

# Helsingin kaupungin pilaantuneiden maa-alueiden riskienhallinnan ekotehokkuus

Teollisuusalueetontti Tapaninkylässä, huoltoasema  
Leppäsuolla ja Suvilahden kaasulaitosalue

Pyry Lundén





SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUKSEN  
RAPORTTEJA 30 | 2008

# Helsingin kaupungin pilaantuneiden maa-alueiden riskienhallinnan ekotehokkuus

Teollisuusalueetontti Tapaninkylässä, huoltoasema  
Leppäsuolla ja Suvilahden kaasulaitosalue

Pyry Lundén

Helsinki 2008

SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUS



SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUKSEN RAPORTTEJA 30 | 2008  
Suomen ympäristökeskus  
Tutkimusosasto

Taitto: Marja Vierimaa  
Kansikuva: Pirjo Tuomi

Julkaisu on saatavana ainoastaan internetistä:  
[www.ymparisto.fi/julkaisut](http://www.ymparisto.fi/julkaisut)

ISBN 978-952-11-3261-2 (PDF)  
ISSN 1796-1726 (verkkokj.)

## ALKUSANAT

Suomen ympäristökeskuksen PIRRE-projekti (Pilaantuneen maaperän ja pohjaveden riskinhallintaratkaisujen ekotehokkuus) aloitettiin vuonna 2003. Vuonna 2006 käynnistettiin hankkeen jatko-osa PIRRE 2. Tämä selvitys laadittiin alun perin ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyöksi, josta se on tiivistetty sähköisenä julkaistavaksi raportiksi. Työ on osa PIRRE 2 -projektia ja siinä on testattu ja arvioitu hankkeessa aiemmin kehitetyn PIRTU-ekotehokkuuslaskentaohjelman toimivuutta käytännön kohteiden avulla. Samalla on selvitetty kolmen erilaisen Helsingin kaupungin omistuksessa olevan pilaantuneen maa-alueen ekotehokkain kunnostusmenetelmä.

Työn rahoitti Helsingin kaupungin kiinteistöviraston tonttiosasto. Opinnäytetyön ohjaajat olivat Riina Antikainen ja Outi Pyy Suomen ympäristökeskuksesta sekä Markku Raimovaara Hämeen ammattikorkeakoulusta. Työn ohjaajien lisäksi kommentteja ovat antaneet Katarina Leminen Helsingin kaupungin kiinteistövirastosta ja Terttu Sarva Hämeen ammattikorkeakoulusta.

Asiantuntija-apua on saatu työn ohjaajien lisäksi Jussi Reinikaiselta ja Satu Jaakkoselta (Suomen ympäristökeskus). Kohdekohtaisia lähtötietoja sekä asiantuntija-apua antoivat myös Johanna Hytönen (Helsingin kaupungin kiinteistövirasto), Riikka Korvenoja (Öljyalan palvelukeskus Oy) ja Pirjo Tuomi (Golder Associates Oy).

Esitän kiitokset kaikille edellä mainituille henkilöille sekä kaikille muille tavalla tai toisella työn valmistumista edesauttaneille.

Hämeenlinnassa kesäkuussa 2008

Pyry Lundén



## SISÄLLYS

<b>1 Johdanto</b> .....	7
<b>2 Maaperän pilaantumisongelma Suomessa ja Helsingin alueella</b> .....	9
<b>3 Maaperän kunnostusmenetelmät ja syyt kunnostuksiin</b> .....	12
<b>4 Ekotehokkuus maaperän kunnostustoimissa</b> .....	14
<b>5 PIMA-asetuksen vaikutus maaperän kunnostustoimenpiteiden ekotehokkuuksiin</b> .....	16
<b>6 PIRRE-hanke</b> .....	17
<b>7 PIRTU-ekotehokkuuslaskentatyökalu</b> .....	18
7.1 Riskit -työkirja.....	19
7.2 Ympäristövaikutukset -työkirja.....	19
7.3 Kustannukset -työkirja.....	19
7.4 Muut vaikutukset -työkirja.....	19
<b>8 Teollisuusalueen ekotehokkuustarkastelu</b> .....	21
8.1 Yleistä .....	21
8.2 Maaperän pilaantuneisuus .....	21
8.3 Puhdistettavan alueen laajuuden arviointi .....	22
8.4 Tarkasteltavat kunnostusmenetelmät .....	23
Massanvaihto.....	23
Asfaltointi.....	23
8.5 Tarkasteltavat kriteerit.....	23
8.5.1 Riski-indeksien määrittäminen.....	24
8.5.2 Kustannustiedot .....	25
8.5.3 Ympäristövaikutukset .....	25
8.6 Tulokset ja niiden tulkinta .....	25
8.7 Tulosten luotettavuuden arviointia.....	27
8.8 Johtopäätökset .....	28
<b>9 Huoltoasemakohteen ekotehokkuustarkastelu</b> .....	29
9.1 Yleistä .....	29
9.2 Maaperän pilaantuneisuus .....	29
9.3 Kohteen hiilivetytypitoisuudet .....	30
9.4 Hiilivetytypitoisuuksien arviointimenetelmä ja kunnostuksen tavoite.....	30
Massanvaihto.....	31
Monitoroitu luontainen puhdistaminen .....	31
Muut mahdolliset kunnostusmenetelmät.....	31
9.6 Tarkasteltavat kriteerit.....	32
9.6.1 Riski-indeksien määrittäminen .....	33
9.6.2 Kustannustiedot.....	33
9.6.3 Ympäristövaikutukset.....	34
9.6.4 Sosiaaliset vaikutukset .....	34

9.7 Tulokset ja niiden tulkinta.....	34
9.8 Tulosten luotettavuuden arviointia.....	37
9.9 Johtopäätökset.....	38
<b>10 Kaasulaitosalueen ekotehokkuustarkastelu .....</b>	<b>40</b>
10.1 Yleistä.....	40
10.2 Maaperän pilaantuneisuus.....	41
BTEX ja VOC.....	41
Öljyhiilivedyt.....	41
PAH-yhdisteet .....	41
Raskasmetallit ja syanidi .....	41
10.3 Tarkasteltavat kunnostusmenetelmät.....	42
Pintamaan poisto ja kaasujenhallintajärjestelmän asennus.....	42
Massanvaihto ja pilaantuneiden maamassojen käsittely muualla .....	42
Massanvaihto ja pilaantuneiden maamassojen käsittely kohteessa termisesti .....	43
10.4 Tarkasteltavat kriteerit .....	43
10.4.1 Riski-indeksien määrittäminen .....	44
10.4.2 Kustannustiedot.....	44
10.4.3 Ympäristövaikutukset .....	45
10.4.4 Sosiaaliset vaikutukset.....	45
10.5 Tulokset ja niiden tulkinta.....	45
10.6 Tulosten luotettavuuden arviointia.....	49
10.7 Johtopäätökset.....	50
<b>11 PIRTU-ohjelman käyttökelpoisuuden arviointi.....</b>	<b>52</b>
11.1 Riskit -työkirja .....	52
11.2 Kustannukset -työkirja .....	53
11.3 Ympäristövaikutukset -työkirja .....	53
11.4 Muut vaikutukset -työkirja .....	53
<b>12 Jatkotoimenpide-ehdotukset.....</b>	<b>55</b>
<b>13 Vertailu muihin vastaaviin tutkimuksiin.....</b>	<b>56</b>
<b>14 Yhteenveto .....</b>	<b>57</b>
<b>Lähteet .....</b>	<b>58</b>
<b>Liitteet.....</b>	<b>59</b>
<b>Kuvailulehdet.....</b>	<b>64</b>



# 1 Johdanto

Vuonna 2003 alkoi Suomen ympäristökeskuksessa PIRRE-projektin (Pilaantuneen maaperän ja pohjaveden riskienhallintaratkaisujen ekotehokkuus) ensimmäinen vaihe, jossa tutkittiin ja pohdittiin eri mahdollisuuksia saada ekotehokkuus osaksi pilaantuneen maaperän kunnostamistapahtumia. Projektin yhteydessä kehitettiin PIRTU-niminen ekotehokkuuslaskentaohjelma, joka on tarkoitettu päätöksenteon apuvälineeksi ekotehokkuusnäkökulman huomioimiseksi pilaantuneiden maiden ja -pohjavesien kunnostusvaihtoehtojen vertailussa. Vuonna 2006 alkoi hankkeen toinen osa PIRRE 2, jonka yhtenä tavoitteena on testata PIRTU-ekotehokkuustyökalua käytännön kohteiden avulla ja selvittää, kuinka laskentaohjelman käytettävyyttä ja toimivuutta voisi parantaa.

Tämä selvitys on osa PIRRE 2 -projektia. Keskeinen tavoite oli testata PIRTU-ekotehokkuustyökalun toimivuutta ja sen antamien tulosten oikeellisuutta sekä selvittää, miten ohjelmaa tulisi kehittää tulevaisuudessa, jotta siitä saataisiin entistä käyttökelpoisempi ja luotettavampi. Toisena päätavoitteena oli selvittää PIRTU-työkalun avulla Helsingin kaupungin kiinteistövirastolle kolmen erilaisen pilaantuneen maa-alueen ekotehokkain kunnostusmenetelmä.

Tässä selvityksessä tarkasteltiin lievästi metalleilla pilaantunutta teollisuus-alueetonttia Tapaninkylässä, öljyhiilivedyillä pilaantunutta huoltoasematonttia Lep-päsuolla sekä sekapilaantunutta Suvilahden kaasulaitosalueetta. Näiden alueiden riskienhallintaa on tarkasteltu ekotehokkuusnäkökulmasta ja yritetty selvittää niille mahdollisimman vähän haitallisia ympäristövaikutuksia aiheuttava kustannustehokas kunnostusmenetelmä. Kohteet on valittu siten, että ne edustaisivat erilaisia pilaantuneita maa-alueita Helsingissä. Toinen kriteeri kohteiden valinnassa oli se, että ne ovat Helsingin kaupungin omistuksessa ja että niille ollaan suunnittelemassa kunnostamista lähitulevaisuudessa. Ainoastaan huoltoasemakohteen osalta jouduttiin tinkimään kriteereistä, sillä kaupungilla ei ollut tämän selvityksen suorittamisen aikana yhtään lähitulevaisuudessa toteutettavaa huoltoaseman kunnostusta, josta olisi ollut riittävästi tutkimustietoa ekotehokkuustarkastelujen tekemiseksi. Tämän vuoksi selvityksessä tarkasteltava huoltoasemakohte on useita vuosia sitten kunnostettu. Alueen riskienhallinnan ekotehokkuutta pohditaan ikään kuin tonttia oltaisiin vasta kunnostamassa nykytietämyksen valossa. Huoltoasemakohte haluttiin tarkasteluun mukaan, sillä polttonesteiden jakelutoiminta on yksi yleisimpiä maaperän pilaantumisen aiheuttajia.

Tässä selvityksessä pilaantuneella maalla tarkoitetaan aluetta, jolla ihmistoiminnasta on aiheutunut pistemäistä maaperän haitta-ainepitoisuuksien kasvua. Olennaista on pitää tästä määritelmästä erillään maaperän luontaisista kemiallisista ominaisuuksista johtuvat korkeat pitoisuudet ja suurimpien kaupunkien alueilla esiintyvä laaja-alainen ilmansaasteiden laskeumasta peräisin oleva haitta-ainepitoisuuksien nousu maaperän pintakerroksissa. Taustapitoisuuksia ei tässä selvityksessä käsitellä. Riskinarvioinnissa ja riskinhallintatoimissa ei huomioida pilaantuneita pohjavesiä,

sillä Helsingin alueella ei ole pohjavesialueita, joita tällä hetkellä hyödynnettäisiin talousvesikäytössä. Kaikki pohjavesialueet ovat kriisiajan käyttöön varattuja.

Tämän selvityksen suorittamiseen tärkein työkalu oli PIRTU-laskentaohjelma, jota käytettiin tutkittavien kohteiden ekotehokkuustarkasteluiden tekemiseen. Osa tarkasteluun tarvittavista tiedoista koottiin tutkittavissa kohteissa aiemmin tehdyistä pilaantuneisuus-, kunnostamis- ja tutkimusraporteista. Kohdekohtaisia tietoja saatiin Helsingin kaupungin kiinteistövirastolta, Öljyalan palvelukeskus Oy:ltä ja Golder Associates Oy:ltä. Myös Suomen ympäristökeskukselta ja alan kirjallisuudesta on saatu tarvittavaa tietoa.

## 2 Maaperän pilaantumisongelma Suomessa ja Helsingin alueella

Maaperän pilaantumisella tarkoitetaan tapahtumaa, jossa maaperään on päässyt sellaisia haitallisia aineita, jotka voivat aiheuttaa terveysriskejä ihmisille tai ekologista riskiä ympäristölle. Maaperän pilaantumisesta voi aiheutua myös mm. alueen viihtyisyyden tai käyttöarvon vähenemistä. Pilaantumisen vakavuuteen vaikuttavat haitta-aineen määrä ja ominaisuudet, maaperän laatu ja alueen käyttötarkoitus sekä luontoarvot. /7/

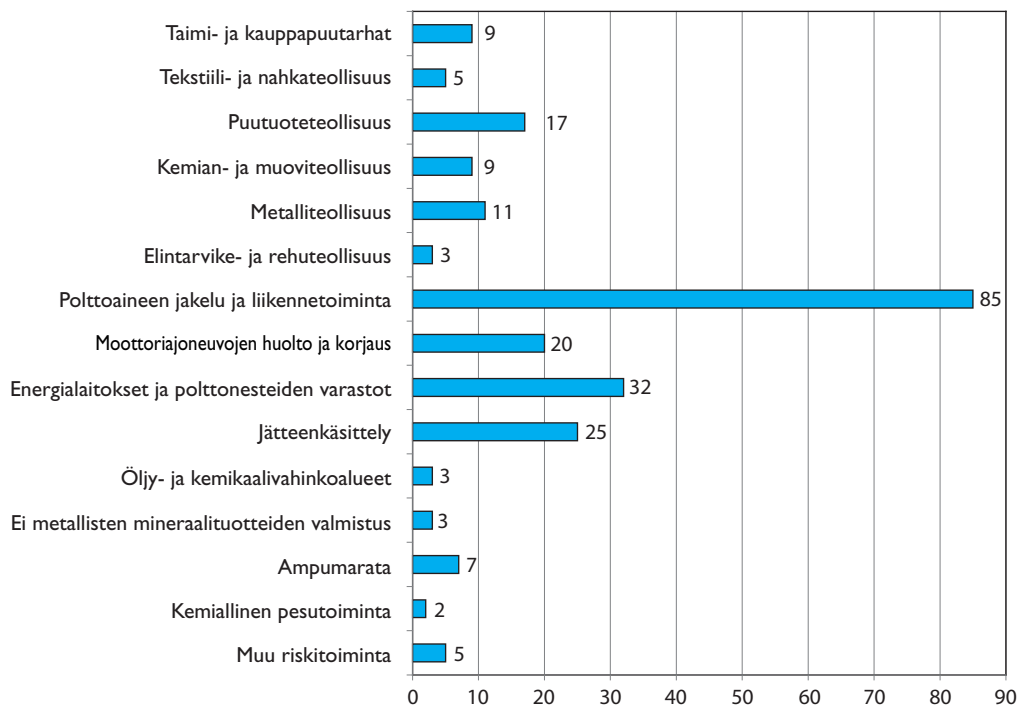
Maaperän pilaantumisongelmaan havahtuminen Suomessa voidaan katsoa alkaneen 1980-luvun loppupuolella, kun ympäristöhallinnossa aloitettiin SAMASE-projekti (Saastuneiden maiden selvitys- ja kunnostus -projekti). SAMASE-projektissa määritettiin ne toimialat, joilla on todennäköisesti voinut tapahtua maaperän pilaantumista, ja alettiin järjestelmällisesti kerätä ja kartoittaa tietoja pilaantuneista tai sellaiseksi epäilyistä maa-alueista. Hankkeen aikana kerättiin tietoja yli 10 000:sta saastuneeksi epäilystä maa-alueesta. Vuosien myötä tietoja on päivitetty. Tällä hetkellä valmistumaisillaan olevaan maaperän tilan tietojärjestelmään on koottu tietoa noin 21 000:sta mahdollisesti pilaantuneesta maa-alueesta, joista suurin osa sijoittuu etelä- ja länsirannikon alueelle. Ahvenanmaa ei ole mukana tietojärjestelmässä. /1, s. 8./

Maaperän tietojärjestelmässä alueet on tietojen ja toimenpiteiden perusteella jaettu neljään eri alaluokkaan, jotka ovat:

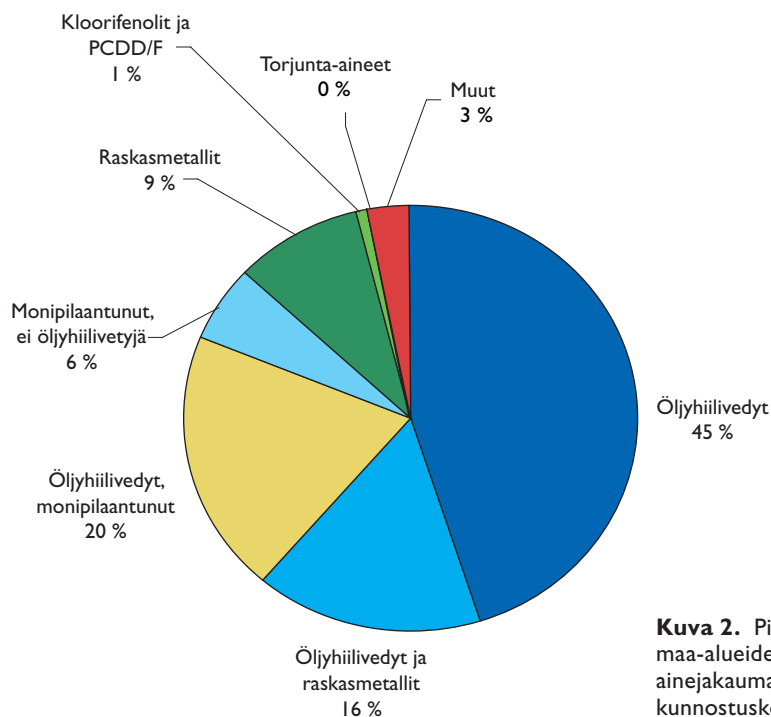
- Selvitettävä maa-alue (alueen pilaantuneisuudesta ei ole tietoa)
- Arvioitava tai puhdistettava (alue, jossa on kynnyksarvon ylittäviä haitta-ainepitoisuuksia tai jolla on todettu olevan puhdistustarve)
- Ei puhdistustarvetta (alue on joko puhdistettu tai todettu puhtaaksi)
- Toimiva kohde (varmistettava alueen puhtaus toiminnan muuttuessa).

Noin kolmanneksella alueista on harjoitettu jonkinlaista polttoaineiden jakelutoimintaa. Muita yleisiä maaperää pilanneita toimintoja ovat kaatopaikat, romuttamot ja moottoriajoneuvojen huolto ja korjaus. Pilaantumista on myös tapahtunut mm. ampumaradoilla, metalliteollisuudessa, sahoilla ja kyllästämöillä sekä taimi- ja kaupapuutarhoilla (kuvat 1 ja 2). /1, s. 11–12./

Helsingin kaupungissa suurimmat pistemäistä pilaantumista aiheuttaneet toiminnat ovat olleet vanhoja kaatopaikkoja, rantojen täyttömaa-alueita, teollisuus-, varasto- ja satama-alueita sekä ampumaratoja. Yhteensä pilaantuneita maamassoja ja jätteitä on arvioitu Helsingissä vuonna 2003 olleen noin 11,5 miljoonaa tonnia, joista vanhojen kaatopaikkojen osuus on ollut merkittävät 9 miljoonaa tonnia. Tyypillistä pääkaupunkiseudulle on alueiden sekapilaantuneisuus eli se, että samalla kiinteistöllä on ollut useita erilaisia pilaavia toimintoja eri aikoina ja että maaperässä on usein erilaisia haitta-aineita. Tämä tekee kunnostamisesta haasteellista. /6, s. 5 ja 10./

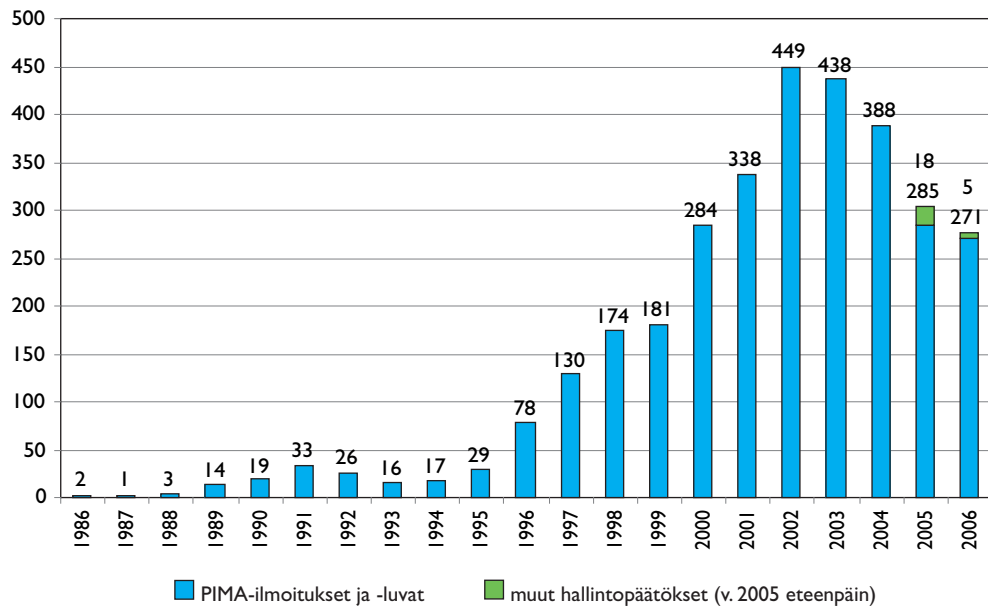


**Kuva 1.** Maaperän pilaantumista aiheuttaneet toimialat vuoden 2006 kunnostuskohteissa. /8/



**Kuva 2.** Pilaantuneiden maa-alueiden haitta-ainejakauma vuoden 2006 kunnostuskohteissa. /8/

Viimeisten 15 vuoden aikana Suomessa on kunnostettu noin 3000 pilaantunutta maa-alueita ja kustannuksia tästä on koitunut noin 200 miljoonaa euroa /4, s. 3/. Maaperän kunnostuksien määräksi on vakiintunut noin 300 kohdetta vuosittain (kuva 3). Helsingissä kunnostetaan vuosittain noin 40 pilaantunutta kohdetta, joista kaivettavan maa-aineksen määrä on vuosittain yli 100 000 tonnia /6, s. 5/.



