<sup>3</sup>, koska ko. alueella olevia puita ei haluttu kaataa. Alueelta poistettiin lievästi alkuaineilla ja torjunta-aineilla pilaantuneita maamassoja yhteensä 886 tonnia. Kunnostetulta alueelta oli arvioitu poistettavan 2000 tonnia, joten toteutunut massamäärä oli vain 44 % arvioidusta.

### **Arvioitujen ja toteutuneiden kustannuksien vertailu**

Kohteen toteutuneet kunnostuskustannukset olivat 72 264 €, ja arvioidut 113 792€, joten toteutuneet kustannukset olivat 64 % arvioiduista. Pilaantuneiden massojen toteutunut määrä oli 44 % arvioidusta määrästä. Kohteen kustannustiedoista ei ollut käytettävissä todellisia toteutuneita pilaantuneiden massojen kaivun aiheuttamia kustannuksia, joten arvioidut ja toteutuneet työmaakustannukset (tässä kohteessa pelkkä kaivutyö) on oletettu samoiksi. Todennäköisesti todelliset kaivutyön aiheuttamat kustannukset ovat olleet hieman suuremmat. Kuviossa 7 on verrattu arvioituja ja toteutuneita pilaantuneita massoja. Taulukossa 15 on verrattu arvioituja ja toteutuneita kustannuksia.



KUVIO 7. Arvioitujen ja toteutuneiden pilaantuneiden massojen vertailu

TAULUKKO 15. Arvioitujen ja toteutuneiden kustannuksien vertailu

<b>Kunnostuskustannukset</b>	<b>Arvio [€]</b>	<b>Toteutunut [€]</b>
Tutkimukset ja yleissuunnittelu	15 506	15 506
Lupa	800	800
toteutussuunnitelmat	600	
Vastaanotto ja kuljetus	60 000	29 817
Valvonta ja loppuraportti	6 500	9 250
Labrat (kunnostus)	10 405	3 981
Työmaakustannus*	3 000	3 000
Välisumma	81 305	46 848
Rakennuttaminen**	16 981	9 910
Kunnostuksen kustannukset	98 286	56 758
<b>Kaikki yhteensä</b>	<b>113 792</b>	<b>72 264</b>
*Kaivettu määrä oletettu vakioksi		
**Laskettu käyttäen kustannusarvion oletuksia		

### 5.2.2 Kulovalkean alue, Espoon Tuomarilassa

Kohde sijaitsee Espoossa Tuomarilan aseman pohjoispuolella, alueen pinta-ala on noin 17 000m<sup>2</sup> ja pilaantuneisuustutkimus on tehty 8000m<sup>2</sup> kokoiselle alueelle. Kohde kuuluu Espoon Tuomarila III kaava-alueeseen, alueelle tullaan rakentamaan katu, putkilinjoja, tori, puisto ja alueen pohjoisosaan asuinrakennuksia. Kohteessa on ollut ainakin 1950 ja 1960 – luvuilla kasvihuoneita. Kohde ei sijaitse luokitellulla pohjavesialueella. Alueella on noin 0,1...0,9m pintakerroksen alla paksut savikerrokset (8-9m), joiden alla on n. 2-4 metriä moreenia. Kallionpinta on n. 12–14 metrin syvyydellä maanpinnasta. Kartta kohteesta on liitteessä 5.

#### **Alueelle tehdyt tutkimukset ja suunnittelu**

- Entisen kasvihuoneen maaperän pilaantuneisuustutkimus, Kulovalkeantie Espoo. 1.7.2004 Ramboll Finland Oy.
- Pilaantuneen maaperän kunnostuksen yleissuunnitelma, Kulovalkeanalue Espoo. 20.8.2004 Ramboll Finland Oy.

Kohteessa suoritettiin maaperän pilaantuneisuustutkimuksia alueen maankäytön muutosten takia. Alueelta otettiin maanäytteitä 15 koekuopasta, joista analysoitiin laboratoriossa alkuaine-, elohopea- ja torjunta-ainepitoisuuksia 22:a näytteestä. Tutkimusten perusteella alueen maaperän todettiin olevan laajalta alueelta lievästi metalleilla (alkuaineilla) pilaantunut. Lisäksi alueella havaittiin paikoin voimakasta alkuainepilaantuneisuutta ja lievää torjunta-ainepilaantuneisuutta (DDT +hajoamistuotteet). Useissa koekuopissa (7 kpl) havaittiin maaperässä hieman jätejakeita (lasia, muovia ja tiilenpalasia). Alueen kunnostussuunnittelu voitiin toteuttaa tehdyn tutkimuksen perusteella. Taulukossa 16 on esitetty pilaantuneiden maa-aineksien massamääräarvio.

TAULUKKO 16, Kulovalkean alue – arvioidut massamäärät

<b>Pilaantuneisuus</b>	<b>Pinta-ala [m<sup>2</sup>]</b>	<b>Määrä [m<sup>3</sup>ktr]</b>	<b>Määrä [t]</b>
Lievästi pilaantunutta	4 200	1 900	3 800
Voimakkaasti pilaantunutta	1 400	700	1 400
<b>Yhteensä</b>	<b>5 600</b>	<b>2 600</b>	<b>5 200</b>

### **Kunnostus**

– Pilaantuneen maaperän kunnostuksen loppuraportti, Kulovalkean alue Espoo.  
12.4.2005 Ramboll Finland Oy.

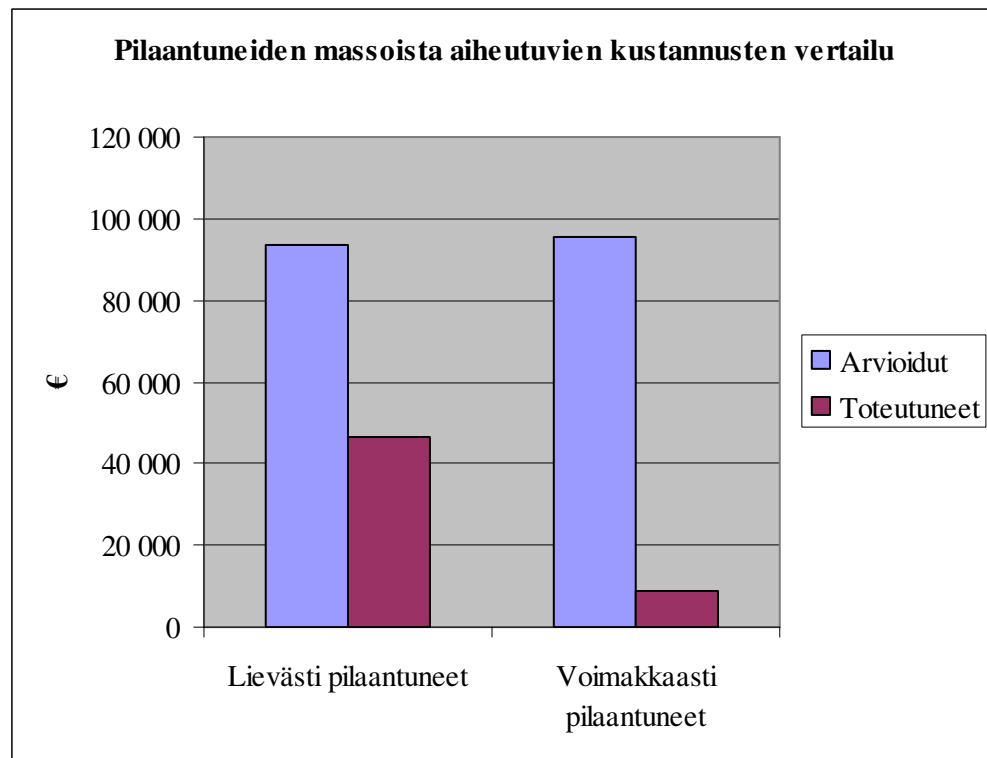
Alue kunnostettiin massanvaihdolla. Kunnostustyöt aloitettiin 8.12.2004, ja ne valmistuivat 2.2.2005. Kunnostustyöt aloitettiin alueelle kaivutyötä varten tehdyillä lisätutkimuksilla. Tämän jälkeen aloitettiin varsinainen pilaantuneen maan poistaminen alueelta, pääosin kaivualueelta poistettiin pilaantuneet pintamaat saveen asti. Kunnostustöiden yhteydessä löydettiin alueelta ilmeisesti vanhan lämpökeskuksen betoninen ”pohjakaukalo”, joka sisälsi rakennusjätettä ja voimakkaasti metalleilla ja lievästi öljyillä ja PAH-yhdisteillä pilaantunutta lietettä sekä vettä. Taulukossa 17 on esitetty alueelta poistetut massamäärät.

TAULUKKO 17, Kulovalkean alue – toteutuneet massamäärät

<b>Pilaantuneisuus</b>	<b>Määrä [t]</b>
Lievästi epäorgaanisilla	2 346
Lievästi epäorgaanisilla ja orgaanisilla	568
Lievästi pilaantunut + rakennusjätettä	270
Voimakkaasti epäorgaanisilla	201
Betoni	56
Kannot	58
Pilaantunut vesi ja liete	24
<b>Pilaantuneet yhteensä</b>	<b>3 409</b>
<b>Muut yhteensä</b>	<b>113</b>
<b>Kaikki yhteensä</b>	<b>3 523</b>

### Arvioitujen ja toteutuneiden kustannuksien vertailu

Kohteen toteutuneet kunnostuskustannukset olivat 164 892 €, ja arvioidut 261 914 €, joten toteutuneet kustannukset olivat 63 % arvioituista. Pilaantuneiden maa-aineksien loppusijoituksesta ja kuljetuksesta aiheutuneet kustannukset olivat 45 % arvioituista. Pilaantuneiden massojen arvioitua vähäisempi määrä, ja erityisesti voimakkaasti pilaantuneiden vähäinen määrä suhteessa arvioituun (9,5 %) oli syy kustannusten pienentymiseen. Kuviossa 8 on verrattu arvioituja ja toteutuneita pilaantuneiden massojen käsittelystä kustannuksia. Taulukossa 18 on verrattu kohteen arvioituja kustannuksia toteutuneisiin.



KUVIO 8. Pilaantuneiden massojen käsittelystä aiheutuvien kustannusten vertailu

TAULUKKO 18. Arvioitujen ja toteutuneiden kustannuksien vertailu

Kustannustekijä	Toteutuneet		Arvioidut	
	Määrä [t]	Toteutunut [€]	Määrä [t]	Arvioitu [€]
<i>Pilaantuneet</i>				
Lievästi epäorgaanisilla	2 346	36 399		
Lievästi epäorgaanisilla ja orgaanisilla	568	10 376		
Lievästi pilaantunut + rakennusjätettä	270	23 478		
Voimakkaasti epäorgaanisilla	201	9 037		
Betoni	56	929		
Kannot	58	4 825		
Pilaantunut vesi ja liete	24	7 062		
Lievästi pilaantuneet	3 184	46 775	5776*	93 559
Voimakkaasti pilaantuneet	201	9 037	2128*	95 569
Jätepitoinen pilaantunut maa-aines	270	23 478		
Pilaantuneet massat, loppusijoitus ja kuljetus	3 409	86 352		189 127
Kannot, betoni	114	5 754		
Kaikki poistetut yhteensä	3 523	92 106		189 127
Tutkimukset, suunnittelu ja valvonta (labrat)		42 834		42 834
Työmaakustannukset		29 067		29 067
Lupa		886		886
<b>Kustannukset yhteensä, alv 0%</b>		<b>164 892</b>		<b>261 914</b>
*Arvioidut pilaantuneet tonnit laskettu seuraavasti: 1900 m <sup>3</sup> kr * 1,52 = 2888 m <sup>3</sup> itd *2 = 5776 t				
Arvioidut kustannukset laskettu jälkikäteen, olettaen työmaakustannukset, konsulttikustannukset ja luvan osuuden samoiksi				

### 5.3 Varikkoalueet

Varikko- ja tukikohtakiinteistöt ovat yksi maaperän pilaantumista aiheuttanut toimintoryhmä. Varikkokiinteistöjen toiminnot voivat vaihdella kohteittain merkittävästi. Yleisimpiä maaperän pilaantumisen kannalta merkittäviä toimintoja varikkokiinteistöillä ovat: palavien nesteiden (diesel, polttoöljy ja bensiini) varastointi- ja jakelutoiminnat, korjaamotoiminta ja erilaisten muiden materiaalin varastointi- ja käyttötoiminnat – esimerkiksi maantiesuolan ja/tai kyllästettyjen puupylväiden varastointi. Yleisimmät maaperää pilanneet kemikaalit varikkokiinteistöillä ovat: raskasmetallit, arseeni, öljyt ja bensiini, PAH-yhdisteet, PCB:t ja syanidi (maanteiden suolauksessa on käytetty nitriliä sisältäviä suoloja).

### 5.3.1 Uudenmaantiepiirin Saukkolan entinen tukikohta, Nummi-Pusulan Saukkolassa

Kohteessa oli Uudenmaan tiepiirin tukikohta 1960-luvulta 1980-luvulle, sittemmin alueella ovat toimineet päiväkotiki ja kuntosali. Tukikohta-alueen koko on noin 7700m<sup>2</sup>. Kohdealue sijaitsee luokitellulla 1. luokan pohjavesialueella (0154003, Saukkola – Mäntsälä), lähin vedenottamo sijaitsee noin 300 metrin etäisyydellä kohteesta. Kohteessa on ollut maanpäällinen polttoaineiden jakelupiste, joka oli poistettu kiinteistöltä jo aiemmin. Alueen pohjoisosassa oli maanalainen jäteöljysäiliö, lisäksi varastorakennuksen pohjoispäädyssä on ollut ajoneuvojen pesupaikka. Kartta kohteesta on liitteessä 6.

Maaperän pilaantuminen alueella havaittiin jäteöljysäiliön noston yhteydessä syksyllä 2003, tuolloin havaittiin öljyllä pilaantunutta maata poistetun jäteöljysäiliön ympärillä. Poistettu jäteöljysäiliö nostettiin kaivannon reunalle samoin kuin osa öljyisistä maa-aineksista (säiliön poiston takia kaivetut maat). SCC Viatek teki alueella maaperäselvityksen marraskuussa 2003. Maaperäselvityksen tuloksista ei tehty erillistä tutkimusraporttia, vaan tutkimukset raportoitiin kunnostuksen yleissuunnitelmassa.

#### **Alueella tehdyt tutkimukset ja suunnittelu**

– Uudenmaantiepiirin Saukkolan vanha tukikohta – Kunnostuksen yleissuunnitelma, Ramboll Finland Oy 30.6.2004.

Tutkimuksissa alueelta otettiin maanäytteitä kairaamalla yhteensä 6 tutkimuspisteestä, lisäksi otettiin kahdesta jäteöljysäiliön noston yhteydessä alueelle läjitetystä kasasta näytteet lapiolla. Pisteet sijoituivat siten, että pisteet P1-P3 sijoituivat jäteöljysäiliökaivannon läheisyyteen, pisteet P3 ja P4 sijaitsivat autojen pesupaikan lähistöllä ja pisteet P5 ja P6 poistetun polttoaineiden jakelupisteen alueella. Tutkimuspisteistä otettiin näytteitä kerroksittain (kerrospaksuus 0,5-1m) yhteensä 20 kappaletta. Näytteenoton yhteydessä yritettiin asentaa alueelle pohjaveden tarkkailuputki vedenpinnan korkeuden havainnointia ja vesinäytteenottoa varten.

Putkea ei kuitenkaan asennettu, koska kairauksissa ei havaittu vielä 18 metrin syvyydelläkään vettä.

Näytteistä analysoitiin öljyhiilivetyjen kokonaispitoisuudet kenttä- ja laboratorio-analyysin. Analyysissä havaittiin tutkimuspisteessä P1 syvyydellä 2,5-3,0m kenttäanalyysissä öljyhiilivetyjä 5300 mg/kg ja syvyydellä 3,0-3,5m laboratorio-analyysissä öljyhiilivetyjä 1700mg/kg. Tutkimusten perusteella tehty massamäärä- ja kustannusarvio on esitetty taulukossa 19.

TAULUKKO 19, Saukkolan tukikohdan arvioidut massamäärät ja kunnostuskustannukset

<b>Kustannustekijä</b>	<b>Määrä</b>	<b>Yksikkö</b>	<b>Yhteensä €</b>
Asfaltin poisto	100	m <sup>2</sup>	520,0
Puhtaiden pintamaiden kaivu ja mahd. siirto	250	m <sup>3</sup> itd	4 375,0
Lievästi mineraaliöljyllä pilaantuneen maan kaivu, kuljetus, vastaanotto ja käsittely *	200	tn	7 600,0
Voimakkaasti mineraaliöljyllä pilaantuneen maan kaivu, kuljetus, vastaanotto ja käsittely **	200	tn	16 500,0
Öljysäiliön poisto, kuljetus ja loppusijoitus	1	kpl	1 816,0
Kaivalueiden täyttö- tiivistys puhtaalla maalla (muilla kuin kaivumailla, maalaji Sr)	200	m <sup>3</sup> rtr	8 060,0
<b>Pilaantuneet massat yhteensä, € (ALV 0%)</b>		<b>24 100</b>	
<b>Kaikki kustannukset yhteensä, €(ALV 0%)</b>		<b>38 871</b>	
*pitoisuus 300-1000mg/kg mineraaliöljyjä (kuiva-ainetta kohden C10-40)			
**pitoisuus 1000-5000mg/kg mineraaliöljyjä (kuiva-ainetta kohden C10-40)			
Kaikki kustannustiedot ovat alv 0%			
Kustannustiedot perustuvat urakkatarjouksen tietoihin			

## **Kunnostus**

– Tiehallinto Uudenmaan tiepiirin, Saukkolan entisen tukikohdan pilaantuneen maan kunnostuksen loppuraportti – Ramboll Finland Oy 2005

Alueen kunnostustyöt aloitettiin 25.10.2004, työ valmistui 29.11.2004. Alueella olleet pilaantuneet maamassat kaivettiin pois, ja kaivanto täytettiin puhtailla maamassoilla. Kunnostustyöt aloitettiin laajentamalla ja syventämällä entisen jäteöl-



jysäiliön kaivantoa pisteen P1 suuntaan. Töiden edetessä havaittiin öljypilaantuneisuuden jatkuvan voimakkaana alaspäin. Noin kolmen metrin syvyydessä havaittiin n. yhden metrin paksuinen kerros karkeaa soraa, jota pitkin öljypilaantuneisuus oli levinnyt. Karkea sorakerros kääntyi pohjoiseen kaivannon pohjoispuolella olevan noin kymmenen metriä korkean rinteen alle. Voimakas öljypilaantuneisuus jatkui tämän saman karkean sorakerroksen mukana aina kymmenen metrin syvyyteen saakka, josta tavoitettiin puhdas maakerros. Jotta kaivutyö voitiin ulottaa kymmenen metrin syvyyteen saakka, jouduttiin kaivannon ympäriltä kaivamaan ja läjittämään alueelle puhtaita maamassoja urakoitsijan arvion mukaan noin 13 000t. Taulukossa 20 on esitetty lopulliset alueelta kaivetut massat. Liitteessä 7 on havainnollistavia valokuvia kohteesta.