Kuva 3. Pilaantuneiden maa-alueiden kunnostamiskohteiden määrä vuosina 1986–2006. /8/

### 3 Maaperän kunnostusmenetelmät ja syyt kunnostuksiin

Pilaantuneen maan kunnostusmenetelmät voidaan jakaa kolmeen luokkaan. *In situ* -menetelmällä tarkoitetaan sitä, että maata tai pohjavettä ei siirretä kunnostuksen aikana. *On site* -kunnostuksessa pilaantunut maa kunnostetaan paikan päällä, mutta se kaivetaan ylös käsiteltäväksi. *Off site* -kunnostuksessa kaivettu maa-aines kuljetetaan pois alueelta ja käsitellään jossain muualla. /9, s. 41./

Ylivoimaisesti yleisin kunnostusmenetelmä Suomessa on massanvaihto (kuva 4), jossa pilaantunut maa-aines kaivetaan pois ja kuljetetaan loppusijoitettavaksi turvalliseksi katsottuun paikkaan, esimerkiksi kaatopaikan pintarakenteisiin /4, s. 3/. Kaivetun maan tilalle tuodaan puhdasta maa-ainesta. Useat kaatopaikat ottavat lievästi pilaantuneita maamassoja edullisesti vastaan, sillä niitä voidaan hyödyntää kaatopaikan välipeittoina ja pintarakenteiden kerroksissa. Jos pilaantuneita maamassoja ei ole riittävästi saatavilla, kaatopaikoilla käytetään puhtaita maa-aineksia samaan tarkoitukseen. /8/

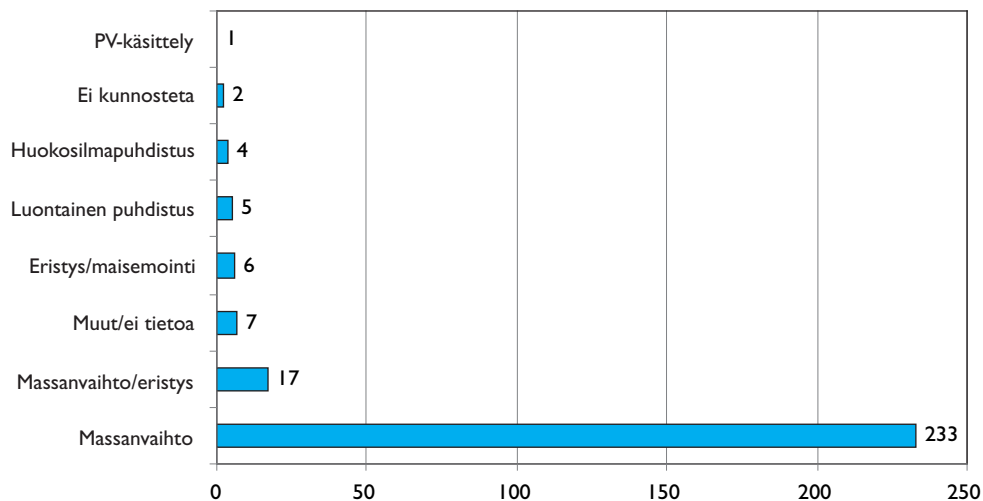
*On* ja *off site* -kunnostuksissa pois kaivettu pilaantunut maa-aines voidaan haitta-aineista ja pitoisuuksista riippuen käsitellä esimerkiksi polttamalla, kompostoimalla tai pesemällä. Kiinteytyksellä ja stabiloinnilla saadaan haitalliset aineet liukenemattomaan tai muuten vaarattomaan muotoon. Haitta-aineet eivät tällöin häviä tai poistu maamassasta. Ihmisten ja eliöiden altistumista haihtumattomille yhdisteille voidaan vähentää myös erilaisin eristysratkaisuin. /9, s. 41–42./

Huokosilmapuhdistus on esimerkki käytössä olevista *in situ* -menetelmistä. Siinä haihtuvia yhdisteitä kerätään maaperästä keräysputkien ja alipaineen avulla jatkokäsiteltäväksi esimerkiksi aktiivihiilellä. Biologiset *in situ* -menetelmät, kuten fytoremediaatio eli puhdistaminen kasvien avulla ovat yleistymässä. Näissä menetelmissä bakteeritoiminta saadaan hajottamaan tai biomassa sitomaan haitallisia aineita. Fytoremediaatio soveltuu vain kasvillisuuteen kertyville aineille ja muut biologiset menetelmät biohajoaville haitta-aineille. Suomessa biologisten menetelmien käyttö on haasteellista kylmien sääolosuhteiden vuoksi. Myös monitoroitu luontainen puhdistaminen voidaan laskea *in situ* -kunnostusmenetelmäksi. Siinä luonnon omat, olemassa olevat prosessit hoitavat puhdistamisen ja ihminen seuraa sen edistymistä. /9, s. 41–42./

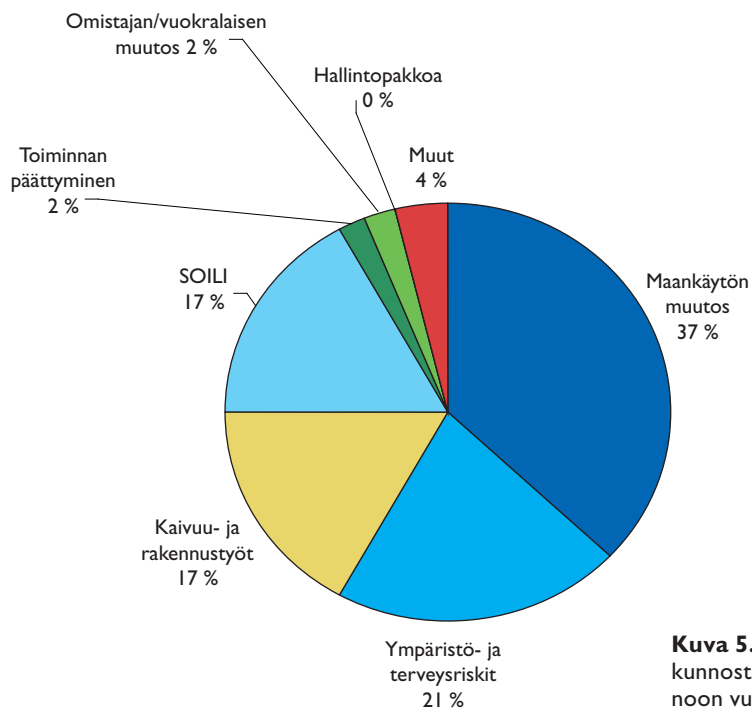
Merkittävin syy kunnostamisen aloittamiseen on yleensä maankäytön muutos (kuva 5). Kun pilaava toiminta loppuu ja alueelle halutaan muuta käyttöä, kuten asuintaloja, on kunnostaminen yleensä tarpeellista. Myös havaitut ympäristöhaitat sekä kaivu- ja rakentamistöiden yhteydessä paljastuvat ongelmat ovat syitä kunnostusprosessin käynnistymiseen. Öljyalan palvelukeskus kunnostaa öljysuojarahaston varoin SOILI-ohjelmassa entisiä huoltoasemia. Maaperän kunnostamisia tapahtuu myös pilaavan toiminnan päättymisen tai alueen omistajan vaihtumisen vuoksi. /8/

Helsingin kaupungin tapauksessa suurin yksittäinen syy maaperän kunnostuksiin on ollut pääkaupunkiseudulle keskittyvä voimakas muuttoliike, mikä on johtanut

etenkin asuinrakentamisen merkittävään kasvuun. Tonttipulan vuoksi uudisrakentaminen Helsingissä on keskittynyt vanhoille teollisuus- ja varastoalueille, rantojen täyttömaa-alueille sekä ampumaradoille. Tämä on johtanut siihen, että pilaantuneita maa-alueita joudutaan kunnostamaan asuinrakentamiskäyttöön sopivaksi. /6, s. 7./



**Kuva 4.** Pilaantuneiden maa-alueiden puhdistuksessa käytetyt kunnostusmenetelmät vuonna 2006. /8/



**Kuva 5.** Syyt maaperän kunnostuksien vireillepääntöön vuonna 2006. /8/

## 4 Ekotehokkuus maaperän kunnostustoimissa

Ekotehokkuudella tarkoitetaan luonnonvarojen ja energian tehokasta ja säästeliästä käyttöä toiminnoissa. Esimerkiksi OECD:n määritelmä ekotehokkuudesta on:

$$\text{Ekotehokkuus} = \text{Hyödyt} / \text{Panokset}$$

Olennaista on, että ekotehokkuuden avulla pyritään saamaan vähemmästä enemmän. Ekotehokkuuden määritelmän hyödyillä tarkoitetaan hyvinvoinnin lisäämistä ja elämänlaadun parantamista sekä palvelusuoritteiden ja yritysten tuoton kasvua. Panoksilla taas tarkoitetaan luonnonvarojen käyttöä, kustannuksia ja ympäristöhaittoja. /5, s. 30./

Useimmiten ihmisten toiminta aiheuttaa haitallisia ympäristövaikutuksia. Maaperän kunnostustoimenpiteillä puolestaan voidaan edistää ympäristön tilan paranemista. Useimmiten maaperän kunnostamistoimenpiteet ja -päätökset on tehty tukeutuen haitta-aineiden ohje- tai raja-arvoihin, mieltimättä toimenpiteiden ekotehokkuutta ja niistä aiheutuvia hyötyjä sekä haittoja /2, s. 20/. Lopputuloksena voi olla, että kunnostamisella saavutetaan enemmän haittoja kuin hyötyjä.

Ekotehokkuusnäkökulmaa pilaantuneiden maiden kunnostuksiin liittyvässä päätöksenteossa on selvitetty Mikko Ellosen vuonna 2006 tekemässä haastattelututkimuksessa. Haastatteluissa pilaantuneiden maiden kunnostamisen asiantuntijat kertoivat näkemyksiään ekotehokkuuden toteutumisesta käytännössä. Tutkimuksessa todettiin, että kunnostamispäätökset tehdään useimmiten kaavamaisesti SAMASE- ohje- ja raja-arvoja käyttäen ja että kaikista yleisin kunnostusmenetelmä on pilaantuneiden maamassojen kaivu ja sijoittaminen kaatopaikalle. Tutkimuksessa havaittiin, että Helsingin seudulla kunnostamistavoitteita oli alettu määrittää riskinarviointeja apuna käyttäen, kun taas muualla Suomessa riskinarvioinnin käyttö oli hyvin vähäistä. /2, s. 20./

Suurimmiksi ekotehokkuuden toteutumisen esteiksi nähtiin ohje- ja raja-arvojen kaavamainen käyttö ja kuntien palveluiden kilpailuttaminen. Myös taloudellista ohjausta ekotehokkuuden saavuttamiseksi kaivattiin, jotta kaatopaikoille sijoitettavien maa-ainesten määrä saataisiin vähenemään ja lievästi pilaantuneiden maa-ainesten hyötykäyttöä lisättyä. Toisaalta lievästi pilaantuneiden maiden hyötykäyttöä todettiin haittaavan lupakäytännön jähmeys. Loppusijoitus kaatopaikalle on byrokratian kannalta huomattavasti helpompi ratkaisu kuin lupaprosessin vaativa hyötykäyttö jossain muualla. /2, s. 21./

Myös kireä aikataulu estää ekotehokkuuden toteutumista. Jos pilaantuneelle maa-alueelle on päästävä nopeasti rakentamaan, aikaa vaativat *in situ* -kunnostusmenetelmät karsiutuvat pois ja jäljelle jää monissa käytännön tapauksissa vain nopealla tahdilla suoritettava massanvaihto /2, s. 21/. Myös *in situ* -menetelmien ekotehokkuutta on arvosteltu, sillä usein niitä käytettäessä maaperään jää kunnostuksen jälkeinkin haitallisia aineita. Tästä taas saattaa aiheutua psykososiaalisia vaikutuksia kuten



alueen arvostuksen alenemista ja pelkoa mahdollisista terveysvaikutuksista. Tällöin kunnostamisella saavutettava hyöty vähenee ja ekotehokkuus pienenee.

Kustannukset ovat myös olennainen tekijä, jolla perustellaan jonkin kunnostusvaihtoehdon käyttöä. Vaikka alhaiset kustannukset ovat osa ekotehokkuutta, ei halvin kunnostusmenetelmä aina ole ekotehokkuuden kokonaisuuden kannalta paras vaihtoehto. /2, s. 20–21./

Paras vaihtoehto olisi, jos mahdolliset pilaantuneet maa-alueet selvitettäisiin jo ennen maankäytön muutoksia, jolloin kaavoituksella voitaisiin vaikuttaa pilaantuneiden alueiden tulevaan maankäyttöön ja suunnitella ennakkoon niille tarvittavat riskinhallintatoimet. Jos herkät toiminnot, kuten asuminen, voitaisiin sijoittaa puhtaille maille, voitaisiin nuhraantuneita alueita käyttää esim. varasto-, teollisuus- ja toimistoalueina, joilla haitta-aineille altistuminen olisi vähäisempää ja siten ympäristö- ja terveysriskit pienempiä. Tällöin lievästi pilaantuneita pieniriskisiä alueita ei aina tarvitsisi kunnostaa ja voitaisiin muutenkin suosia kevyempiä kunnostamismenetelmiä massanvaihdon sijaan. Esimerkiksi Helsingin seudulla muuttoliikkeen vuoksi joudutaan kuitenkin pilaantuneita maa-alueita puhdistamaan asuinrakennuskäyttöön kelpaavaksi, koska puhtaita alueita ei ole riittävästi tarjolla.

PIRRE-projektin neljän esimerkkikohteen kunnostusvaihtoehtojen vertailuselvityksessä todettiin, että massanvaihto ja kaatopaikkakäsittely eivät olleet kustannustehokkaimpia vaihtoehtoja yhdessäkään tarkastelluista kohteista /3, s. 2/. Ehkä suurin syy massanvaihdon suosioon kunnostuksissa on kiire ja se, että massanvaihto on teknisesti usein yksinkertainen toteuttaa. Lisäksi mahdollisia urakoitsijoita on riittävästi saatavilla. Massanvaihdossa kunnostettavalle alueelle ei yleensä jää käytörajoituksia.

Ekotehokkuus pilaantuneiden maa-alueiden kunnostuksessa tarkoittaa usein *in situ* -menetelmien käyttöä ja tehokasta riskien hallitsemista muutoin kuin maata kaivamalla ja kuljettamalla. Ongelmallista *in situ* -menetelmien osalta on se, etteivät ne riskien vähenemän nopeuden ja varmuuden suhteen pärjää massanvaihdolle ja toisaalta ne eivät sovi kaikille haitta-aineille. Lisäksi suomalainen heterogeeninen ja pienipiirteinen maaperä tekevät toimenpiteiden suunnittelusta ja toteuttamisesta haastavan. Olennaista olisi saada suuret materiaalivirrat kuriin ja vähentää siirtoihin liittyviä haitallisia ympäristövaikutuksia. Myös sosiaalinen puoli on otettava huomioon niin, ettei kunnostuksesta tai sen jälkeisestä tilanteesta synny epäluuloja tai pelkoja alueella oleskelevien ihmisten parissa.

## 5 PIMA-asetuksen vaikutus maaperän kunnostustoimenpiteiden ekotehokkuuksiin

Vuonna 1989 ympäristöhallinnon sisällä aloitetun SAMASE-projektin loppuraportin yhteydessä määritettiin ns. SAMASE- ohje- ja raja-arvot, joita käytettiin arvioitaessa maaperän pilaantuneisuutta ja suunniteltaessa kunnostustoimenpiteitä. SAMASE-ohjearvot olivat ohjeellisia suosituksia, eikä niillä ollut lainsäädännöllisiä perusteita. Käytännöksi muodostui, että niitä hyödynnettiin haettaessa lupia maaperän kunnostuksiin ja niihin vedottiin, kun haluttiin osoittaa, että maaperä on puhdas tai pilaantunut. /10/

Kesäkuussa 2007 tuli voimaan nk. PIMA-asetus (Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista) ja sen myötä myös uudet kynnys- ja ohjearvot yleisimmille haitta-aineille maaperässä. PIMA-asetuksen myötä riskinarviointi tuli osaksi kunnostamistoimien suunnittelua ja pilaantuneisuuden arviointia, mikä on merkittävä ero verrattuna SAMASE-ajan käytäntöihin. PIMA-asetuksen mukaan maaperässä olevan haitallisen aineen pitoisuuden ylittäessä kynnysarvon on suoritettava riskinarviointi, jossa arvioidaan haitta-aineiden aiheuttama riskiä terveydelle ja ympäristölle. /11/

Riskinarviointi on merkittävä työkalu suunniteltaessa ekotehokkaampia maaperän kunnostamisia. Arvioinnin avulla voidaan rajata kunnostus- ja riskinhallintatoimet oleellisten haittojen ja vaarojen torjuntaan /11/. Riskinarviointi lisää työtä ja haastetta kunnostamisen suunnitteluun, kun kaavamainen kynnys- ja ohjearvojen käyttö vähenee. Samalla riskien kannalta merkityksettömät kunnostukset vähenevät ja kunnostamisresursseja voidaan suunnata sinne, missä riskit ovat suurimmat.

Toinen merkittävä PIMA-asetuksen myötä tullut muutos on kahden ohjearvon järjestelmä. Ohjearvoista alemmaa käytetään arvioitaessa riskien hyväksyttävyyttä tavanomaisessa maankäytössä, kuten asuinalueilla ja ylempää ohjearvoa hyödynnetään vähemmän herkissä kohteissa, esimerkiksi teollisuusalueilla /11/. Teollisuustai muussa vastaavassa käytössä olevalla alueella ihmisten altistuminen maaperän haitallisille aineille on yleensä vähäistä ja alueen luonnonsuojelulliset arvot vaatimattomat. Lisäksi maaperän lisäpilaantumisen vaara on usein edelleen olemassa. Siksi tällaisilla alueilla voidaan yleensä sallia maaperässä korkeampia haitta-ainepitoisuuksia kuin herkillä alueilla ilman, että aineista aiheutuisi merkittävää ympäristö- tai terveyshaittaa.

Useimpien aineiden PIMA-asetuksen mukaiset kynnys- ja ohjearvot ovat eri kuin SAMASE-ohje- ja raja-arvot. Vuosien mittaan on saatu lisätietoa eri aineiden ominaisuuksista ja haitallisista vaikutuksista. Lisäksi määrittäisperusteiden vähäiset muutokset vaikuttivat asetettuihin pitoisuusrajoihin. Kynnys- ja ohjearvopitoisuuksien nousu joillain metalleilla on merkinnyt kunnostustavoitteiden muuttumista ja kunnostettavien alueiden ja maamassojen pienenemistä. Toisaalta alhaiset kynnysarvopitoisuudet ovat johtaneet siihen, että yhä useammin tarkasteltavasta kohteesta joudutaan tekemään selvitys, johon liittyy ohjearvovertailun lisäksi aikaisempaa laajempi arviointi alueen tilasta, sen pilaantuneisuudesta ja puhdistustarpeesta

## 6 PIRRE-hanke

PIRRE-hanke (Pilaantuneen maaperän ja pohjaveden riskinhallintaratkaisujen ekotehokkuus) alkoi syksyllä 2003 Suomen ympäristökeskuksessa osana Ympäristöklusterin tutkimusohjelmaa. Hankkeen tarkoitus oli selvittää, miten ekotehokkuus voitaisiin saada osaksi pilaantuneiden alueiden riskienhallintaa. Pää tavoitteena oli kehittää tukijärjestelmä, jota voidaan käyttää suunniteltaessa ekotehokasta pilaantuneiden alueiden kunnostamista.

Projektin aikana kerättiin tietoa eri riskienhallintamenetelmien ympäristövaikutuksista sekä erilaisista riskinarviointimenettelyistä. Lisäksi selvitettiin päätöksenteossa vaikuttavia tekijöitä ja sidosryhmiä sekä tutkittiin erilaisia pilaantuneiden maa-alueiden riskienhallinnan päätöksenteon ohjauskeinoja. Hankkeessa luotiin päätöksenteon tukijärjestelmä (internet-sivusto) ja kehitettiin PIRTU-ekotehokkuuslaskentaohjelma, jota voidaan käyttää avuksi valittaessa ekotehokkainta kunnostusmenetelmää. PIRTU-ohjelman toimivuutta testattiin kuvitteellisilla esimerkkikohteilla. PIRRE-hankkeen ensimmäinen osa loppui kesällä 2006. /12/

Hankkeen jatko-osa PIRRE 2 alkoi syksyllä 2006 ja tulee loppumaan keväällä 2009. Pirre 2-hankkeen yhtenä tavoitteena on testata projektin ensimmäisessä osassa kehitettyä PIRTU-laskentaohjelmaa todellisten kohteiden avulla. Siten pyritään selvittämään, miten käyttökelpoisia ovat PIRTU-ohjelma ja siihen liittyvä päätöksenteon tukijärjestelmä ja onko niiden edelleen kehittämiseen tarvetta. Alueellista ekotehokkuutta tarkasteltaessa selvitetään pilaantuneisiin maa-alueisiin liittyvää tietoa kuten materiaalivirtoja ja mahdollisia käsittelyvaihtoehtoja. Hankkeessa tarkastellaan myös erilaisia riskienhallinnan tulevaisuuden skenaarioita. Kaikki hankkeen toisen vaiheen toimet tähtäävät siihen, että ekotehokkuus voisi toteutua maaperän ja pohjaveden kunnostustoimissa yksittäisten kohteiden lisäksi myös alueellisesti ja jopa valtakunnallisesti. /12/

## 7 PIRTU-ekotehokkuuslaskentatyökalu

PIRTU-ekotehokkuuslaskentatyökalu on kehitetty PIRRE-projektin yhteydessä ja se on tarkoitettu pilaantuneiden maa-alueiden riskienhallinnan suunnittelun ja päätöksenteon apuvälineeksi. PIRTU on Microsoft Excel -ohjelmassa toimiva laskentatyökalu, joka koostuu neljästä osiosta. Työkalun avulla voidaan verrata kohdekohtaisesti erilaisia maaperän ja pohjaveden kunnostusvaihtoehtoja riskien vähenemän, ympäristövaikutusten, kustannusten ja sosiaalisten tekijöiden suhteen. PIRTU koostuu siis neljästä erillisestä työkirjasta joita ovat: riskit, ympäristövaikutukset, kustannukset ja muut tekijät. Yksittäistä kohdetta tarkasteltaessa voidaan eri kunnostusmenetelmille laskea myös ns. hyvyysluvut, joiden avulla menetelmien paremmuutta suhteessa toisiinsa voidaan vertailla. PIRTU-ohjelman avulla voidaan siis valita ekotehokkain kunnostusmenetelmä, joka vähentää tehokkaasti riskejä ja aiheuttaa mahdollisimman vähän haitallisia ympäristövaikutuksia. /13/

PIRTU-ohjelma on syntynyt muokkaamalla hollantilaista REC-laskentaohjelmaa (Risk reduction, Environmental merit and Costs) Suomen oloihin soveltuvaksi. REC-ohjelmaa on kehitetty ja muokattu ottamalla huomioon suomalaiset pilaantuneen maaperän ohje- ja raja-arvot, pohjaveden taustapitoisuudet ja elinkaarilaskennan tietoja. Joitakin laskentatapoja on myös hieman muunneltu ja laskennan tekijöitä lisätty. Lisäksi ohjelmaan on lisätty Muut vaikutukset -työkirja, jossa voidaan huomioida kunnostamisesta aiheutuvat sosiaaliset vaikutukset. /14/

PIRTU-ohjelma perustuu elinkaariajatteluun. Tarkasteluaikana käytetään 30 vuoden ajanjaksoa. Elinkaariajattelulla tarkoitetaan sitä, että ohjelmassa otetaan huomioon kaikki tärkeimmät kunnostuksen elinkaaren aikaiset ympäristö-, riski-, kustannus- ja sosiaaliset vaikutukset. Jokaisessa kohteessa ei ole välttämättä järkevää ottaa tarkasteluun kaikkia ohjelman muuttujia ja tällöin laskentataulukot voidaankin täyttää vain osittain, jolloin tarkastellaan ainoastaan kohteen kannalta tärkeitä ja olennaisia tekijöitä. Tällöin lähtötietojen hankinta helpottuu ja ekotehokkuustarkastelusta tulee kevyempi ja nopeampi prosessi. PIRTU-ekotehokkuuslaskentaohjelma on vapaasti ladattavissa Suomen ympäristökeskuksen PIRRE-projektin internet-sivuilla.

PIRTU-ohjelma on tarkoitettu päätöksenteon apuvälineeksi. Tehtäessä lopullista päätöstä kunnostamisesta on syytä ottaa huomioon ohjelman eri arviointiosuuksien epävarmuudet sekä kunnostusmenetelmien saatavuus ja tekninen toteutettavuus. PIRTU-ohjelma on myös vapaasti käyttäjien muokattavissa, eli siihen on mahdollista lisätä tarkasteltavia tekijöitä tai uusien kunnostusmenetelmien tietoja. Ohjelmassa tulisi pyrkiä käyttämään kohdekohtaista tietoa esimerkiksi kunnostusmenetelmistä, niiden energiankulutuksesta päästöistä ja kustannuksista. /13/

7.1

## **Riskit -työkirja**

Riskit -osuudessa tarkastellaan eri kunnostusvaihtoehtojen toteuttamisen aiheuttamia riskien vähenemisiä. Siinä voidaan tarkastella ihmisten terveyteen kohdistuvia riskejä, maaperän ja pintaveden pilaantumisen johdosta aiheutuvia ekologisia riskejä, pohjaveden laatuun kohdistuvia riskejä sekä riskejä muille kohteille. Riskit muille kohteille sisältävät esimerkiksi rakenteisiin ja kunnostustyöntekijöihin kohdistuvat riskit sekä mahdolliset muut tarkasteltavassa kohteessa esiintyvät uhkakuvat. Ekologisten riskien arvioinnissa riskin suuruus perustuu maaperässä tai vedessä olevaan haitta-ainepitoisuuteen, jota verrataan aineiden haitalliseksi tiedettyihin pitoisuuksiin. Terveysriskien laskenta perustuu kohteen pinta-alaan, altistuksen keston, altistuvien ihmisten määrään ja arvioituun riski-indeksiin ennen ja jälkeen kunnostuksen. Sekapilaantuneilla alueilla eri haitta-aineista aiheutuvien riskien on oletettu summautuvan yhteen. PIRTU-ohjelmassa ei pysty laskemaan eri haitta-aineista aiheutuvia ihmisten terveyteen liittyviä riski-indeksejä vaan laskennassa tarvittavat riskiluvut on hankittava joko asiantuntija-arvioina tai laskettava itse käyttäen hyödyksi riskinarvioinnissa käytettäviä laskentaohjelmia. /14/

7.2

## **Ympäristövaikutukset -työkirja**

Vaikka PIRTU-laskentaohjelma pohjautuukin elinkaariajatteluun, se ei ota huomioon kaikkia kunnostuksen elinkaaren aikaisia ympäristövaikutuksia. Ohjelmassa on mukana ainoastaan olennaisimpia ja merkittävimpiä kunnostustoimenpiteistä aiheutuvia ympäristövaikutuksia. Näitä ovat maan ja pohjaveden hävikki, energian käyttö ja päästöt ilmaan, jätteiden muodostuminen sekä kunnostamisesta tai pilaantumisesta aiheutuva maankäyttö. Maan kuljetukselle ja kaivulle sekä yleisimmille kunnostusmenetelmille on energiankulutus- ja päästötiedot laskentaohjelmassa valmiina. /14/

7.3

## **Kustannukset -työkirja**

Kustannukset -osiossa lasketaan yhteen jokaisen vertailussa mukana olevan kunnostusmenetelmän kustannukset. Kustannukset syötetään ohjelmaan eriteltyinä, jolloin on helppo nähdä, mistä toimista eri kunnostusmenetelmien kulut pääosin koostuvat. PIRTU-ohjelmassa kustannukset on jaettu lähtö-, puhdistamis-, seuranta- ja loppusijoituksen kustannuksiin. Myös muita kustannuksia voidaan ottaa huomioon. Jos kustannukset ajoittuvat pitkälle aikavälille, ne muutetaan nykyarvoon diskonttaamalla. /14/

7.4

## **Muut vaikutukset -työkirja**

Muut vaikutukset -työkirjassa voidaan arvioida eri kunnostusmenetelmien sosiaalisia vaikutuksia. Näitä ovat esimerkiksi psykososiaaliset vaikutukset eli alueen läheisyydessä asuvien ihmisten pelot ja riskikäsitykset. Lisäksi voidaan tarkastella riskienhallintatarkaisujen vaikutuksia alueen arvostukseen ja maanomistajan imagoon sekä kunnostamisesta aiheutuvia ekologisia vaikutuksia ympäristöön. Myös

kunnostusmenetelmien vaikutusta maaperän laatuun voidaan tarkastella. Muita mahdollisia vaikutuksia voi ohjelman käyttäjä määrittää itse, ja sellaisia voivat olla esimerkiksi historiallisiin kohteisiin tai rakenteisiin kohdistuvat vaikutukset.