TAULUKKO 20, Saukkolan tukikohdan toteutuneet massamäärät

<b>Kustannustekijä</b>	<b>Määrä [m<sup>3</sup>itd]</b>	<b>Määrä [t]</b>
Lievästi pilaantuneet maat (300-1000mg/kg)	14*	17
Voimakkaasti pilaantuneet maat (1000-10000 mg/kg)	400*	587
Ongelmajätetasoisesti pilaantuneet maat (>10 000 mg/kg)	140*	205
Puhtaiden maiden kaivu	8840*	13 000
Asfaltin poisto	100 [m <sup>2</sup> ]	50
<b>Pilaantuneet massat yhteensä</b>	<b>554</b>	<b>809</b>
<b>Kaikki massat yhteensä</b>	<b>9 394</b>	<b>13 859</b>
*Tilavuudet laskettu käyttämällä muuntokerrointa 1,47, joka laskettu punnittujen kuormien avulla käyttäen oletusta kasettikuorma = 30m <sup>3</sup> itd ja nuppikuorma 14 m <sup>3</sup> itd		

### **Arvioitujen ja toteutuneiden kustannuksien vertailu**

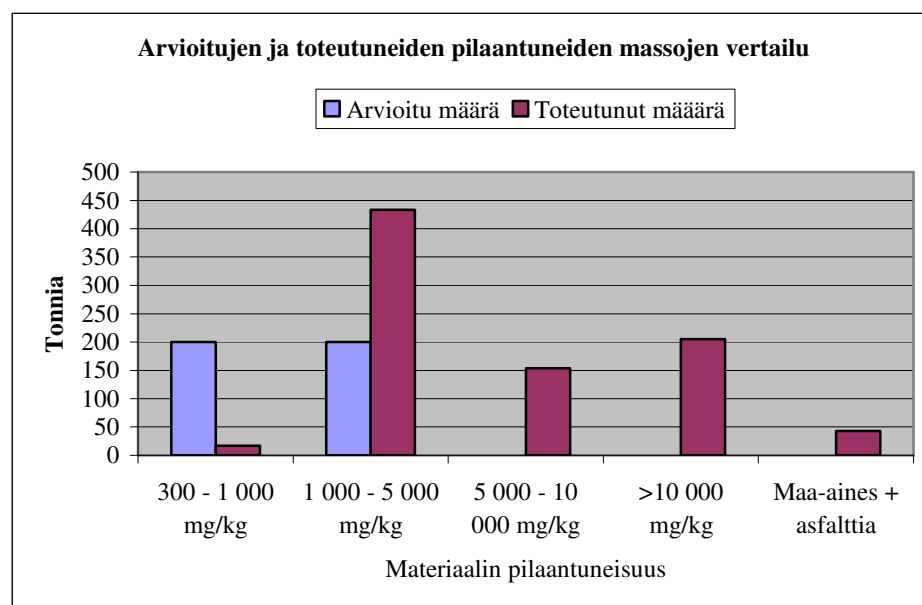
Toteutuneet kunnostuskustannukset kohteessa olivat 161 216,19€, arvioidut 38871€, joten toteutuneet kustannukset olivat 414 % arvioituja suuremmat. Kohteen kunnostuskustannukset kasvoivat merkittävästi, johtuen haitta-aineiden ennakoitua laajemmasta levinneisyydestä. Kunnostuskohteen maaperän laatu (hiekkaa / soraa) ja laajemman levinneisyyden yllättävä esilletulo aiheutti sen, että puhtaita massoja jouduttiin leikkaamaan kaivannon syvetessä huomattavia määriä pilaan-

tuneen kerroksen ympäriltä. Taulukossa 21 on esitetty kohteen lopulliset toteutuneet kustannukset ja verrattu niitä arvioituihin. Kuviossa 9 on esitetty arvioitujen ja toteutuneiden massamäärien vertailu. Kuviossa 10 on esitetty Arvioitujen ja toteutuneiden kustannuksien vertailu.

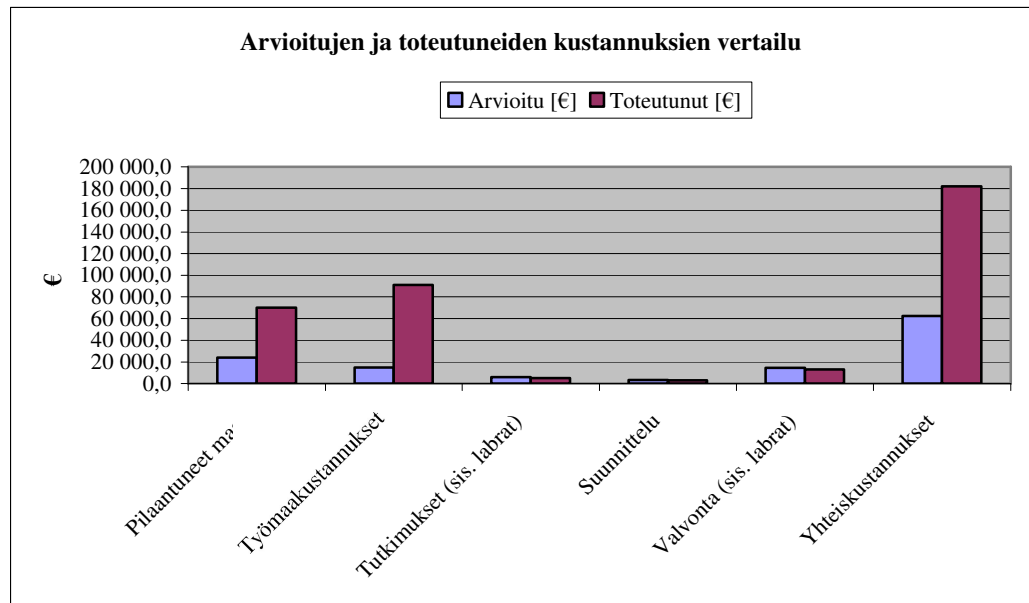
TAULUKKO 21, Saukkolan tukikohdan kunnostuskustannuksien vertailu arvioituihin kustannuksiin

Kustannustekijä	Arvioitu [€]	Toteutunut [€]	Erotus [€]
Pilaantuneet maat yhteensä	24 100	70 140	46 040
Kaivutyöt yhteensä	4 375	64 175	59 800
Täyttötyöt yhteensä	10 060	22 581	12 521
Muut työt yhteensä		4 320	
<b>Pilaantuneet maat yhteensä</b>	<b>24 100</b>	<b>70 140</b>	<b>46 040</b>
<b>Maanrakennuskustannukset yhteensä</b>	<b>14 771</b>	<b>91 076</b>	<b>76 305</b>
<b>Tutkimukset</b>	<b>5 800</b>	<b>4 870</b>	<b>-930</b>
<b>Suunnittelukustannukset*</b>	<b>3 100</b>	<b>3 086</b>	<b>-14</b>
<b>Valvontakustannukset**</b>	<b>14 530</b>	<b>12 834</b>	<b>-1 696</b>
<b>Kaikki kustannukset yhteensä (ALV 0%)</b>	<b><u>62 301</u></b>	<b><u>182 007</u></b>	<b><u>119 706</u></b>
<b>Kaikki kustannukset yhteensä (ALV 22%)</b>	<b>76 007</b>	<b>222 048</b>	<b>146 041</b>

\*Suunnittelukustannuksiin kuuluu kunnostussuunnitelman laatiminen  
 \*\*Valvontakustannuksiin kuuluu kunnostuksen asiakirjat, lisätutkimukset ja valvontatyöt.



KUVIO 9, Arvioitujen ja toteutuneiden massamäärien vertailu



KUVIO 10, Arvioitujen ja toteutuneiden kustannusten vertailu

### 5.3.2 Muuralan linja-autovarikko, Espoo

Kohde sijaitsee Espoon Muuralassa Muuralantiellä. Alueella on toiminut linja-autovarikko, tielaitoksen varikko, tutkimuksia suoritettaessa kohteessa oli Espoon kaupungin omistama varistorakennus. Varikkoalueen pinta-ala on noin. 8 100 m<sup>2</sup>. Alueelle oli vahvistettu asemakaavamuutos, jossa se on merkitty yleisten rakennusten korttelialueeksi. Kartta kohteesta on liitteessä 8.

Suomen IP-Tekniikka laati alueen tutkimukset ja suunnitelmat. Tutkimuksia suoritettiin kolmessa vaiheessa vuosien 2003 – 2005 aikana, alueen kunnostussuunnittelu vuonna 2004. Kohteen kunnostus toteutettiin syksyllä 2005.

### Alueella tehdyt tutkimukset ja suunnittelu

- Maaperän haitta-ainetutkimus, Koulumestarin koulu ja päiväkoti, Muuralan kylä, Espoo. Suomen IP-Tekniikka Oy 29.5.2003
- Maaperän haitta-ainetutkimus, Koulumestarin koulu, Espoo. Suomen IP-tekniikka
- Maaperän kunnostuksen yleissuunnitelma, Koulumestarin koulu ja päiväkoti Muuralantie, Espoo. Suomen IP-Tekniikka Oy 6.9.2004.
- Maaperän täydentävät lisätutkimukset, Koulumestarin koulu, Espoo. Suomen IP-Tekniikka

### Tutkimus 2003

Suomen IP-tekniikka toteutti vuoden 2003 tutkimukset. Alueelta otettiin näytteitä 12 tutkimuspisteestä yhteensä 29 kpl. Näytteenotto ulotettiin saveen tai kallioon asti (suurin syvyys 2,3 m). Näytteistä tehtiin analyysejä taulukon 22 mukaisesti.

TAULUKKO 22. Vuoden 2003 tutkimuksen tiedot

<b>Tutkimuspisteet</b>	<b>Määrä [kpl]</b>
Kairapisteitä	12
Näytteitä otettu [kpl]	29
<b>Kenttäanalyysit</b>	
Alkuaineet	29
Mineraaliöljyt	25
<b>Laboratorioanalyysit</b>	
Alkuaineet	6
Mineraaliöljyt	6*
VOC- yhdisteet	6
*tutkitettiin mineraaliöljyt C10-40	

Tutkimuksissa havaittiin alueella voimakkaasti öljyhiilivedyillä ja lievästi VOC-yhdisteillä pilaantunutta maata pisteen P2 alueella. Lievästi mineraaliöljyllä ja

sinkillä pilaantunutta maata pisteiden P3 ja P10 alueella. Tutkimuksen perusteella arvioidut pilaantuneet massat ja niistä aiheutuvat kustannukset on esitetty taulukossa 23.

TAULUKKO 23. Tutkimuksen perusteella arvioidut pilaantuneet massat ja kustannukset

<b>Kustannustekijä</b>	<b>Määrä [t]</b>	<b>Kustannus [€]</b>
Öljihiilivedyillä pilaantunut maa-aines	270	10 000
Öljyt + sinkki	90	2 500
Metallipilaantunut maa	90	2 500
<b>Yhteensä</b>	<b>450</b>	<b>15 000</b>

### Lisätutkimus 2004

Suomen IP-tekniikka suoritti vuoden 2004 lisätutkimukset. Tutkimukset kohdistettiin varikkorakennuksen alapuoliseen maaperään. Yhteensä näytteitä otettiin 6 pisteestä, noin 15 senttimetrin syvyydeltä varikkorakennuksen pohjan alta. Taulukossa 24 on esitetty näytteistä tehdyt analyysimäärät.

TAULUKKO 24. Lisätutkimuksen analyysimäärät

<b>Tutkimuspisteet</b>	<b>Määrä [kpl]</b>
Kairapisteitä	6
<b>Kenttäanalyysit</b>	
Alkuaineet	6
Mineraaliöljyt	6
<b>Laboratorioanalyysit</b>	
Alkuaineet	3
Mineraaliöljyt	3*
VOC- yhdisteet	
*öljihiilivetyjen kokonaispitoisuus C4-39	

Tutkimuksissa havaittiin varikkorakennuksen alapuolella voimakkaasti mineraaliöljyillä pilaantuneita maa-aineksia pisteiden P1 ja P4 alueella. Tutkimusten perusteella ei esitetty päivitettyjä massa- tai kustannusarvioita.

## Kunnostuksen yleissuunnitelma

Kunnostuksen yleissuunnittelu toteutettiin edellä kuvattujen tutkimuksien perusteella. Yleissuunnitelmassa arvioitiin kunnostettavan alueen pinta-alaksi noin 220 m<sup>2</sup>, ja poistettavien pilaantuneiden massojen yhteismääräksi 440 m<sup>3</sup>itd (700 t). Taulukossa 25 on esitetty yleissuunnittelussa arvioitujen pilaantuneiden massojen määrät.

TAULUKKO 25. Kunnostussuunnitelmassa arvioidut pilaantuneet massat

<b>Kustannustekijä</b>	<b>Määrä [t]</b>
Voimakkaasti öljyillä pilaantunut	160
LM/LÖ	540
<b>Yhteensä</b>	<b>700</b>

## Täydentävä lisätutkimus

Alueen maaperän pilaantuneisuuden rajausta tarkennettiin ennen kunnostusta vuonna 2005 tehdyillä täydentävillä lisätutkimuksilla. Tutkimuksissa alueelle tehtiin 6 koekuoppaa. Näytteistä analysoidut haitta-aineet ja analyysimäärät on esitetty taulukossa 26.

TAULUKKO 26. Täydentävän lisätutkimuksen analyysimäärät

<b>Tutkimuspisteet</b>	<b>Määrä [kpl]</b>
Koekuoppia	6
<b>Kenttäanalyysit</b>	
Alkuaineet	6
Mineraaliöljyt	6
<b>Laboratorioanalyysit</b>	
Alkuaineet	6
Mineraaliöljyt	5

Täydentävien lisätutkimuksien perusteella alueella todettiin olevan voimakkaasti öljyhiilivedyillä pilaantunutta maata 160 tonnia ja lievästi öljyhiilivedyillä sekä lievästi raskasmetalleilla pilaantuneita maa-aineksia 700 tonnia. Yhteensä pilaan-

tuneita massoja arvioitiin olevan 540m<sup>3</sup> (860t). Täydentävien lisätutkimuksien perusteella arvioidut pilaantuneet massat on esitetty taulukossa 27.

TAULUKKO 27, Täydentävien lisätutkimuksien perusteella arvioidut pilaantuneiden massojen määrät

Vaihe / yksikkö	Koko [m <sup>2</sup> ]	Määrä [m <sup>3</sup> ]	Määrä [t]
<i>Kunnostussuunnittelu</i>			
Lievä öjy/metalli	170	340	540
Voimakas öljy	50	100	160
<b>Yhteensä</b>	<b>220</b>	<b>440</b>	<b>700</b>
<i>Täydentävä lisätutkimus</i>			
Lievä öjy/metalli	270	440	700
Voimakas öljy	50	100	160
<b>Yhteensä</b>	<b>320</b>	<b>540</b>	<b>860</b>

### Kunnostus

– Pilaantuneen maaperän kunnostuksen loppuraportti, Koulumestarinkoulu ja päiväkotii, Muuralantie Espoo. Suomen IP-Tekniikka Oy.

Kohteen maaperän kunnostettiin massanvaih dolla syksyllä 2005. Pilaantuneet maat poistettiin ja korvattiin puhtailla. Kohteen kunnostus toteutettiin tehtyjen tutkimusten perusteella. Massojen laatua seurattiin töiden edetessä kaivurintauksesta otetuilla näytteillä joista analysoitiin haitta-aineita kenttä- ja laboratorioanalyysin. Pilaantuneen alueen rajaus laajeni töiden edetessä, ja ulottui alueen koillisnurkalla jalkakäytävän alle. Lisäksi alueelta löydettiin ja poistettiin öljynerotin. Yhteensä alueelta poistettiin pilaantuneita massoja 2567 tonnia. Kiinteistöltä poistetut pilaantuneet massat on esitetty taulukossa 28.

TAULUKKO 28, toteutuneet pilaantuneet massat.

Pilaantuneisuus	Määrä [m <sup>3</sup> ]	Määrä [t]
Voimakas öljy	218	348
Voimakas öljy +VOC	203	324
Lievä metalli ja/tai öljy	1 184	1 895
<b>Pilaantuneet yhteensä</b>	<b>1 604</b>	<b>2 567</b>

## Arvioitujen ja toteutuneiden kustannuksien vertailu

Muuralan varikon toteutuneet kunnostuskustannukset olivat 147 834 €, ja arvioitua 60 058 €, joten toteutuneet kustannukset olivat noin 250 % arvioitua suuremmat. Pilaantuneiden massojen käsittelystä aiheutuneet kustannukset olivat nelinkertaiset verrattuna arvioituihin. Pilaantuneiden massojen ennakoarvioita suurempi määrä kasvatti myös kohteen valvonta kustannuksia, jotka olivat 260 % arvioitua suuremmat. Taulukossa 29 on esitetty arvioitujen ja toteutuneiden kustannusten vertailu tekijöittäin ja taulukossa 30 arvioitujen ja toteutuneiden massamäärien kustannusvaikutusten vertailu, kuviossa 11 pilaantuneiden massojen vertailu jakeittain ja prosessivaiheittain sekä kuviossa 12 on havainnollistettu pilaantuneen maa-aineksen käsittelystä aiheutuneet kustannukset.

TAULUKKO 29, Arvioitujen ja toteutuneiden kustannusten vertailu

Kustannustekijä	Arvioidut €	Toteutuneet €	% -arvioidusta
Kaivu, kuljetus ja loppusijoitus	24 425	98 253	402,3
Työmaajärjestelyt	13 634	13 634	100,0
Valvonta	8 400	22 348	266,0
Tutkimuskustannukset	13 599	13 599	100,0
<b>Yhteensä</b>	<b>60 058</b>	<b>147 834</b>	<b>246,2</b>

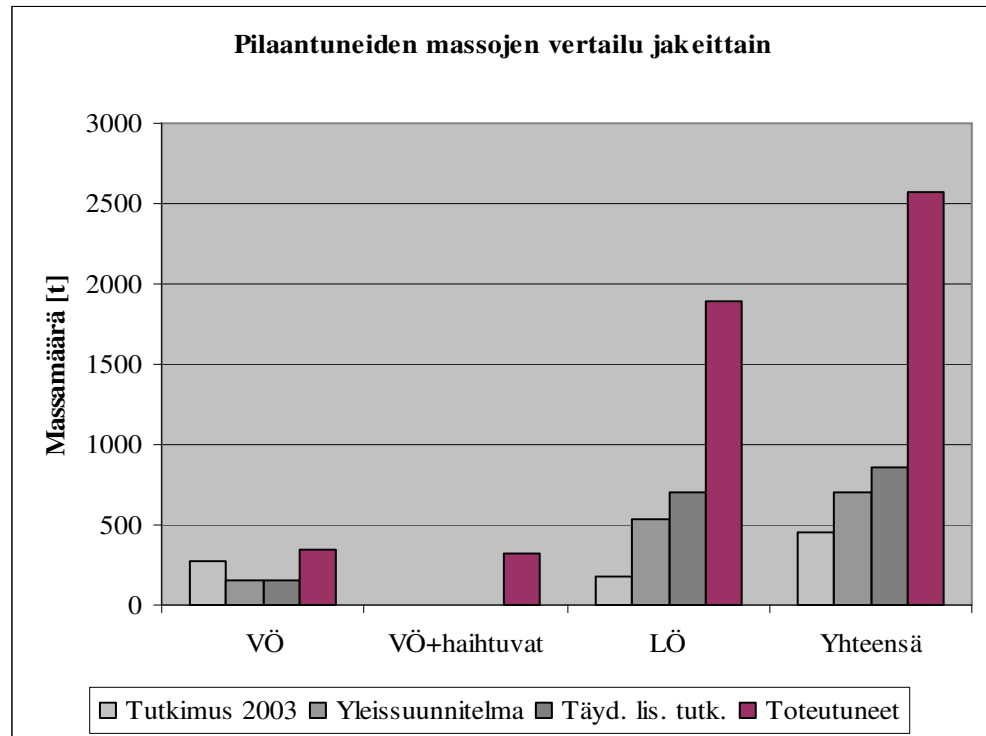
Arvioidut kustannukset laskettu jälkikäteen olettaen työmaajärjestelyt vakioksi

TAULUKKO 30, Arvioitujen ja toteutuneiden massamäärien aiheuttamien kustannusten vertailu kehitysvaiheittain

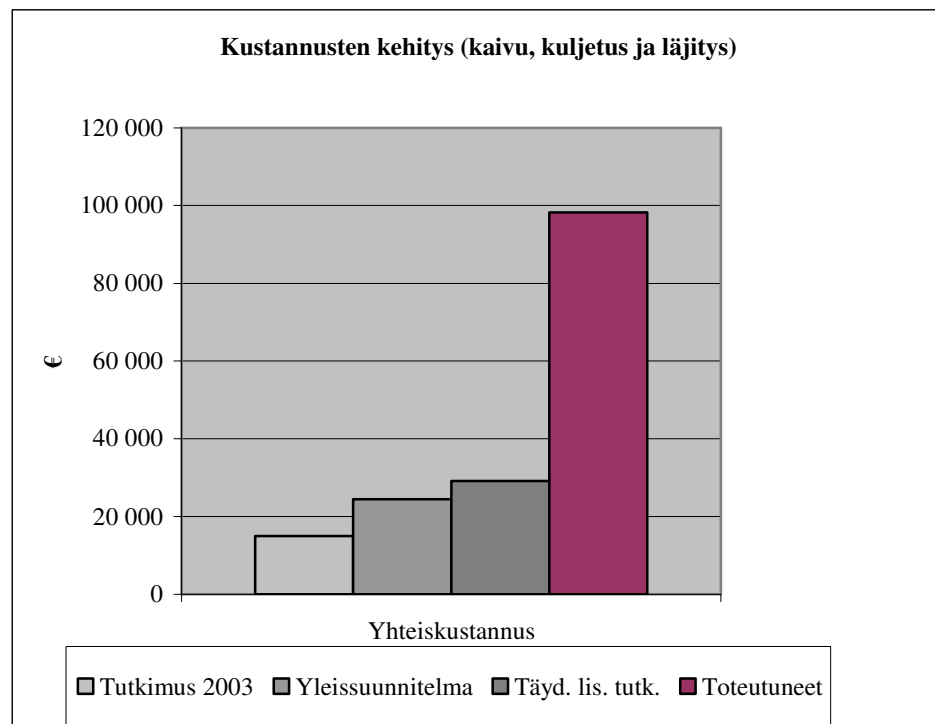
Prosessinvaihe	Arvioidut						Toteutuneet	
	Tutkimus 2003		Yleissuunnitelma		Täyd. lis. tutk.			
Muuttuja	Mas-sam.	Kustan-nus	Mas-sam.	Kustan-nus	Mas-sam.	Kustan-nus	Mas-sam.	Kustan-nus
Kustannustekijä	t	€	t	€	t	€	t	€
VÖ	270	10 000	160	8 792	160	8 792	348	19 103
VÖ+haihtuvat	0	0	0	0	0	0	324	24 277
LÖ	180	5 000	540	15 633	700	20 265	1 895	54 873
<b>Yhteensä</b>	<b>450</b>	<b>15 000</b>	<b>700</b>	<b>24 425</b>	<b>860</b>	<b>29 057</b>	<b>2 567</b>	<b>98 253</b>

Arvioitujen massamäärien aiheuttamat kustannukset laskettu käyttäen toteutuneiden hintaa, poislukien 2003 vuoden tutkimuksen jossa käytetty tehtyä kustannusarviota. Kustannuksiin kuuluu kaivu, kuljetus ja loppusijoitus. VÖ = voimakas öljy





KUVIO 11. Pilaantuneiden massojen vertailu jakeittain ja prosessivaiheittain



KUVIO 12, Pilaantuneista massoista aiheutuvien kunnostuskustannusten kehitys eri prosessivaiheissa

## 5.4 Täyttöalueet

Täyttöalueet ovat erityisesti suurissa kaupungeissa yksi merkittävä maaperän kunnostustoimenpiteitä aiheuttava kohderyhmä. Täyttöalueilla maaperän pilaantuminen on aiheutunut yleensä jo massojen syntypaikoilla tai johtuu sijoitetuista rakennus- ym. jätteistä.

Täyttöalueita on pelkästään Helsingin kaupungin alueella kymmeniä. Alueille on läjitetty (tapauksesta riippuen) paitsi rakennustoiminnan ja/tai teollisuustoiminnan sivutuotteina syntyneitä jätteitä ja/tai maa-aineksia. Täyttöalueet ovat syntyneet pitkän ajan kuluessa. Tyypillistä on ollut, että esimerkiksi vanhoja sorakuoppia ja vesistöjen ranta-alueita on täytetty erilaisilla täyttömassoilla. Ennen täyttömassojen läjittäminen ei ole ollut suunnitelmallista, vaan massoja on ajettu ”milloin minnekin”. (Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisu 7/2001 sivut 1-9.)

### 5.4.1 Arabianrannan pohjoiset alueet, Helsinki

Arabianranta sijaitsee Helsingissä, Vanhan kaupungin lahden rannalla. Alue rajautuu pohjoisessa verkatehtaan puistoon, idässä vanhan kaupungin lahteen, etelässä Birger Kaipiaisen katuun ja lännessä Arabian tehtaisiin ja Hämeentiehen rajautuviin rakennuksiin. Alueella on voimassa ympäristöministeriön vahvistama asema-kaava, jossa alueelle on kaavoitettu kerrostaloja. Alueen koko on noin 8,3 ha, josta ranta-aluetta on noin 2,5 ha. Aluetta on käytetty täyttöalueena vuosien 1900 - 1997 välisenä aikana ja aluetta on täytetty osittain mereen. Alueelle on ajettu pääasiassa kohteen välittömässä läheisyydessä olevalta Arabian tehtaalta posliinijätteitä sekä mahdollisesti muita keraamisen teollisuuden jätteitä. Alueella on pintamaakerrosena 2-3 metrin paksuinen täyttömaakerros, jonka alla on 5-20 metriä savea jonka alla on moreenikerros. Kartta alueesta on liitteessä 9.

### **Alueella tehdyt tutkimukset ja suunnittelu**

- Pilaantuneen maaperän kunnostuksen yleissuunnitelma. Versio A.1 Arabianrannan pohjoiset alueet Helsinki. Golder Associates Oy 27.2.2004.
- Riskiarvio. Versio A.1. Helsinki Arabianranta, pohjoiset alueet. 9.2.2004. Golder Associates Oy 9.2.2004.
- Arabianrannan pohjoiset alueet, Geotekninen tarkastelu optimaalisten korkeustasojen valintaa varten. Fundus Oy, 31.1.2001.
- Arabianrannan pohjoisosa, alueet VI – VIII maaperän lisätutkimukset. Suomen IP-Tekniikka Oy 4.1.2006.

### **Tutkimukset ja kunnostuksen yleissuunnitelma**

Alueen maaperää on tutkittu useiden vuosien aikana sadoilla maaperätutkimuksilla. Alueella on todettu kohonneita raskasmetallien pitoisuuksia (pääasiassa Pb ja Zn), sekä paikoitellen hiilivetyjä, PCB:ä ja dioksiineja. Alueen keskiosa on todettu pahimmin pilaantuneeksi, keskiosan täyttömassat tiedetään täytetyn 1960-, 70- ja 80-luvuilla.

Varsinaisten tutkimuksien kuvaaminen on rajattu laajuutensa vuoksi tämän työn ulkopuolelle. Tutkimuksista on esitetty ainoastaan kunnostuksen yleissuunnitelman jälkeen toteutettu lisätutkimus. Kunnostuksen yleissuunnitelmassa esitettiin kootusti alueelle tehdyt tutkimukset. Yhteensä alueelle on tehty 472 näytepistettä, osa porakonekairauksin ja osa koekuopin. . Taulukkoon 31, on koottu tiedot alueelle tehdyistä tutkimuksista ja taulukkoon 32 tiedot alueelle tehdyistä huokoskaasututkimuksista. Huokoskaasututkimuksia on suoritettu toisaalta kentällä toisaalta maanäytteistä tehtyjen kaasukromatografisten-massaspektrometrimittausten avulla.

TAULUKKO 31. Arabianrannan pohjoiset alueet – tehdyt tutkimukset

<b>Haitta-aine ja analyysimenetelmä</b>	<b>Analyysien yhteismäärä</b>
Raskasmetallit	metallista riippuen 19 -234
Raskasmetallien liukoisuustestit	3
Mineraaliöljyt (GC, IR, gravimetr.)	31
HNU- kenttätesti	37
VOC- analyysit	6
PCB- analyysit	9
Dioksiinit	4
PAH- analyysit	10
Screenaus	10
(Pilaantuneen maaperän kunnostuksen yleissuunnitelma. Helsingin kaupungin kiinteistövirasto)	

TAULUKKO 32. Huokoskaasututkimukset

<b>Haitta-aine ja analyysimenetelmä</b>	<b>Analyysien yhteismäärä</b>
Metaani (%)	~640
Happi (%)	45
Hiilidioksidi (%)	7
PID-mittaus näytepussista (ppm)	~370
TVOC /PID (orgaaniset, µg/l)	2
TVOC /EDC (halogenoidut, µg/l)	2
(Pilaantuneen maaperän kunnostuksen yleissuunnitelma. Helsingin kaupungin kiinteistövirasto)	

### **Pilaantuneisuusarvio**

Tehtyjen tutkimuksien perusteella maaperän todettiin olevan laajalti pääasiassa raskasmetalleilla pilaantunutta, useimmiten tutkimuksissa havaittiin lyijyä (Pb) ja/tai sinkkiä (Zn). Raskasmetallien pitoisuudet ylittivät paikoin ongelmajätteen raja-arvot (Pb, Zn ja Sn). Orgaanisista yhdisteistä tutkimuksissa havaittiin mineraaliöljyjä, VOC- ja PAH-yhdisteitä, PCB:ä ja dioksiineja. Minkään tutkitun orgaanisen yhdisteen pitoisuudet eivät ylittäneet SAMASE – raja-arvoja. Täyttöhistoriaselvityksen ja tehtyjen tutkimusten avulla voitiin määrittää pahiten pilaantuneiden massojen läjitys ajankohdaksi pääasiassa vuosien 1960 – 1975 välinen ajanjakso. Yli 80 % havaituista raskasmetallien pitoisuuksista oli yli 1 metrin sy-

vyydellä sen hetkisestä maanpinnasta. Pintamaassa havaittiin raja-arvon ylittäviä pitoisuuksia lyijyä, sinkkiä, arseenia, kobolttia ja kuparia.

Tehtyjen tutkimusten perusteella arvioitiin alueella olevan yhteensä pilaantuneita massoja 175 000 m<sup>3</sup>, joista lievästi pilaantuneita 90 000m<sup>3</sup> ja voimakkaasti pilaantunutta 85 000 m<sup>3</sup>. Näistä massoista suurin osa oli kuitenkin pintamaakerroksen alapuolisissa maaperäkerroksissa. Poistettavien massojen määrä ja kunnostusmenetelmä on esitetty seuraavassa luvussa.

### **Riskinarviointiin perustuva kunnostusmenetelmä ja massamääräarvio optimoitujen korkeustasojen mukaan**

Alueen maaperän pilaantuneisuuden aiheuttamat riskitekijät arvioitiin kunnostussuunnittelun pohjaksi. Riskitarkastelun tavoitteena oli löytää ympäristöllisesti hyvä ja teknistaloudellisesti toimiva ratkaisu pilaantuneen maaperän kunnostamiseksi. Arvioinnin perusteella todettiin, että kaikkia alueella olevia pilaantuneita massoja ei tarvitse poistaa, vaan syvemmissä kerroksissa olevien massojen aiheuttamat riskit voidaan poistaa eristämällä massat paikalleen.

Alue on todettu kunnostuksen yleissuunnitelmassa geoteknisesti erittäin hankalaksi, mikä johtuu alueen alhaisesta stabiliteetista. Käytännön toteutuksen kannalta alhainen stabiliteetti tarkoittaa sitä, että massanvaihtoa ei voi toteuttaa laaja-alaisena orsi-/pohjaveden-pinnan alapuolella. Mikä aiheuttaisi vaikeuksia kunnostuksen käytännön toteutukseen ja nostaisi kustannuksia (kirj. huom.).

Alueelle sijoitettavien asuinrakennusten, alhaisen geoteknisen stabiliteetin ja kasvuyvyden kasvaessa nousevien pilaantuneen maan käsittelystä aiheutuvien kustannusten takia alueen tulevan rakentamisen korkeustasot optimoitiin. Geotekninen korkeustasojen optimointi toteutettiin vuorovaikutuksessa alueen kunnostussuunnittelun kanssa. Geoteknisessä tarkastelussa määritettiin myös alueen tulevan rakentamisen perustusratkaisut. Alueen tulevien rakenteiden perustaminen suunniteltiin tehtäväksi paalutuksen ja teräsbetonilaatan avulla.

Edellä mainittujen tekijöiden perusteella voidaan arvioida rakentamisen takia kaivettavien pilaantuneiden massojen määrät. Rakentamisen vaatima taso (taso jolle kaivutyö suunniteltiin ulotettavan) oli paalulaatan ja rakennusten alueella noin tasolle +1 - +2. Alueelta arvioitiin poistettavan pilaantuneita massoja taulukon 33 mukaisesti.

TAULUKKO 33. kunnostussuunnitelmassa poistettavaksi arvioidut massamäärät paalulaatta- rakennusalueelta

<b>Massalaji</b>	<b>Määrä [m<sup>3</sup>]</b>	<b>Määrä [t]</b>
Puhtaat massat	19 042	38084
Lievästi pilaantuneet	28 562	57124
Voimakkaasti pilaantuneet	15 868	31736
<b>Pilaantuneet massat yhteensä</b>	<b>44 430</b>	<b>88860</b>
Yhteensä	63 472	126944
Tonnit laskettu muuntokertoimella 2		

### **Lisätutkimus ja tarkennettu massamääräarvio**

Paalulaatan ja siirtymälaatan aluetta tutkittiin ennen alueen kunnostamista lisätutkimuksin. Tutkimukset toteutti Suomen IP-tekniikka, ja tulokset on raportoitu 4.1.2006 päivätyssä raportissa Arabianrannan pohjoisosa alueet VI – VII maaperän lisätutkimukset. Lisätutkimuksissa otettiin näytteitä yhteensä 94 kaivinkoneella tehdystä koekuopasta sekä 20 porakonekairapisteestä. Taulukossa 34 on esitetty lisätutkimuksissa tehdyt analyysimäärät ja taulukossa 35 on lisätutkimuksien perusteella tarkennettu massamääräarvio.

TAULUKKO 34. Lisätutkimuksissa tehdyt analyysit

<b>Analysoitu haitta-aine</b>	<b>Analyysimäärä</b>
Raskasmetallit (XRF)	Kaikki
VOC-yhdisteet (PID)	Kaikki
Raskasmetallit (laboratorio)	38
Mineraaliöljyt (C10 - 40)	8
VOC-yhdisteet (laboratorio)	7
PAH-yhdisteet	15
Dioksiinit ja furaanit	7

TAULUKKO 35. Lisätutkimuksien perusteella tarkennettu massamääräarvio

<b>Massalaji</b>	<b>Määrä [m<sup>3</sup>ktr]</b>	<b>Määrä [t]</b>
Puhtaat massat	20 500	41 000
Lievästi pilaantuneet	17 000	34 000
Voimakkaasti pilaantuneet	9 200	18 400
<b>Pilaantuneet massat yhteensä</b>	<b>26 200</b>	<b>52 400</b>
Jätettä sisältävää maata*	18 500	37 000
<b>Kaikki massat yhteensä</b>	<b>46 700</b>	<b>93 400</b>
*osa jätettä sisältävästä maa-aineksesta on puhdasta osa pilaantunutta.		
Tonnit laskettu muuntokertoimella 2		

Lisätutkimusten perusteella lasketut massat pitävät sisällään 15 kpl ”hot spot” – pisteitä, joiden alueella joudutaan massanvaihto ulottamaan rakentamisen vaatimaa tasoa syvemmälle. Hot Spoteista arvioidaan pilaantuneita massoja syntyvän noin 750 m<sup>3</sup>ktr.

### **Kustannusarviot**

Pilaantuneiden maiden aiheuttamiksi lisäkustannuksiksi kunnostuksen yleissuunnitelmassa arvioitiin noin 5 000 000 € (summa pitää sisällään vain pilaantuneiden maa-aineksien loppusijoituksesta aiheutuvat kustannukset ja siinä on mukana ns. salpaseinämän alueen pilaantuneet massat, jotka on tarkoituksen mukaisesti rajattu tämän työn ulkopuolelle, koska aluetta ei ole vielä kunnostettu). Salpaseinämän alueella arvioitiin kunnostuksen yleissuunnitelmassa olevan noin 25 % alueen pilaantuneista massoista, tämän tiedon avulla voidaan laskea nyt kunnostetun paa-lulaatan alueen pilaantuneiden massojen aiheuttavien arvioitujen kustannusten olevan noin (5 M€ \*0,75) 3 750 000 €.

Vastaanottoaikkojen (ja –hintojen) ratkettua tehtiin 30.3.06 tarkempi kustannusarvio, jossa arvioitiin massojen käsittelystä aiheutuviksi kustannuksiksi yhteensä 1 799 005 €. Arviota tarkennettiin 8.6.06, jolloin vastaava summa oli 1 606 254 €. Massamäärä ja kustannusarvioiden kehitystä on havainnollistettu taulukossa 36.

TAULUKKO 36. Massa- ja kustannusarvioiden kehitys

Pilaantuneisuus Kustannustekijä	Lievät		Voimakkaat		Ongelmajätteet		Kustannus yhteensä [€]
	Määrä [t]	Kustannus [€]	Määrä [t]	Kustannus [€]	Määrä [t]	Kustannus [€]	
Kunnostussuunnitelma 2004	57 124		31 736				
Lisätutkimukset 4.1.06	34 000		18 400				
Kustannusarvio 30.3.06	52 870	629 154	23 138	828 006	7 824	341 845	1 799 005
Kustannusarvio 8.6.06	47 205	561 744	20 659	739 291	6 986	305 218	1 606 253
Kustannukset sisältävät vastaanoton ja kuljetuksen							

### Kunnostus

- Pilaantuneen maaperän kunnostuksen loppuraportti Arabianranta, osa-alueet VI – VIII. WSP-Environmental Oy 22.1.2007.

Pilaantuneen maaperän kunnostaminen toteutettiin paalulaatan rakennustöiden yhteydessä 21.4.2006 ja 2.1.2007 välisenä aikana. Työn edetessä laajennettiin kaivuaalue käsittämään alkuperäisen suunnitelman mukaisen paalulaatta-alueen lisäksi käsittämään osan alueen tonteista (rakennusten alueista). Kaivumassojen laatua seurattiin massoista tehtävillä kenttä- ja laboratorioanalyysien, joita tehtiin yhteensä 629 kappaletta. Kaivu ulotettiin (hot spot alueita lukuun ottamatta) rakentamisen vaatimaan tasoon, joka oli noin 0,5 metriä tulevan paalulaatan alapuolella. Taulukossa 37 on esitetty toteutuneet massamäärät. Paalulaatta-alueilla keskimääräinen kaivussyvyys oli noin 2 metriä maanpinnasta noin +0,5...1,0 metriä merenpinnasta. Kunnostetun alueen kokonaispinta-ala oli noin 5,9 ha.

TAULUKKO 37. toteutuneet massamäärät

Massalaji	Määrä [m <sup>3</sup> ]	Määrä [t]
Lievästi pilaantuneet	28 245	56 490
Voimakkaasti pilaantuneet	5 195	10 390
Ongelmajätteet	495	990
<b>Pilaantuneet massat yhteensä</b>	<b>33 935</b>	<b>67 870</b>
Seulaylitteet		6 530
Rakennusjätteet		1 700
<b>Kaikki massat yhteensä</b>		<b>76 100</b>
Tilavuudet laskettu muuntokertoimella 2		



## Arvioitujen ja toteutuneiden kustannuksien vertailu

Arabianrannan huomattavasti suuremman koon takia (suhteessa muihin tässä työssä tarkasteltuihin kohteisiin), on Arabianrannan kustannuksista tarkasteltu vain pilaantuneiden massojen suoraan aiheuttamia kustannuksia (ml. seulonta) ja konsultoinnista aiheutuneita kustannuksia. Lisäksi kustannuksiin olisi ollut hyödyllistä liittää paalulaatan rakennuskustannukset, sen osittaisen eristerakenteellisen luonteensa vuoksi.

Pilaantuneiden massojen aiheuttamat kustannukset olivat arvioitua alhaisemmat. Viimeisimmässä kunnostusta edeltävässä kustannusarviossa (päiväty 8.6.2006) arvioitiin pilaantuneiden massojen aiheuttamiksi kustannuksiksi noin 1,6 M€, toteutuneiden ollessa noin 0,95 M€. Toteutuneet kustannukset olivat siten noin 60 % arvioiduista. Taulukossa 38 on esitetty eritellysti pilaantuneen maaperän kunnostamisen aiheuttamia kustannuksia. Taulukossa 39 on esitetty kunnostuskustannuksien kehitys ja toteutuneet kustannukset, sama asia on havainnollistettu diagrammina kuviossa 13.