Muut vaikutukset -työkirjassa arvioitaville vaikutuksille annetaan arvo välille -3 ... +3, joista -3 tarkoittaa huomattavan negatiivista vaikutusta ja vastaavasti +3 huomattavan positiivista. Nolla tarkoittaa, ettei vaikutuksia ole. Vaikutukset voidaan arvioida asiantuntijoita hyväksi käyttäen. Arvioinnissa olisi hyvä olla mukana myös kunnostettavan alueen läheisyydessä asuvia ihmisiä, jotta arviointiin saadaan paikallista näkökulmaa ja mielipiteitä. Läheskään jokaisessa kohteessa ei ole välttämättä tarpeellista tarkastella sosiaalisia vaikutuksia, mikäli niiden arvioidaan olevan vähäisiä. Ääriesimerkkinä vaikkapa syrjäinen teollisuustontti kaukana asutuksesta. /14/

# 8 Teollisuusalue-tontin ekotehokkuustarkastelu

## 8.1

### **Yleistä**

Kiinteistö sijaitsee pienteollisuusalueella Tapaninkylän kaupunginosassa, ja Helsingin kaupunki omistaa sen. Tontin pinta-ala on 3626 m<sup>2</sup>. Kiinteistöllä on toiminut 1950-luvun alussa Metsänomistajain Metsäkeskus Oy:n höyläämö. Sen lopetettua toimintansa on tontilla harjoitettu vuosikymmenien ajan autojen huolto- ja korjaus-toimintaa. Kiinteistöllä on ollut teollisuusrakennus ja varastokatos, mutta huonon kunnan vuoksi kaupunki purki rakennukset kesällä 2006. Tällä hetkellä kiinteistöllä ei ole toimintaa, mutta lähitulevaisuudessa tontti tullaan luultavasti vuokraamaan pienteollisuuskäyttöön. /15, s. 4–5./

Helsingin kaupungin geoteknisen kartan perusteella alueen maaperä on savea. Noin 0,6–2,2 metrin syvyyteen tontin maaperä on täyttömaata (hiekkaa, soraa ja moreenia). Täyttömaakerroksessa on jätettä, kuten lautaa, lasia, tiiltä, rautaromua, betonia, kaapelia ja asfaltin kappaleita. Yhteensä jätteitä on arvioitu olevan noin 1600 m<sup>2</sup> alueella. Täyttömaan alapuolella on turvetta tai humusta ja savea. Saven paksuuden on arvioitu olevan pääsääntöisesti yli kolme metriä. Kiinteistö ei sijaitse luokitellulla pohjavesialueella, mutta tontilla on todettu esiintyvän orsivettä noin puolen metrin syvyydellä. Pohjaveden pinnan korkeudesta ei ole tietoa. Tonttia ei ole päällystetty. /15, s. 5–8./

## 8.2

### **Maaperän pilaantuneisuus**

Kiinteistön maaperää on tutkittu neljään otteeseen: Viatek Oy vuonna 1997, Maa- ja Vesi Oy vuonna 1998 sekä Suomen IP-Tekniikka vuosina 2005 ja 2006. Maaperän haitta-ainepitoisuuksia on tutkittu yhteensä 27 pisteestä. /15 s. 6./

Näissä maaperätutkimuksissa maaperän haitta-ainepitoisuuksia on verrattu SAMASE-ohjearvoihin, jotka olivat yleisesti käytettyjä vertailuarvoja tutkimusten aikaan. Sen sijaan tässä selvityksessä pitoisuuksia on verrattu kesällä 2007 voimaan tulleen PIMA-asetuksen kynnys- ja ohjearvoihin. PIMA-asetuksen myötä joidenkin haitta-aineiden kynnys- ja ohjearvot muuttuivat korkeammiksi, mikä on vaikuttanut kiinteistön osalta siten, että alueen pilaantumisen laajuus on pienentynyt huomattavasti.

Koska kyseessä on teollisuusalue, PIMA-asetuksen mukaan riskienhallintatoimia ei yleensä tarvita, jos alueen haitta-ainepitoisuudet alittavat ylemmän ohjearvon. Alueen maaperä on pääosin vain lievästi pilaantunut ja ainoastaan yhden koekuopan haitta-ainepitoisuus ylitti asetuksen ylemmän ohjearvon. Kunnostuksen tavoitteeksi

asetettiin haitta-ainepitoisuuksien vähentäminen alle alempien ohjearvojen. Alemman ohjearvon ylittäviä haitta-ainepitoisuuksia löytyi yhteensä neljästä tutkimuspisteestä (taulukko 1).

Kiinteistön pilaantuneisuustutkimuksissa on käytetty NITON XRF-kenttäanalyysaattoria (X-ray Fluorescence). Ainoastaan KK 6 tutkimuspisteen arseenin pitoisuus on vahvistettu laboratorioanalyysilla. /15, s. 7./

XRF-analyysaattorilla tarkoitetaan röntgenfluoresenssiin perustuvaa analyysiä, joka on suunniteltu erityisesti alkuaineiden toteamiseksi maaperästä. XRF-kenttäanalyysin tulosten epävarmuuteen ja mittaustuloksiin vaikuttavat laitteen kalibrointi ja jopa sääolosuhteet. Myös näytteiden käsittely, eri käyttäjistä aiheutuvat erot ja jopa mittauspaikka saattavat vaikuttaa tuloksiin. Yleisesti ottaen voisi sanoa, että kenttämittauksissa röntgenfluoresenssianalyysaattorilla saadut tulokset ovat lähinnä suuntaa antavia. /22, s. 60–61 ja s. 66–67./

**Taulukko 1.** Tapaninkylän kiinteistön tutkimuspisteet, joissa mitattu alemman ohjearvon ylittäviä haitta-ainepitoisuuksia. /11/ ja /15/

Tutkimuspiste	Haitta-aine	Kynnysarvo	Alempi ohjearvo	Ylempi ohjearvo	Mitattu haitta-ainepitoisuus	Syvyys
KK 5	Naftaleeni	1 mg/kg	5 mg/kg	15 mg/kg	11 mg/kg	0,8–1,2 m
	Fluoranteeni	1 mg/kg	5 mg/kg	15 mg/kg	11 mg/kg	
KK 6	Arseeni	5 mg/kg	50 mg/kg	100 mg/kg	52 mg/kg	0,3–1,0 m
	Fluoranteeni	1 mg/kg	5 mg/kg	15 mg/kg	12 mg/kg	
KK 8	Nikkeli	50 mg/kg	100 mg/kg	150 mg/kg	163 mg/kg	2,2 3,2 m
VIATEK 2	Arseeni	5 mg/kg	50 mg/kg	100 mg/kg	90 mg/kg	0,2–0,9 m

### 8.3

## Puhdistettavan alueen laajuuden arviointi

Kiinteistöllä olevan pilaantuneen ja kaivettavan maa-aineksen määrä arvioitiin siten, että pilaantunut alue rajattiin pilaantuneen tutkimuspisteen ja lähimpien puhtaiden tutkimuspisteiden puoliväliin /19/. Massanvaihtoa tehtäessä maa-aineksen haitta-ainepitoisuuksia mitataan kunnostuksen edetessä, jotta varmistutaan siitä, että kaikki pilaantuneet maamassat saadaan poistettua. Tämän vuoksi maa-ainesten määrät saattavat muuttua arvioidusta kunnostusta toteutettaessa. Muutettaessa kuutiometrejä tonneiksi käytettiin muuntokertoimenä lukuarvoa 1,6.

Koska osa haitta-aineista on havaittu ainoastaan syvemmissä maakerroksissa, joudutaan niiden poistamiseksi kaivamaan pois puhtaita maa-aineksia. Massamääriä arvioitaessa oletettiin, että kaivinkoneella voidaan erottaa pilaantunut ja puhdas maa-aines 20 cm:n tarkkuudella. Koekuoppa 6:ssa oletettiin, että myös pintamaa on pilaantunut, vaikka haitta-aineita on löydetty vasta 30 cm:n syvyydeltä. Kohteen arvioidujen pilaantuneiden maamassojen määrät löytyvät taulukosta 2.

**Taulukko 2.** Tutkimuspisteiden arvioidut pilaantuneet pinta-alat, tilavuudet ja massamäärät

Tutkimuspiste	Pinta-ala	Kaivannon tilavuus	Pilaantunutta maa-ainesta	Puhdasta maa-ainesta
KK 5	95 m <sup>2</sup>	114 m <sup>3</sup>	91 t	91 t
KK 6	61 m <sup>2</sup>	61 m <sup>3</sup>	98 t	0
KK 8	177 m <sup>2</sup>	567 m <sup>3</sup>	339 t	566 t
VIATEK 2	72 m <sup>2</sup>	65 m <sup>3</sup>	104 t	0
Yhteensä	405 m <sup>2</sup>	807 m <sup>3</sup>	632 t	658 t



## Tarkasteltavat kunnostusmenetelmät

Kiinteistön pilaantuneen maaperän riskienhallinnan ekotehokkuutta tarkasteltiin kolmella toteuttamiskelpoisella vaihtoehdolla PIRTU-ekotehokkuuslaskentaohjelmaa käyttäen. Ensimmäiseksi otettiin tarkasteluun 0-vaihtoehto eli, että alueella ei tehtäisi mitään kunnostustoimenpiteitä. Toiseksi vaihtoehdoksi valittiin massanvaihto pilaantuneille kohdilla alempaan ohjearvoon asti. Kolmannessa vaihtoehdossa kunnostus päätettiin toteuttaa peittämällä pilaantuneet alueet asfaltilla, jolloin ihmisten altistuminen haitta-aineille estyy.

### Massanvaihto

Massanvaihdossa kaikki alemman ohjearvot ylittävät maa-ainekset kaivettaisiin pois ja tilalle tuotaisiin puhdasta maata, jonka haitta-ainepitoisuudet olisivat alle kynnyksarvon. Kaivannoissa olevat puhtaat maa-ainekset sijoitettaisiin takaisin tontille. Kaivettavien puhtaiden ja pilaantuneiden maa-ainesten massamäärät löytyvät taulukosta 2.

### Asfaltointi

Asfaltointia tarkasteltaessa päällystettävä alue rajattiin siten, että pilaantuneeksi arvioidun alueen säteeseen lisättiin metri. Näin saatiin peitettävän alueen pinta-ala. Pinta-ala on suurempi kuin arvioitu pilaantunut alue. Siten estetään varmemmin pölyäminen ja sadeveden pääsy haitta-aineiden luokse. Laskennassa käytetty päällystettävä pinta-ala koostuu siis asfalttilaikuista pilaantuneiksi arvioitujen kohtien päällä. Mikäli koko tontti tai suurempi alue haluttaisiin asfaltoida, kustannukset nousisivat huomattavasti. Tällöin pinnoitettava alue olisi suurempi kuin pilaantumisen laajuuden huomioon ottava kunnostaminen edellyttää, eikä laajemman alueen asfaltoinnin kustannuksia voitaisi sisällyttää enää riskienhallintaan kuuluvaksi. Tässä tapauksessa asfaltoitavien alueiden pinta-alaksi laskettiin yhteensä 537 m<sup>2</sup>. Asfaltoitavan alueen alle tasattaisiin myös 10 cm murskekerros. Asfaltin paksuus olisi 5 cm.

Kuoppa 5:n lähialueita ei tarvitsisi päällystää asfaltilla, sillä kuopassa esiintyvä naftaleeni on haihtuva yhdiste. Asfaltoinnilla ei voi estää haitallisen aineen haihtumista. Toisaalta päällystämistä puoltaisi se, että samassa pisteessä esiintyy myös fluoranteenia.

## Tarkasteltavat kriteerit

PIRTU-ohjelman Riskit -osuudesta tarkasteltaviksi tiedoiksi valittiin terveys- ja maaperän ekologiset riskit. Tulevaisuudessa kiinteistölle on suunniteltu pienteollisuus-toimintaa ja tällöin olisi mahdollista, että alueella työskentelevät työntekijät altistuisivat haitta-aineille. Maaperän ekologisia riskejä tarkasteltiin, vaikka niiden oletettiin olevan melko vähäisiä. Kyseessä on teollisuusalue, jolla ei ole erityisiä suojeltavia ekologisia arvoja. Lisäksi haitta-ainepitoisuudet ovat suhteellisen pieniä.

Pohjavesiriskejä ei tarkasteltu, koska alue ei sijaitse luokitellulla pohjavesialueella. Täyttömaan alla on pääosin yli kolmen metrin savikerros, joka estää haitta-aineiden kulkeutumista pohjaveteen. Pohjaveden esiintymissyvyyttä ei tiedetä. Vesistön ekologisia riskejä ei huomioitu, sillä kiinteistö ei sijaitse vesistön läheisyydessä. Lisäksi haitta-aineet ovat pääosin niukkaliukoisia. Ainoastaan naftaleeni ja fluoranteeni voidaan laskea jossakin määrin vesiliukoisiksi /16. s.113–114/.

Muita riskejä ei huomioitu, sillä alueen pienuudesta johtuen kunnostaminen sujunee varsin nopeasti. Tällöin kunnostustyöntekijöiden mahdollinen altistuminen haitta-aineille on terveysriskien näkökulmasta vähäistä. Haitta-aineista ei myöskään ole vaaraa rakenteille.

Ympäristövaikutukset -osuudessa tarkasteltiin eri vaihtoehtojen maa-ainesten hävikkiä, energian kulutusta ja ilmapäästöjä sekä jätteen muodostumista. Sen sijaan pohjaveden hävikkiä ei otettu huomioon, sillä pohjavettä ei tulla käsittelemään valituissa kunnostusmenetelmissä. Myöskään maankäyttöön liittyviä vaikutuksia ei tarkasteltu, koska maankäytölle ei tule rajoituksia tässä tapauksessa.

Kustannukset -osiossa otettiin huomioon eri kunnostusmenetelmien tutkimus- ja suunnittelukustannukset. Lisäksi huomioitiin kunnostus-, seuranta- ja loppusijoituskustannukset.

Muut tekijät -osiosta huomioitiin vain kunnostusmenetelmien vaikutus maaperän laatuun. Kunnostuksesta aiheutuvia ekologisia vaikutuksia ei arvioitu, koska kyseessä on teollisuusaluekiinteistö, jonka ekologiset arvot ovat muutenkin vaatimattomia. Myöskään psykososiaalisia-, imago- ja arvostusvaikutuksia ei huomioitu. Tontti sijaitsee teollisuusalueella, eikä naapureiden taholta ole ilmennyt minkäänlaista kiinnostusta tai painostusta kiinteistön maaperän kunnostustoimenpiteisiin /19/.

#### 8.5.1

### Riski-indeksien määrittäminen

Tässä kohteessa pääasialliset altistumisreitit haitta-aineille ovat pölyäminen, maansyönti ja ihokontakti /15, s. 9/. Lähtötilanteen riski-indeksi määritettiin terveysriskien arviointia varten yksinkertaistetusti siten, että alemman ohjearvon todettiin vastaavan riski-indeksiä 1. Esimerkiksi naftaleenin kohdalla kohteessa mitattua pitoisuutta 11 mg/kg verrattiin alempaan ohjearvoon 5 mg/kg:  $11/5$ , jolloin riski-indeksiksi saatiin 2,2.

Kohteessa olevien haitta-aineiden ohjearvot oli määritetty ekologisiin riskeihin perustuen, joten varsinaisia ihmisiin kohdistuvia terveysriskejä ei tällä tavalla voitu mitata. Tavoitteena oli verrata eri kunnostusmenetelmin saavutettavaa haitta-ainepitoisuutta kunnostukselle asetettuun tavoitepitoisuuteen.

Haitta-aineen esiintymissyvyys otettiin myös huomioon. Jos aine esiintyy yli metrin syvyydessä eikä se ole haihtuvaa, niin sen riski-indeksi olisi sama kuin, jos se olisi eristetty peittämällä. Koekuopassa 8, jossa esiintyi nikkeliä yli kahden metrin syvyydessä, arvioitiin riski-indeksin vähenemäksi jo lähtötilanteessa 90 %. Nikkeli sijaitsee syvällä eikä haihtumisesta ole vaaraa. Käytännössä nikkelin riski-indeksi lähtötilanteessa on sama kuin eristettynä. /18/

0-vaihtoehdon riski-indeksi määritettiin samalla tavalla. Haitta-aineiden luonteesta johtuen merkittävää hajoamista ei oleteta tapahtuvan, joten riskit ovat samoja koko ajan.

Massanvaihdossa kunnostuksen aikaisten riskien oletettiin olevan samansuuruisia lähtötilanteen kanssa ja kunnostuksen päätyttyä oletettiin, että puhtaassakin maaperässä saattaa olla vähäisiä haitta-ainepitoisuuksia. Tämän vuoksi lopputilanteen riski-indeksi laskettiin vertaamalla haitta-aineiden kynnsarvoa alempaan ohjearvoon. Toisin sanoen oletettiin, että kunnostetussa maaperässä saattaa olla haitta-aineita kynnsarvopitoisuuden verran.

Eristyksessä eli alueen asfaltoinnissa riskien vähenemän arvioitiin olevan 90 % verrattuna lähtötilanteeseen /18/. Riskien vähenemä perustuu siihen oletukseen, että asfaltti pysyy kunnossa eikä esimerkiksi halkeamia synny. Yleisesti ottaen asfalttirakenteet ovat varsin kestäviä ja uudelleenpäällystäminen tulee ajankohtaiseksi vasta kymmenien vuosien käytön jälkeen /20, s. 62/. Kunnostustoiminnan aikainen riski oletettiin samaksi kuin lähtötilanteessa. Haihtumisominaisuuksien vuoksi naftaleenin

riski-indeksi asfaltoinnin jälkeen arvioitiin samaksi kuin lähtötilanteessa. Peitolla ei saada riskien vähenemää aikaiseksi haihtuville aineille. /18/

#### 8.5.2

### Kustannustiedot

Kustannusten arvioinnin laskemisessa tarvittavat hinta-arviot saatiin Helsingin kaupungin kiinteistövirastolta. 0-vaihtoehdon kustannukset koostuvat vain kiinteistöllä suoritetuista tutkimuskustannuksista.

Massanvaihdon kustannukset koostuvat pilaantuneen maamassan kaivamisesta, kuljetuksesta loppusijoituspaikalle ja loppusijoituksen hinnasta. Myös puhtaan maan hinta ja kuljetus sekä levitys alueelle sisältyvät kustannuksiin. Lisäksi massanvaihtoon kuuluvat suunnitteluvaiheen tutkimuskustannukset ja maata pois kaivettaessa suoritettavat haitta-aineanalyysit, joilla pilaantumisen laajuus varmistetaan.

Eristyksen kustannukset koostuvat tutkimuskustannuksista ja asfaltoinnin hinnasta sekä alueelle tuotavasta murskeesta ja sen tasauksesta. Murskekerroksella parannetaan alueen kantavuutta ennen asfaltoimista.

#### 8.5.3

### Ympäristövaikutukset

0-vaihtoehdossa kunnostuksen aikaisia ympäristövaikutuksia ei synny eikä alueen tila muutu.

Massanvaihdossa pääasialliset ympäristövaikutukset muodostuvat maamassojen siirtelyistä ja kaivamisesta sekä levittämisestä työkoneilla. Kun pilaantunut maaines poistetaan ja loppusijoitetaan alueen ulkopuolelle, syntyy lisäksi jätettä ja maaineksen hävikkiä,

Eristyksen ympäristövaikutukset syntyvät asfaltin valmistuksesta. Myös murskeen tekeminen ja asfaltointityö koneineen aiheuttavat ympäristövaikutuksia. Asfaltin ja murskeen kuljetus sekä murskeen tasaus tontille otettiin huomioon ympäristövaikutuksia laskettaessa.

Kuljetusmatkojen pituudet saatiin Helsingin kaupungilta. Pilaantuneen maaineksen kuljetusmatkaksi loppusijoituspaikalle arvioitiin 76 km:ksi ja korvaava puhdas maa oletettiin saatavan 20 km:n säteeltä. Eristyksessä arvioitiin, että tarvittava asfaltti ja murske saadaan kunnostuskohteeseen 15 km:n säteeltä. Maamassojen keskimääräiseksi kaivutehoksi oletettiin 100 tonnia tunnissa. /21/

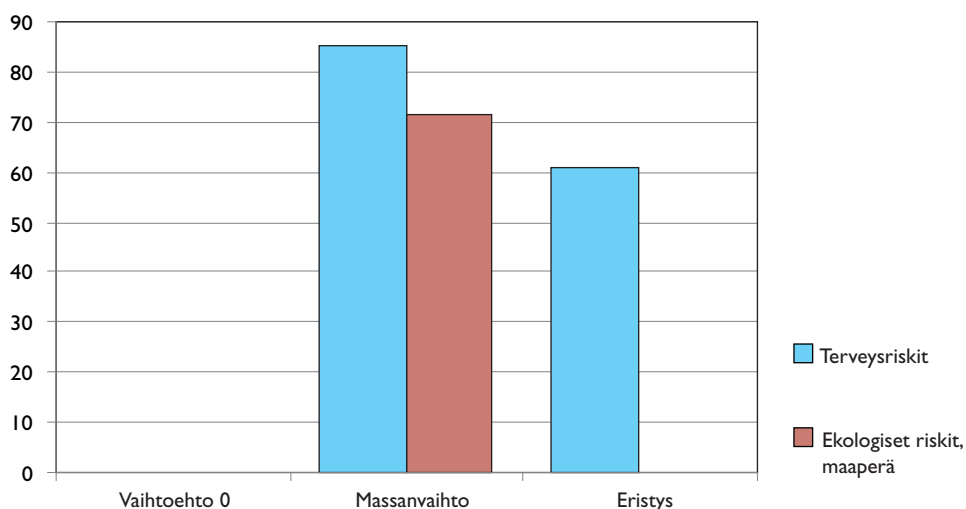
#### 8.6

### Tulokset ja niiden tulkinta

Riskien vähenemän osalta paras kunnostusvaihtoehto oli massanvaihto, missä terveysriskien vähenemä olisi noin 85 % (kuva 6). Myös ekologiset riskit vähenisivät yli 70 %. Eristyksen terveysriskien vähenemäksi saatiin runsaat 60 %. Massanvaihdon ja eristyksen ero terveysriskien vähentämisessä johtunee pääosin haihtuvasta naftaleenista, jonka riskejä ei peitolla pystytä vähentämään. Maaperän ekologiset riskit eivät sen sijaan vähene lainkaan eristyksessä. 0-vaihtoehdossa terveys- ja maaperän ekologiset riskit pysyvät lähtötilannetasolla, koska kunnostamista ei suoriteta eikä haitta-aineiden hajoamista oleteta tapahtuvan merkittävässä määrin.

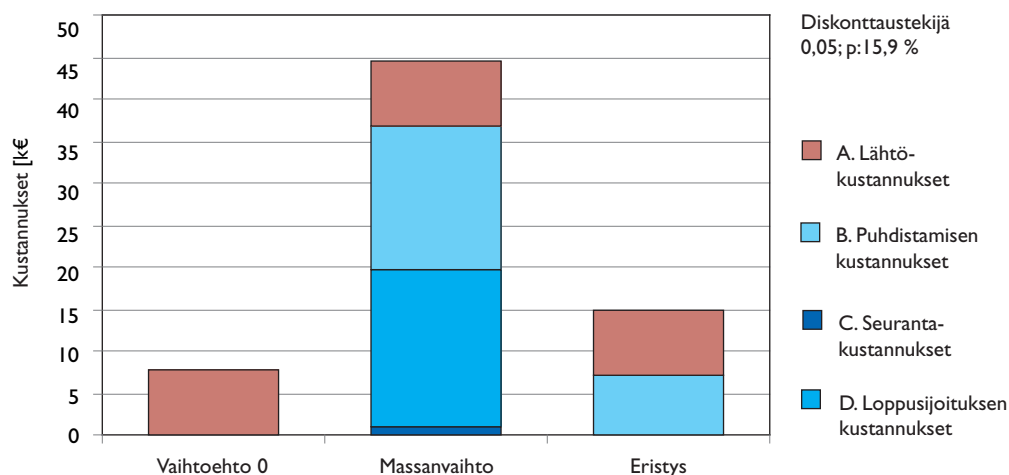
Kustannuksia laskettaessa (kuva 7) edullisimmaksi vaihtoehdoksi muodostui 0-vaihtoehto, jolloin kustannukset koostuivat ainoastaan tutkimuskustannuksista. Massanvaihto oli selvästi kallein vaihtoehto kuljetuksineen, kaivuineen ja loppusijoituksineen. Eristyksen kustannukset jäivät noin kolmannekseen massanvaihdosta.

### Terveysriskien vähenemä (%)



**Kuva 6.** Terveys- ja ekologisten riskien prosentuaalinen vähenemä kunnostusvaihtoehtojen vertailussa.

### Kustannukset nykyarvoistettuna

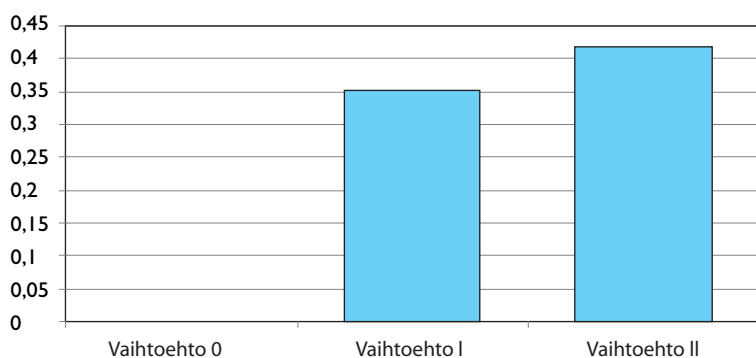


**Kuva 7.** Kunnostusmenetelmien kustannukset eriteltynä ja nykyarvoistettuna.

Ympäristövaikutuksia tarkasteltaessa (kuvat 8 ja 9) suurimmat vaikutukset ilmapäästöissä ja energiankulutuksessa syntyivät eristyksessä. Asfaltin valmistus on paljon energiaa kuluttavaa ja ilmapäästöjä aiheuttavaa. Myös massanvaihto kulutti miltei yhtä paljon energiaa ja aiheutti ilmapäästöjä. Massanvaihdon ympäristövaikutuksia olivat myös jätteen muodostuminen ja maa-aineksen hävikki pilaantuneen maa-aineksen muodossa. 0-vaihtoehdossa ei kunnostuksen aikaisia ympäristövaikutuksia luonnollisesti tapahtunut.

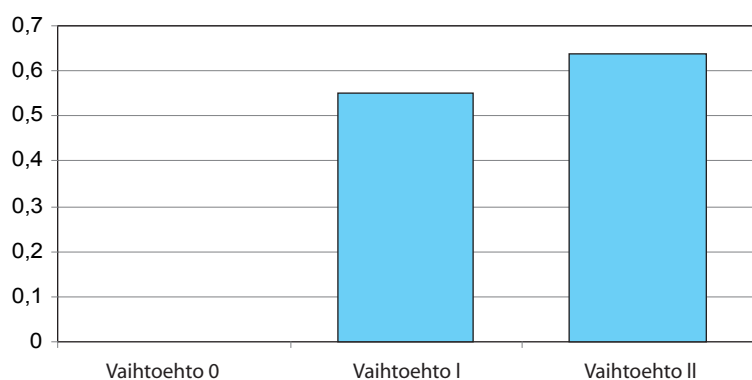
Muut tekijät -osiossa tarkasteltiin eri kunnostusvaihtoehtojen vaikutusta maaperän laatuun. Tuloksena todettiin, että ainoastaan massanvaihto vaikuttaa positiivisesti maaperän laatuun. Eristys- ja 0-vaihtoehtoilta ei ollut vaikutusta.

### Energian kulutus (as-ekv)



**Kuva 8.** Kunnostusmenetelmien eroavaisuudet energiankulutuksessa

### Ilmapäästöt (as-ekv)



**Kuva 9.** Kunnostusmenetelmien eroavaisuudet ilmapäästöjen muodostumisessa

8.7

## Tulosten luotettavuuden arviointia

Epävarmuuksia laskennan tuloksiin tuovat ainakin asfaltin valmistuksen, kuljetuksen, kaivun ja muiden toimenpiteiden päästö- ja energiankulutustiedot. Yleensäkin tällaiset tiedot ovat keskiarvoja eri tietolähteistä ja tutkimuksista, eivätkä ne siten kerro todellisia päästömääriä tai energiankulutusta tarkasteltavassa kohteessa. Erittäin erityisesti asfaltin valmistuksen päästöt ja energiankulutus voivat poiketa suomalaisista tapauksista, sillä asfaltin valmistuksen elinkaaritiedot saatiin sveitsiläisestä Ecoinvent 2000 -tietokannasta. Suomalaisia asfaltin valmistuksen elinkaaritietoja ei ollut saatavilla.

Myös riskien vähenemään tulee suhtautua varauksella. Tässä tarkastelussa käytetty yksinkertaistettu riski-indeksi ei kovinkaan hyvin sovellu todellisten terveystarkastelujen arviointiin, mutta sen avulla saadaan selville eri kunnostusmenetelmien eroavaisuudet riskien vähentämistoimissa. Terveystarkastelut saavat laskennassa suhteettoman suuren arvon. Näin ollen tarkasteltiin ainoastaan eri kunnostusmenetelmien tehokkuutta riskien vähenemän suhteen.

Epävarmuutta tulee myös massanvaihdon toteutuksesta. Toteutuneissa kunnostushankkeissa on todettu, että massanvaihdon laajuus kasvaa usein huomattavasti arvioidusta. Tämä johtuu siitä, että haitalliset aineet ovat jakautuneet epätasaisesti maaperässä ja tutkimuksissa otetaan yleensä hyvin rajallinen määrä näytteitä, joiden edustavuudesta ei olla varmoja. Tällöin alueen todellinen tila paljastuu vasta kunnostusvaiheessa. Jos pilaantumisen laajuus kasvaa, myös ympäristövaikutukset ja

kustannukset kasvavat. Virheitä aiheuttavat myös kohteen tutkimuksissa käytettyjen kenttämittarien ja analyysimenetelmien virhelähteet ja mittausepävarmuudet.

Lisäksi laskennassa käytetyt kustannustiedot ovat toteutettujen kunnostuskohdeiden perusteella annettuja arvioita. Niihin tulee suhtautua suuntaa-antavina arvioina. Taloussuhdanteet, kilpailu ja toteuttamisajankohta vaikuttavat todellisiin kustannuksiin.

Taulukossa 3 on luetteloitu kohteen haitta-aineiden pääasialliset altistumisreitit ja suurimmat haitattomat terveysperusteiset pitoisuudet teollisuusalueille. Näistä voi päätellä kohteessa mitattujen pitoisuuksien todellista terveysriskiä ihmisille. Jos riski on jo alun alkaen pieni, ei kunnostamisella saavutetulla prosentuaalisesti suurella riskien vähenemällä ole käytännön merkitystä.

**Taulukko 3.** Kohteen haitta-aineille teollisuusalueille määritetyt suurimmat haitattomat terveysperusteiset pitoisuudet ja merkittävimmät altistusreitit. /16, s. 61–62./

Haitta-aine	Mitatut pitoisuudet (mg/kg)	SHPTter (mg/kg)	Maan nieleminen (%)	Sisäilma (%)
Arseeni	50–90	2 920	99,4	<1
Nikkeli	163	4 960	99,4	<1
Fluoranteeni	11–12	>10 000	76,4	7,9
Naftaleeni	11	1 370	1,1	98,6

8.8

## Johtopäätökset

Tapaninkylän tontin pilaantuminen on melko vähäistä, kun otetaan huomioon, että kyseessä on teollisuusaluetontti. Haitta-ainepitoisuudet ovat suhteellisen pieniä, osa aineista sijaitsee syvällä eivätkä ne havaituissa pitoisuuksissa ole kovinkaan haitallisia ihmisille. Kun haitta-aineiden pitoisuuksia verrataan teollisuusalueille määritettyihin terveysperusteisiin viitearvoihin ja mahdollisiin altistusreitteihin (taulukko 3), voidaan todeta, että aineiden aiheuttama terveysriski tulevaisuudessa kiinteistöllä työskenteleville ihmisille on miltei olematon. Myöskään haitta-aineiden kulkeutumisesta ei ole havaittavaa vaaraa eikä häiriintyviä kohteita ole lähellä.

Ekotehokkuuden kannalta paras vaihtoehto on olla tekemättä alueelle mitään eli toteuttaa 0-vaihtoehto. Kun otetaan huomioon massanvaihdon ja eristyksen elinkaarien aikaiset ympäristövaikutukset, voidaan todeta, että kunnostamistoimenpiteillä on luultavasti enemmän haitallisia ympäristövaikutuksia, verrattuna niihin hyötyihin, joita kunnostamisilla saavutettaisiin.

Mikäli jostain syystä alueella kuitenkin halutaan tehdä kunnostustoimenpiteitä, on tarkasti pohdittava eristyksen ja massanvaihdon hyötyjä ja haittoja (vaihtoehtojen vertailua, liite 1). On miltei mahdotonta sanoa, kumpi näistä toimista olisi ekotehokkaampi vaihtoehto. Eristyksessä ongelmana on massanvaihtoa suurempi energiankulutus ja ilmapäästöt, mutta massanvaihdossa taas ongelmana ovat maa-aineksen hävikki ja jätteen muodostuminen. Massanvaihto on myös huomattavasti eristystä kalliimpi vaihtoehto, mikä vähentää sen ekotehokkuutta. Se kumpi näistä kunnostusmenetelmistä on ekotehokkaampi, riippuu siitä, minkälaisia tekijöitä painotetaan. Koska kyseessä on teollisuusaluetontti, on myös mahdollista, että tulevasta käyttötarkoituksesta riippuen kiinteistön vuokralainen tarvitsee asfaltoidun tontin, jolloin kyseinen kunnostusvaihtoehto toteutuisi muista syistä.

## 9 Huoltoasemakohteen ekotehokkuustarkastelu

### 9.1

#### Yleistä

Kiinteistö sijaitsee lähellä Helsingin kaupungin keskustaa Leppäsuon kaupunginosassa ja sen pinta-ala on noin 3 400 m<sup>2</sup> /21/. Asemakaavan mukaan tontti on kaavoitettu asuin- ja liikerakennuksille /23, s. 2/.

Kiinteistöllä on toiminut huoltoasema vuosina 1960-1999. Tontilla on sijainnut huoltoasemarakennus rasvamonttuineen ja pesuhalleineen. Lisäksi kiinteistöllä on ollut polttoainemittareita (benssiini ja dieselöljy) ja -säiliöitä sekä muita huoltoasematoimintaan liittyviä rakenteita. Rakennukset, polttoainesäiliöt ja rakenteet on purettu pois huoltoasematoiminnan loppuessa. Toiminnan loputtua kiinteistön maaperä on kunnostettu vuonna 1999 SOILI-kohteena ja sen jälkeen tontille on rakennettu asuinrakennus. /23, s. 2./

Tontin maaperä on täytemaata ja hiekkaa noin 1–1,7 metrin syvyyteen. Täyttömaakerroksen alla on hiekkaa tai silttihiekkaa 2–4 metrin syvyyteen ja hiekkakerroksen alla on savea tai kallio. Tontti ei ole pohjavesialueella, mutta joillakin osin tonttia on havaittu orsivettä. Ennen kunnostusta tontti oli päällystetty asfaltilla ja osittain betonikivillä. /23, s. 3./

Kiinteistön pilaantunut maaperä on jo kunnostettu. Huoltoasemat ovat yleisiä kunnostuskohteita, minkä vuoksi PIRTU-ohjelmaa haluttiin testata tällaisessa kohteessa. Helsingin kaupungin alueella ei ollut lähitulevaisuudessa toteutettavia huoltoaseman maaperäkunnostuksia, joista olisi ollut riittävästi tutkimustietoa ekotehokkuustarkasteluiden tekemiseksi. Siksi mahdollisia kunnostusvaihtoehtoja päätettiin arvioida PIRTU-ohjelmalla Leppäsuon huoltoasemakohteessa jälkikäteen.

### 9.2

#### Maaperän pilaantuneisuus

Kohteen maaperän pilaantuneisuutta on tutkittu ensimmäisen kerran vuonna 1998 (Insinööritoimisto Paavo Ristola Oy), jolloin näytenäytteissä ei aistinvaraisesti arvioiden havaittu öljyhiilivetyjä. Toisen kerran maaperää tutki samana vuonna Suomen IP-Tekniikka Oy. Tällöin maanäytteitä otettiin yhteensä kahdeksasta pisteestä ja tontille asennettiin pohjavesiputki. Näytteiden ottoa hankaloitti se, että tontin halki kulki kaapeleita, putkijohtoja ja rakenteita, joiden sijainnista ei ollut tarkkaa tietoa. Tämän vuoksi näytteitä ei uskallettu ottaa esimerkiksi polttoainesäiliöiden läheisyydestä. Tutkimuksessa ei havaittu SAMASE-ohjearvojen ylittäviä pitoisuuksia. Suurin laboratoriossa todettu öljyhiilivetyypitoisuus oli 163 mg/kg. Tällöin päätettiin, että tontin maaperä ei ole luultavasti pilaantunut merkittävästi, mutta todettiin, että tulevien



purku- ja kaivutöiden yhteydessä säiliöiden lähellä sijaitsevan maan pilaantuneisuutta olisi tutkittava. /23, s. 3–9./

Kun kiinteistöä alettiin purkaa ja maanalaisia rakenteita poistaa, löytyi öljyhiilivedyillä pilaantunutta maa-ainesta. Suurin pilaantunut alue löytyi maanalaisten polttoainesäiliöiden ympäriltä. Myös dieselmittareiden läheisyydessä maa-ainesta oli pilaantunutta. Huoltoasemarakennusta purettaessa pesuhallin pohjalta paljastui pienehkö alue, jossa maaperä oli pilaantunut ja haisi liuottimilta. Kun kunnostuksen jälkeen tontilla alkoivat talonrakennustyöt, maan kaivun yhteydessä löytyi vielä entisten mittarikorokkeiden läheisyydestä kaksi esiintymää, joissa maaperä oli pilaantunutta. Kunnostuksen aikana öljyhiilivedyillä pilaantunutta maa-ainesta löydettiin viideltä eri alueelta yhteensä 2 500 m<sup>3</sup>. /24, s.3–5./

### 9.3

## Kohteen hiilivetytypitoisuudet

Kohteessa hiilivetyjen kokonaispitoisuuksia on tutkittu pääosin kolorimetrisillä kemiallisilla HNU-kenttätesteillä. Tämä aiheuttaa epävarmuutta pilaantuneiden alueiden pitoisuuksien arviointiin. Kyseisessä menetelmässä maanäytteen hiilivedyt uutetaan liuottimeen, johon lisätään reagenssijauhe, jolloin liuoksen väri muuttuu. Liuoksen värimuutoksen ja värikarttojen perusteella päätellään hiilivetyjen pitoisuudet ja komponentit maanäytteessä. /24, s. 3./

Kolorimetrisellä testillä ei pystytä määrittämään maanäytteiden tarkkoja hiilivetytypitoisuuksia vaan analyysituloksena saadaan suuruusluokka-arvio hiilivetyjen kokonaismäärästä, esimerkiksi 200–500 mg/kg. Kolorimetrisillä testeillä ei voida selvittää luotettavasti eri hiilivetykomponenttien pitoisuuksia näytteessä. Myös valaistusolosuhteet, polttoaineiden kemiallinen muuntuminen, maaperän ominaisuudet ja näytteenottajien erilainen kyky nähdä värejä saattavat vaikuttaa tuloksiin. /22, s. 21–22 ja 68–69./

Suuri osa kohteessa otetuista näytteistä oli kokoomanäytteitä. Yksittäisiä näytteitä oli otettu vain muutamia, pääasiassa kaivantojen puhtailta reunoilta ja niiden haitta-ainepitoisuuksissa oli suuria eroja. Toisiaan lähellä olevien näytteiden pitoisuudet saattoivat vaihdella välillä 10–2 000 mg/kg /24/. Yksittäisten näytteiden vähäisen määrän ja suurien pitoisuuksien vaihteluiden vuoksi kohteen kokonaishiilivetyjen pitoisuudet arvioitiin kokoomanäytteiden pitoisuuksien perusteella.

### 9.4

## Hiilivetytypitoisuuksien arviointimenetelmä ja kunnostuksen tavoite

Kohteen hiilivetytypitoisuudet arvioitiin laskemalla eri kaivantojen kokoomanäytteiden HNU-kenttämittarilla mitattujen pitoisuuksien suuruusluokkien keskiarvot yhteen. Tämän jälkeen jokaisen kaivannon hiilivetytypitoisuus saatiin selville laskeamalla yhteen kaivannosta otettujen kokoomanäytteiden pitoisuuksien vaihteluvälien keskiarvot, minkä jälkeen tulos jaettiin kokoomanäytteiden määrällä. Kaivantojen arvioidut hiilivetytypitoisuudet löytyvät taulukosta 4.

Tontti on huoltoasematoiminnan jälkeen siirtynyt asumiskäyttöön ja hiilivedyistä ei tiedetä kuin kokonaispitoisuus. Siksi kuvitteellisen kunnostuksen tavoitteeksi päätettiin ottaa kokonaishiilivetytypitoisuuden vähentäminen koko alueella tasolle 100 mg/kg. Kunnostuksen tavoitepitoisuus ylittyi tontilla viidessä eri kohdassa.



**Taulukko 4.** Kohteen pilaantuneiden alueiden arvioidut pinta-alat ja kokonaishiilivetypitoisuudet. Yhteensä pilaantunutta maa-ainesta oli 2500 m<sup>3</sup>.

Pilaantunut alue	Pinta-ala	Hiilivetypitoisuus
Säiliökaivanto	530 m <sup>2</sup>	371 mg/kg
Dieselmittarikaivanto	125 m <sup>2</sup>	231 mg/kg
Mittarikoroke 1	55 m <sup>2</sup>	250 mg/kg
Mittarikoroke 2	55 m <sup>2</sup>	250 mg/kg
Pesuhallin pohja	20 m <sup>2</sup>	750 mg/kg

9.5

## Tarkasteltavat kunnostusmenetelmät

Maaperän kunnostuksen ekotehokkuutta päätettiin vertailla kahden eri toteuttamiskelpoisen kunnostusvaihtoehdon osalta. Ne olivat massanvaihto ja luontainen monitoroitu puhdistaminen.

### Massanvaihto

Massanvaihdossa öljyhiilivedyillä likaantunut maa-aines kaivettaisiin ylös ja kuljetettaisiin loppusijoitukseen muualle. Tilalle tuotaisiin puhdasta maata. Yhteensä tontilla on ollut pilaantunutta maa-ainesta noin 2 500 m<sup>3</sup> /24, s. 3/. Kaivantojen syvyyksistä ei ole tietoa.

### Monitoroitu luontainen puhdistaminen

Toisena vaihtoehtona tarkasteltiin monitoroitua luontaista puhdistamista, jolloin tarkkailtaisiin maaperän öljyhiilivetyjen luontaista hajoamista ajan kuluessa. Öljyhiilivetyjen hajoamisnopeuteen vaikuttaa esimerkiksi maaperän happipitoisuus sekä keveiden ja raskaiden hiilivety-yhdisteiden suhteelliset osuudet. Tässä tapauksessa öljy-yhdisteiden luontaisena hajoamisnopeutena käytettiin 10 % vuodessa, mikä on karkea asiantuntija-arvio /26/. Edellä mainittua hajoamisnopeutta käyttäen laskettiin, että 13 vuoden kuluessa alue olisi puhdistunut niin, että haitta-aine pitoisuudet olisivat alle tavoiterajan. Tällöin säiliökaivannon hiilivetypitoisuus olisi pudonnut tasolle 94 mg/kg ja muiden alueiden pitoisuudet olisivat vielä alhaisempia. Pesuhallin pohjan pilaantunut maa-aines (noin 55 m<sup>3</sup>) oletettiin kaivettavaksi pois sen pienen määrän ja korkean pitoisuuden vuoksi.

Tässä tapauksessa monitoroitu luontainen puhdistaminen suunniteltiin toteutettavaksi siten, että tontille asennettaisiin viisi huokoskaasuputkea. Huokoskaasun kenttätutkimus tehtäisiin ensimmäisen viiden vuoden ajan kaksi kertaa vuodessa. Seuraavien kahdeksan vuoden aikana huokoskaasunäytteitä tutkittaisiin kerran vuodessa. Maaperänäytteitä otettaisiin alueelta kerran vuodessa kymmenen kappaletta kolmentoista vuoden ajan. Näytteet kaivettaisiin 1–2 metrin syvyydeltä ja niistä tutkittaisiin laboratoriossa ainakin BTEX-yhdisteet (bentseeni, tolueni, etyylibentseeni ja ksyleeni) ja öljyjakeet. Luontaisen puhdistamisen jälkeen, alueen tilaa tutkittaisiin puhdistumisen varmistamiseksi kaksi kertaa, viiden ja kymmenen vuoden jälkeen oletetusta puhdistumisesta.

### Muut mahdolliset kunnostusmenetelmät

Myös huokoskaasupuhdistusta oli tarkoitus vertailla, mutta lähtötietojen puutteellisuus öljy-yhdisteiden eri komponenttien keskinäisistä suhteista teki vertailun mahdottomaksi. Ilman tarkempia tietoja eri öljyhiilivety-yhdisteiden pitoisuuksista

maaperässä huokoskaasupuhdistuksen nopeutta tai puhdistuksen tehokkuutta on mahdoton arvioida.

Yhtenä kunnostusvaihtoehtona harkittiin konttikompostointia kiinteistön alueella. Tarkemman pohdinnan jälkeen se kuitenkin jätettiin pois tarkastelusta, sillä kontteja tarvittaisiin yli kymmenen kappaletta, jos kunnostus haluttaisiin toteuttaa vuoden aikana. Ongelmaksi muodostuisi konttien sijoitus pienehkölle tontille. Myös kustannusten todettiin nousevan suuriksi. /25, s. 96 ja liite 2./

Myös pilaantuneen maa-aineksen kuljettamista aumakompostointiin kaatopaikalle pohdittiin. Selvitysten jälkeen saatiin tietää, etteivät kaatopaikat kompostoi hiilivedyillä pilaantuneita maa-aineksia, joiden pitoisuudet ovat samaa suuruusluokkaa kuin tarkasteltavassa kohteessa. Yleensä alle 1000 mg/kg öljyhiilivetypitoisuuksia sisältäviä maa-aineksia ei kompostoida, vaan ne käytetään käsittelemättöminä hyväksi kaatopaikkojen pintarakenteita tehtäessä. /8/

Öljyhiilivetypitoisuudet todettiin myös liian pieniksi termistä käsittelyä ajatellen.

## 9.6

### Tarkasteltavat kriteerit

PIRTU-ohjelman Riskit -osuudesta tarkasteltaviksi tiedoiksi valittiin terveysriskit. Kiinteistölle on rakennettu asuinrakennus huoltoasematoiminnan loputtua ja siksi olisi mahdollista, että asukkaat altistuisivat maaperässä esiintyvillä öljyhiilivetyjen haitallisille yhdisteille. Luontaisessa puhdistumisessa rakentaminen voitaisiin toteuttaa vasta, kun tontti on todettu puhdistuneeksi.

Ekologisia maaperäriskejä ei tarkasteltu, koska öljyhiilivety-yhdisteiden kokonaispitoisuuksille ei ole määritelty maaperän ekologisiin riskeihin perustuvia viitearvopitoisuuksia. Lisäksi kaupunkialueella sijaitsevan vanhan huoltoasema-alueen ekologiset arvot ovat vaatimattomia. Mikäli ekologisia riskejä haluttaisiin tarkastella, tarvittaisiin tarkemmat tiedot öljyhiilivetyjen komponenteista. Pohjavesiriskejä ei tarkasteltu, koska alue ei sijaitse luokitellulla pohjavesialueella ja tehdyissä tutkimuksissa on havaittu ainoastaan orsivettä. Vesistön ekologisia riskejä ei huomioitu, sillä kiinteistö ei sijaitse vesistön läheisyydessä. Riskejä muille kohteille ei myöskään otettu tarkasteluun mukaan. Haitta-aineista ei pitäisi aiheutua mitatuilla pitoisuuksilla ongelmia rakenteille. Kunnostusta suorittavien työntekijöiden ei oletettu altistuvan haitta-aineille merkittävässä määrin pienten pitoisuuksien vuoksi.

Ympäristövaikutukset -osuudessa tarkasteltiin eri vaihtoehtojen aiheuttamaa maa-ainesten hävikkiä, energian kulutusta ja ilmapäästöjä sekä jätteen muodostumista. Maankäytön vaikutuksia tarkasteltiin, koska monitoroidun luontaisen puhdistamisen osalta kestäisi noin 13 vuotta ennen kuin ollaan kunnostuksen tavoitepitoisuudessa. Pohjaveden hävikkiä ei huomioitu, sillä pohjavettä ei käsiteltäisi valituissa kunnostusmenetelmissä.

Kustannukset -osiossa otettiin huomioon suunnittelu- ja tutkimuskustannukset. Lisäksi huomioitiin puhdistus-, seuranta- ja loppusijoituskustannukset.

Muut tekijät -osiossa tarkasteltiin psykososiaalisia, arvostus- ja imago vaikutuksia. Myös vaikutusta maaperän laatuun ja kunnostuksen ekologisia vaikutuksia tarkasteltiin eri menetelmien osalta.

## Riski-indeksien määrittäminen

Tässä tapauksessa pääasiallinen altistumistapa öljyhiilivedyille on sisäilman hengittäminen. Myös maan nieleminen on mahdollinen, mutta merkitykseltään huomattavasti vähäisempi altistumisreitti. /16, s.157./

PIRTU-ohjelman riski-indeksi määritettiin yksinkertaistetusti siten, että kunnostuksen tavoitepitoisuudelle (kokonaishiilivetyypitoisuus 100 mg/kg) annettiin indeksiarvoksi 1. Kohteen lähtötilanteessa mitattuja hiilivetyypitoisuuksia verrattiin tavoitepitoisuuden indeksiarvoon, jolloin lähtötilanteen riski-indeksi on sitä suurempi, mitä suurempi pitoisuus maaperässä on. Tällä yksinkertaistetulla tavalla voidaan helposti verrata eri kunnostusmenetelmien tehokkuutta pyrittäessä tavoitepitoisuuteen ja riskien vähenemään. Tärkeätä on huomioida, ettei edellä mainitulla tavalla laskettu indeksiarvo kerro mitään haitta-ainepitoisuuksien todellisista terveysriskeistä.

Luontaisessa puhdistamisessa (10 % hajoamisnopeus vuodessa) laskettiin, että 13 vuoden kuluessa alue olisi puhdistunut niin, että pitoisuudet ovat alle 100 mg/kg. Tällöin säiliökaivannon pitoisuudet olisivat pudonneet tasolle 94 mg/kg ja muiden alueiden pitoisuudet olisivat vielä alhaisempia. Pesuhallin pohjan pilaantunut maaines oletettiin kaivettavaksi pois sen pienen määrän ja korkean pitoisuuden vuoksi, joten sen ei laskettu kuuluvan luontaiseen monitoroituun puhdistukseen.