TAULUKKO 38. Eritellyt kunnostuskustannukset

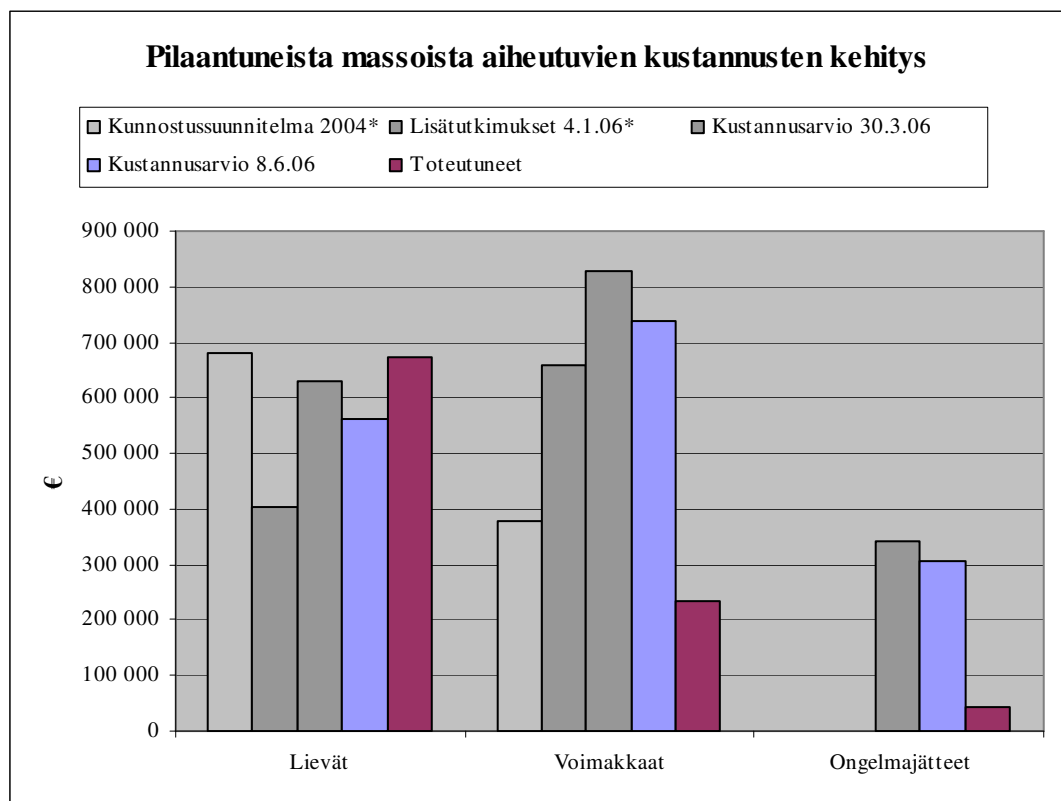
<b>Kustannustekijä</b>	<b>Kustannus [€]</b>
Toteutussuunnitelmat	3 700
Lievät	672 231
Voimakkaat	234 516
Ongelmajätteet	43 253
pima vastaanotto yht.	950 000
seulonta	73 095
Valvonta	106 300
Laboratorioanalyysit	35 000
Loppuraportti	5 000
<b>Yhteensä</b>	<b>1 173 095</b>

TAULUKKO 39. Kunnostuskustannuksien kehitys ja toteutuneet kustannukset

Pilaantuneisuus Kustannustekijä	Lievät		Voimakkaat		Ongelmajätteet		Kustannus yhteensä [€]
	Määrä [t]	Kustan- nus [€]	Määrä [t]	Kustan- nus [€]	Määrä [t]	Kustan- nus [€]	
Kunnostussuunnitelma 2004*	57 124	679 776	31 736	377 658			1 057 434
Lisätutkimukset 4.1.06*	34 000	404 600	18 400	657 800			1 062 400
Kustannusarvio 30.3.06	52 870	629 154	23 138	828 006	7 824	341 845	1 799 005
Kustannusarvio 8.6.06	47 205	561 744	20 659	739 291	6 986	305 218	1 606 253
<b>TOTEUTUNEET</b>	56 490	672 231	10 390	234 516	990	43 253	950 000

\*Arvioidut kustannukset laskettu käyttäen lieville hintaa 11,9 €/t ja voimakkailla 35,75 €/t

Kustannukset sisältää vastaanoton ja kuljetuksen



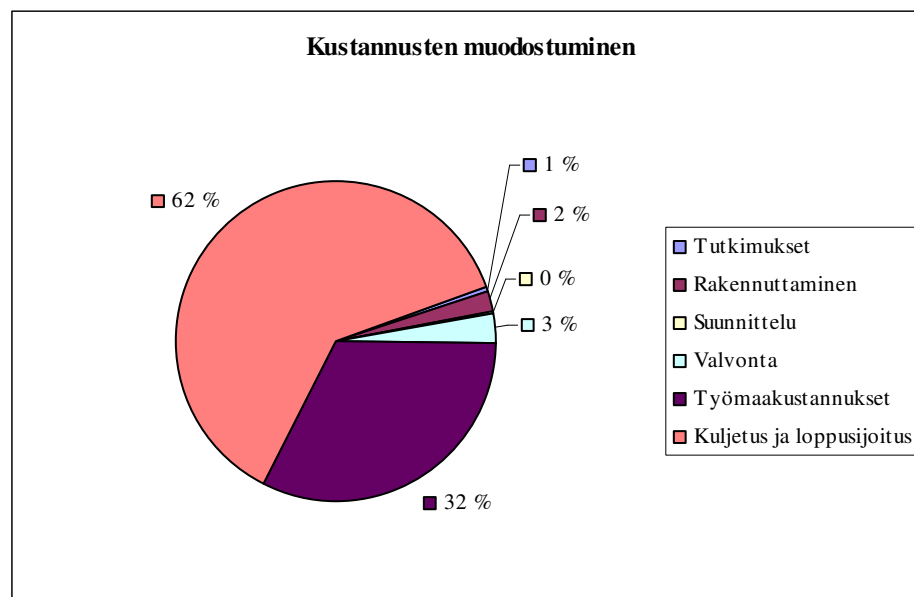
KUVIO 13. Pilaantuneista massoista aiheutuvien kustannusten vertailu

## 6 TULOKSET

### 6.1 Sopulitien kaatopaikka

#### 6.1.1 Kustannusten muodostuminen

Loppusijoituskustannukset olivat 62 % -osuudellaan suurin kustannustekijä. Kuviossa 14 on esitetty prosenttijakauma kustannustekijöistä. Työmaakustannukset käsittävät kaiken varsinaisella työmaalla tapahtuvan maanrakennustyön. Taulukossa 40 on esitetty konsultoinnista aiheutuneet kustannukset



KUVIO 14. Kunnostuskustannusten muodostuminen

TAULUKKO 40. Konsultoinnista aiheutuneet kustannukset suhteutettuna kokonaiskustannuksiin

<b>Kustannustekijä</b>	<b>% -kokonais- kustannuksista</b>
Tutkimukset	0,6
Suunnittelu	0,1
Valvonta	3,2
Labrat	0,5
<b>Konsulttikulut yht.</b>	<b>4,4</b>

### 6.1.2 Syyt kustannusvaihteluihin

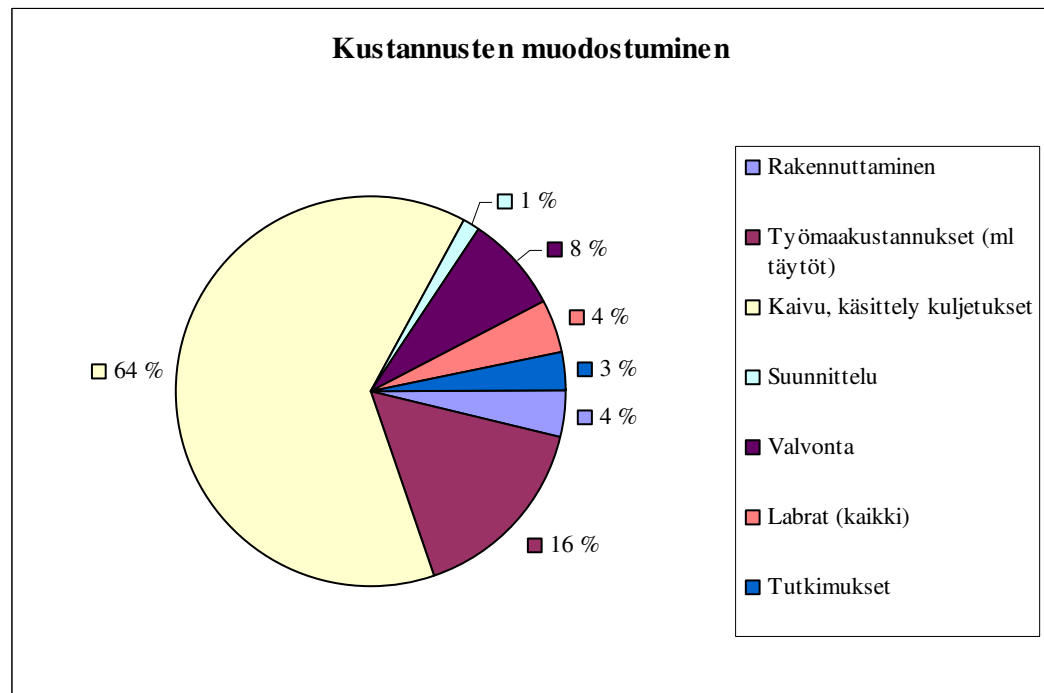
Sopulitien arvioidut kustannukset olivat kokonaisuudessa arvioidulla tasolla. Pilaantuneiden maiden yhteismäärä (tonneissa) oli 50 % arvioitua suurempi, ja voimakkaasti pilaantuneiden osuus oli 960 % arvioituun verrattuna. Kuitenkin pilaantuneista maista aiheutuneet kustannukset olivat kokonaisuudessaan ”vain” 12 % arvioitua suuremmat. Syynä tähän oli ennakoitua alhaisemmat vastaanotto ja käsittelyhinnat. Toisaalta taas rakennuttamiskustannukset olivat vain 21 % arvioidusta, aiheuttaen noin 125 tuhannen euron kustannussäästön. Pilaantuneiden massamäärien kasvun syynä oli jätetäytön ulottuminen arvioitua laajemmalle, ulottuen alueen etelälaidalla Siilitien alle, jossa sen todettiin loppuvan kaukolämpöputkeen. Kunnostusalueen lopullinen koko oli noin 7700 m<sup>2</sup> (arvioitu 5700 m<sup>2</sup>).

## 6.2 Tolkkisten entinen teollisuusjätteen jätetäyttöalue

### 6.2.1 Kustannusten muodostuminen

Kohteen suurin kustannustekijä oli kaivu, kuljetus ja käsittely, josta aiheutui 2/3 – osaa kustannuksista. Laskettaessa konsultoinnista aiheutuneiden kustannuksien prosenttiosuudet yhteen (tutkimukset, suunnittelu, valvonta ja laboratorioanalyysit) saadaan summaksi 18,3 %, joka on samalla tasolla työmaakustannuksien kans-

sa. Kuviossa 15 on esitetty kustannusten muodostuminen ja taulukossa 41 konsultoinnin kustannukset. Kuviossa 15 olevat rakennuttamisen kustannukset arvioitu.



KUVIO 15. Kustannusten muodostuminen

TAULUKKO 41. Konsultoinnin kustannukset

Kustannustekijä	€	% -kok.
Suunnittelu	15 185	1,4
Valvonta	98400	8,9
Labrat (kaikki)	51436,8	4,6
Tutkimukset	38 104	3,4
<b>Yhteensä</b>	<b>203 126</b>	<b>18,3</b>

### 6.2.2 Syyt kustannusvaihteluihin

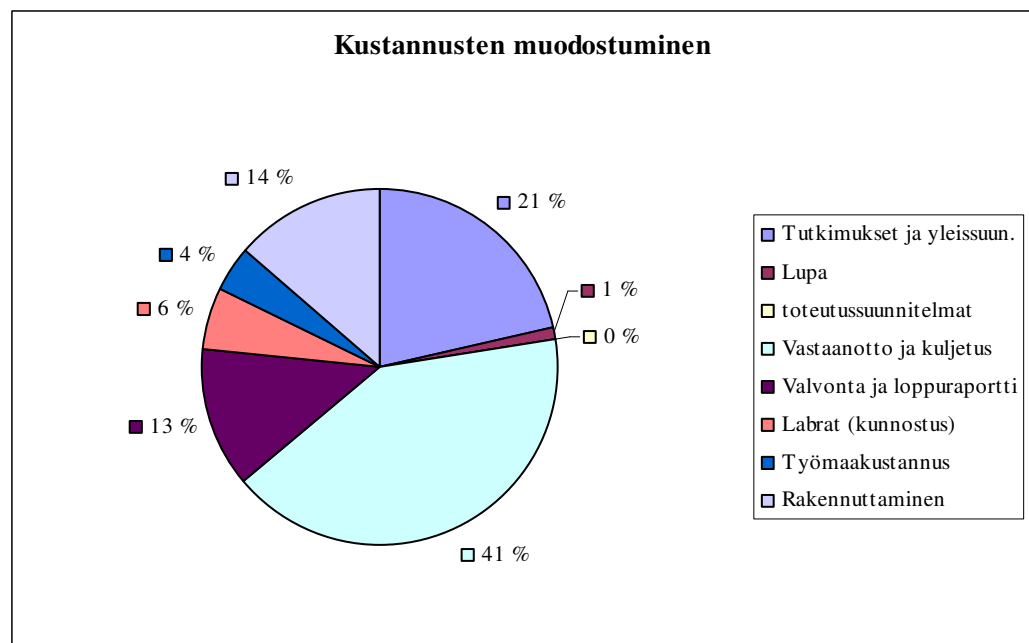
Kustannuksia alensi asbestin arvioitua vähäisempi määrä jätetäytössä. Asbestia sisältävän voimakkaasti pilaantuneen jätetäytön käsittely kustannukset olivat 52 €/t ja voimakkaasti pilaantuneen jätetäytön, joka ei sisältänyt asbestia 42 €/t, joten kustannus säästöä syntyi 9 €/t. Varsinaisen jätetäytön määrä oli myös ennakkoon arvioitua vähäisempi, toteutunut määrä oli 82 % arvioidusta. Kaikkiaan pilaantu-

neiden maa-aineksien ja jätetäytön kaivu-, kuljetus ja käsittelykustannukset olivat 257 864 € arvioitua alhaisemmat. Toisaalta jätetäytön ulottuminen arvioitua laajemmalle alueelle (sovitun urakka-alueen ulkopuolelle) aiheutti 23 067 € lisäkustannuksen. Jätetäyttöä jouduttiin seulomaan myös ennakoitua enemmän, mikä aiheutti 12 780 € kustannukset.

### 6.3 Munkkiniemen kauppapuutarha

#### 6.3.1 Kustannusten muodostuminen

Suurin kustannustekijä kohteen kunnostuskustannuksissa oli pilaantuneiden massojen vastaanotto ja kuljetus 41 % osuudella. Laskettaessa kaikki konsultoinnista aiheutuneet kustannukset yhteen kohoaa konsultointi toiseksi suurimmaksi kustannustekijäksi yhteensä 37 % osuudella kokonaiskustannuksista. Kuviossa 16 on esitetty kohteen kunnostuskustannusten muodostuminen ja taulukossa 42 konsultoinnista aiheutuneet kustannukset.



KUVIO 16. Kunnostuskustannusten muodostuminen Munkkiniemen kauppapuutarhalla

## TAULUKKO 42. Konsultoinnista aiheutuneet kustannukset

Kustannustekijä	% -kok	€
Valvonta	12,8	9 250
Labrat (kunnostus)*	2,9	2 131
Tutkimukset ja yleissuun.	11,2	8 061
Labrat (tutkimukset)	10,3	7 445
<b>Kaikki yhteensä</b>	<b>37,2</b>	<b>26 887</b>
Ei mukana hki:n ymp. labran kustannuksia		

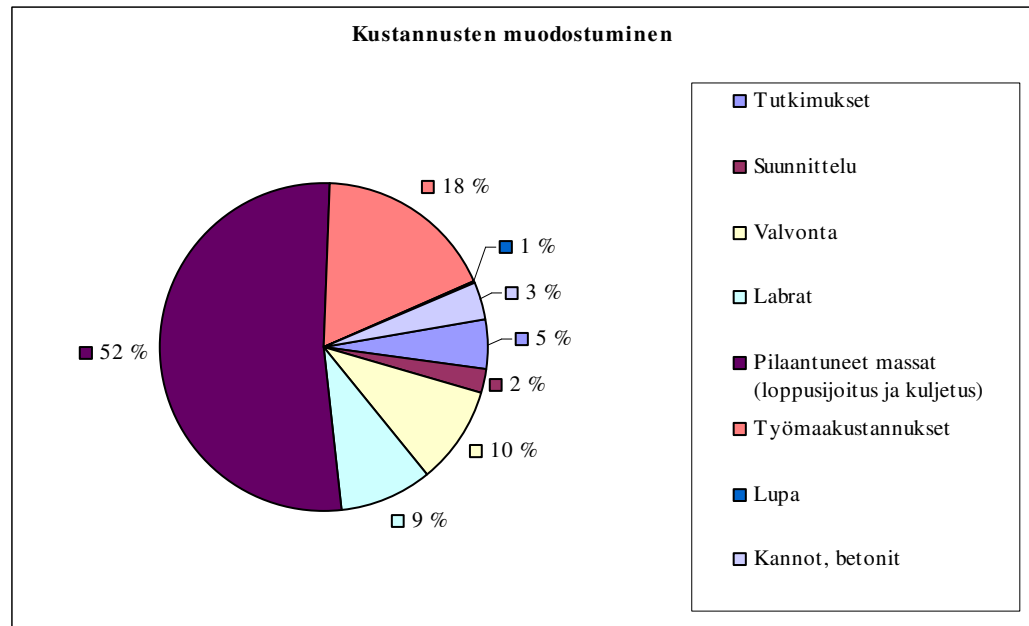
## 6.3.2 Syyt kustannusvaihteluihin

Kohteen toteutuneet kustannukset olivat 64 % arvioituista. Suurin yksittäinen tekijä tähän oli pilaantuneiden maiden arvioitua vähäisempi määrä, joka oli vain 44 % arvioidusta. Syynä pilaantuneiden massojen alhaisempaan määrään oli pilaantuneen alueen rajaus. Pilaantunut alue oli tutkimusten perusteella rajattu toteutunutta aluetta suuremmaksi. Toinen kustannuksia todennäköisesti alentanut tekijä oli todellisten kaivukustannuksien puuttuminen.

## 6.4 Kulovalkeantien kasvihuoneet

## 6.4.1 Kustannusten muodostuminen

Suurin kustannustekijä Kulovalkeantien alueella oli pilaantuneiden massojen loppusijoitus 52 % osuudella. Mikäli pilaantuneiden massojen kustannuksiin sisällytetään kaivutyö, nousee prosenttiosuus 63 %:iin. Kuviossa 17 on esitetty kustannusten muodostuminen. Taulukossa 43 on esitetty konsultoinnista aiheutuneet kustannukset.



KUVIO 17. Kokonaiskunnostuskustannuksien muodostuminen

TAULUKKO 43. Konsultoinnista aiheutuneet kustannukset

Kustannustekijä	% -kok	€
Tutkimukset	5,0	8 285
Suunnittelu	2,3	3 747
Valvonta	9,7	15 925
Laboratorioanalyysit	9,0	14 878
<b>Konsulttikulut yht.</b>	<b>26,0</b>	<b>42 834</b>

#### 6.4.2 Syyt kustannusvaihteluihin

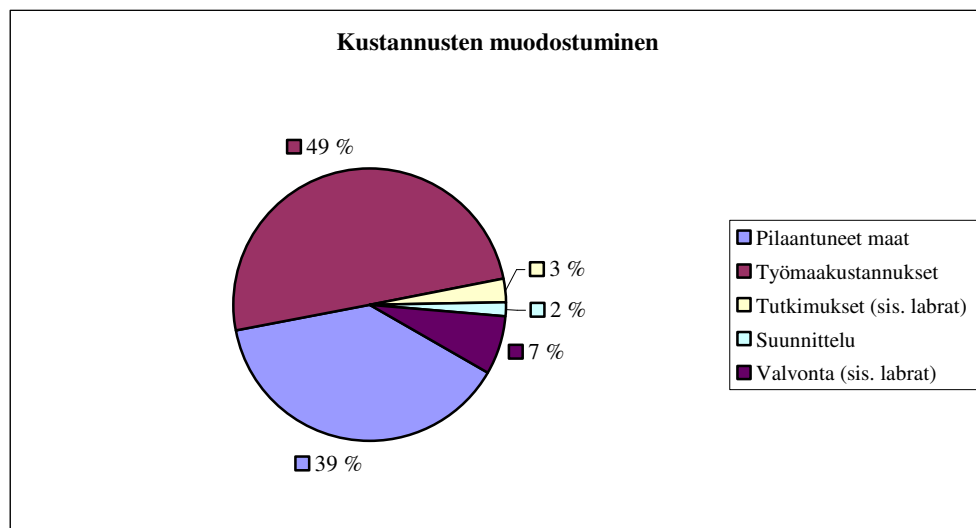
Pilaantuneiden massojen ennakkoon arvioitua huomattavasti vähäisempi määrä ja alhaisemmat pitoisuustasot (toteutuneet 45 % prosenttia arvioiduista) olivat suurin kustannuksia alentanut tekijä. Euroissa tarkasteltuna pilaantuneiden massojen arvioitua vähäisemmästä määrästä aiheutui 102 775,6 euron kustannussäästöt.



## 6.5 Saukkolan entinen tukikohta

### 6.5.1 Kustannusten muodostuminen

Kohteen kunnostuskustannusten jakauma on esitetty kuviossa 18. Maanrakennustyöt olivat suurin yksittäinen kustannustekijä kohteessa 50 % osuudellaan kokonaiskustannuksista, - mikä johtui runsaasta puhtaiden maiden kaivutyöstä. Taulukossa 44 on verrattu tutkimus- suunnittelu- ja valvontakustannuksia kokonaiskustannuksiin.



KUVIO 18. Kustannusten muodostuminen

TAULUKKO 44. Konsultointi kustannukset suhteutettuna kokonaiskustannuksiin

Tutkimus- suunnittelu- ja valvontakustannukset suhteessa kokonaiskustannuksiin		
Tekijä	€	% -kokonaisuudesta
Tutkimukset	4 870	2,68
Suunnittelu	3 086	1,70
Valvonta	12 834	7,05

### 6.5.2 Syyt kustannusvaihteluihin

Vaikkakin pilaantuneet massamäärät vain kaksinkertaistuivat, niin kunnostuksen kokonaiskustannukset yli nelinkertaistuivat. Tähän on kaksi syytä: Ensiksikin pilaantuneisuuden ulottuminen lähes kymmenen metrin syvyyteen paitsi vaikeutti ja hidasti pilaantuneiden massojen kaivutyötä, mikä pakotti kaivamaan ja välivarastoimaan erittäin huomattavia määriä puhtaita massoja (noin 13 000 tonnia). Toinen suuri syy kustannusten kasvuun oli pilaantuneisuuden voimakkuus. Tehtyjen tutkimusten perusteella alueella oli arvioitu olevan 400 tonnia pilaantuneita massoja (joista 200t lievästi pilaantuneita ja 200t voimakkaasti), toteutuneen määrän ollessa 809,32t – joista lievästi pilaantuneita oli vain 16,9 tonnia.