Luontaisen monitoroidun puhdistamisen ja 0-vaihtoehdon riskit ovat keskenään samoja, sillä kummassakin tapahtuu haitta-aineiden hajoamista, mutta vain toisessa puhdistumista seurataan. Riskit laskettiin niin, että lähtötilanteen kestoksi oletettiin yksi vuosi. Tämän jälkeen jäljelle jääneeksi kunnostamiseen kuluvaksi ajaksi määritettiin 12 vuotta. Tämän ajan riski-indeksit laskettiin samaksi kuin riskit kunnostusajan puolivälissä. Toisin sanoen kunnostusajan riski-indeksi laskettiin vertaamalla lähtötilanteesta 6,5 vuoden kuluttua saavutettua hiilivetyypitoisuutta indeksiarvoon. Lopputilanteen riskiksi (17 vuotta) oletettiin 0,5, sillä öljy-yhdisteiden hajoaminen maaperässä jatkuu myös sen jälkeen, kun tavoitepitoisuus on saavutettu.

Massanvaihdon riski-indeksin oletettiin olevan loppuvaiheessa 0,5. Tällöin oletettiin, että puhtaassa maassa olisi öljyhiilivetyä 50 mg/kg. Kunnostuksen aikainen riski oletettiin samaksi kuin lähtötilanteessa. Myös pesuhallin pohjan riski-indeksiksi määritettiin loppuvaiheessa 0,5, sillä sen maamassat vaihdettaisiin myös luontaisessa puhdistumisessa.

## Kustannustiedot

Kustannusten laskemisessa tarvittavat hinta-arviot saatiin Helsingin kaupungin kiinteistövirastolta. 0-vaihtoehdon kustannukset koostuvat ainoastaan tutkimus- ja suunnittelukustannuksista.

Massanvaihdon kustannukset koostuvat pilaantuneen maamassan kaivamisesta, kuljetuksesta loppusijoituspaikalle ja loppusijoituksen hinnasta. Myös puhtaan maan kuljetus ja levitys alueelle kuuluvat massanvaihdon kustannuksiin. Lisäksi massanvaihtoon kuuluvat suunnitteluvaiheen tutkimuskustannukset ja maata pois kaivettaessa suoritettavat haitta-aineanalyysit, joilla pilaantumisen laajuus varmistetaan.

Monitoroidun luontaisen puhdistamisen kustannukset koostuvat aloittamisen tutkimuskustannuksista, huokoskaasuputkien asennuksesta ja puhdistumisessa kuluvan 13 vuoden aikana tehtävistä tutkimuksista, joiden avulla maaperän puhdistamista seurataan.

### 9.6.3

## Ympäristövaikutukset

0-vaihtoehdossa kunnostuksen aikaisia ympäristövaikutuksia ei synny.

Massanvaihdossa ympäristövaikutukset syntyvät maamassojen kaivamisesta ja siirtämisestä sekä levittämisestä työkoneilla. Lisäksi syntyy jätettä, kun pilaantunut maa-aines poistetaan ja loppusijoitetaan. Pilaantuneen maan kuljetusmatka on 28 km ja puhdas maa saadaan 20 km:n etäisyydeltä /21/. Kaivinkoneen keskimääräisenä kaivutehona käytettiin 100 tonnia tunnissa.

Monitoroidusta luontaisesta puhdistamisesta aiheutuu ympäristövaikutuksia, kun pesuhallin pohjalta löytyneet muita maita voimakkaammin pilaantuneet maamassat (55 m<sup>3</sup>) kuljetetaan loppusijoituspaikalle ja tilalle tuodaan korvaavaa puhdasta maata. Myös maankäytön rajoitukset huomioitiin luontaisessa kunnostuksessa kuluvan 13 vuoden aikana. Muita ympäristövaikutuksia ei monitoroidun kunnostuksen osalta huomioitu.

### 9.6.4

## Sosiaaliset vaikutukset

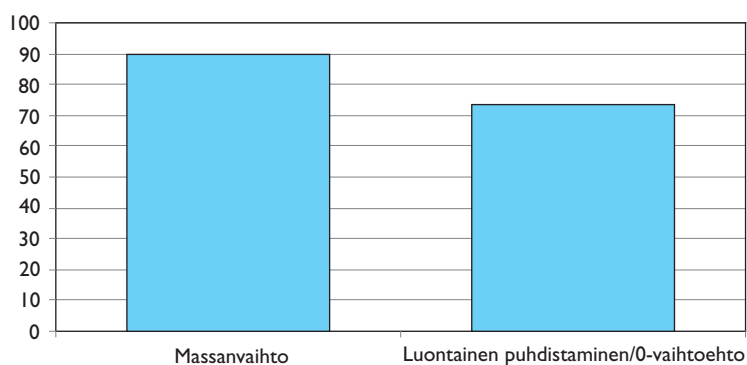
Muut tekijät -osiossa tarkasteltiin kunnostusmenetelmien psykososiaalisia vaikutuksia. Nämä vaikutukset ovat varsin oleellinen osa kunnostusprosessien arviointia, sillä kiinteistö sijaitsee miltei Helsingin keskustassa ja päätyy asuinkäyttöön kunnostuksen jälkeen. Tällaisessa tilanteessa ihmisten tiedot ja käsitykset maaperän kunnostuksesta ja eri kunnostusmenetelmien paremmuudesta on hyvä selvittää. Sosiaalisten vaikutusten laskennassa käytetyt kertoimet arvioitiin ryhmässä, johon kuului kolmen maaperän kunnostuksen ja ympäristöasioiden asiantuntijan lisäksi myös yksi kunnostettavan alueen lähiasukas. Sosiaalisten vaikutusten arviointitaulukko on liitteenä 4.

### 9.7

## Tulokset ja niiden tulkinta

Terveysriskien kannalta tehokkaimmaksi menetelmäksi osoittautui massanvaihto (kuva 10), jonka riskien vähenemäksi saatiin noin 90 %. Luontaisen monitoroidun puhdistuksen ja 0-vaihtoehdon riskien vähenemäksi saatiin noin 73 %. Ero riskien vähenemässä selittyy sillä, että massanvaihdolla riskit saadaan luontaista puhdistusta nopeammin poistetuksi, jolloin vaikutusalueella olevien ihmisten altistumisaika on lyhyempi ja riskit näin ollen pienempiä.

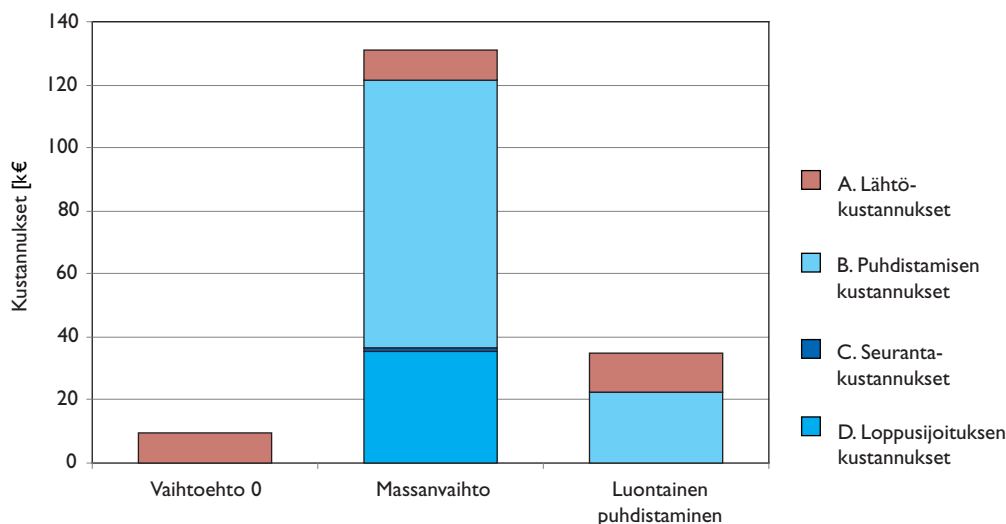
Terveysriskien vähenemä (%)



**Kuva 10.** Terveysriskien prosentuaalinen vähenemä kunnostusvaihtoehtojen vertailussa. Luontaisen monitoroidun puhdistamisen ja 0-vaihtoehdon aiheuttama terveysriskien vähenemä on yhtä suuri.

Kalleimmaksi vaihtoehdoksi osoittautui massanvaihto (kuva 11). Luontaisen monitoroidun puhdistuksen kustannukset olivat alle kolmasosa massanvaihdon kustannuksista. 0-vaihtoehto oli luonnollisesti halvin vaihtoehto.

#### Kustannukset nykyarvoistettuna



**Kuva 11.** Kunnostusmenetelmien kustannukset eriteltynä ja nykyarvoistettuna.

Ylivoimaisesti eniten haitallisia ympäristövaikutuksia syntyi massanvaihdossa, jossa kului paljon energiaa (1,1 as-ekv) ja aiheutui ilmapäästöjä (1,8 as-ekv). Myös jätettä ja maa-aineksen hävikkiä syntyi noin 2 500 m<sup>3</sup>.

Monitoroidussa luontaisessa puhdistuksessa kului energiaa ja aiheutui ilmapäästöjä kun pesuhallin lattian alta löytyneet, muita maa-aineksia voimakkaammin pilaantuneet maamassat (55 m<sup>3</sup>) kuljetetaan loppusijoitukseen. Energiankulutus ja ilmapäästöt olivat monitoroidussa puhdistuksessa noin puolitoista prosenttia massanvaihdon vaikutuksista. Luontaisesta puhdistumisesta aiheutui myös maankäytön rajoituksia 785 m<sup>2</sup> pinta-alalle 13 vuoden ajaksi.

0-vaihtoehdossa ei luonnollisesti tapahtunut minkäänlaisia ympäristövaikutuksia lukuun ottamatta samanlaista maankäytön rajoitusta kuin luontaisessa puhdistamisessa.

Psykososiaalisia vaikutuksia tarkasteltaessa (kuva12) todettiin, että eniten haitallisia psykososiaalisia vaikutuksia muodostuisi 0-vaihtoehdossa, eli jos alue jätettäisiin kunnostamatta. Suurin positiivinen psykososiaalinen vaikutus tapahtuisi, mikäli massanvaihto toteutetaan. Myös monitoroidun luontaisen puhdistuksen psykososiaaliset vaikutukset olivat positiivisia, mutta eivät yhtä voimakkaasti kuin massanvaihdossa.

Tarkasteltaessa kunnostusmenetelmän vaikutusta alueen arvostukseen (kuva 13) todettiin, että 0-vaihtoehto vaikutti hieman kielteisesti alueen arvostukseen. Kunnostamatta jätetty pilaantunut maa-alue ei houkuttele ihmisiä lähelleen. Vaikutus arvioitiin kuitenkin varsin vähäiseksi johtuen Helsingin seudulle keskittyneestä muuttoliikkeestä ja tehokkaasti rakennetusta kaupunkiympäristöstä, jossa vähäinen pilaantuminen on tavanomaista. Massanvaihdolla todettiin olevan positiivisin vaikutus alueen arvostukseen, sillä tällöin ongelma poistuisi alueelta lopullisesti. Myös luontaisella monitoroidulla puhdistuksella havaittiin olevan selvästi positiivinen vaikutus alueen arvostukseen.

Myös imagovaikutukset olivat samankaltaisia kuin edellä mainitut tarkastelut (kuva 14). 0-vaihtoehto vaikutti selvästi negatiivisesti maanomistajan imagoon kun

taas massanvaihhdolla oli kaikkein positiivisin vaikutus. Myös luontainen monitoroitu puhdistus vaikuttaisi positiivisesti maanomistajan imagoon.

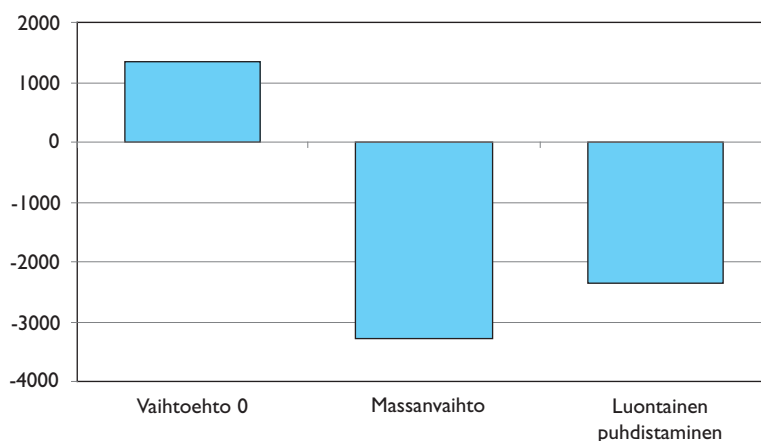
Kunnostusmenetelmien ekologisia vaikutuksia tarkasteltaessa todettiin, että ainoastaan luontainen monitoroitu puhdistus aiheutti positiivisia ekologisia vaikutuksia alueelle. 0-vaihtoehdon ei todettu aiheuttavan ekologisia vaikutuksia, mikä johtuu siitä, että PIRTU-ohjelmassa 0-vaihtoehdon ja kunnostusvaihtoehtojen vaikutuksien laskenta ovat hieman toisistaan poikkeavia. Käytännössä lopputilanne tontilla on sama, toteutettiin 0-vaihtoehto tai luontainen puhdistus.

Massanvaihhdolla ei todettu olevan havaittavaa ekologista vaikutusta, sillä kunnostusajana aiheutuva häiritsevä vaikutus kumoo lopputilanteessa saavutettavan hyödyn.

Massanvaihto paransi maaperän laatua tehokkaammin kuin muut tarkastellut menetelmät (kuva 15), sillä parannus lähtötilanteeseen saavutetaan luontaista puhdistumista nopeammin.

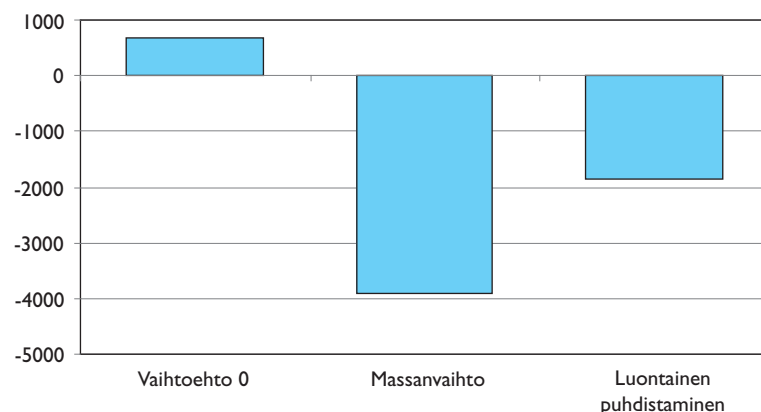
*Kuvissa 12–14 PIRTU-ohjelman laskentatavoista johtuen negatiivinen lopputulos tarkoittaa positiivista vaikutusta ja päinvastoin. Tulosten tulkinnassa lukuarvot eivät ole olennaisia vaan tulosten suhteelliset erot.*

#### Psykososiaaliset vaikutukset



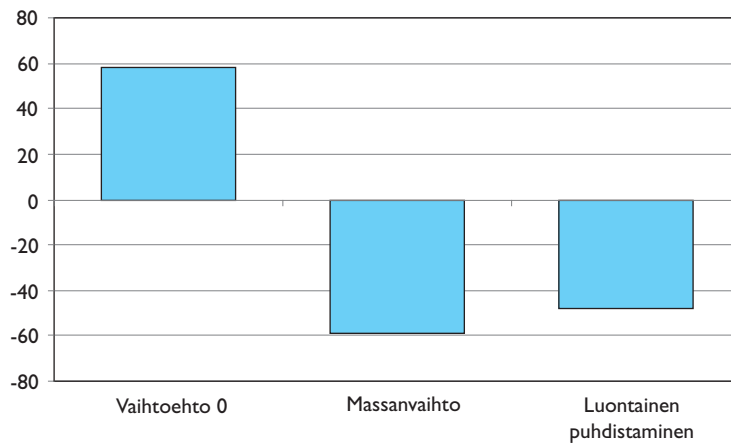
**Kuva 12.** Kunnostusmenetelmien aiheuttamat psykososiaaliset vaikutukset.

#### Vaikutukset alueen arvostukseen



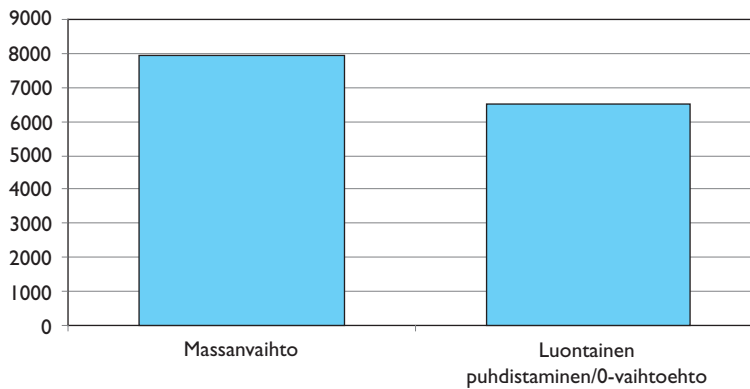
**Kuva 13.** Kunnostusmenetelmien vaikutukset alueen arvostukseen.

### Vaikutukset imagoon



**Kuva 14.** Kunnostusmenetelmien vaikutukset maanomistajan imagoon.

### Vaikutukset maaperän laatuun



**Kuva 15.** Kunnostusvaihtoehtojen vaikutus maaperän laatuun

9.8

## Tulosten luotettavuuden arviointia

Riskit -osuudessa on tarkasteltu ainoastaan eri kunnostusmenetelmien tehokkuuksia. Mikäli kohteen todellisia terveystriskejä haluttaisiin määrittää, olisi kokonaishiilivetytitoisuuksien lisäksi tiedettävä, mistä hiilivetykomponenteista pitoisuus koostuu. Terveys- ja ympäristöriskejä ei voi arvioida kokonaishiilivetytitoisuuden perusteella. Riskien arvioimiseksi tulisi tietää öljyhiilivetyjen haitallisimpien (myrkyllisyys, kulkeutuvuus) avainyhdisteiden pitoisuudet. Huoltoasematapauksissa ne ovat usein esimerkiksi MTBE-, PAH- tai BTEX-yhdisteitä. Edellä mainituille yhdisteille on määritetty terveysperusteiset ja ekologiset viitearvot, joiden perusteella riskejä voidaan arvioida. /16, s. 150./

Riskit -osuudessa ongelmaksi muodostui se, että kohteessa on ajan myötä hajoavia öljyhiilivetyjä, joiden vuosittain väheneviä riskejä on vaikea vertailla PIRTU-laskentaohjelmalla. Tämä johtuu siitä, että PIRTU-ohjelman lähtötilanne -osiossa määritetään vain yksi riski-indeksi 30 vuoden ajanjaksolle. 0-vaihtoehdossa taas on oma riski-indeksinsä alku- ja loppuvaiheessa. Vertailtavien kunnostusmenetelmien osiossa lähtötilanteelle, kunnostusvaiheelle ja lopputilanteelle on omat riski-indeksinsä. Ongelma syntyy siitä, kun lähtötilanteen riski-indeksi kopioituu automaattisesti muiden vaihtoehtojen lähtötilanteen riskiksi. Tällöin virheiden välttämiseksi lähtötilanne-osiossa (30 vuotta) tulisi käyttää käytännössä ensimmäisen vuoden riskiä. Siten lähtötilanne-osion riski-indeksistä tulee liian suuri. Kun kunnostusmenetelmien



riskien vähenemää verrataan lähtötilanteeseen, suhteellinen riskien vähenemä nousee suhteettoman korkeaksi.

Epävarmuutta riskien vähenemän laskennassa aiheuttaa myös se, että luokitellaanko huoltoasematontti teollisuus- vai kaupalliseksi alueeksi. Tässä tapauksessa ajateltiin, että tontti olisi pikemminkin kaupallinen alue, johtuen sen sijainnista kaupungin keskustassa. Mikäli huoltoasema olisi tulkittu teollisuusalueeksi, sen lähtötilanteen riskit olisivat olleet huomattavasti matalampia, johtuen siitä, että teollisuusalueella altistuvia ihmisiä on yleensä hyvin vähän. Kun lähtötilanteen riskit olisivat olleet matalampia (vain vähän altistujia) ja lopputilanteessa alue olisi muuttunut asuinalueeksi (paljon altistujia) lopputuloksena olisi havaittu, että luontaisella puhdistamisella riskit kasvavat kun maankäyttö muuttuu, jos maaperään jää haitta-aineita. Myös massanvaihdoilla olisi saavutettu todella pieni riskien vähenemä.

Tässä tapauksessa ympäristövaikutusten ulkopuolelle jäi monitoroidun puhdistamisen seurannasta aiheutuvat ympäristövaikutukset. Kohteessa jouduttaisiin käymään alussa pari kertaa vuodessa ja myöhemmin harvemmin. Myös tästä syntyy päästöjä esimerkiksi maanäytteiden otosta koneilla. Edellä mainittuja asioita ei laskennassa huomioitu. Ympäristövaikutuksiin liittyy myös epävarmuutta kuljetuksien, kaivun ja muiden toimenpiteiden elinkaaritiedoissa.

Sosiaalisten vaikutusten tulosten laskennassa käytetyt vaikutuskertoimet määritettiin ryhmässä. Paikalla oli pilaantuneiden maiden kunnostamisen asiantuntijoita ja yksi tutkittavan kohteen lähiasukas. Sosiaalisia vaikutuksia arvioitaessa saatuihin tuloksiin vaikuttavat myös mielipide-erot, arvostukset, tiedot ja näkökulmat. Esimerkiksi *in situ* -kunnostuksiin perehtynyt asiantuntija antoi suuren painoarvon luontaisen puhdistamisen imagovaikutuksille kun taas kohteen lähialueen asukas suhtautui siihen epäilevästi. Asukas kannatti massanvaihtoa, jolla ongelma siirtyisi nopeasti naapurustosta kauemmaksi. Miltei täysin vastakkaisia näkökantoja pystyttiin uskottavasti perusteamaan.

9.9

## Johtopäätökset

Leppäsuon huoltoasematontin pilaantuneet maamassamäärät ovat suuria, mutta mitatut öljyhiilivetypitoisuudet pieniä. Puutteellisista ja epävarmoista lähtötiedoista johtuen hiilivety-yhdisteistä aiheutuvia ekologisia tai terveydellisiä riskejä on vaikea arvioida luotettavasti, mutta pienten pitoisuuksien perusteella ne olisivat luultavasti melko vähäisiä.

Ekotehokkuuden kannalta luontainen monitoroitu puhdistaminen olisi paras ratkaisu, sillä haitallisia ympäristövaikutuksia syntyy vähän ja lopputuloksena on kuitenkin selvästi todettavissa ympäristön laadun paranemista. Lisäksi menetelmä olisi varsin kustannustehokas. Vaikka lopputulos olisi sama kuin 0-vaihtoehdossa, puhdistumisen seurannalla olisi selvästi positiivinen psykologinen vaikutus. Mikäli alueen puhdistumista ei seurattaisi, se jäisi joutomaaksi määrittelemättömäksi ajaksi ja vaatisi perusteellisia tutkimuksia ennen kuin sille voitaisiin suunnitella uutta käyttöä. Helsingissä luontaisen puhdistamisen toteuttaminen saattaa olla vaikeaa, sillä kaavoituspainneiden vuoksi halutaan myös pilaantuneet alueet saada nopeasti käyttöön.

Koska tontti tulee asuinkäyttöön, massanvaihto olisi tehokkain tapa varmistaa, että rakennukset sijoitetaan puhtaille maille. Usein pilaantumisen todellinen laajuus selviää vasta, kun maata aletaan kaivaa. Mikäli tontilla olisi suoritettu ainoastaan monitoroitua luontaista puhdistamista ennen rakentamista ja olisi otettu epäedustavia näytteitä, olisi mahdollista, että pilaantuneelle tontille olisi rakennettu tietämättä siel-



tä löytyvistä haitta-aineista. Tällöin olisi voinut aiheutua terveysriskejä kiinteistöllä asuville. Vaikka massanvaihto on riskien hallinnan kannalta tehokasta, sen ekotehokkuus jää kuitenkin alhaiseksi, johtuen suurista ympäristövaikutuksista ja korkeista kustannuksista. Kunnostusvaihtoehtojen vertailutaulukko löytyy liitteestä 2.

Tässä tutkimuksessa käytettyjen tietojen perusteella ekotehokkuuden kannalta paras vaihtoehto olisi toteuttaa monitoroitu luontainen puhdistus. Mikäli kohde kuitenkin tarvittaisiin asuinaluekäyttöön pikaisesti, ainoa toteuttamiskelpoinen kunnostusvaihtoehto olisi massanvaihto.