Kunnostuskustannuksien huomattava kasvu oli ”huonoa tuuria”. Öljyn leviämistä ei voitu havaita tutkimuksissa, koska karkea sorakerros kääntyi pohjoiseen ja painui jyrkän rinteen alle. Teoriassa olisi ollut mahdollista havaita kyseinen kerros viistokairauksilla (tutkimuksia tehtäessä ei ollut mahdollista sijoittaa tutkimuspistettä säiliön ja rinteen väliin – koska säiliö oli nostettu ylös ja maat läjitetty sivuille), jos olisi ollut näyttöä/syytä epäillä laajempaa haitta-aineiden leviämistä. Käytännössä ei ns. ”rutiinitutkimuksissa” voida kustannussyistä toteuttaa vaikeita viistokairauksia. Vaikkakin kohteessa suoritettu viistokairaus jäteöljysäiliökaivannon vierestä ”rinteen alle” voi olla, että kyseistä kerrosta ei olisi siltikään tavoitettu, johtuen kerroksen kapeudesta ja paksuudesta (noin 1,5\*1 metriä). Liitteessä 7 on kaksi valokuvaa kohteesta, kuva 2:a voidaan nähdä yllämainitun kerroksen ohuus.

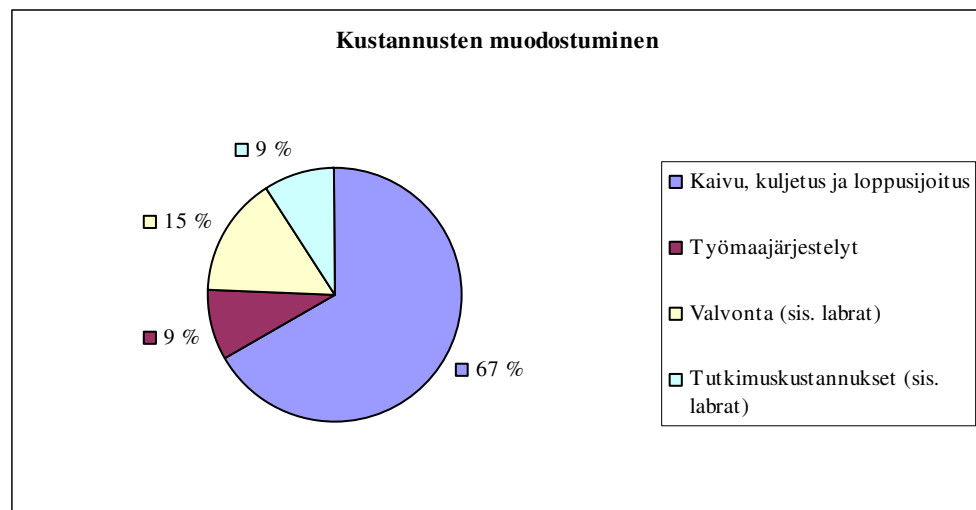
Teoriassa olisi puhtaiden maiden kaivutyötä voitu vähentää huomattavasti, mikäli työt olisi keskeytetty heti, kun kyseinen karkea kerros havaittiin, ja alueella olisi toteutettu laajamittaisia lisätutkimuksia sekä suunniteltu pilaantuneiden massojen kaivaminen tuetusta kaivannosta. Kaivannon tukeminen ”pontituksella” tapahtuu siten, että tutkimusten perusteella kyetään rajaamaan alue johon pilaantuminen on rajoittunut. Rajatun alueen ympärille ”isketään” teräsponttiseinä, joka vahvistetaan tuennoilla. Seinästä jätetään yksi sivu auki, josta kaivutyö suoritetaan. Tukirakenteiden suunnittelu ja toteuttaminen vaatii laajamittaista asiantuntemusta ja tarkkoja tutkimuksia, joten on se myös erittäin kallista. Lisäksi olisi tuentojen suunnitte-

luprosessi tutkimuksineen viivästyttänyt kunnostustöitä kuukausilla, mikä taas olisi lisännyt pohjaveden pilaantumisen riskiä.

## 6.6 Muuralan varikko

### 6.6.1 Kustannusten muodostuminen

Alla olevassa kuviossa 19 on esitetty Muuralan varikon kunnostuksen toteutuneiden kustannusten jakauma – tekijöittäin. Pilaantuneiden massojen kaivu, kuljetus ja loppusijoitus on ylivoimaisesti suurin kustannustekijä 2/3 osuudella. Taulukossa 45 on tarkasteltu tarkemmin konsultoinnin kustannusten muodostumista. Taulukossa suunnittelukustannukset käsittävät kaikki tutkimusvaiheesta aiheutuneet kustannukset, myös kunnostussuunnitelman.



KUVIO 19. Toteutuneiden kustannusten jakauma - tekijöittäin

TAULUKKO 45, Konsultointikustannusten muodostuminen ja % -osuus kokonaisuudesta

<b>Konsultointikulut</b>	<b>€</b>	<b>% -kokonaisuudesta</b>
valvonta	16 015	10,83
laboratorio	6 333	4,28
suunnittelu	13 599	9,20
<b>Yhteensä</b>	<b>35 947</b>	<b>24,32</b>

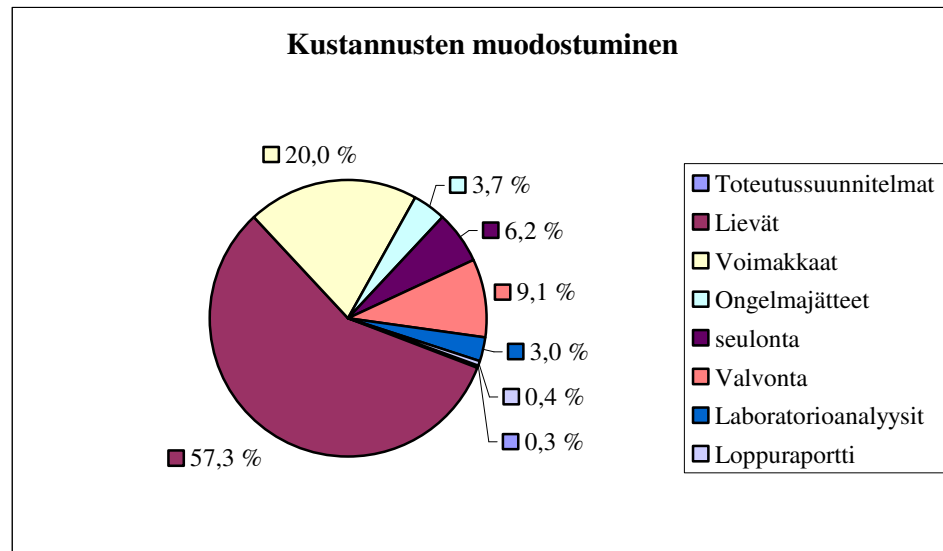
### 6.6.2 Syyt kustannusvaihteluihin

Kohteen kunnostuskustannuksien kasvuun oli syynä pilaantuneiden massojen arvioitua suurempi määrä. Ennakkoon oli tutkimuksien perusteella arvioitu pilaantuneiden massojen kokonaismääräksi 860 tonnia (700t lieviä/160t voimakaita), toteutuneiden ollessa 2 567 tonnia. Syynä massamääräarvion virheellisyyteen voidaan pitää arvioidun pilaantuneen alueen rajauksen virheellisyyttä.

## 6.7 Arabian rannan pohjoiset alueet, Helsinki

### 6.7.1 Kustannusten muodostuminen

Pilaantuneen maa-aineksen loppusijoituksen kustannukset olivat suurin kustannustekijä, yhteensä 81 % osuudella. Työmaakustannuksista ei ole tiedossa kuin seulonnan aiheuttamat kustannukset, jotka ovat 6,2 % kokonaiskustannuksista. Tutkimuskustannukset rajattiin tämän tarkastelun ulkopuolelle. Alueen tutkimukset on toteutettu usean eri viraston toimesta pitkän ajan kuluessa, sen tähden ei tutkimuskustannusten hankkiminen ollut kohtuullisella työllä toteutettavissa. Kuviossa 20 on esitetty kohteen toteutuneet kunnostuskustannukset tekijöittäin, taulukossa 46 on esitetty konsultoinnista aiheutuneet kustannukset sekä niiden suhde kokonaiskustannuksiin.



KUVIO 20. Toteutuneet kustannukset – tekijöittäin

TAULUKKO 46. Konsultoinnista aiheutuneet kustannukset

Kustannustekijä	€	% -kok.
Toteutussuunnittelu	3 700	0,3
Valvonta	106 300	9,1
Laboratorioanalyysit	35 000	3,0
Loppuraportointi	5 000	0,4
<b>Yhteensä</b>	<b>150 000</b>	<b>12,8</b>

### 6.7.2 Syyt kustannusvaihteluihin

Voimakkaasti ja ongelmajätetasoisesti pilaantuneiden massojen huomattavasti vähäisempi toteutunut määrä oli syy kustannuksien alentumiseen. Voimakkaasti pilaantuneita massojen toteutunut määrä oli 32 % arvioidusta ja ongelmajätetasoisesti pilaantuneiden massojen määrä 14 %. Toisaalta lievästi pilaantuneita massoja oli 20 % arvioitua enemmän. Kaivumassoja jouduttiin seulomaan 55 % arvioitua enemmän, mikä aiheutti 45 000 € lisäkustannuksen. Laboratoriokustannuksia alensi hieman suhteellisen suuri jäännöspitoisuusnäytteiden ottotiheys, joka oli 1/100m<sup>2</sup> alueilla, joilla kaivettiin vain rakentamisen vaatimaan tasoon, 1/200m<sup>2</sup> alueilla joilla esiintyi orgaanisia haitta-aineita yli kunnostuksen tavoitetasoon ja 1/400m<sup>2</sup> Hot Spot alueilla. Taulukossa 47 on verrattu toteutuneiden massamäärien kustannusvaikutuksia suhteessa kahteen viimeisimpään kustannusarvioon.

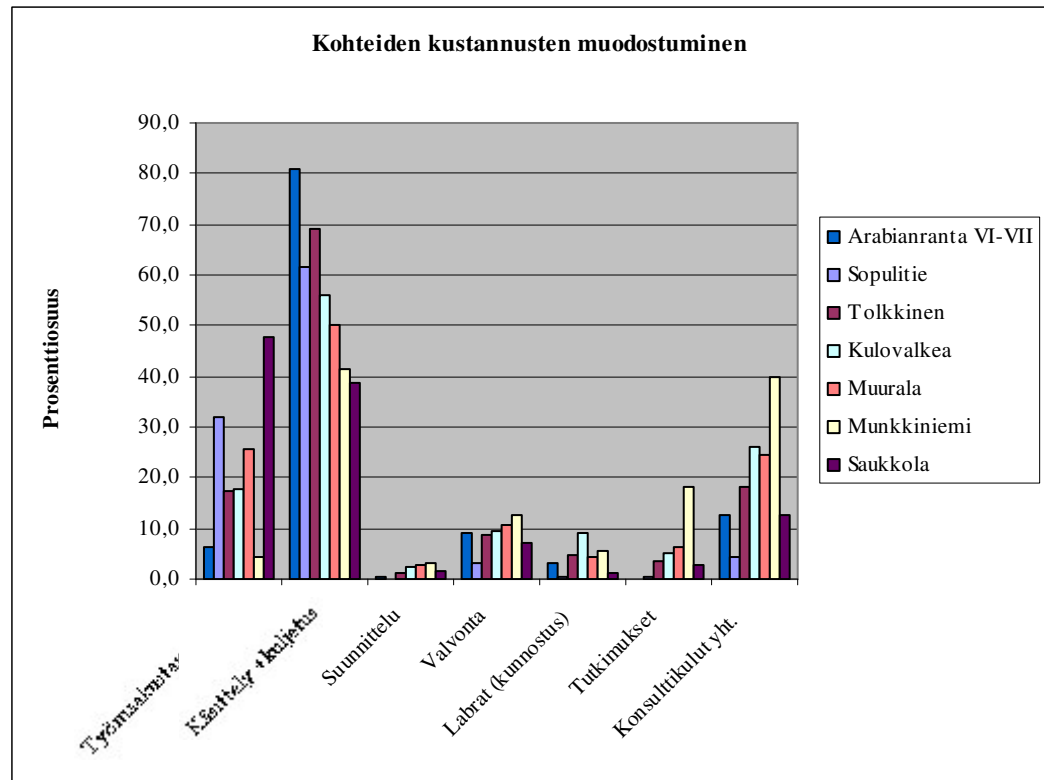
TAULUKKO 47. Pilaantuneiden massojen kustannusvaikutukset verrattuna arviointeihin

Massalaji	Kustannusarvio 8.6.2006		Kustannusarvio 30.3.2006	
	Tot/8.6 *100%	Säästö [€]	Tot/30.3 *100%	Säästö [€]
Lievät	120	-110 487	107	-43 077
Voimakkaat	32	504 775	28	593 490
Ongelmajätteet	14	261 965	13	298 592
<b>Yhteensä</b>	<b>59</b>	<b>656 253</b>	<b>53</b>	<b>849 005</b>

## 6.8 Kustannusten muodostuminen

Pilaantuneiden maa-alueiden kunnostuskustannuksien muodostuminen vaihtelee voimakkaasti kohteittain. Eri kustannustekijöitä on useita samoin kuin syitä, mitkä voivat johtaa kustannusvaihteluihin. Pilaantuneiden massojen määrä on määräävä tekijä. Pilaantuneiden massojen loppusijoituksesta aiheutuvat kustannukset ovat lähes poikkeuksetta suurin tekijä kunnostuksissa. Poikkeuksen tässä työssä teki Saukkolan vanha tukikohta, jossa suurin kustannustekijä olivat työmaakustannukset (kaivutyö). Saukkolan tapaus on tyypiltään poikkeava suhteessa muihin tässä tarkastelussa mukana olleisiin kohteisiin, kohteen pilaantumistyyppi oli hyvä esimerkki siitä, mitä voi leviävien haitta-aineiden käsittelystä ja varastoinnista aiheutua ”sopivissa” maaperäolosuhteissa.

Kuviossa 21 ja taulukossa 48, on esitetty kaikkien tässä työssä tarkasteltujen kohteiden kustannusten muodostuminen kuuden kustannustekijän avulla, jotka ovat: työmaakustannukset (kaivu +muut työmaalla syntyvät kustannukset), pilaantuneiden massojen loppusijoitus ja kuljetus (yhdessä koska kaikista kohteista eivät olleet erotettavissa), suunnittelu, valvonta, laboratorionalyysikustannukset ja tutkimuskustannukset. Näistä voidaan havaita, että eri kustannustekijöiden suhteelliset prosenttiosuudet (kokonaiskustannuksiin nähden) ovat riippuvaisia kohteen suuruusluokasta, massamäärästä aiheutuvien kustannuksien kasvaessa muiden kustannusten suhteellinen osuus pienenee. Lisäksi voidaan havaita, että kustannuksien muodostuminen vaihtelee runsaasti, tästä kertoo eri kustannustekijöiden osuuksien vaihteluväli.



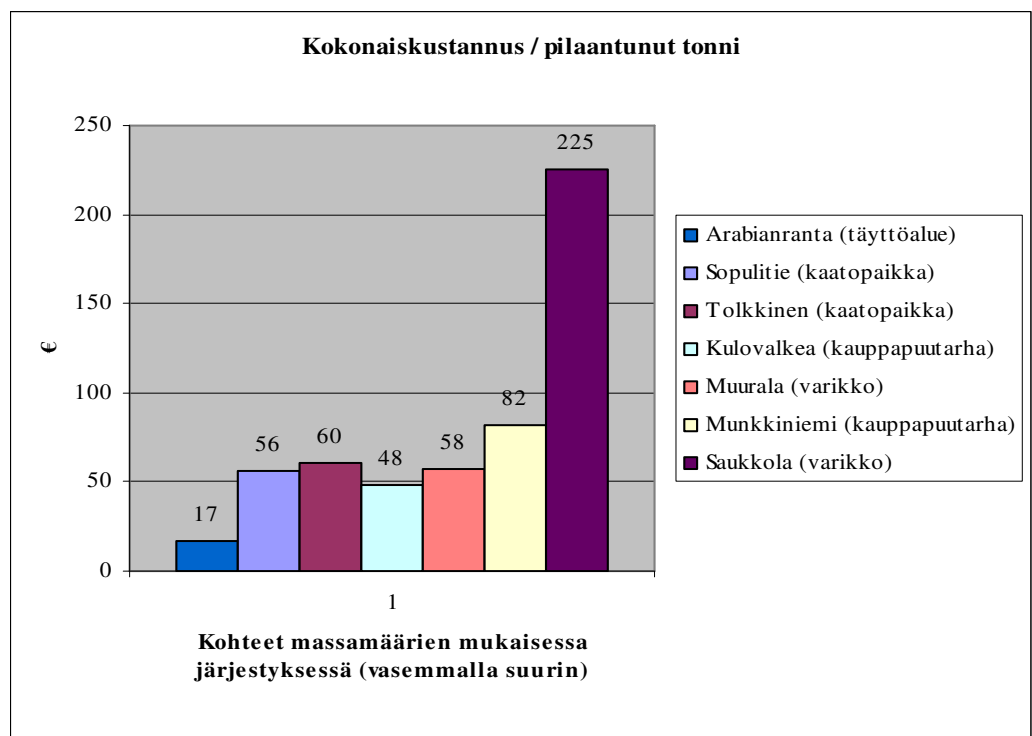
KUVIO 21. Kohteiden kustannusten muodostuminen

TAULUKKO 48. Kohteiden kunnostuskustannuksien muodostuminen

Kustannus- tekijä	Pilaantuneet massat yht.	Työmaakus- tannukset	Käsittely +kuljetus	Suunnittelu	Valvonta	Labrat (kun- nostus)	Tutkimukset	Konsulttiku- lut yht.
Kohde	[tn]	% - osuus kok.	% - osuus kok.	% - osuus kok.	% - osuus kok.	% - osuus kok.	% - osuus kok.	% - osuus kok.
Arabianranta VI-VII***	67 870	6,2	81,0	0,3	9,1	3,0		12,8
Sopolitie*	30 850	32,0	61,7	0,1	3,2	0,5	0,6	4,4
Tolkkinen**	19 238	17,3	69,1	1,4	8,9	4,6	3,4	18,3
Kulovalkea	3 409	17,6	55,9	2,3	9,7	9,0	5,0	26,0
Muurala	2 567	25,7	50,0	2,7	10,8	4,3	6,5	24,3
Munkkiniemi	886	4,2	41,3	3,2	12,8	5,5	18,3	39,8
Saukkola	809	47,7	38,5	1,7	7,1	1,0	2,7	12,5
<b>Vaihteluväli</b>		<b>4,2 - 47,7</b>	<b>38,5 - 69,1</b>	<b>0,1 - 2,3</b>	<b>3,2 - 10,8</b>	<b>0,5 - 9,0</b>	<b>0,6 - 6,5</b>	<b>4,4 - 39,8</b>
*Kaiivutyö työmaakustannuksissa								
**Kaiivu, käsittely ja kuljetus samassa, sekä labrojen osuudessa kaikki labrat								
***Työmaakustannuksissa vain seulonta								

## 6.9 Kohteiden todelliset kunnostuskustannukset tonnia pilaantunutta maata kohden

Kohteiden pilaantuneiden massojen todellisten kunnostuskustannusten (eli kokonaiskustannus / pilaantuneiden massojen yhteismäärällä) vaihteluväli oli 17-225 €/t ja keskiarvo 78 €/t. Mikäli jätetään Saukkolan vanha tukikohta huomioimatta (poikkeavan luonteensa takia) on vastaavasti vaihteluväli 17-82 €/t ja keskiarvo 54 €/t. Kuviossa 22 on esitetty kohteittain toteutuneet kustannukset / pilaantuneet massat. Kohteet on järjestetty massamäärien mukaiseen suuruusjärjestykseen.



KUVIO 22. Kohteiden todelliset kustannukset / tonni pilaantunutta maata



## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET

### 7.1 Kaatopaikat

Vanhat kaatopaikat ovat massamääriltään ja kustannuksiltaan suurimpia pilaantuneen maaperän kunnostushankkeita. Suurin osa kunnostuskustannuksista syntyy pilaantuneiden massojen loppusijoituskustannuksesta. Massamäärien aiheuttamien kustannuksien osuus oli tässä työssä tarkastelluissa kohteissa 62 % ja 69 %. Vanhojen kaatopaikkojen kunnostusprojektit kestävät ensimmäisistä tutkimuksista kunnostuksen valmistumiseen (loppuraportointiin) useita vuosia. Kaatopaikkojen kunnostaminen vaatii usein raskasta ja monipuolista suunnittelua osin jätetäyttöjen heterogeenisuuden ja korkeiden haitta-ainepitoisuuksien takia sekä osin kunnostamisen käytännön toteutuksen aikana vallitsevien terveysriskien takia. Tolkkisten kaatopaikan kunnostamiseksi on laadittu kunnostuksen yleissuunnitelman lisäksi 9 erilaista toteuttamiseen liittyvää asiakirjaa, mm. työkohtainen työselostus, näytteenottosuunnitelma ja työturvallisuusasiakirja.