# 10 Kaasulaitosalueen ekotehokkuustarkastelu

10.1

## Yleistä

Suvilahden kaasulaitosalue sijaitsee Sörnäisten kaupunginosassa lähellä meren rantaa. Kiinteistön pinta-ala on noin 147 900 m<sup>2</sup>. Tässä työssä tarkastellaan alueen pohjoisosaa, kunnostettavaksi rajattua aluetta, jonka pinta-ala on noin 31 700 m<sup>2</sup>. Vuosina 1910–1973 kaasulaitoksella tuotettiin hiilikaasua pääasiassa kaasu- ja koksishiilestä. Vuodesta 1974–1987 laitoksella valmistettiin kaupunkikaasua butaanista. Kaasu valmistettiin kuivatuslauksella uuneissa. Kaasun lisäksi prosessissa syntyi koksia ja sivutuotteena bentseeniyhdisteitä, kivihiilitervaa, rikkiä, ammoniakkaa ja rautasyanidimassaa. Vuonna 1953 alueelle valmistui bentseenin jalostuslaitos, jossa raakabentseeni jaettiin tislaamalla eri jakeisiin: bentseeni, tolueni ja ksyleeni. Tuotannon ollessa suurimmillaan kivihiiltä käytettiin noin 200 000 tonnia vuodessa, jolloin koksia syntyi 150 000 tonnia ja kaasua 70 milj. m<sup>3</sup> vuosittain. Myös bentseeniyhdisteitä syntyi parhaimmillaan 1 000 tonnia vuodessa. /27, s. 3–4./

Kiinteistöllä sijaitsee useita kaasuntuotannossa ja sen oheistoiminnoissa tarvittuja rakennuksia sekä kaksi kaasukelloa, jotka aiotaan säilyttää. Tällä hetkellä kohteen rakennukset ovat Kiinteistö Oy Kaapelitalon hallinnassa. Alue on määritelty valtakunnallisesti merkittäväksi kulttuuriympäristöksi ja sen rakennukset suojeltaviksi. Kohteen ekologiset arvot ovat vähäisiä johtuen pitkästä teollisuushistoriasta. Lisäksi alue sijaitsee vilkkaasti liikennöidyn väylän vieressä ja osa siitä on satamakäytössä. Kohteen maaperän kunnostustoimia suunnitellaan parhaillaan ja kunnostuksen jälkeen kohteeseen on suunniteltu kulttuuritoimintoja. Alueelle kunnostetaan työ-, ateljee- ja esitystiloja taiteilijoiden sekä muiden kulttuuritoimijoiden käyttöön ja lisäksi siellä tulee säilymään toimistotiloja. /27, s. 2./ ja /28, s. 7./

Helsingin geoteknisen kartan mukaan kaasulaitosalue sijaitsee pohjoisosastaan kitkamaa-alueella. Tarkasteltavan alueen eteläpuolella on pieni alue, jonka maaperä saattaa olla täyttömaata. Maaperä on pääosin hiekkapohjaista tai siihen rinnastettavaa ja tontti on päällystetty suurelta osin asfaltilla. Kallioperä on pääosalla aluetta keskimäärin yli kolmen metrin syvyydessä, mutta kairaushavainnoissa alueella on myös havaittu syväne, josta kallioperä löytyy yli 20 metrin syvyydestä. Pohjavettä alueella on havaittu keskimäärin runsaan kahden metrin syvyydellä. Kaasulaitosalue ei sijaitse luokitellulla pohjavesialueella, eikä alueen pohjavettä hyödynnetä. /27, s. 4–5./

## Maaperän pilaantuneisuus

Alueen pilaantuneisuutta on tutkittu lukuisia kertoja jo vuodesta 1995 lähtien /27, s. 5/.

Tunnusomaista Suvilahden kaasulaitosalueen pilaantumiselle on alueen heterogeenisyys. Alueella on lukuisia eri tavoin käyttäytyviä haitta-aineita eri syvyyksillä ja eri pitoisuuksina. Suurimmaksi osaksi haitta-aineiden maksimipitoisuudet on mitattu yli 2,5 metrin syvyydessä eli pohjavedenpinnan alapuolella. Alueella on myös joitakin puhtaita kohtia. Epätavallinen on myös kaasukellojen kaakkoispuolella oleva vesikaasutervakenttä, jossa maaperässä on paikoitellen huomattavan paljon kaasuntuotannon sivutuotteena muodostunutta vesikaasutervaa. Tutkimusten perusteella suurimmat riskit kohteessa aiheutuvat PAH-yhdisteistä, bentseenistä, syanidistä ja öljyhiilivedyistä /27, s. 1/. Suuri osa haitta-aineista on haihtuvia /29/.

Haitta-ainepitoisuuksia on havaittu myös pohjavedestä ja niiden on todettu olevan yhteydessä maaperässä mitattuihin pitoisuuksiin. Aineiden on siis todettu kulkeutuneen pohjaveteen, mutta aineiden liikkuminen alueella ja sen ulkopuolelle on arvioitu vähäiseksi. /28, s.13/

### BTEX ja VOC

Maaperätutkimuksissa on havaittu kohonneita BTEX- ja VOC-pitoisuuksia. Ylemmän ohjearvon ylityksiä on havaittu bentseenin, tolueenin ja ksyleenin osalta. Myös etyylibentseenin kohonneita pitoisuuksia on mitattu. Aineiden mitatuissa pitoisuuksissa on kuitenkin huomattavia vaihteluja eikä BTEX-yhdisteitä ole aina analysoitu maaperänäytteitä otettaessa. Alueella mitatut maksimipitoisuudet BTEX-yhdisteille ovat: bentseeni 450 mg/kg, tolueeni 430 mg/kg, ksyleeni 640 mg/kg ja TVOC 2900 mg/kg. /28, s.11./

### Öljyhiilivedyt

Öljyhiilivetyypitoisuuksia on havaittu eri puolella kiinteistöä sekä maan pintakerroksissa, että syvemmillä maaperässä. Suurimmat öljyhiilivetyypitoisuudet ovat olleet yli 10 000 mg/kg. /28, s.12./

### PAH-yhdisteet

PAH-yhdisteitä on laajalti koko kohteessa, mutta suurimmat pitoisuudet on mitattu nk. vesikaasuterva-alueella, jossa suurin PAH-yhdisteiden kokonaispitoisuus on ollut 34 000 mg/kg. PAH-yhdisteistä vaarallisin lienee haihtuva naftaleeni. /28, s.12./

### Raskasmetallit ja syanidi

Kohteessa on mitattu myös joitakin yksittäisiä raskasmetallien kohonneita pitoisuuksia, mutta niiden aiheuttama riski on arvioitu vähäiseksi, sillä alue on pääosin asfaltoitu. Kiinteistön alueella on myös nk. syanidivalli, johon on läjitetty kaasuntuotannon sivutuotteena syntyneitä syanidia. Suurin osa syanidivallista sijaitsee tässä työssä tarkasteltavan alueen ulkopuolella. /28, s.13–14./

## Tarkasteltavat kunnostusmenetelmät

Kiinteistön pilaantuneiden alueiden riskienhallinnan ekotehokkuuksia tarkasteltiin kolmen toteuttamiskelpoisen kunnostusvaihtoehdon osalta. Tarkasteluissa oli mukana myös 0-vaihtoehto eli, että alueelle ei tehtäisi mitään. Ensimmäisessä kunnostusvaihtoehdossa pintamaa vaihdettaisiin ja asennettaisiin kaasujenhallintajärjestelmä. Toisena ja kolmantena vaihtoehtona tarkasteltiin massanvaihtoa pohjavedenpinnan tasoon asti. Toisessa vaihtoehdossa massat kuljetettaisiin käsiteltäväksi muualle ja kolmannessa vaihtoehdossa ylöskaivetut massat käsiteltäisiin kohteessa termisesti siirrettävän polttolaitteiston avulla.

Kaikkiin kunnostusvaihtoehtoihin tehtäisiin AP-alueelle rakennusten reunamille noin 2,5 metrin syvyinen kaivanto, jonka pilaantunut maa-aines korvattaisiin puhtaalla ja johon asennettaisiin huokoskaasunkeräysputkisto. Syvemmällä kaivannolla ja kaasunkeräyksellä pyritään estämään haitta-aineiden kulkeutuminen rakennusten läheisyyteen ja sitä myöden sisäilmaan. Kaikkiin vaihtoehtoihin sisältyy myös kunnostettavien alueiden asfaltointi.

**Taulukko 5.** Pinta-alat ja haitta-aineet

Kunnostettavat alueet	Pinta-ala	Pääasialliset haitta-aineet	Huomioitavaa
Alue I	n. 4 000 m <sup>2</sup>	BTEX, TVOC, PAH-yhdisteet, öljyhiilivedyt, syanidi	Nk. vesikaasuterva-alue
Alue II	n. 1 500 m <sup>2</sup>	BTEX, TVOC, PAH-yhdisteet, öljyhiilivedyt, syanidi	Kaasukellojen ja rakennusten välinen alue
Putkikaivanto AP	n. 1 250 m <sup>2</sup>	Öljyhiilivedyt, bentseeni, PAH-yhdisteet, syanidi	Rakennusten eristyskaivanto

### Pintamaan poisto ja kaasujenhallintajärjestelmän asennus

Ensimmäisessä kunnostusvaihtoehdossa pintamaa poistettaisiin I ja II alueelta noin metrin syvyyteen ja kuljetettaisiin muualle käsiteltäväksi. Pilaantunut pintamaa korvattaisiin puhtaalla ja samalla maaperään asennettaisiin kaasujenhallintajärjestelmä, millä pyritään estämään haihtuvien yhdisteiden kulkeutuminen rakennuksiin. Pilaantuneen pintamaan arvioidut määrät löytyvät taulukosta 6. Kaasujenhallintajärjestelmä toimisi passiivisesti painovoiman avulla. Korkealla sijoitettavan poistoputken päässä olisi tuulen voimalla pyörivä tuuletin. Kaasuja ei puhdistettaisi.

**Taulukko 6.** Arvioidut massamäärät (t) pintamaan vaihdossa (noin 1 m syvyyteen) /29/

Alue	Puhdasta maata	Lievästi pilaantunut	Voimakkaasti pilaantunut	Ongelmajäte	Yhteensä
Alue I	0	500	2 000	5 800	8 300
Alue II	0	2 000	1 000	1 000	4 000
Alue AP	5 100	2 800	900	500	9 300
Yhteensä	5 100	5 300	3 900	7 300	21 600

### Massanvaihto ja pilaantuneiden maamassojen käsittely muualla

Massanvaihdossa I ja II alueen pilaantunut maa-aines kaivettaisiin pohjavedenpintaan asti (noin 2,5 m) ja tilalle tuotaisiin puhdasta maata. Pilaantunut maa-aines kuljetettaisiin muualle käsiteltäväksi. Pilaantuneen maan arvioidut määrät löytyvät taulukosta 7. AP-alueelle tehtäisiin samanlainen kaivanto ja kaasunkeräysputkisto

kuin edellisessä vaihtoehdossa rakennusten sisäilman puhtauden turvaamiseksi. Sen sijaan alueille I ja II kaasunkeräystä ei toteutettaisi.

**Taulukko 7.** Arvioidut massamäärät (t) massanvaihdossa (noin 2,5 m syvyyteen) /29/

Alue	Puhdasta maata	Lievästi pilaantunut	Voimakkaasti pilaantunut	Ongelmajäte	Yhteensä
Alue I	0	500	2 000	18 000	20 500
Alue II	0	2 000	2 000	3 900	7 900
Alue AP	5 100	2 800	900	500	9 300
Yhteensä	5 100	5 300	4 900	22 400	37 700

## Massanvaihto ja pilaantuneiden maamassojen käsittely kohteessa termisesti

Tämä vaihtoehto on muuten identtinen edellisen kanssa paitsi, että pilaantuneita massoja ei kuljetettaisi käsiteltäväksi muualle, vaan ne käsiteltäisiin kohteessa termisesti siirrettävällä polttolaitteistolla.

10.4

## Tarkasteltavat kriteerit

PIRTU-ohjelman Riskit -osuudesta tarkasteltaviksi valittiin terveysriskit, sillä kiinteistölle on suunniteltu toimistoja sekä kulttuuri- ja työpajatoimintoja. Tällöin olisi mahdollista, että työntekijät ja alueella aikaa viettävät ihmiset altistuisivat maaperän haitta-aineille.

Maaperän ekologisia riskejä ei tarkasteltu, koska pitkään teollisuusalueena olleen täyttömaa-alueen ekologiset arvot ovat vaatimattomia. Pohjavesiriskejä ei tarkasteltu, koska alue ei sijaitse luokitellulla pohjavesialueella, eikä alueen vettä käytetä. Vesistön ekologisia riskejä ei huomioitu. Vaikka kohde sijaitseekin meren rannalla, vesistötutkimuksissa ei ole havaittu merkkejä haitta-aineista, jotka olisivat peräisin kaasulaitosalueen maaperästä. Samaan merialueeseen vaikuttaa satama, jolloin mahdollisia kaasulaitosalueelta mereen kulkeutuvia haitta-ainepitoisuuksia on vaikea erottaa satamatoiminnan aiheuttamista päästöistä. Riskejä muille kohteille ei otettu tarkasteluun mukaan, koska haitta-aineista ei arvioitu aiheutuvan ongelmia rakenteille. Myöskään kunnostustyöntekijöiden ei oletettu altistuvan haitta-aineille merkittävässä määrin työsuojelun vuoksi.

Ympäristövaikutukset -osuudessa tarkasteltiin eri vaihtoehtojen maa-ainesten hävikkiä, energian kulutusta ja ilmapäästöjä sekä jätteen muodostumista. Sen sijaan pohjaveden hävikkiä ei huomioitu, sillä pohjavettä ei tultaisi käsittelemään valituissa kunnostusmenetelmissä. Myöskään maankäytön vaikutuksia ei tarkasteltu, koska maankäyttöä rajoitetaan ainoastaan kunnostusvaiheessa.

Kustannukset -osiossa on mukana puhdistus-, seuranta- ja loppusijoituskustannukset. Muita kustannuksia ei otettu huomioon. Lähtökustannuksia ei huomioitu, koska ne ovat ajoittuneet vuosille 1995–2008 ja niiden suuruutta ei tiedetty. Lisäksi ne olisivat samansuuruiset jokaiselle kunnostusvaihtoehdolle eivätkä siten vaikuttaisi menetelmän valintaan.

Muut tekijät -osiossa tarkasteltiin psykososiaalisia-, arvostus- ja imago vaikutuksia. Myös kunnostuksen ekologiset vaikutukset huomioitiin. Vaikutusta maaperän laatuun ei tarkasteltu, sillä missään kunnostusvaihtoehdossa ei saataisi läheskään kaikkia maaperän haitta-aineita poistetuksi. Tässä kohteessa kysymys on pikemmin-

kin kohteen riskien hallinnasta kuin maaperän kunnostamisesta. Kaiken lisäksi haitta-aineiden suuren määrän ja niiden heterogeenisen levinneisyyden vuoksi maaperän keskimääräistä kuormitusta olisi hyvin vaikea tarkastella.

#### 10.4.1

### Riski-indeksien määrittäminen

VTT:n tekemän riskinarviointiselvityksen mukaan Suvilahdessa merkityksellisin altistumisreitti on haihtuville haitta-aineille altistuminen rakennusten sisäilman kautta. Rakennusten sisäilmasta mitatut pitoisuudet ovat kuitenkin melko pieniä. Ulkoilman merkitys altistumisreitteinä on todettu melko vähäiseksi. Muita vaihtoehtoja altistumiseen ovat maaperän pinnasta leviävä pöly, ihokosketus ja maansyönti. Asfalttoinnin vuoksi näiden altistusreittien kautta aiheutuva riski on vähäinen. /28, s. 34./

PIRTU-ohjelmassa riskien vähenemän laskennassa tarvitaan asiantuntijan määrittelemiä riski-indeksejä. Aikaisemmin tarkastelluissa yksinkertaisemmissa kohteissa Riskien arviointi -osuutta on toteutettu vertaamalla kohteessa mitattuja pitoisuuksia kunnostusvaihtoehtojen tavoitepitoisuuksiin ja käytettyihin ohjearvoihin. Suvilahden tapauksessa ei edellä mainittua menetelmää voitu käyttää, sillä alueella on lukuisia eri lailla käyttäytyviä haitta-aineita eri syvyyksillä ja eri pitoisuuksina. Tämän vuoksi todellisten riski-indeksien määrittely todettiin käytännössä miltei mahdottomaksi. Suvilahti on niin heterogeeninen ja moniongelmainen kohde, että PIRTU-ohjelmaan soveltuvien riski-indeksien luotettava määrittäminen olisi hyvin hankalaa. Tämän vuoksi riskien vähenemän laskennassa tarvittavat riski-indeksit määritettiin karkean asiantuntija-arvioinnin perusteella. /18/

Riskien vähenemän laskemista varten tehtiin seuraavia oletuksia eri kunnostusvaihtoehtojen tehokkuuksista riskien vähentämisessä. Pintamaan vaihdolla, kaasujenhallintajärjestelmän asennuksella ja asfalttoinnin avulla oletettiin saavutettavan noin 90 % riskien vähenemä I ja II alueella. Sen sijaan AP-kaivannolla saavutettavaksi riskien vähenemäksi arvioitiin 70 %. Haihtuvia aineita oli havaittu myös pohjavedessä, joka kulkee rakennusten alla. Kaivannoilla ei todennäköisesti siten voitaisi täysin estää haitallisten aineiden kulkeutumista pohjavedestä rakennusten sisäilmaan. Massanvaihtoon perustuvien kunnostusvaihtoehtojen riskien vähenemäksi arvioitiin 70 %. Pelkällä asfalttoinnilla ja massojen vaihdolla (noin 2,5 m) ilman huokoskaasukehäystä ei todennäköisesti saavutettaisi tehokasta riskien vähenemää, sillä suurin osa kohteen haitallisimmista aineista on haihtuvia ja suurimmat pitoisuudet on havaittu syvemmissä maakerroksissa, joita ei poistettaisi. /18/

#### 10.4.2

### Kustannustiedot

Kustannusten arvioimiseen tarvittavat tiedot saatiin Golder Associates Oy:n tekemistä alustavista kustannusarvioista. 0-vaihtoehdossa ei kustannuksia synny.

Pintamaan vaihdon ja kaasujenhallinnan kustannukset koostuvat pilaantuneiden maamassojen poiskaivamisesta ja puhtaiden maiden hankkimisesta. Myös maamassojen kuljettaminen ja niiden vastaanotto aiheuttavat kustannuksia. Kaasujenhallintajärjestelmän asennus ja sen ylläpito 30 vuoden aikana sisältyvät myös kustannuksiin. Edellä mainittujen lisäksi kustannuksia tulee työmaan seurannasta ja valvonnasta.

Massanvaihdoissa kustannukset muodostuvat samoista elementeistä kuin pintamaan vaihdossa paitsi, että kaasujenhallintajärjestelmä asennetaan ainoastaan AP-putkikaivantoon. Kolmannessa vaihtoehdossa eli massanvaihdossa ja termisessä käsittelyssä ei synny pilaantuneen maan kuljetus- ja vastaanottokustannuksia, mutta termisestä käsittelystä aiheutuu puhdistamiskuluja.

### Ympäristövaikutukset

Koska 0-vaihtoehdossa ei kunnostamistoimintaa tapahdu, ei siinä myöskään aiheudu PIRTU-ohjelmalla havainnoitavia ympäristövaikutuksia.

Pintamaan vaihdon ja kaasujenhallinnan ympäristövaikutukset syntyvät maan kaivusta, täytöstä, kuljetuksista ja asfaltoinnista. Pilaantuneen maan kuljetusmatka oli 120 km ja puhdas maa oletettiin saatavan 15 km:n etäisyydeltä kohteesta /29/. Asfaltin paksuudeksi oletettiin 5 cm. Kaivutehona käytettiin 100 tonnia tunnissa. Kunnostuksessa muodostuisi lievästi ja voimakkaasti pilaantunutta maa-ainesjätettä sekä ongelmajätettä. Kaasujenhallintajärjestelmän energiankulutusta ei otettu huomioon, sillä suunnitelmien mukaan se toimisi passiivisesti painovoiman ja poistoputken päässä olevan tuulivoimalla pyörivän tuulettimen avulla /29/.

Massanvaihdon ympäristövaikutukset koostuvat samoista elementeistä pintamaan vaihdon ja kaasujenhallinnan kanssa.

Massanvaihdon ja termisen käsittelyn ympäristövaikutukset syntyvät kaivusta, täytöstä ja pilaantuneen maan termisen käsittelyn ympäristövaikutuksista. Termisessä käsittelyssä ei muodostuisi jätettä eikä maa-aineksia kuljeteta.

### Sosiaaliset vaikutukset

Muut tekijät -osiossa tarkastellaan kunnostusmenetelmien psykososiaalisia vaikutuksia. Nämä vaikutukset ovat tärkeä osa kunnostusprosessien arviointia, sillä kohde sijaitsee miltei Helsingin keskustassa ja tulee päätyämään kulttuuritoimintojen käyttöön kunnostuksen jälkeen. Toisin sanoen alueella tulee vierailemaan paljon ihmisiä. Tällaisessa tilanteessa ihmisten tiedot ja käsitykset maaperän kunnostuksesta ja eri kunnostusmenetelmien paremmuudesta on hyödyllistä selvittää.

Sosiaalisten vaikutusten laskennassa käytetyt kertoimet arvioitiin ryhmässä, johon kuului kolmen maaperän kunnostuksen ja ympäristöasioiden asiantuntijan lisäksi myös yksi pilaantuneisiin maihin perehtymätön lähiseudun asukas. Siten vaikutusten arviointiin saatiin muutakin kuin asiantuntijanäkökulmaa. Taulukko sosiaalisten vaikutusten arvioinnista on liitteenä 5.

### Tulokset ja niiden tulkinta

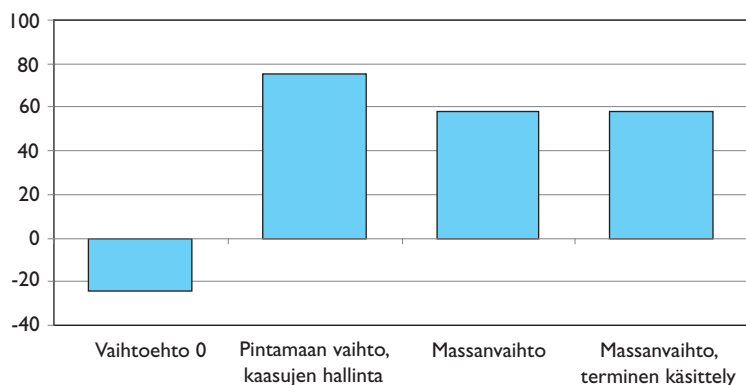
Riskien vähenemää arvioitaessa (kuva 16) tehokkaimmaksi vaihtoehdoksi (noin 75 % riskien vähenemä) todettiin pintamaan vaihto ja kaasujen hallinta. Tämä johtuu siitä, että ainoastaan huokoskaasujen keräilyllä voidaan tehokkaasti hallita kohteessa esiintyvien haihtuvien haitta-aineiden aiheuttamaa riskiä. Massanvaihdolla ja ainoastaan AP-alueen kaasujen keräilyllä laskettiin saavutettavan 58 % riskien vähenemä.

0-vaihtoehdossa riskien todettiin kasvavan noin 24 %, mikä johtuu maankäytön muutoksesta. Alueen oletettiin muuttuvan teollisuusalueesta virkistysalueeksi, jolloin laskennassa käytetty arvio alueella oleskelevien ihmisten määrästä kasvoi ja sen myötä myös riskit.

Kalleimmaksi vaihtoehdoksi osoittautui massanvaihto ja pilaantuneen maan käsittely kohteen ulkopuolella (kuva 17). Sen kustannuksiksi arvioitiin noin 4 milj. euroa. Pääosa kustannuksista koostui pilaantuneen maan vastaanotosta. Toiseksi kallein vaihtoehto oli massanvaihto ja pilaantuneen maan käsittely kohteessa termisesti, jolloin suurin osa kustannuksista koostui puhdistamisen kustannuksista. Kuljetus- ja loppusijoituskustannuksia ei tällöin aiheutunut. Sen kustannuksiksi arvioitiin 3,2

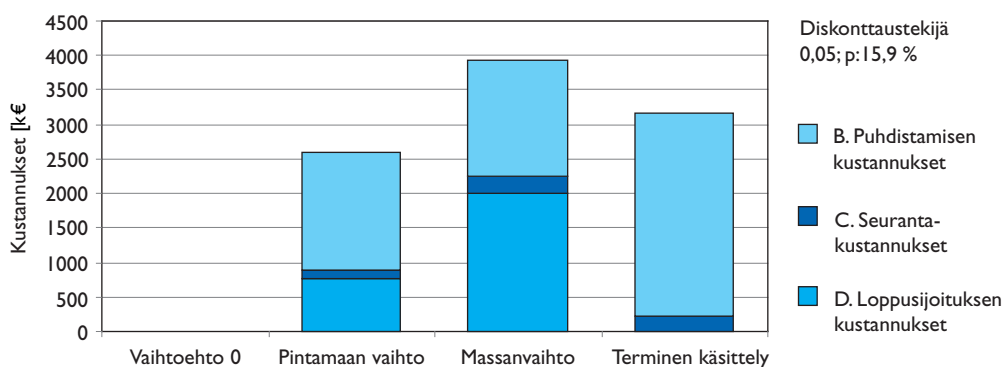
milj. euroa. Pintamaan vaihdon ja kaasujen hallinnan kustannukset osoittautuivat halvimmaksi vaihtoehdoksi ja kustannuksia syntyi tällöin 2,6 milj. euroa. 0-vaihtoehdossa ei muodostunut kustannuksia.

#### Riskien vähenemä (%)



**Kuva 16.** Terveysriskien prosentuaalinen vähenemä kunnostusvaihtoehtojen vertailussa.

#### Kustannukset nykyarvoistettuna



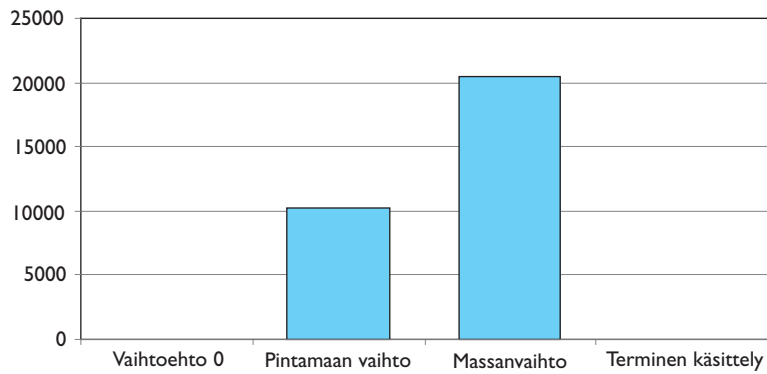
**Kuva 17.** Kunnostusmenetelmien kustannukset eriteltynä ja nykyarvoistettuna.