#### **Massamääräarviot ja sijoittuminen**

Tarkastelluissa kohteissa kummassakaan eivät massamääräarviot pitäneet täysin paikkaansa, kuten taulukosta 49 voidaan havaita. Taulukosta 49 voidaan lisäksi havaita, että kaatopaikka-alueista ei voida tehdä yleisen tason päätelmiä ainakaan tämän työn perusteella. Sopulitiellä massamäärät kasvoivat pilaantuneen alueen oltua rajattua suurempi. Tolkkisten massamäärät alentuivat viidenneksen arvioidusta; vaikka kaivalue laajeni suunnitellusta, pilaantuneiden massojen määrää oli ennakoita yliarvioitu.

TAULUKKO 49. Kaatopaikkakohteiden massamääräarvioiden toteutuminen

Kustannus- paikka	Poistetut pilaan- tuneet massat [t]	toteutunut / arvioitu *100 %		
		Lievät	Voimakkaat	Yhteensä
Sopulitie	30 850	85	966	<b>154</b>
Tolkkinen	19 238		80	<b>82</b>
Käytetty viimeisimmän arvion tietoja				

Vanhat kaatopaikat on usein sijoittuneet sellaisille alueille, joilla on ollut ennen maa-ainesten ottotoimintaa (esim. sorakuoppa kuten Sopulitiellä tai savenotto-kuoppa kuten Tolkkisissa). Selkeästi toisistaan erotettavasta pohjamaan ja täyteen rajasta onkin apua massamäärien arvioinnissa ja varsinaisen kunnostustyön toteutuksessa. Varsinkin jos kohdealueen pohjamaa on savea, on haitta-aineiden leviämiskahva kaatopaikka-alueen ulkopuolelle huomattavasti alhaisempi. Kaatopaikoilta suotautuvat vedet (suotovedet) voivat levittää suotuisissa maaperä olosuhteissa haitta-aineita kaatopaikka-alueen ulkopuolelle ja täten aiheuttaa pilaantuneisuuden leviämistä. Sijoittumisesta johtuen on kaatopaikkojen jätetäytön laajuus kohtuullisella tarkkuudella rajattavissa, eli perusmaan ja jätetäytön raja on usein selkeästi havaittavissa. Kaatopaikkojen reuna-alueiden rajaus on kuitenkin hieman ongelmallista. Tarkkaa jätetäytön reunaa voi olla vaikea ”saada kiinni”, koska reunoille on voitu läjittää erityyppistä ainesta kuin mitä varsinaiseen jätetäyttöön ja/tai voitu sijoittaa vähemmän jätettä sisältävää maa-ainesta, jolloin jätejakeiden määrä maa-aineksen seassa on vähäisempi. Tämä voidaan havaita mm. tässä työssä tarkastelluista kohteista, molemmissa jätetäyttö ulottui laajemmalle alueelle, kuin tutkimuksissa voitiin todeta. Massamääriin reuna-alueilla ei kuitenkaan ole välttämättä ratkaisevaa merkitystä (johtuen suurista yhteismassamääristä ja suhteellisesti vähäisistä massamääristä reuna-alueilla), kuten Tolkkisten tapauksesta voidaan havaita.

## Jätetäytön heterogeenisuus

Ongelmia entisten kaatopaikkojen kohdalla aiheuttaa mm. jätetäyttöjen heterogeenisuus. Entisillä jätetäyttöalueilla on huomattavasti useampia haitta-aineita (ja eri haitta-aineiden yhdistelmää) kuin esimerkiksi kasvihuonekohteissa. Sopolitien kaatopaikalla havaittiin kunnostuksen yhteydessä 21 eri tavoin pilaantunutta jätetäyttöä. Kaikkia pilaantuneisuuden yhdistelmiä on vaikeaa, ellei mahdotonta havaita tutkimuksissa. Sekapilaantuneen maa-aineksen ja/tai jätetäytön loppusijoitus kustannukset ovat myös korkeammat kuin yksittäisellä haitta-aineella pilaantuneen massan (edellyttäen että pitoisuustasot ovat samalla tasolla). Sekapilaantuneet massat lisäävät myös laboratorioanalyyseistä johtuvia kustannuksia, mikä johtuu analyysien monipuolisuudesta.

Tolkkisten entisen jätetäyttöalueen tapauksesta voidaan havaita, että yksittäisellä jätejakeella voi olla määräävä merkitys kunnostuksen kokonaiskustannuksiin. Kohteessa oli arvioitu asbestia sisältävää jätetäyttöä olevan 15 000 tonnia, kun toteutunut oli 3 117 tonnia. Asbesti muodostaa erityisen riskitekijän silloin, kun se on ns. pölyävässä muodossa jolloin asbestihiukkaset voivat kulkeutua hengitysilman mukana keuhkoihin. Lisäksi asbestipitoisen maa-aineksen käsittelykustannukset ovat korkeammat kuin vastaavalla tasolla pilaantuneen massan, jossa ei ole asbestia seassa (Tolkkisissa 9 €/t).

### 7.2 Kauppapuutarhat

Kauppapuutarhat ovat tyypillisesti varsin pieniä kohteita, ja yleensä maaperä on pilaantunut vain pintakerroksen osalta. Eritavoin pilaantuneita jakeita on kasvihuoneilla tyypillisesti (lukumääräisesti) huomattavasti vähemmän kuin esimerkiksi kaatopaikoilla. Taulukossa 50 on esitetty massamääräarvioiden toteutuminen kauppapuutarhoilla. Molemmissa kohteissa on toteutunut määrä ollut noin 44 % arvioidusta. Tämä kuvastaa kauppapuutarhojen kohdetyyppiluonteeseen samankaltaisuutta. Yksi syy pilaantuneiden massamäärien yliarviointiin voi olla massojen

ominaispaino (usein vain multainen kasvu-/ pintakerros on pilaantunut ja mullan ominaispaino on pieni esim. suhteessa hiekkaan).

TAULUKKO 50. Kauppapuutarhakohteiden massamääräarvioiden toteutuminen

Kustannus- paikka	Poistettu mas- samäärä [t]	toteutunut /arvioitu *100 %		
		Lievät	Voimakkaat	Yhteensä
Kulovalkea	3409	55	9	<b>43</b>
Munkkiniemi	886	44		<b>44</b>
Käytetty viimeisimmän arvion tietoja				

### 7.3 Varikkokiinteistöt

Varikkokiinteistöjen koko ja toiminnot poikkeavat toisistaan runsaasti. Mahdollinen pilaantuminen varikko- ja tukikohtakohteissa riippuu alueen toiminnoista. Usein varikoilla on tai on ollut polttonesteiden jakelutoimintaa, jonka takia on haitta-aineiden mahdollinen leviäminen huomioitava jo tutkimusvaiheessa. Toteutuneet massat olivat molemmissa tarkastelluissa kohteissa yli 200 % arvioituihin verrattuna. Taulukossa 51 on esitetty massamääräarvioiden toteutuminen varikkokiinteistöillä. Tulokset korostavat varikkotoimintojen erilaisuutta toisiinsa nähden. Varikkokohteet eivät ole esim. vanhojen kaatopaikkojen tavoin sijoittuneet tietyn tyyppiseen ympäristöön joten esim. maaperäolosuhteet ovat yksilöllisiä. Maaperäolosuhteilla on ratkaiseva merkitys haitta-aineiden leviämisessä, haitta-aineiden ominaisuuksien lisäksi. Leviävien haitta-aineiden (kuten öljy) tapauksissa on varsinkin alueilla, joiden maaperä on karkeaa (esim. Hk/Sr), on olemassa tavallista suuremmat epävarmuustekijät tutkimusten ja niiden perusteella tehtyjen massamääräarvioiden paikkaansa pitävyydestä. Tämänkaltaisten olosuhteiden vallitessa on varauduttava mahdollisiin yllättäviin tilanteisiin.

TAULUKKO 51. Varikkokohteiden massamääräarvioiden toteutuminen

Kustannus- paikka	Poistettu mas- samäärä [t]	toteutunut / arvioitu *100 %		
		Lievät	Voimakkaat	Yhteensä
Muurala	2 567	271	420	<b>298</b>
Saukkola*	809	8	396	<b>202</b>
Käytetty viimeisimmän arvion tietoja				
*Voimakkaat sisältää kaikki >1000 mg/kg				

#### 7.4 Täyttöalueet

Täyttöalueita kuului tähän tarkasteluun vain yksi, joten niistä ei voi tehdä vertailevia johtopäätöksiä. Voidaan kuitenkin todeta täyttöalueiden olevan vanhojen kaatopaikkojen ohella massamääriltään ja kustannuksiltaan suurimpia pilaantuneen maaperän kunnostusprojekteja. Maaperän pilaantumisen laatu ja haitta-aineiden pitoisuudet riippuvat siitä, minkä tyyppisiä jätteitä ja maa-aineksia täyttöihin on läjitetty. Taulukossa 52 on esitetty massamääräarvioiden toteutuminen Arabianrannassa, siitä voidaan havaita arvioiden tarkentuneen prosessin edetessä.

TAULUKKO 52. Arabianrannan massamääräarvioiden toteutuminen

Arabianranta	toteutunut / arvioitu *100%			
Suunnitelma \ pilaantuneisuus	Lievä	Voimakas	Ongelmajäte	Yhteensä
Kunnostussuunnitelma 2004*	99	33		<b>76</b>
Lisätutkimukset 4.1.06*	166	56		<b>130</b>
Kustannusarvio 30.3.06	107	45	13	<b>81</b>
Kustannusarvio 8.6.06	120	50	14	<b>91</b>
*Arvioidut kustannukset laskettu käyttäen lieville hintaa 11,9 €/t ja voimakkailla 35,75 €/t				
Kustannukset sisältää vastaanoton ja kuljetuksen				

#### 7.5 Yleiset havainnot

Nyt tarkastellulla laajuudella ei voida tehdä yleispäteviä johtopäätöksiä massamääräarvioiden oikeellisuudesta. Tämän tarkastelun tulokset korostavat eri kohde-tyyppien luonteiden erilaisuutta. Täsmälleen samanlaisia kohteita tuskin on, toisi-

aan muistuttavia ja samantyyppisiä kylläkin. Kullakin kohdetyypillä ja kullakin haitta-aineella on omat erityispiirteensä.

Kustannuksia on tarkasteltava kokonaiskustannuksia yksityiskohtaisemmin (eritelysti), varsinkin verratessa arvioituja toteutuneisiin. Kustannuksista on poimittava kussakin kohteessa tekijä, joka on aiheuttanut massamääräarvion virheellisyyden. Taulukossa 53 on esitetty tekijöitä, joista voi aiheutua virheellisiä massamääräarvioita, kaikki tekijät eivät ole tästä tarkastelusta poimittuja.

TAULUKKO 53. Massamääräarvioiden mahdollisia virhelähteitä

Virhelähde	Tekijä	Syy
<b>Rajaus virheelinen</b>	– Pilaantuneen alueen laajuus - Pilaantuneen alueen syvyys – Puuttuva alue	– Liian harva näytepiste- / analyysiverkko – Tutkimuspisteiden sijoitus väärä – Tutkimuksia ei ulotettu riittävän syvälle – Ei tutkittu oikeita haitta-aineita – Puutteelliset lähtötiedot
<b>Pilaantuneisuuden laatu virheellinen</b>	– Puutteita tutkituissa haitta-aineissa – Lievästi / voimakkaasti pilaantuneen alueen rajaus	– Ei tutkittu oikeita haitta-aineita – Liian harva näytepiste- tai analyysiverkko – Tulkinta virhe analyysituloksissa – Jätejakeita ei huomioitu
<b>Laskenta virheellinen</b>	– Massamäärämuunnokset virheelliset – Laskentavirhe	– Väärät muunnoskertoimet muutettaessa teoreettisista kuutioista – Inhimillinen laskentavirhe

Massamääräarvioiden tarkkuus voi myös riippua vallitsevista olosuhteista. Mikäli kunnostuksen maksajalla on käytettävissään ”määrättömästi” varoja, tai jos alue tulee joka tapauksessa kunnostaa tiettyyn tasoon, voi kustannusarvioksi riittää arvio, jossa on massat arvioitu likimain ”pahimman mahdollisen tilanteen” mukaisesti. Tuolloin voidaan kunnostustoimenpiteet suunnitella ja toteuttaa epätarkemman massamääräarvion perusteella edellyttäen, että lupaviranomaiset eivät velvoita tarkempia selvityksiä. Tällöin massamäärät lasketaan olettaen levinneisyys laajimmaksi mahdolliseksi ja haitta-ainepitoisuudet korkeimman pitoisuuden mukaan.

## 8 KEHITYSEHDOTUKSET

### **Kunnostuskustannuksien analysointi**

Toteutuneiden kunnostuskustannusten analysoinnin ja taulukoinnin avulla voitaisiin tuottaa laajempaa tietoa kuin mihin tämän työn puitteissa on mahdollista. Eräs tapa tarkasteluun voisi esimerkiksi olla, että samantyyppisiä kohteita käsitellään ja analysoidaan yhdessä. Tämä voisi helpottaa kunnostuksien maksajien varautumista tulevien kunnostusten kustannuksiin, mikäli analysoitavaa aineistoa olisi niin laajalti että se olisi tilastollisesti merkitsevää. Toisaalta laajemman otannan analysoinnin avulla voitaisiin mahdollisesti havaita sellaisia tekijöitä (”kriittisiä arvoja”), joiden takia on syntynyt kustannusvaihteluja ja jotka sitten mahdollisesti voitaisiin havaita ennakolta. Aiheesta voitaisiin laatia selvityksiä toimintoryhmittäin, joissa selvitetäisiin voidaanko tämänkaltaisia arvoja määrittää ja jos voidaan, niillä edellytyksillä. Lisäarvoa tarkastellulle voitaisiin saada, mikäli kustannusten tarkastelu ulotettaisiin kattamaan myös toteutettuja *in-situ* kunnostuksia tavanomaisten massanvaihtojen lisäksi.

### **Massojen vastaanottokustannukset**

Vaikka vastaanottoaikojen kilpailutus on nykyään ”arkipäivää”, on sen merkitystä syytä korostaa sen kustannusvaikutusten takia. Pilaantuneiden massojen vastaanottohinnat ja –paikat on syytä kilpailuttaa jo etukäteen, ja mikäli mahdollista kannattaa ainakin sellaisten tahojen, joilla on useampia kunnostusprojekteja vuodessa hankkia käyttöönsä vuosisopimukset vastaanottoaikojen kanssa (ilman sidonnaisuuksia massamääriin). Näin voidaan välttyä sellaisilta tilanteilta, joita monesti kunnostustyömailla tulee vastaan, eli että kunnostuksen aikana havaitaan sellaisia haitta-aineita ja/tai arvioituja huomattavasti korkeampia pitoisuuksia, joille täytyy kunnostustöiden jo ollessa käynnissä etsiä luvallinen vastaanottoaika. Yleensä tämänkaltaisissa tilanteissa pilaantuneiden maiden vastaanotto on kalliimpaa kuin mitä se olisi, jos olisi voitu ennakolta varautua. Lisäksi ei vas-

taanottoaikojen kilpailutus ole välttämättä mahdollista kunnostustöiden ollessa käynnissä (ei välttämättä tilaa ja/tai muuten soveltuvaa paikkaa varastoida massoja) ja jos onkin, aiheuttaa se turhaa kiirettä ja ”yleistä hässäkkää” työmaalla. Vastaanotokustannuksien kilpailuttaminen voisi hyödyttää organisaatioita, jotka ”tuottavat” suuret määrät pilaantuneita massoja, mikäli massoja vain vähäisiä määriä voi saavutettava kustannushyöty kadota. Konkreettisempaa hyötyä voisi tuottaa siten, että pyydetään vastaanottohintoja (tarjousvaiheessa) sellaisille jakeille, joita ei ole havaittu mutta joita saattaa löytyä (ovat esimerkiksi tyypillisiä kohdetyypille tai ovat havaittujen aineiden yhdistelmiä).

### **Massamääräarvioiden riskitarkastelu**

Massamäärä- ja kustannusarvioiden riskitarkastelulla voitaisiin havaita massamääräarvioihin liittyviä epävarmuustekijöitä, joiden takia arviot epäonnistuvat. Riskitarkastelulla voitaisiin parantaa massamääräarvioiden laatua ja oikeellisuutta.

### **Raportointi**

Raportoinnista on nostettava esiin se, miten loppuraporteissa kuvataan kunnostuksen käytännön toteutus. Turhan monessa raportissa ohitetaan käytännön toteutus vain muutamalla lauseella. Käytännön toteutuksen kuvaamisella voitaisiin mahdollisesti kehittää sekä valvonta- että kaivutyötä (se että toteutusta ei kirjata tarkemmin tarkoita ettei toimintaa kehitettäisi). Osa tässä työssä tarkastelluista kohteista on tutkittu, kunnostettu ja raportoitu jo useita vuosia sitten, joten osittain raportointi on kehittynytkin. Eri konsulttitoimistojen laatimissa raporteissa on myös osittain huomattaviakin eroja, erityisesti tekstin jäsentelyssä. Asiallisesti kaikista raporteista löytyy likimain samat tiedot. Raporttien eroavuudet johtuvat osittain todennäköisesti siitä, ettei kunnostuksen loppuraportoinnista ole laadittu samankaltaista julkaisua kuten kunnostuksen yleissuunnittelusta on julkaistu.



## LÄHTEET

Fundus Oy, 31.1.2001. Arabianrannan pohjoiset alueet, Geotekninen tarkastelu optimaalisten korkeustasojen valintaa varten. Helsinki.

Golder Associates Oy 9.2.2004. Riskiarvio. Versio A.1. Helsinki Arabianranta, pohjoiset alueet, 9.2.2004. Helsinki.

Golder Associates Oy 27.2.2004. Pilaantuneen maaperän kunnostuksen yleissuunnitelma, versio A.1 Arabianrannan pohjoiset alueet Helsinki. Helsinki.

Helsingin kaupungin Geotekninen osasto Sopulitien alueen ympäristöselvitys, GEO 5353/24.10.1997. Helsinki.

Laura Anttonen, Hämeen ammattikorkeakoulu, opinnäytetyö 9.4.2002. Tolkkisten sahan ja selluloosatehtaan vanhan jätetäytön tilan kartoitus.

Leea Fraktman. Torjunta-aineiden esiintyminen ja käyttäytyminen kauppapuutarhojen maaperässä. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 8/2002, Helsinki.

Ramboll Finland Oy 1.7.2004. Entisen kasvihuoneen maaperän pilaantuneisuustutkimus, Kulovalkeantie Espoo. Espoo.

Ramboll Finland Oy 5.10.2004. Pilaantuneiden maiden kunnostuskustannukset Suomessa. Espoo.

Ramboll Finland Oy 20.8.2004. Pilaantuneen maaperän kunnostuksen yleissuunnitelma, Kulovalkeanalue Espoo. Espoo.

Ramboll Finland Oy 12.4.2005. Pilaantuneen maaperän kunnostuksen loppureportti, Kulovalkean alue Espoo. Espoo.

- Ramboll Finland Oy (SCC Viatek Oy) 13.4.2004. Syväteentien entinen teollisuusjätteen jätetäyttöalue, Tolkkinen, Porvoo, Täydentävä lisätutkimus, 82103695. Helsinki.
- Ramboll Finland Oy 2.6.2004. Syväteentien entinen teollisuusjätteen jätetäyttöalue, Tolkkinen, Porvoo. Pilaantuneen maaperän kunnostuksen yleissuunnitelma. Helsinki.
- Ramboll Finland Oy 6.3.2006. Syväteentien entisen teollisuusjätteen jätetäyttöalue, Tolkkinen, Porvoo. Pilaantuneen maaperän kunnostuksen loppuraportti, yhteenveto koko alueesta. Espoo.
- Ramboll Finland Oy 2005. Tiehallinto Uudenmaan tiepiirin, Saukkolan entisen tukikohdan pilaantuneen maan kunnostuksen loppuraportti. Espoo
- Ramboll Finland Oy 30.6.2004. Uudenmaantiepiirin Saukkolan vanha tukikohta – Kunnostuksen yleissuunnitelma. Espoo.
- SCC Viatek Oy 29.9.2003. Pilaantuneen maaperän puhdistuksen loppuraportti, Perustie 39, Helsinki. Helsinki.
- SCC Viatek Oy. 2.12.2002. Herttoniemen entinen kaatopaikka, kunnostuksen loppuraportti. Espoo.
- SCC Viatek Oy. Maaperän pilaantuneisuustutkimus, Helsingin kaupunki, Munkkiniemen kauppapuutarha, Perustie 39. Työnro104026. 8.5.2003, päivitetty 12.6.2003. Espoo.
- SCC Viatek Oy. Kunnostuksen yleissuunnitelma, Helsingin kaupunki, Munkkiniemen kauppapuutarha, Perustie 39, Kortteli 30095, tontti 16. työnro 104026. 9.5.2003. Espoo.
- SCC Viatek Oy 8.10.2003. Syväteentien entinen teollisuusjätteen jätetäyttöalue, Tolkkinen, Porvoo, Lisätutkimus, 82103695. Helsinki.