Eniten maa-aineksen hävikkiä (kuva 18) aiheutuisi massanvaihdossa ja pilaantuneen maan käsittelyssä kohteen ulkopuolella. Tällöin maa-aineksen hävikiksi arviointiin hieman yli 20 000 m<sup>3</sup>. Myös pintamaan poistossa ja kaasujenhallintajärjestelmän asennuksessa syntyisi maa-aineksen hävikkiä noin 10 000 m<sup>3</sup>. Maa-ainesjätettä muodostuisi kunnostusvaihtoehdoissa samassa suhteessa maa-aineksen hävikin kanssa (kuva 19). Termisessä käsittelyssä ja 0-vaihtoehdossa ei maa-aineksen hävikkiä tapahtuisi eikä jätettä syntyisi, sillä puhdistettu maa-aines voitaisiin hyödyntää kohteessa.

Ylivoimaisesti eniten kului energiaa ja aiheutui ilmapäästöjä massanvaihdossa ja termisessä käsittelyssä (kuva 20 ja 21). Tämä johtuu polttolaitteiston suuresta tukipolttoaineen tarpeesta ja kohteen suurista massamääristä. Pienimmät päästöt ja energiankulutus aiheutuisi pintamaan poistossa ja huokoskaasujen hallinta- vaihtoehdossa.

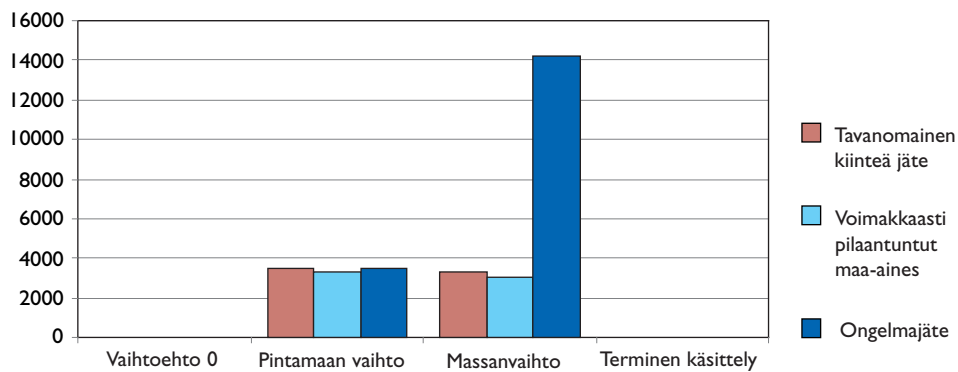


### Maa-aineksen hävikki (m<sup>3</sup>)



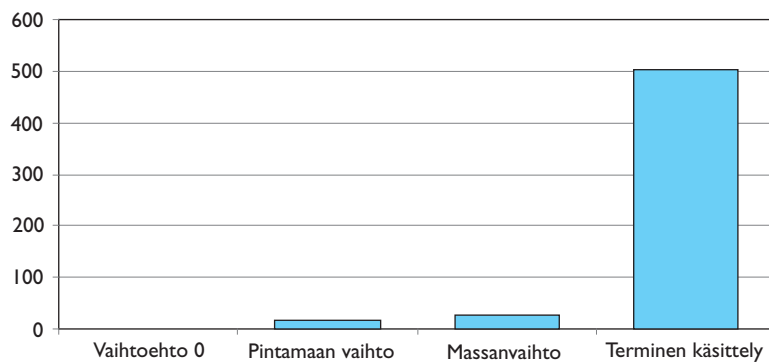
**Kuva 18.** Kunnostusmenetelmien eroavaisuudet maa-aineksen hävikissä.

### Jätteen muodostuminen (m<sup>3</sup>)



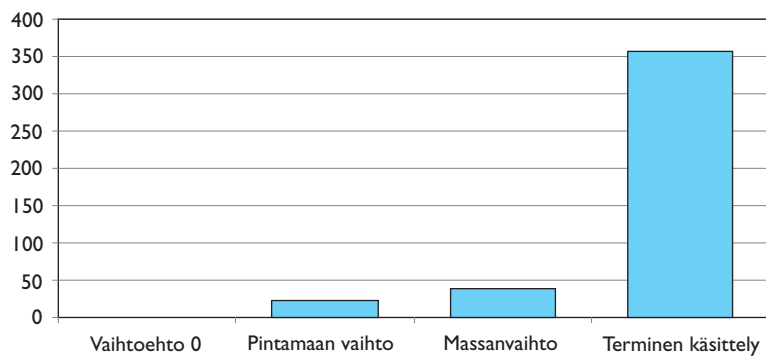
**Kuva 19.** Kunnostusmenetelmien eroavaisuudet jätteen muodostumisessa.

### Energian kulutus (as-ekv)



**Kuva 20.** Kunnostusmenetelmien eroavaisuudet energiankulutuksessa.

## Ilmapäästöt (as-ekv)



**Kuva 21.** Kunnostusmenetelmien eroavaisuudet ilmapäästöjen muodostumisessa.

Kunnostusvaihtoehtojen psykososiaalisia vaikutuksia (kuva 22) tarkastellessa todettiin, että pintamaan vaihdolla ja huokoskaasujen hallinnalla olisi suurin positiivinen vaikutus. Myös massanvaihdot koettiin melko voimakkaasti positiivisiksi. 0-vaihtoehdon psykososiaalinen vaikutus todettiin myös hieman positiiviseksi verrattuna lähtötilanteeseen. Tämä johtuu siitä, että arviointiryhmässä ajateltiin, että mikäli 0-vaihtoehto voitaisiin toteuttaa, alueen riskit olisi luultavasti todettu vähäisiksi. Ajan myötä kohteen pilaantuminen luultavasti myös unohtuisi. Massanvaihdolla ja termisellä käsittelyllä todettiin olevan voimakkain negatiivinen vaikutus omistajan imagoon kunnostamisen aikana. Kun tämä suhteutettiin kokonaistarkastelussa 30 vuoden tarkasteluajkaan, kunnostuksen aikaisen negatiivisen vaikutuksen merkitys jäi kokonaisuudessa hyvin pieneksi.

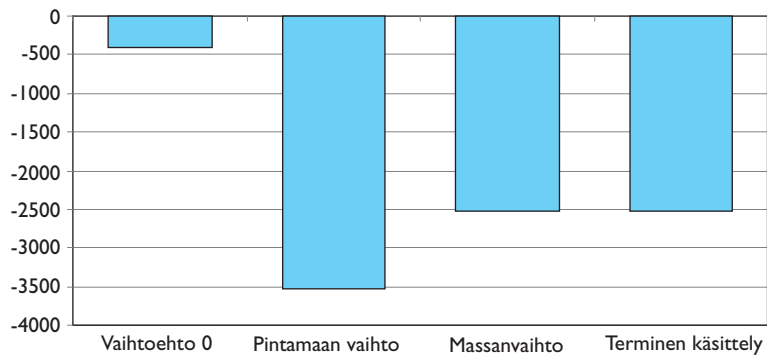
0-vaihtoehdolla todettiin olevan negatiivinen vaikutus alueen omistajan imagoon (kuva 23). Sen sijaan kaikilla kunnostamisvaihtoehtoilla oli havaittavissa suunnilleen samansuuruinen positiivinen vaikutus. Tärkeintä tuntuu siis olevan, että pilaantuneelle alueelle tehdään jotakin sen tilan parantamiseksi.

0-vaihtoehto vaikutti alueen arvostukseen hieman kielteisesti (kuva 24). Sen sijaan kaikilla kunnostusmenetelmillä todettiin olevan suurin piirtein yhtä tasainen positiivinen vaikutus alueen arvostukseen.

Kunnostamisesta aiheutuvat ekologiset vaikutukset todettiin kaikissa kunnostusvaihtoehtoissa hyvin vähäisesti positiivisiksi. Tämä johtuu siitä, että kyseessä on pitkän teollisuushistorian omaava alue, jonka ekologiset arvot ovat jo lähtötilanteessa vaatimattomia ja tutkittavilla kunnostamistoimenpiteillä pyritään lähinnä terveysriskien hallintaan eikä alueen puhdistamiseen.

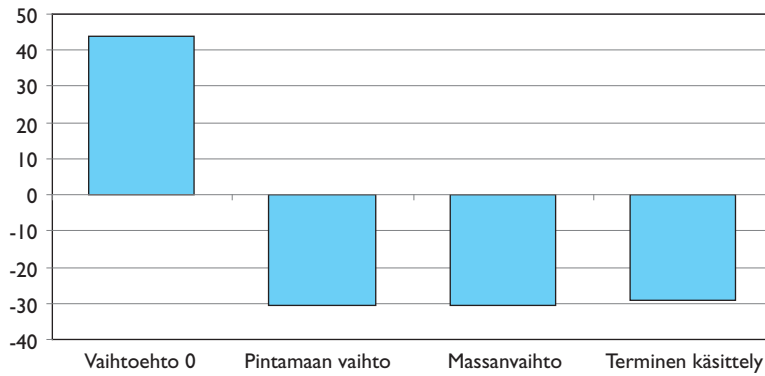
*Kuvissa 22–24 PIRTU-ohjelman laskentatavoista johtuen negatiivinen lopputulos tarkoittaa positiivista vaikutusta ja päinvastoin. Tulosten tulkinnassa lukuarvot eivät ole olennaisia vaan tulosten suhteelliset erot.*

### Psykososiaaliset vaikutukset



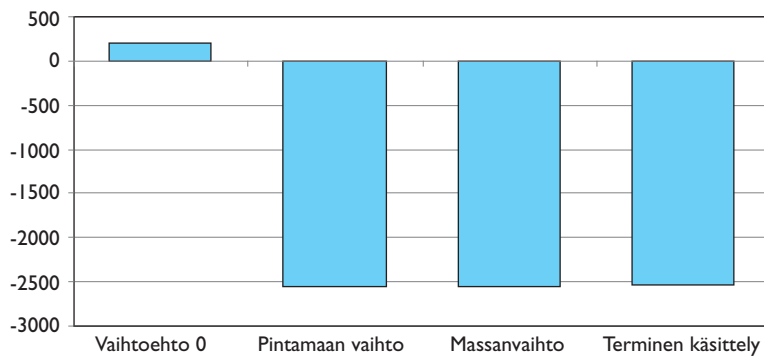
**Kuva 22.** Kunnostusmenetelmien aiheuttamat psykososiaaliset vaikutukset.

### Vaikutukset imagoon



**Kuva 23.** Kunnostusmenetelmien vaikutukset maanomistajan imagoon.

### Vaikutukset alueen arvostukseen



**Kuva 24.** Kunnostusmenetelmien vaikutus alueen arvostukseen.

## Tulosten luotettavuuden arviointia

Riskit -osuuden tuloksiin epävarmuutta aiheuttavat etenkin puutteellisesti määritetyt riski-indeksit. Kuten aiemmin on mainittu, riski-indeksit jouduttiin tässäkin tapauksessa määrittämään yksinkertaistetusti. Kohteen monimutkaisuudesta ja heterogeenisyydestä johtuen todellisten riski-indeksien määrittäminen olisi vaatinut huomattavan paljon aikaa ja asiantuntemusta. Vaikka riskit onkin määritetty puutteellisesti, vaikuttavat tulokset kuitenkin oikean suuntaisilta. Epävarmuutta riskien vähenemän tarkasteluun aiheuttaa myös huokoskaasujen hallintajärjestelmän toimivuus käytännössä. Koska kohteessa suurimman riskin aiheuttavat haihtuvat aineet, parhaiten riskejä vähentäisi tehokkaasti toimiva huokoskaasujen hallintajärjestelmä. Suunnitellun kaasujen keräilyjärjestelmän toimivuudesta ei ollut saatavissa riittävästi tietoa.

Myös kustannusosioissa on huomattavaa epävarmuutta, koska yksityiskohtaisia suunnitelmia tai kustannusarvioita ei ollut saatavissa. Tämän vuoksi kustannuksia ei voi arvioida luotettavasti. Tarkkojen kustannusten arvioimiseksi täytyisi olla tiedossa aliurakoitsijoilta saadut tarjoukset ja lisäksi tulisi tietää, kuinka kunnostamisen logistiikka ja muut vastaavat merkittävästi kustannuksiin vaikuttavat seikat toteutetaan käytännössä.

Lisäksi massanvaihtojen kustannuksissa on huomattavaa epävarmuutta. Kun kohteessa joudutaan kaivamaan yli metrin syvyydelle, vastassa on enenevässä määrin vesikaasutervaa, rakennusjätettä ja purettujen rakennusten perustuksia. Eli pintamaan vaihto on vielä normaalia massanvaihtotyötä ja vastaanottokulut tavanomaisia, mutta syvemmälle mentäessä ei tiedetä, miten massoja voitaisiin käsitellä ja sijoittaa. /29/

Ympäristövaikutukset -osiossa epävarmuutta aiheuttaa muun muassa pilaantuneen maa-aineksen termisen käsittelyn energiankulutus. Tässä tapauksessa oli käytetty PIRTU-ohjelmassa valmiina olleita keskimääräisiä termisen käsittelyn päästö- ja energiankulutustietoja. Todellisuudessa toteutuvat päästöt ja energiankulutus saattavat poiketa näistä huomattavastikin.

Termisen käsittelyn suuria energiankulutus- ja päästöarvoja tarkastellessa on syytä huomioida, että muissa vaihtoehdoissa ei otettu huomioon pilaantuneen maa-aineksen käsittelyn energiankulutus- ja ilmapäästötietoja. Myös muissa kunnostusvaihtoehdoissa pilaantunut maa-aines saatettaisiin käsitellä maa-ainesjätettä vastaanottavassa paikassa osittain termisesti. Muualla kuin kohteessa tapahtuvaan termiseen käsittelyyn mahdollisesti joutuvista massamääristä ei ollut tietoa, joten niitä ei huomioitu laskennassa. Tämä vääristää tuloksia kohteessa tapahtuvalle termiselle käsittelylle epäedullisesti.

Suvilahden kohteessa terminen käsittely saattaisi olla hyvin vaikea toteuttaa käytännössä. Alueen maaperässä on suuria lohkarkeitä sekä asfaltin ja betonin kappaleita. Niitä ei voi syöttää suoraan polttolaitteistoon, vaan ne täytyisi ensin seuloa ja murskata pienemmiksi. Kohteen haitta-aineista johtuen polttokäsittely voisi myös vaatia erilaisten maa-ainesten sekoittamista polttokelpoiseksi tai muita erikoistoimenpiteitä, joista aiheutuisi lisäkustannuksia ja -päästöjä. /29/

Huokoskaasujen hallintajärjestelmän toteuttamisessa tarvittavien materiaalien (kaasujen keräilyputkistot) valmistuksesta ja kuljetuksesta aiheutuvat päästöt ja muut ympäristövaikutukset jätettiin huomioimatta, koska tietoa näistä ei ollut saatavilla.

Sosiaalisia vaikutuksia arvioitaessa saatuihin tuloksiin vaikuttavat mielipide-erot, arvostukset, tiedot ja näkökulmat. Vaikutuskertoimet arvioivan ryhmän mielipiteet vaikuttavat merkittävästi tuloksiin.

## Johtopäätökset

Suvilahden alueesta tehdyn riskinarvioinnin perusteella pääasiallinen altistumisreitti haitta-aineille on sisäilman hengittäminen. Rakennuksissa tehtyjen sisäilmamittausten perusteella mitatut haitta-ainepitoisuudet sisäilmassa ovat kuitenkin melko alhaisia. Koska ulkoilmassa tapahtuvan altistumisen merkitys on myös todettu vähäiseksi ja alue on päällystetty asfaltilla, voidaan todeta, että kohteesta aiheutuvat terveystriskit ovat nykyisessä käytössä todennäköisesti melko vähäisiä. Lisäksi on havaittu, että haitta-aineet eivät liiku merkittävästi. Jos kohteessa suoritetaan kaivutöitä, voivat haitta-aineet lähteä liikkeelle ja levitä laajemmin alueen sisällä ja kulkeutua myös sen ulkopuolelle /30, s.8/. Toisin sanoen kiinteistöllä suoritettavat merkittävät kaivutyöt voivat pahimmassa tapauksessa johtaa alueen tilan huonontumiseen.

Massanvaihoilla saavutettava hyöty olisi sen aiheuttamiin muihin vaikutuksiin verrattuna vähäinen, sillä suurimmat haitta-ainepitoisuudet sijaitsevat pohjavedenpinnan alapuolella eikä niitä poistettaisi. Haitta-aineiden poisto näistä kerroksista olisi huomattavan vaikeaa ja kallista. Koska massanvaihtoihin ei sisällytetty huokoskaasunkeräystä, todettiin niiden riskien vähenemä pintamaan poistoa alhaisemmaksi. Ainoastaan energiankulutus, kustannukset, maa-aineksen hävikki ja jätemäärä lisääntyisivät massanvaihoissa. Ekotehokkuuden kannalta massanvaihtoa ei voi suositella tässä kohteessa. Riskienhallintavaihtoehtoja on vertailtu liitteessä 3.

Kohteessa tapahtuvan termisen käsittelyn mielekkyyttä olisi ehkä syytä selvittää lisää. Pintamaan poistossa ja massanvaihdossa kohteesta pois vietävistä maa-aineksista ainakin osa tultaisiin mahdollisesti käsittelemään termisesti kohteen ulkopuolella, mistä aiheutuvia päästöjä ei tässä tarkastelussa huomioitu. Mikäli pilaantuneita maseja voitaisiin käsitellä jo kohteessa, aiheutuisi vähemmän haitallisia ympäristövaikutuksia kun kuljetuksien tarve vähenisi. Myöskään jätettä, loppusijoituskustannuksia tai maa-aineksen hävikkiä ei syntyisi.

PIRTU-ohjelmassa tehtyjen tarkasteluiden perusteella voi todeta, että pintamaan vaihto ja huokoskaasujen hallintajärjestelmän asennus olisi ekotehokkain riskienhallintamenetelmä kohteessa. Lisäksi vaihtoehto todettiin kustannustehokkaaksi ja sen ympäristövaikutukset olivat tarkastelluista vaihtoehtoista pienimmät. Myös sen sosiaaliset vaikutukset arvioitiin positiivisiksi. Koska haitallisimmat aineet kohteessa sijaitsevat syvällä ja ovat haihtuvia, niiden aiheuttamiin riskeihin ei voi vaikuttaa tehokkaasti muuten kuin keräämällä ja poistamalla haitalliset haihtuvat yhdisteet.

Toisaalta myös 0-vaihtoehto voisi olla ekotehokas ratkaisu, jos oletetaan, että lähtötilanteessa riskit ovat vähäisiä. 0-vaihtoehdossa ympäristövaikutuksia ei tapahtuisi, eikä riskiä haitta-aineiden liikkeelle lähdöstä syntyisi.

Tämän tarkastelun kunnostusvaihtoehtoista ekotehokkaimmaksi todettiin pintamaan poisto ja kaasujenhallintajärjestelmän asennus.

# 11 PIRTU-ohjelman käyttökelpoisuuden arviointi

Työssä tehtyjen ekotehokkuustarkasteluiden aikana PIRTU-ohjelmassa havaittiin joitakin käyttöä haittaavia kaavavirheitä sekä virheellisiä laskentamenettelyjä. Nämä virheet korjattiin työn aikana. Virheitä löytyi Riskit-, Ympäristövaikutukset- ja Muut vaikutukset -osioista. Tarvittavat korjaukset sekä muutokset tehtiin Suomen ympäristökeskuksessa. Seuraavassa on luetteloitu työn aikana havaittuja ongelmia ja tarpeelliseksi todettuja kehittämisideoita PIRTU-ekotehokkuuslaskentaohjelmaan. Tavoitteena olisi saada ohjelmasta helppokäyttöinen ja selkeä.

## 11.1

### **Riskit -työkirja**

Riskien arviointi -osio todettiin ongelmalliseksi, koska riskin vähenemän laskenta perustuu riski-indeksien käyttöön. Todellisten kohdekohtaisten riski-indeksien määrittely on suuritöinen prosessi ja vaatii käytännössä asiantuntija-apua ja usein esimerkiksi erillisen riskinarviointityökalun käyttöä. Tässä työssä riskejä arvioitiin yksinkertaistettujen riski-indeksien avulla. Ne todettiin toimiviksi yksinkertaisissa kohteissa. Riskit määriteltiin vertaamalla kohteessa havaittuja haitta-ainepitoisuuksia ohje- tai tavoitearvoihin. Itse asiassa alkuperäisessä REC-ohjelmassa, jonka perusteella PIRTU on kehitetty, riskienarviointi perustui tällaiseen menettelyyn. Monimutkaisessa kohteessa, kuten Suvilahdessa, ei tällainen yksinkertaistettu menetelmä ole käyttökelpoinen.

Riskien arviointi -osion käytettävyyttä voitaisiin parantaa esimerkiksi liittämällä PIRTU-ohjelmaan ohjeistus edellä mainittujen yksinkertaistettujen riski-indeksien käyttämisestä. Tällöin riski-indeksien käytöstä siirryttäisiin vertailemaan kunnostusmenetelmien tehokkuuksia kunnostuksen jälkeisten tavoitepitoisuuksien saavuttamisessa. PIRTU-ohjelman yhteyteen voitaisiin myös liittää ohjelmisto, jolla riski-indeksit voitaisiin määrittää. Useat riskienarviointiohjelmistot ovat maksullisia ja monimutkaisia käyttää, mikä hankaloittaa niiden hyödyntämistä tässä tapauksessa.

Riskien vähenemää laskettaessa epävarmuutta aiheuttaa kohdealueiden maankäyttömuodon luokittelu. Esimerkiksi huoltoasemakohdetta tarkasteltaessa todettiin, että riskin suuruuteen vaikuttaa merkittävästi se luokitellaanko kohde teollisuus- vai kaupalliseksi alueeksi. Tarkasteluissa huoltoaseman ajateltiin olevan kaupallinen alue, koska se sijaitsi miltei kaupungin keskustassa. Mikäli huoltoasema olisi todettu teollisuusalueeksi, sen lähtötilanteen riskit olisivat olleet huomattavasti matalampia, koska teollisuusalueella altistuvien ihmisten määrä arvioidaan pieneksi. Kun lähtötilanteen riskit olisivat olleet matalampia (vain vähän altistujia) ja lopputilanteessa alue olisi muuttunut asuinalueeksi (paljon altistujia), lopputuloksena olisi havaittu, että riskien vähenemä olisi muuttunut huomattavasti vaatimattommaksi tai, että riskit olisivat jopa kasvaneet puhdistamisen ja maankäytön muutoksen vuoksi. Ohjeistus

erilaisten alueiden luokitteluperusteista olisi hyödyllinen ja voitaisiin sisällyttää ohjelman käyttöohjeeseen.

Huoltoasemakohdetta tarkasteltaessa huomattiin myös, että luontaisesti hajoavien haitta-aineiden riskien määrittely on hankalaa. PIRTU-ohjelman lähtötilanne-osiossa määritetään vain yksi riski-indeksi 30 vuoden ajanjaksolle. 0-vaihtoehdossa on omat riski-indeksinsä alku- ja loppuvaiheessa. Vertailtavien kunnostusmenetelmien osioissa lähtötilanteelle, kunnostusvaiheelle ja lopputilanteelle puolestaan on omat riski-indeksinsä. Lähtötilanteen riski-indeksi kopioituu automaattisesti muiden vaihtoehtojen lähtötilanteen riskiksi. Tällöin virheiden välttämiseksi lähtötilanne-osiossa (30 vuotta) tulee käyttää ensimmäisen vuoden riskiä, mikä ei ole todellinen tilanne kun tarkastellaan hajoavien aineiden aiheuttamaa riskiä koko 30 vuoden ajanjaksolla. Tämä aiheuttaa sen, että lähtötilanne-osion riski-indeksistä tulee liian suuri. Kun kunnostusmenetelmien riskien vähenemää verrataan lähtötilanteeseen, suhteellinen riskien vähenemä nousee liian korkeaksi.

## 11.2

### **Kustannukset -työkirja**

Mikäli kyseessä on pitkäkestoinen kunnostusprojekti, voidaan Kustannukset -osiossa eri kunnostusmenetelmien puhdistuskustannukset määrittellä vuosittaisiksi. Seurantakustannukset taas ilmoitetaan koko kunnostusprojektin kokonaiskustannuksina. Tämä on ongelmallista, mikäli halutaan vertailla esimerkiksi luontaista puhdistumista tai muita pitkäkestoisia in situ -menetelmiä, joissa seurantakustannukset ajoittuvat pitkälle aikavälille. Seurantakustannusten laskentasarake olisi hyvä muuttaa sellaiseksi, että kustannukset voidaan ilmoittaa vuosittaisina, sillä tällöin diskonttaamalla pystytään huomioimaan myös muutokset rahan arvossa.

## 11.3

### **Ympäristövaikutukset -työkirja**

Ympäristövaikutusten laskentaosioon olisi hyvä lisätä eri kunnostusmenetelmien ilmapäästö- ja energiankulutustietoja. Tällä hetkellä siellä on maan pesun, huokosilma- ja termisen käsittelyn tietoja. Näiden lisäksi tarvittaisiin mahdollisimman monen muun kunnostusmenetelmän elinkaaritiedot. Tietoja ei ole kovin helposti saatavilla, mutta niitä olisi hyvä kerätä PIRTU-ohjelman yhteyteen, jolloin ne olisivat ekotehokkuustarkastelua tekevän henkilön käytettävissä.

## 11.4

### **Muut vaikutukset -työkirja**

Sosiaalisten vaikutusten arviointituloksiin vaikuttaa se, että lähtötilanteelle ja 0-vaihtoehdolle määritetään vain yksi laskennassa käytettävä vaikutusarvo. Kunnostusmenetelmien osalta työkirjassa on indeksiarvot lähtö- ja lopputilanteelle. Tämä aiheuttaa vääristymiä tuloksiin. Esimerkiksi vertailtaessa 0-vaihtoehdon ja luontaisen puhdistumisen vaikutuksia maaperän ekologiaan, 0-vaihtoehdolle määritetään vain yksi indeksiarvo. Kun luontaiselle puhdistumiselle määritetään alku- ja lopputilanteen indeksiarvot, jotka ovat toisistaan poikkeavia, saadaan 0-vaihtoehdolle ja luontaiselle puhdistumiselle erilaiset tulokset koskien vaikutusta maaperän ekologiseen tilaan. Kummankin menetelmän vaikutukset maaperään ovat täsmälleen samat, mutta tulokset ovat erilaisia laskentamenetelyistä johtuen.