Suomen IP-Tekniikka Oy. Pilaantuneen maaperän kunnostuksen loppuraportti, Koulumestarinkoulu ja päiväkoti, Muuralantie Espoo. Helsinki.

Suomen IP-Tekniikka Oy 4.1.2006. Arabianrannan pohjoisosa, alueet VI – VIII maaperän lisätutkimukset. Helsinki.

Suomen IP-Tekniikka Oy 29.5.2003. Maaperän haitta-ainetutkimus, Koulumestarin koulu ja päiväkoti, Muuralan kylä, Espoo. Helsinki.

Suomen IP-tekniikka. Maaperän haitta-ainetutkimus, Koulumestarin koulu, Espoo. Helsinki.

Suomen IP-Tekniikka Oy 6.9.2004. Maaperän kunnostuksen yleissuunnitelma, Koulumestarin koulu ja päiväkoti Muuralantie, Espoo. Helsinki.

Suomen IP-Tekniikka. Maaperän täydentävät lisätutkimukset, Koulumestarin koulu, Espoo. Helsinki.

Suomen ympäristökeskus, Suomen ympäristöopas 503, Pilaantuneiden alueiden kunnostamista ja riskinarviointia koskeva lainsäädäntö. Helsinki 2001. Edita Oyj.

Suomen ympäristökeskus, Suomen ympäristöopas 83. Pilaantuneen maa-alueen kunnostuksen yleissuunnitelma, Helsinki 2001. Oy Edita Ab.

Suomen ympäristökeskus, Suomen ympäristöopas 604. Toimintansa lopettaneiden kauppapuutarhojen maaperän pilaantuneisuus. Helsinki 2003. Yliopistopaino Helsinki.

Ympäristöhallinnon verkkosivut, pilaantuneilla alueilla tehdyt kunnostukset.

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=187069&lan=FI11.10.199>

[9](#)

Viatek Oy. Herttoniemen entisen kaatopaikan tutkimus, Sopulitie. Y6201. Espoo.

Viatek Oy, 31.1.2000. Herttoniemen entisen kaatopaikan saastuneen maaperän kunnostussuunnitelma. Espoo.

Wikipedia vaapasti muokattava internet tietosanakirja, Polyaromaattiset hiilivedyt.

<http://fi.wikipedia.org/wiki/PAH>

Wikipedia vaapasti muokattava internet tietosanakirja, Polyklooratutbifenyyli.

[http://fi.wikipedia.org/wiki/Polykloorattu\\_bifenyylit](http://fi.wikipedia.org/wiki/Polykloorattu_bifenyylit)

Wikipedia vaapasti muokattava internet tietosanakirja, Raskasmetallit.

<http://fi.wikipedia.org/wiki/Raskasmetallit>

WSP-Environmental Oy 22.1.2007. Pilaantuneen maaperän kunnostuksen loppuraportti Arabianranta, osa-alueet VI – VIII. Helsinki.

## LIITTEET

Liite 1 Kunnostussuunnitelman mallirakenne

Liite 2 Sopulitien vanhan kaatopaikka-alueen kartta

Liite 3 Tolkkisten entisen teollisuusjätteiden jätetäyttöalueen kartta

Liite 4 Munkkiniemen kauppapuutarhan alueen kartta

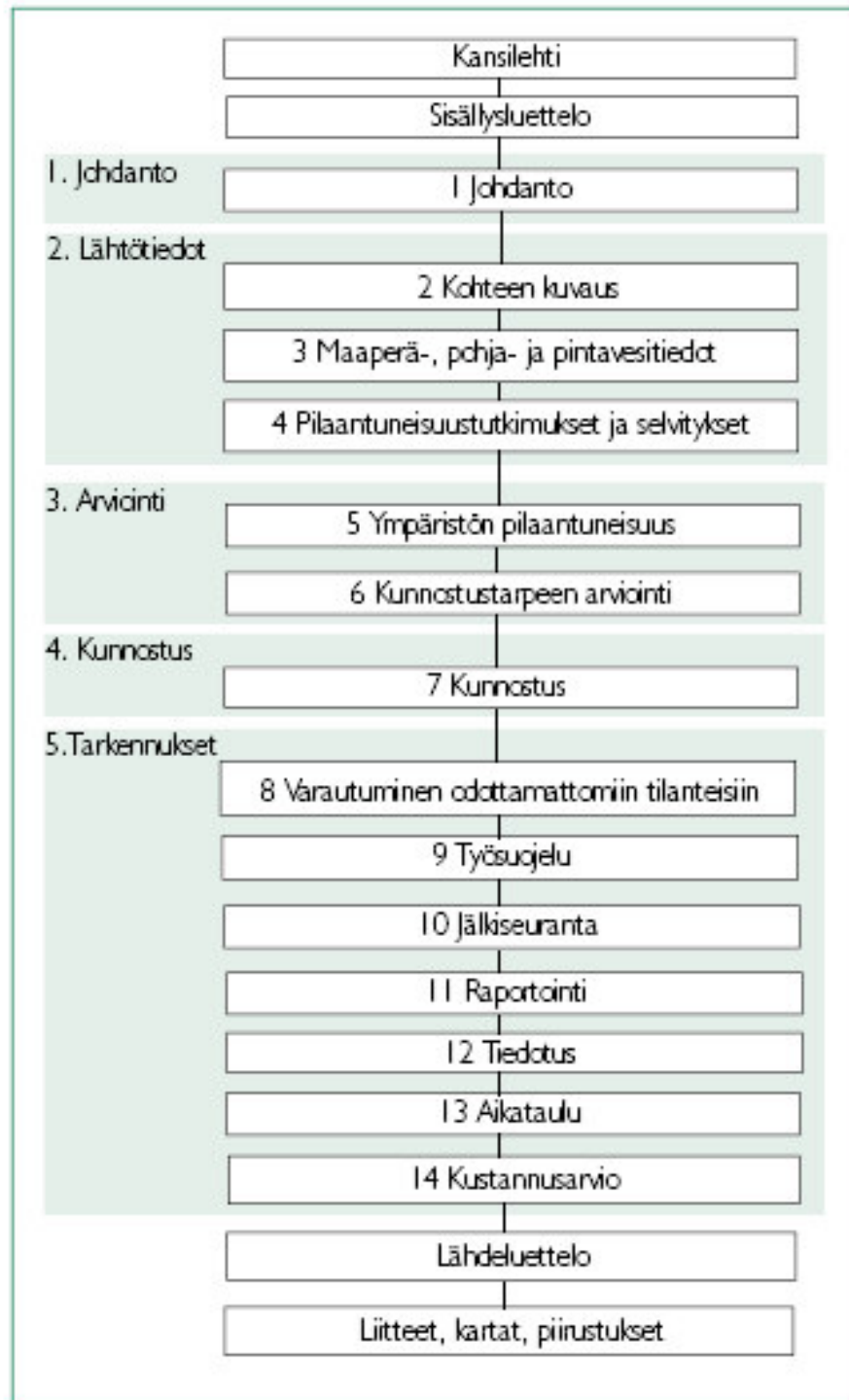
Liite 5 Kulovalkean kasvihuoneiden alueen kartta

Liite 6 Saukkolan tukikohta-alueen kartta

Liite 7 Valokuvia Saukkolan kunnostuksesta

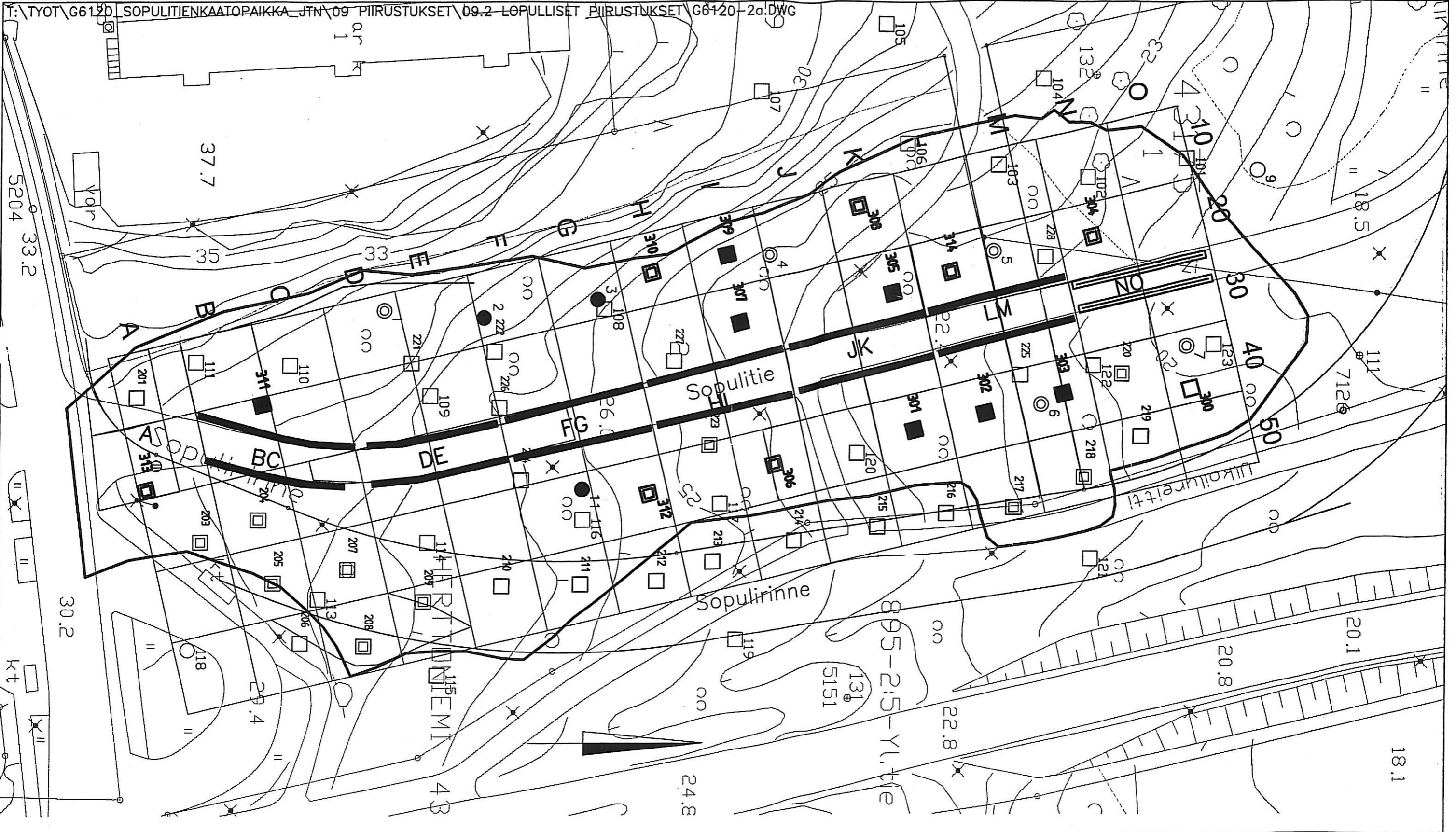
Liite 8 Muuralan varikon alueen kartta

Liite 9 Arabian rannan pohjoisten osa-alueiden kartta



Kuva 3.1. Kunnostussuunnitelman rakenne.

T:\TYOT\G6120\SOPULITIENKAATOPAIKKA\_JTN\09\_PIIRUSTUKSET\09.2-LOPULLISET\_PIIRUSTUKSET\G6120-2a.DWG

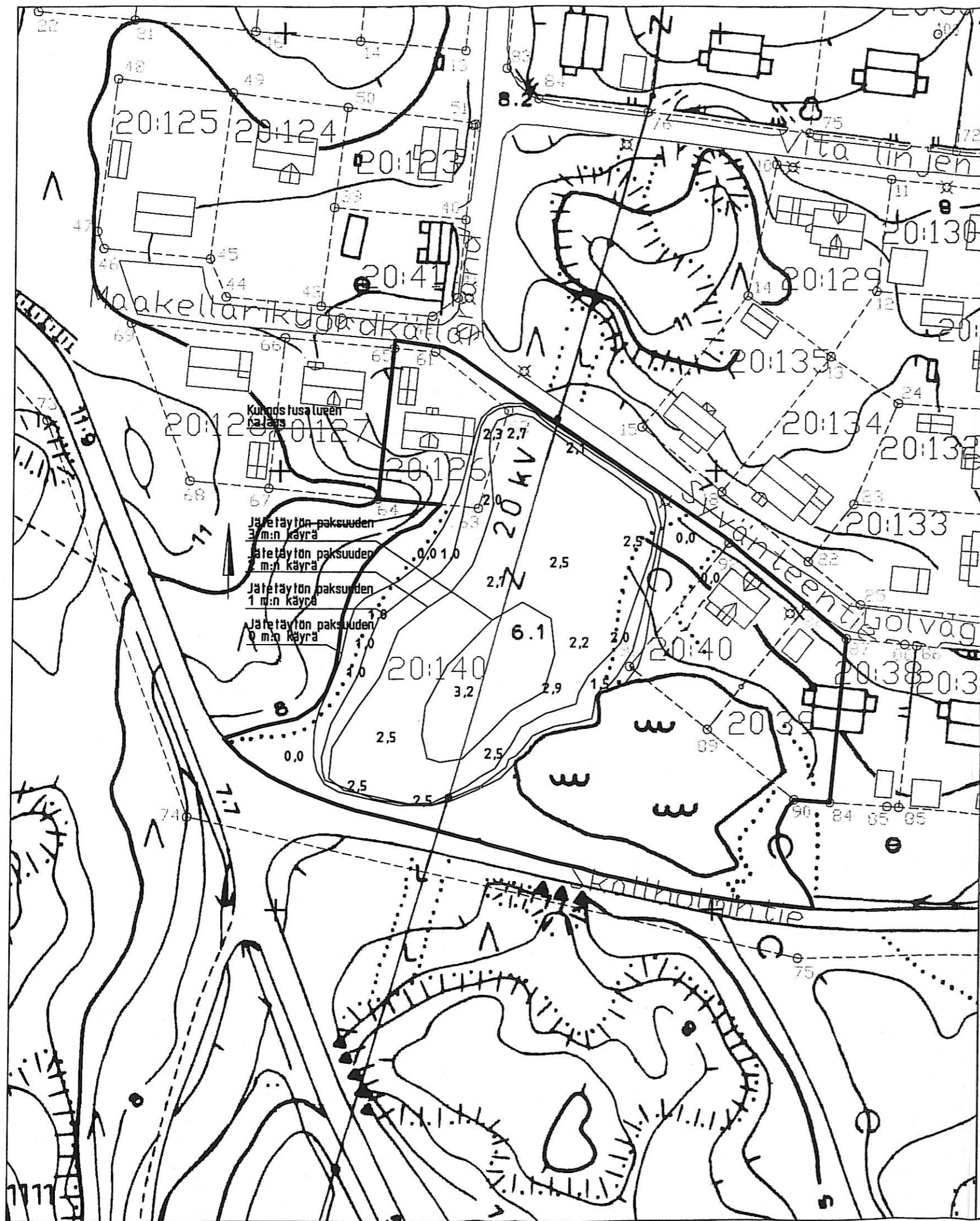


MERKKIEN SELITYKSET

- ■ raja-arvo ylittyy
- ⊙ □ ohje-arvo ylittyy
- □ ei havaittu haitta-aineita

- ≡ KOKOOMANÄYTE TIEPENKEREESTÄ OHJE-ARVO YLITTYY
- ▬ KOKOOMANÄYTE TIEPENKEREESTÄ RAJA-ARVO YLITTYY

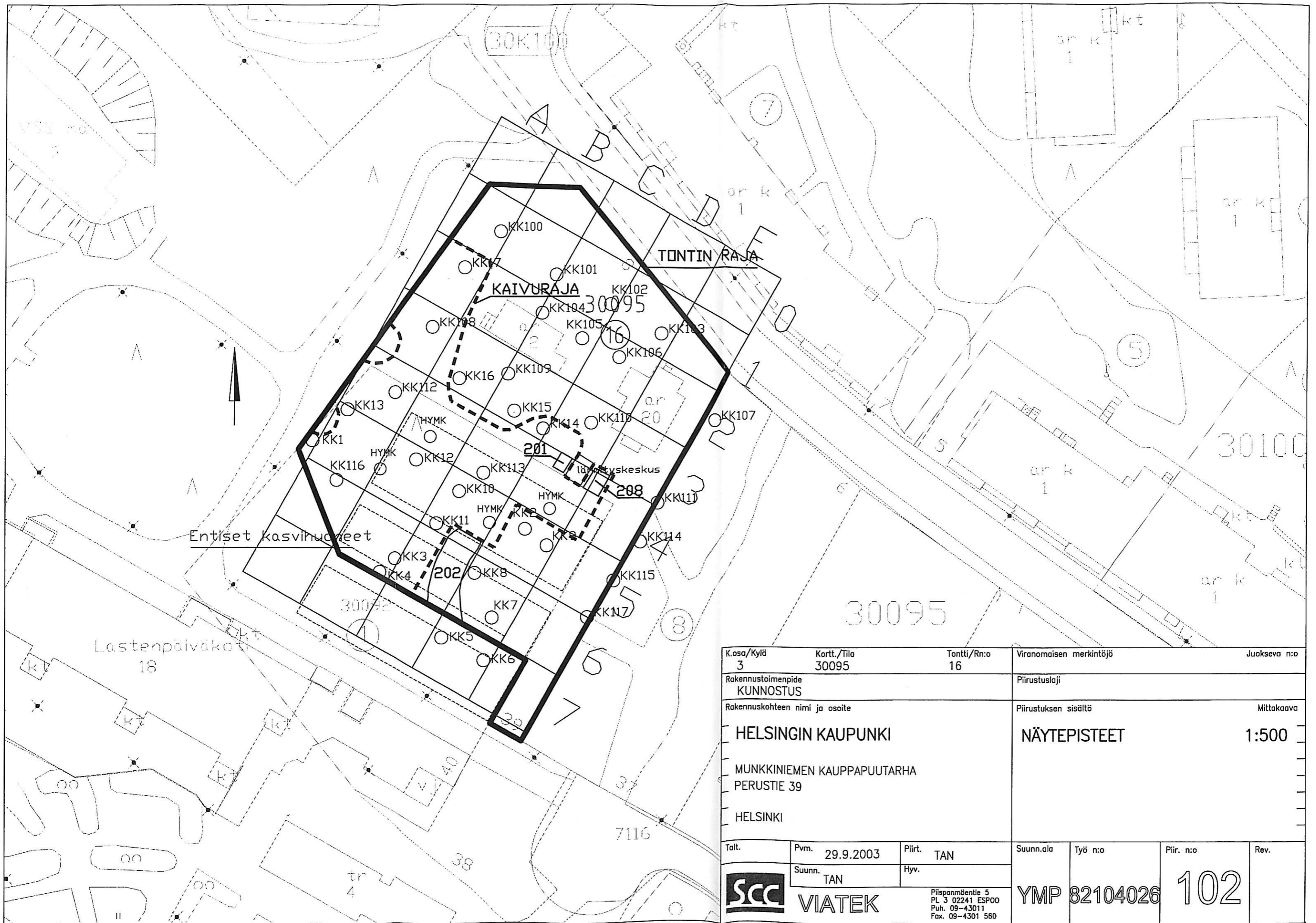
A		kokoomanbytyt		4.10.02
REVISIO	MUUTOS	PIIRT	HYV	PVM
Kassa/Ky#	Korttel/Tila	Tontti	№	Wenemisen valmistusvuosi
PILANTUNEEN MAAPERÄN KUNNOSTUS		Päiväys		
HERTTONIEMEN VANHA KAATOPAIKKA SOPULITIE		Näytepiisteet		
1:500		1:500		
G		6120-2		



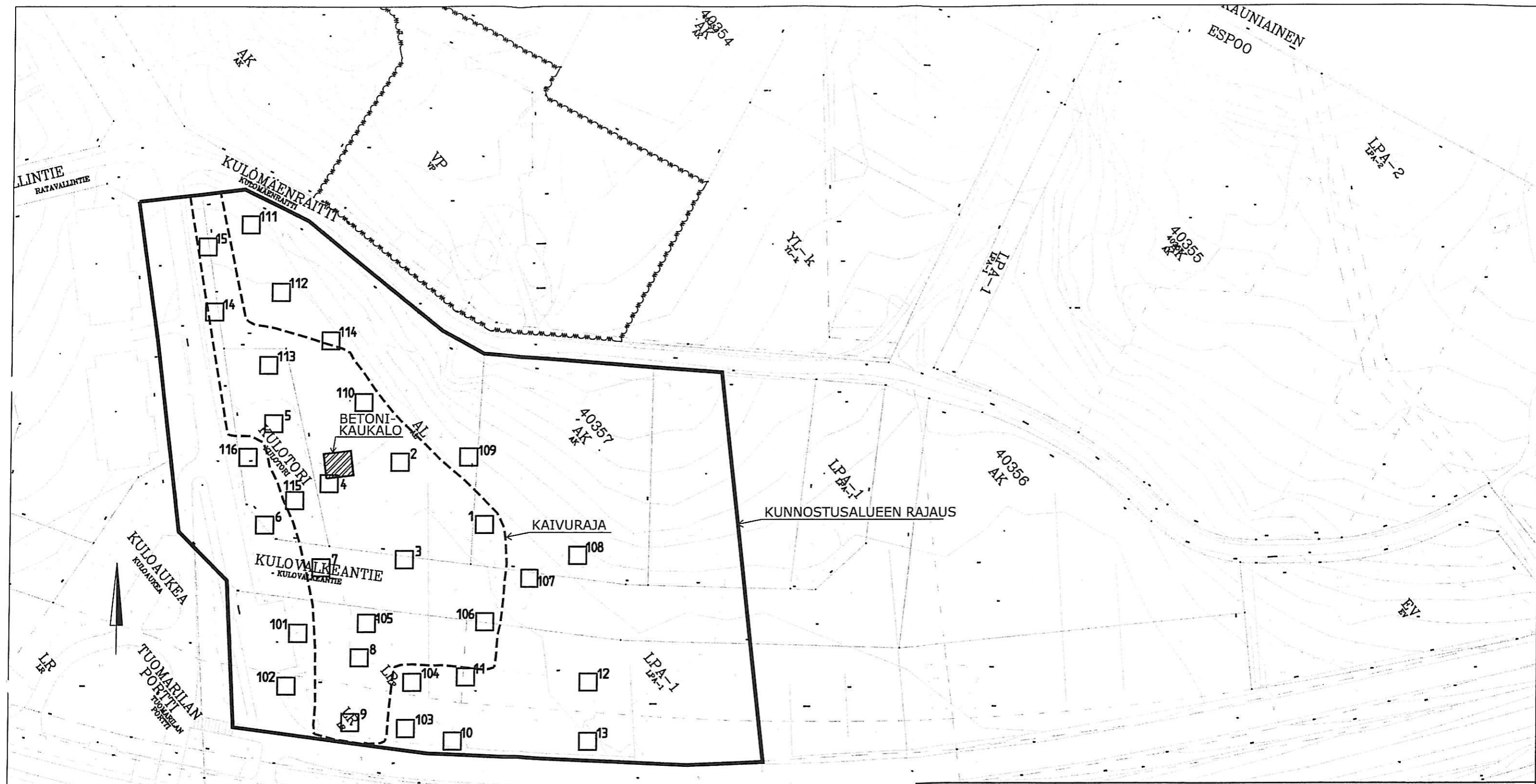
x,x Jätetäytön paksuus (m)

k.osa/ kylä	korttel/ tila	Tontti/ Rn:o	Viranomaisen merkintöjä
Rakennustoimenpide Kunnostuksen yleissuunnitelma		Piirustuslaji	Juokseva nro
Rakennuskohteen nimi ja osoite <b>SYVÄNTEENTIEN ENTINEN TEOLLISUUSJÄTTEEN JÄTETÄYTTÖALUE Tolkinen, Porvoo</b>		Piirustuksen sisältö KUNNOSTUSALUEEN RAJAUS JA JÄTETÄYTÖN PAKSUUS	Mittakaava 1:1000
<b>RAMBOLL</b> Ramboll PL 3, Piispanmäentie 5 02241 Espoo puh. 020 755 611 fax 020 755 6201		Suunn.ala <b>YMP</b>	Työnro <b>82103695</b>
suunn.(nimi, tutkinto, allekirj.)		Piirustusnro <b>203</b>	Tiedosto Muutos
		piirt.	hyv.
		pvm 2.6.2004	

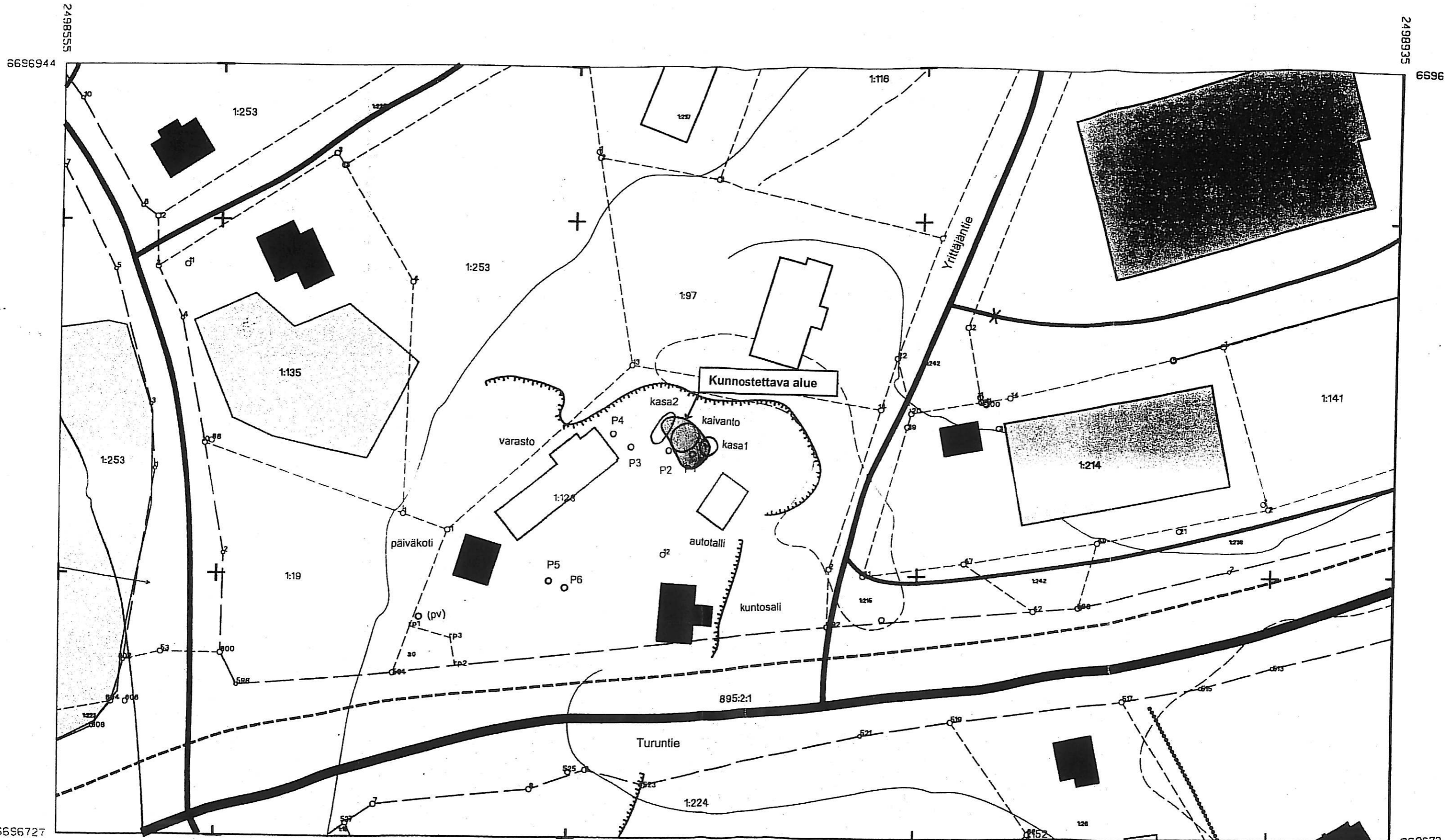




K.osa/Kylä 3		Kortt./Tila 30095		Tontti/Rn:o 16		Viranomaisen merkintöjä		Juokseva n:o	
Rakennustoimenpide KUNNOSTUS						Päristuslaji			
Rakennuskohteen nimi ja osoite <b>HELSINGIN KAUPUNKI</b> MUNKKINIEMEN KAUPPAPUUTARHA PERUSTIE 39 HELSINKI						Päristyksen sisältö <b>NÄYTEPISTEET</b>		Mittakaava <b>1:500</b>	
Talt.	Pvm. 29.9.2003	Piirt. TAN		Suunn.ala	Työ n:o	Piir. n:o		Rev.	
Suunn. TAN		Hyv.		YMP 82104026		<b>102</b>			
				Piispanmäentie 5 PL 3 02241 ESPOO Puh. 09-43011 Fax. 09-4301 560					



k.osa/ kylä	kortteli/ tila	Tontti/ Rn:o	Viranomaisen merkintöjä	
Rakennustoimenpide	Pilaantuneen maaperän kunnostuksen loppuraportti		Piirustuslaji	Juokseva nro
Rakennuskohteen nimi ja osoite	KULOVALKEAN ALUE Espoo		Piirustuksen sisältö	Mittakaava
			KAIVUALUE JA KOEKUOPPIEN SIJAINTI	1:1000
suunn.(nimi, tutkinto, allekirj.)	 Ramboll PL 3, Piispanmäentie 5 02241 Espoo puh. 020 755 611 fax 020 755 6201	Suunn.ala	Työnro	Tiedosto
		YMP	82108959	
		Piirustusno	Muutos	
		2		
		piirt.	hyv.	pvm
				12.4.2005



KOHDE	Saukkolan vanha tukikohta	SIJAINTI	Saukkola
	Pilaantuneen maaperän kunnostuksen yleissuunnitelma		Nummi-Pusula
SISÄLTÖ	KUNNOSTETTAVA ALUE	PMV	28.5.2004
		SUHDE	1:1000
		Piispanmäentie 5 02240 ESPOO	NUMERO 82105864-03

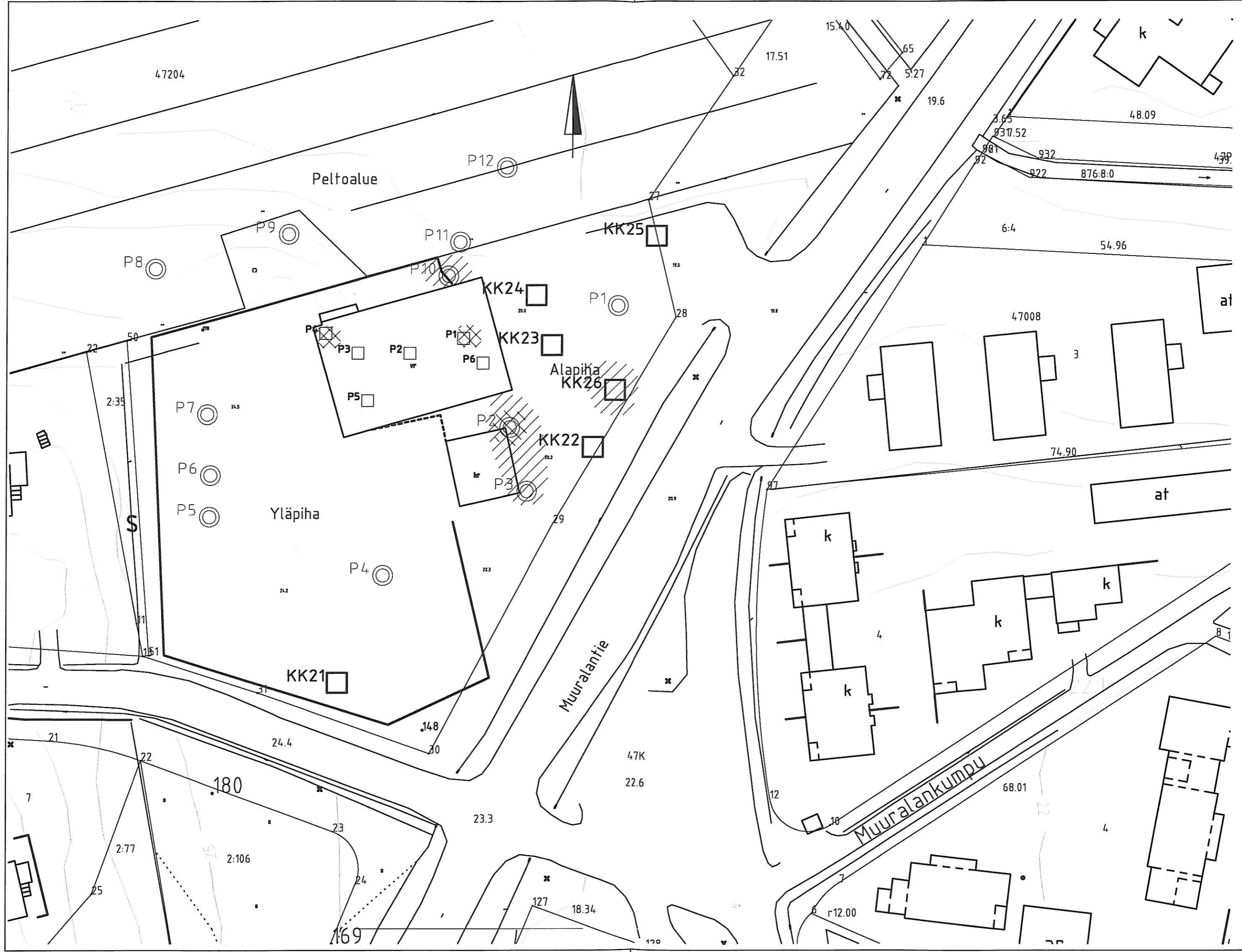
LIITE 7 Havainnollistavia valokuvia Saukkolan tukikohdasta

Kuva 1. Maaleikkaus – Huomioi välivarastoidun puhtaan maa-aineksen määrä



Kuva 2. Pilaantuneen maa-aineksen kaivua – Huomioi pilaantuneen kerroksen ohuus





47204

Peltoalue

P12

17.51

15.10

65

5:27

19.6

3.65

937.52

981

92

932

922

876:8:0

48.09

4.39

6.4

54.96

47008

74.90

P8

P9

P11

P10

KK25

KK24

P1

KK23

P4

P3

P2

P1

P6

P5

Alapiha

KK26

KK22

P2

P3

P7

P6

P5

Yläpiha

P4

KK21

Muralantie

k

k

k

k

at

at

S

21

22

180

24.4

14.8

24.4

23.3

47K

22.6

12

Muralankumpu

68.01

7

2:77

2:106

25

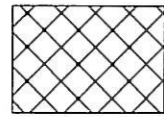
169

127

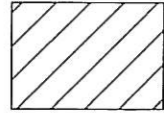
18.34

170

r12.00



Voimakkaasti pilaantunut alue



Lievästi pilaantunut alue

KK21

Koekuoppa 2005

P5

Tutkimuspiste 2003

P1

Tutkimuspiste 2004

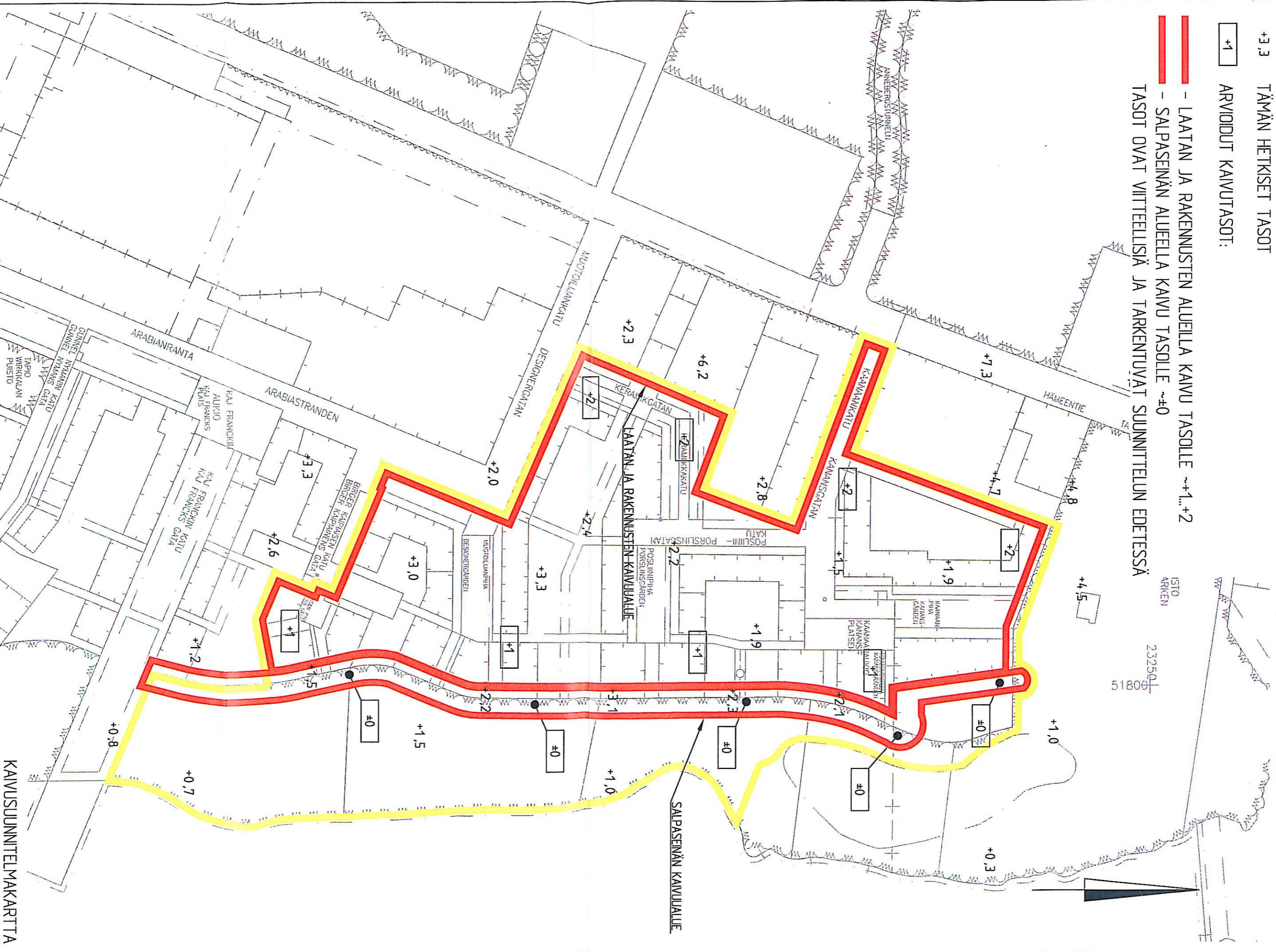
b	11.1.2005	00j	Lisätty uudet koekuopat KK21-26
a	11.8.2004	00j	Täydennetty
REV	PVM	TEKIJÄ	ERITTELY

K.OSA/KYLÄ 47		KORTT. TILA 47204		TONTTI/RN-O 2:35		VIRANOMAISEN MERKINTÖJÄ			
RAKENNUSOIMENPIDE						PIIRUSTUSLAJI Ympäristötekkinen tutkimuspiirustus			
RAKENNUSKOHTEN NIMI JA OSOITE Espoon tekninen keskus Koulumestarin koulu ja päiväkot Muuralan kylä Espoo						PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ Tutkimuskartta 1:500			
PVM. 30.6.2004	SUUN. SHäm	PIIRT. 00j	HYV.	TALT.	SUUN. ALA YMP	TYÖ N:O 19720	PIIR. N:O 1	b	
<b>Suomen IP-Tekniikka Oy</b> Helsinki Jyväskylä Kuopio Porvoo etunimi.sukunimi@sipt.fi www.sipt.fi Nuijamiestentie 5 B, 00400 Helsinki puh.09-4777 550, fax. 09-4777 5526									

+3.3 TÄMÄN HETKISET TASOT

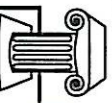
+1 ARVIDIUT KAVUTASOT:

- LAATAN JA RAKENNUSTEN ALUEILLA KAVU TASOLLE ~+1..+2
  - SALPASEINÄN ALUEELLA KAVU TASOLLE ~±0
- TASOT OVAT VIITTEELLISIÄ JA TARKENTUVÄT SUUNNITTELUUN EDETTÄSSÄ



ISTO ARKEN  
232501  
51806

KAVUSUUNNITELMAKARTTA

 <b>FUNDUS OY</b>	PVN	27.2.2004	SUUN. ALA	TYÖ NÖ	PER. NÖ	REV
	PIIRI	SVa	GEO	1799	7	
HEIKILÄNTIE 7 D 00210 HELSINKI	puh. 09 - 615 810 fax 09 - 615 81420	SUUN.	SVa	TIEDOSTO : VäntälytÄ-levy 1970_X799_X7.dwg 1:2000		