Myös sosiaalisten vaikutusten laskentamenettelyjä voisi olla aiheellista muuttaa, sillä laskennassa saavutettavat positiiviset vaikutukset näkyvät tulostaulukoissa negatiiviseen suuntaan menevinä palkkeina ja päinvastoin. Tämä saattaa aiheuttaa hämmennystä ja ongelmia tulosten tulkitsemisessa. Lisäksi ulkopuolisten on vaikea hahmottaa tuloksia.

Muut vaikutukset ja Ympäristövaikutukset -työkirjojen Tulokset -välilehdellä on kuva, jossa osion kaikki kriteerit ovat skaalattuina jokaisen vaihtoehdon osalta. Kyseinen kuva todettu vaikeasti tulkittavaksi ja sen informatiivinen arvo jää vähäiseksi sen sekavuuden vuoksi. Kuvaa olisi hyvä muuttaa tai sen voisi ehkä poistaa kokonaan.



## 12 Jatkotoimenpide-ehdotukset

Tässä työssä tehtyjen ekotehokkuustarkasteluiden perusteella voidaan todeta, että PIRTU-ohjelma toimii varsin hyvin ja sen tulokset ovat johdonmukaisia. Ainoastaan Riskit -työkirja vaatii muutoksia, tai kokonaan toisenlaisen laskentamenettelyn, sillä nykyisellään sen käyttö on hankalaa. Puutteiden ja virheiden korjaamisen jälkeen PIRTU-ohjelma on käyttökelpoinen työkalu pilaantuneiden maa-alueiden kunnostusvaihtoehtojen ekotehokkuuksien tarkasteluun ja päätöksenteon tukivälineeksi.

Mikäli PIRTU-ohjelma aiotaan ottaa laajempaan yleiseen käyttöön, olisi hyvä laatia ohjeistus sen käyttämisestä. Vaikka ohjelma on periaatteessa varsin yksinkertainen, on mahdollisuus väärinkäsityksiin ohjelman käytössä ja sen myötä virheellisiin päätelmiin olemassa. Kunnolliset käyttöohjeet myös edesauttaisivat ohjelman leviämistä tekemällä sen käytöstä helpompaa ja yksinkertaisempaa.

Myös yhteyshenkilö, joka vastaisi ohjelman kehittämisestä ja johon käyttäjät voisivat ottaa yhteyttä ongelmatilanteissa, olisi tarpeellinen, mikäli PIRTU-ohjelmaa aletaan käyttää laajemmin. Tämän työn ekotehokkuustarkasteluiden ohessa tehty PIRTU-ohjelman toimivuuden testaaminen ei ole niin kattava, että voitaisiin olettaa kaikkien ohjelman virheiden tai puutteiden tulleen selville. Lisäksi havaittiin, että jokainen tarkasteltu kohde ja kunnostusmenetelmä on erilainen ja asettaa omat haasteensa ja ongelmansa ohjelman käyttämiselle.

## 13 Vertailu muihin vastaaviin tutkimuksiin

PIRTU-laskentaohjelma perustuu ekotehokkuusajatteluun, jonka taustalla on tuotteen tai palvelun koko elinkaaren aikaisten vaikutusten hallinta ja vähentäminen. Suomessa ekotehokkuusajattelu pilaantuneiden maiden puhdistamisessa on vasta kehitymässä. PIRRE-hankkeen ensimmäisen vaiheen alkaessa ei muuallakaan maailmassa sovellettu ekotehokkuusarvioiteja pilaantuneiden alueiden kunnostamisessa. Viime aikoina pilaantuneen maaperän ja pohjaveden kunnostamisten ekotehokkuuksiin on alettu kiinnittää huomiota.

Kanadalaisessa yliopistossa tehdyssä tutkimuksessa vertailtiin in situ ja off site -kunnostusmenetelmien ympäristövaikutuksia elinkaariarvioinnin avulla. Kohteena oli diesel-polttoaineella saastunut maa-alue. Tuloksien perusteella todettiin, että biologisella in situ -kunnostuksella elinkaaren aikaiset vaikutukset olivat pienempiä, mutta samalla niiden todettiin vaativan aikaa huomattavasti off site -käsittelyvaihtoehtoja enemmän. Yleinen päätelmä oli, että hitaalla kunnostamisella on pienet elinkaari-vaikutukset ja päinvastoin. Edellä mainitun vuoksi todettiin, että jokaisen kohteen paras kunnostusmenetelmä riippuu alueen omistajan intresseistä ja arvoista. Lisäksi parhaiden vaihtoehtojen kuitenkin todettiin vaihtelevan kohdekohtaisesti. /31/ Myös tässä työssä luontainen puhdistaminen huoltoasemakohteessa todettiin ekotehokkaimmaksi vaihtoehdoksi, mutta käytännössä liian hitaaksi kunnostusmenetelmäksi tilanteessa, jossa alueen rakentamiselle on paineita.

Ruotsalaisessa yliopistossa tehdyssä tutkimuksessa vertailtiin kahta elinkaariarviointiin perustuvaa päätöksenteon tukijärjestelmää. Toinen ohjelmista oli saksalainen Uva (Umweltbilanz von Altlastensanierungsverfahren) ja toinen hollantilainen REC, josta PIRTU-ohjelmakin on kehitetty. Ohjelmien avulla testattiin elinkaariarvioinnin kannalta parasta kunnostamismenetelmää maaperältään pilaantuneessa huoltoasemakohteessa. Tuloksissa todettiin, että eri ohjelmilla saatiin parhaimmaksi kunnostusvaihtoehdoksi eri vaihtoehdot. Erot tuloksissa pääteltiin johtuvan ohjelmien eroavaisuuksista laskentamenettelyissä, elinkaariarvioinnin rajauksessa ja vaikutusluokkien määrittelyissä. Näin ollen erilaiset laskentamenettelyt saattavat vaikuttaa siihen, mikä kunnostamismenetelmä todetaan parhaaksi. Päätöksentekijöiden tulisi olla tietoisia erilaisten työkalujen ominaisuuksista ja ymmärtää niiden vaikutukset vertailujen johtopäätelmiin. /32/

VTT:n maanrakentamisen elinkaarta käsittelevässä raportissa todettiin, että asfaltin valmistus on hyvin energiantensiivistä ja aiheuttaa usein yli puolet tienrakennuksessa aiheutuvasta energiankulutuksesta /33, s. 76/. Myös maaperän kunnostamismenetelmien elinkaariarviointia käsittelevissä tutkimuksissa on todettu, että mahdollisesti tarvittavan asfaltin osuus kunnostamisessa syntyvästä energiankulutuksesta ja ilmapäästöistä on havaittu hyvin suureksi /33, s. 76 ja 34/. Myös tässä tutkimuksessa Tapaninkylän kohteessa eristämisen ekotehokkuutta pienensi asfaltoinnin suuri energiankulutus.

## 14 Yhteenveto

Tässä työssä tutkittiin PIRTU-ekotehokkuusohjelman toimivuutta ja selvitettiin kolmen erilaisen pilaantuneen maa-alueen ekotehokkain kunnostamismenetelmä. Johdopäätöksenä todettiin, että PIRTU-ohjelma on pääosin toimiva ja käyttökelpoinen, mutta sen Riskien arviointi -osuus vaatii vielä kehittämistä.

Maaperän kunnostusmenetelmien ekotehokkuuksia koskien havaittiin, että joissakin lievästi pilaantuneissa kohteissa kunnostamistoimenpiteillä saavutettavat hyödyt ovat vähäisempiä kuin niistä aiheutuvat haitat. Toisinaan kunnostamatta jättäminen voikin olla ekotehokkain vaihtoehto. Ekotehokas kunnostamisvaihtoehto oli näissä tarkasteluissa myös kustannustehokkain. Lisäksi todettiin, että aina ei ole mahdollista valita ekotehokkainta vaihtoehtoa, mikäli kohde halutaan käyttöön pikaisesti. Erityisesti ympäristövaikutuksiltaan vähäiset in situ -menetelmät ovat usein hitaita.

Ekotehokkuustarkastelut olisi hyvä saada osaksi pilaantuneen maaperän kunnostamistoiminnan suunnittelua, koska niiden avulla olisi mahdollista säästää ympäristöä ja kustannuksia. Tällöin myös säästyisi resursseja kohdistaa kunnostamistoimenpiteet niihin kohteisiin, joissa ympäristö- ja terveystriskit ovat suurimmat.

## LÄHTEET

- /1/ Haavisto, T. & Silvola, M. Valtakunnallinen maaperän tietojärjestelmä. Ympäristö ja terveys -lehti 6:2007: s. 8–11
- /2/ Ellonen, M. Ekotehokkuusnäkökulma päätöksenteossa Case-tutkimus pilaantuneen maaperän kunnostamiskäytännöistä. Suomen ympäristökeskuksen moniste 349. Helsinki. 2006
- /3/ Antikainen, R., Nerg, N. & Vänskä, M. PIRRE 2, väliraportti. 10.3.2008 (Suomen ympäristökeskuksen julkaisematon raportti)
- /4/ Sorvari, J., Antikainen, R., Kosola, M.L., Hokkanen, P. & Haavisto, T. Eco-efficiency in Contaminated Land Management in Finland – Barriers and Development Needs. 2007 (Suomen ympäristökeskuksen julkaisematon raportti)
- /5/ Rissa, K. Ekotehokkuus - enemmän vähemmästä, Ympäristöministeriö. Helsinki: Edita. 2001
- /6/ Helsingin pilaantuneiden maiden määrä, laatu ja kunnostustarve. 14.11.2003, 82100129, Helsingin kaupunki. Likaantuneet maat työryhmä: (Kiinteistövirasto, Rakennusvirasto, Kaupunkisuunnitteluvirasto). SCC Viatek
- /7/ Suomen ympäristökeskus. Mitä on maaperän pilaantuminen. Luettu 20.3.2008 <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=11121&lan=fi>
- /8/ Henkilökohtainen tiedonanto. Satu Jaakkonen, Suomen ympäristökeskus. 5.3.2008
- /9/ Sorvari, J. & Antikainen, R. (toim.). Katsaus pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinnan nykykäytäntöihin. Suomen ympäristökeskuksen moniste 316. Helsinki. 2004
- /10/ Puolanne, J., Pyy, O. & Ulrich, J. Saastuneet maa-alueet ja niiden käsittely Suomessa. Saastuneiden maa-alueiden selvitys- ja kunnostusprojekti: loppuraportti. Ympäristöministeriö, Ympäristönsuojeluosasto, Muistio 5 1994. Helsinki. 1994
- /11/ Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista (214/2007)
- /12/ Suomen ympäristökeskus. Pilaantuneen maaperän ja pohjaveden riskinhallintaratkaisujen ekotehokkuus (PIRRE, PIRRE2). Luettu 15.3.2008 <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=257323&lan=FI>
- /13/ Suomen ympäristökeskus. PIRTU -ekotehokkuustyökalu. Luettu 28.3.2008 <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=263134&lan=FI>
- /14/ Antikainen, R., Sorvari, J. & Utriainen, E. Ekotehokkuuslaskentaohjelman raportti 4.7.2006. (Suomen ympäristökeskuksen julkaisematon raportti)
- /15/ Pilaantuneen maaperän kunnostussuunnitelma. 2.2.2007. Tapaninkylä, Malmin Kauppatie 44, Tontti 39375/11. Suomen IP-Tekniikka Oy, Helsingin kaupunki, Kiinteistövirasto
- /16/ Reinikainen, J. Maaperän kynnys- ja ohjearvojen määrittämisperusteet. Suomen Ympäristö 23/2007. Suomen ympäristökeskus. Helsinki: Edita. 2007
- /17/ Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi. Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2007. Ympäristöministeriö. Helsinki: Edita. 2007
- /18/ Henkilökohtainen tiedonanto. Jussi Reinikainen, Suomen ympäristökeskus. 11.4.2007
- /19/ Henkilökohtainen tiedonanto. Katarina Leminen, Helsingin kaupunki, Kiinteistövirasto. 6.2.2007
- /20/ Sarkkila, J., Kuusiniemi, R., Forstén, L. & Manni-Rantanen L. Asfaltitiset ympäristönsuojaurakenteet. Ympäristöopas/2006. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 2006
- /21/ Henkilökohtainen tiedonanto. Johanna Hytönen, Helsingin kaupunki, Kiinteistövirasto. 18.2.2007
- /22/ Laakso, K. Saastuneiden maiden tutkimiseen soveltuvia kenttämittareita. Ympäristöopas 60. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 1999
- /23/ Maaperän ja pohjaveden saastuneisuuden perusselvitys. Öljyalan palvelukeskus Oy, SOILI-ohjelma. Kohde 00100-16-55, Helsinki; Leppäsuu. Suomen IP-Tekniikka Oy, Risto Tilli. 6.11.1998
- /24/ Saastuneen maaperän kunnostus, Loppuraportti. Öljyalan palvelukeskus Oy, SOILI-ohjelma. Kohde 00100-16-55, Helsinki; Leppäsuu. Suomen IP-Tekniikka Oy, 12.11.1999
- /25/ Utriainen, E. Pilaantuneen maaperän ja pohjaveden kunnostaminen kustannusnäkökulmasta. Pro Gradu – tutkielma ympäristöekonomiassa maatalousmetsätieteiden maisterin tutkintoa varten. Helsingin yliopisto. Kesäkuu 2006.
- /26/ Henkilökohtainen tiedonanto. Jani Salminen, Suomen ympäristökeskus. 20.12.2007
- /27/ Alueen käytettävyysselvitys, Versio A.1. Suvilahden kaasulaitosalue, Helsinki. Tilaja: Helsingin kaupunki, kiinteistövirasto. Golder Associates. 7.9.2005
- /28/ Mroueh, U.M. & Vahanne P. Suvilahden alueen pohjoisosan terveys- ja ympäristöriskien arviointi. VTT-R-10707-07. Helsingin kaupunki, kiinteistövirasto. 28.4.2008
- /29/ Henkilökohtainen tiedonanto. Pirjo Tuomi, Golder Associates. 20.5.2008
- /30/ Koponen, K. Suvilahti: Kaasulaitoksen alueen kunnostus alkaa! FCG. Vuoden 2008 MUTKU -päivien seminaarimateriaali.
- /31/ Cadotte, M., Deschenes L. & Samson, R. Selection of a Remediation Scenario for a Diesel-Contaminated Site Using LCA. CIRAIG-Interuniversity. Montreal, Canada. 2007
- /32/ Andersson, J. Environmental Impacts of Contaminated Site Remediation – A Comparison of two Life Cycle Assessment. Linköpings universitet. Norrköping, Sweden. 2003
- /33/ Eskola P., Mroueh U.M., Juvankoski, M. & Ruotoistenmäki A. Maarakentamisen elinkaariarviointi. VTT tiedotteita 1962. VTT, Espoo. 1999
- /34/ Toffoletto, L., Deschenes, L. & Samson R. LCA of Ex-Situ Bioremediation of Diesel-Contaminated Soil. The International Journal of Life Cycle Assessment 6:2005: s. 406–416

## LIITTEET

### Liite I

#### Vaihtoehtojen vertailua (teollisuusalueontti Tapaninkylässä)

	<b>0-vaihtoehto</b>	<b>Massanvaihto</b>	<b>Eristys</b>
<b>Riskit:</b> - Terveysriskien vähenemä - Maaperän ekologisten riskien vähenemä	Ei vaikutusta Ei vaikutusta	n. 85 % n. 72 %	n. 61 % Ei vaikutusta
<b>Ympäristövaikutukset:</b> - Päästöt ilmaan - Energiankulutus - Jätteen muodostuminen - Maa-aineksen hävikki	Ei päästöjä Ei energiankulutusta Ei jätettä Ei hävikkiä	n. 0,55 as-ekv n. 0,35 as-ekv n. 630 t n. 630 t	n. 0,64 as-ekv n. 0,42 as-ekv Ei jätettä Ei hävikkiä
<b>Vaikutus maaperän laatuun</b>	Ei vaikutusta	Parantava vaikutus	Ei vaikutusta
<b>Kustannukset (ilman diskonttausta)</b>	n. 7 000 €	n. 41 000 €	n. 14 000 €

## Liite 2

### Vaihtoehtojen vertailua (huoltoasema Leppäsuolla)

	<b>0-vaihtoehto</b>	<b>Monitoroitu luontainen puhdistaminen</b>	<b>Massanvaihto</b>
<b>Riskit:</b> - Terveysriskien vähenemä	n. 73 %	n. 73 %	n. 90 %
<b>Ympäristövaikutukset:</b> - Päästöt ilmaan - Energiankulutus - Jätteen muodostuminen - Maa-aineksen hävikki - Maankäytön rajoitukset	Ei päästöjä Ei energiankulutusta Ei jätettä Ei hävikkä Kyllä	0,028 as-ekv 0,020 as-ekv n. 55 m <sup>3</sup> n. 55 m <sup>3</sup> 13 vuotta (arvio)	1,762 as-ekv 1,131 as-ekv n. 2 546 m <sup>3</sup> n. 2 646 m <sup>3</sup> Ei rajoituksia
<b>Muut vaikutukset</b> - Psykososiaaliset vaikutukset - Ekologiset vaikutukset - Imago-vaikutukset - Vaikutukset alueen arvostukseen - Vaikutus maaperän laatuun	Kohtalaisen negatiivinen vaikutus Ei vaikutusta Negatiivinen vaikutus Lievästi negatiivinen vaikutus Hidas vaikutus	Positiivinen vaikutus Positiivinen vaikutus Positiivinen vaikutus Lievästi positiivinen vaikutus Hidas vaikutus	Positiivinen vaikutus Hieman negatiivinen vaikutus Positiivinen vaikutus Huomattavan positiivinen vaikutus Nopea vaikutus
<b>Kustannukset</b> (ilman diskonttausta)	8 000 €	35 000 €	111 000 €

### Liite 3

#### Vaihtoehtojen vertailua (Suvilahden kaasulaitosalue)

	<b>0-vaihtoehto</b>	<b>Pintamaan poisto ja kaasujenhallinta järjestelmä</b>	<b>Massanvaihto ja pilaantuneen maan käsittely muualla</b>	<b>Massanvaihto ja pilaantuneen maan käsittely kohteessa termisesti</b>
<b>Riskit:</b> - Terveysriskien vähenemä	Kasvavat noin 24 %	n. 75 %	n. 58 %	n. 58 %
<b>Ympäristövaikutukset:</b> - Päästöt ilmaan - Energiankulutus - Jätteen muodostuminen - Maa-aineksen hävikki	Ei päästöjä Ei energiankulutusta Ei jätettä Ei hävikkiä	23,8 as-ekv 15,5 as-ekv 10 200 m <sup>3</sup> 10 200 m <sup>3</sup>	39,1 as-ekv 26,2 as-ekv 20 500 m <sup>3</sup> 20 500 m <sup>3</sup>	356,2 as-ekv 502,2 as-ekv Ei jätettä Ei hävikkiä
<b>Muut vaikutukset</b> - Psykososiaaliset vaikutukset - Ekologiset vaikutukset - Imago-vaikutukset - Vaikutukset alueen arvostukseen	Vähäinen positiivinen vaikutus Ei vaikutusta Negatiivinen vaikutus Negatiivinen vaikutus	Positiivinen vaikutus Vähäinen positiivinen vaikutus Positiivinen vaikutus Positiivinen vaikutus	Positiivinen vaikutus Vähäinen positiivinen vaikutus Positiivinen vaikutus Positiivinen vaikutus	Positiivinen vaikutus Vähäinen positiivinen vaikutus Positiivinen vaikutus Positiivinen vaikutus
<b>Kustannukset</b>	Ei kustannuksia	n. 2,6 milj. euroa	n. 4 milj. euroa	n.3,2 milj. euroa

## Liite 4

### Sosiaalisten vaikutusten arviointitaulukko (huoltoasema Leppäsuolla)

	Psykososiaaliset vaikutukset		Kunnostuksesta aiheutuvat ekologiset vaikutukset		Vaikutukset alueen omistajan imagoon		Vaikutukset alueen arvostukseen	
	Kunnostusvaihe	Lopputilanne	Kunnostusvaihe	Lopputilanne	Kunnostusvaihe	Lopputilanne	Kunnostusvaihe	Lopputilanne
<b>Lähtötilanne</b>	-2		0		-1		-1	
<b>0-vaihtoehto</b>	-2		0		-2		-1	
<b>Massanvaihto</b>	0	+2	-1	0	+1	+2	-1	+3
<b>Luontainen monitoroitu puhdistaminen</b>	0	+2	0	+1	+1	+2	0	+2

Vaikutuksen suuruuden arviointi	Arvo
ei vaikutusta	0
vähäinen positiivinen vaikutus	+1
kohtalainen positiivinen vaikutus	+2
huomattava positiivinen vaikutus	+3
vähäinen negatiivinen vaikutus	-1
kohtalainen negatiivinen vaikutus	-2
huomattava negatiivinen vaikutus	-3



## Liite 5

### Sosiaalisten vaikutusten arviointitaulukko (Suvilahden kaasulaitosalue)

	Psykososiaaliset vaikutukset		Kunnostuksesta aiheutuvat ekologiset vaikutukset		Vaikutukset alueen omistajan imagoon		Vaikutukset alueen arvostukseen	
	Kunnostusvaihe	Lopputilanne	Kunnostusvaihe	Lopputilanne	Kunnostusvaihe	Lopputilanne	Kunnostusvaihe	Lopputilanne
<b>Lähtötilanne</b>	-2		-1		-1		-2	
<b>0-vaihtoehto</b>	-1		-1		-2		-2	
<b>Pintamaan vaihto ja kaasujen hallinta</b>	-2	+1	-1	0	+2	+1	-2	+1
<b>Massanvaihto ja käsittely muualla</b>	-3	+1	-1	0	+2	+1	-2	+1
<b>Massanvaihto ja terminen käsittely</b>	-3	+1	-2	0	-1	+1	-3	+1

## KUVAILULEHTI

Julkaisija	Suomen ympäristökeskus SYKE			Julkaisu-aika Lokakuu 2008
Tekijä(t)	Pyyry Lundén			
Julkaisun nimi	<b>Helsingin kaupungin pilaantuneiden maa-alueiden riskienhallinnan ekotehokkuus</b> Teollisuusalueetontti Tapaninkylässä, huoltoasema Leppäsuolla ja Suvilahden kaasulaitosalue			
Julkaisusarjan nimi ja numero	Suomen ympäristökeskuksen raportteja 30/2008			
Julkaisun teema				
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut	Julkaisu on saatavana ainoastaan internetissä: <a href="http://www.ymparisto.fi/julkaisut">www.ymparisto.fi/julkaisut</a>			
Tiivistelmä	<p>Tämä selvitys on osa Suomen ympäristökeskuksen koordinoimaa PIRRE 2 -hanketta (Pilaantuneen maaperän ja pohjaveden riskienhallintaratkaisujen ekotehokkuus). Työn tavoite oli arvioida ja testata hankkeessa aiemmin kehitetyn PIRTU-ekotehokkuuslaskentaohjelman toimivuutta sekä selvittää, miten ohjelmaa tulisi kehittää. Toisena päätavoitteena oli selvittää PIRTU-ohjelman avulla Helsingin kaupungin kiinteistövirastolle kolmen erilaisen pilaantuneen maa-alueen ekotehokkain kunnostusmenetelmä.</p> <p>Tässä selvityksessä tarkasteltiin metalleilla pilaantunutta teollisuusalueetonttia Tapaninkylässä, öljyhiilivedyillä pilaantunutta entistä huoltoasemakiinteistöä Leppäsuolla sekä sekapilaantunutta Suvilahden kaasulaitosaluetta. Tarkasteluun tarvittavia tietoja on saatu kohteista aiemmin tehdyistä selvityksistä, Helsingin kaupungin kiinteistövirastolta, Suomen ympäristökeskukselta, Öljyalan palvelukeskukselta ja Golder Associates Oy:ltä.</p> <p>Ekotehokkaimmaksi kunnostamisvaihtoehdoksi todettiin teollisuusalueella 0-vaihtoehto, huoltoasemakohteessa luontainen monitoroitu puhdistaminen ja Suvilahden kaasulaitosalueella pintamaan vaihto sekä kaasujenhallintajärjestelmän asennus. Ekotehokkain kunnostamisvaihtoehto vaihteli siis kohdekohtaisesti.</p> <p>PIRTU-ohjelma todettiin pääosin käyttökelpoiseksi ja hyödylliseksi työkaluksi ekotehokkuusvertailujen tekemiseen. Suurimmaksi toimenpiteitä vaativaksi ongelmaksi ohjelman osalta osoittautui Riskien arviointi -osuus, joka vaatii jatkokehittämistä.</p>			
Asiasanat	ekotehokkuus, maaperä, pilaantuminen, riskinarviointi, puhdistus, metallit, hiilivedyt, öljy, huoltamot, saastuneet alueet, maaperän saastuminen			
Rahoittaja/ toimeksiantaja				
	ISBN (nid.)	ISBN 978-952-11-3261-2 (PDF)	ISSN (pain.)	ISSN 1796-1726 (verkkokoj.)
	Sivuja 66	Kieli Suomi	Luottamuksellisuus julkinen	Hinta (sis.alv 8 %) -
Julkaisun myynti/ jakaja	Suomen ympäristökeskus SYKE, asiakaspalvelu PL 140, 00251 Helsinki Puh. 020 690 183, faksi (09) 5490 2190 Sähköposti: <a href="mailto:neuvonta.syke@ymparisto.fi">neuvonta.syke@ymparisto.fi</a>			
Julkaisun kustantaja	Suomen ympäristökeskus SYKE PL 140, 00251 Helsinki Puh. 020 610 123 Sähköposti: <a href="mailto:neuvonta.syke@ymparisto.fi">neuvonta.syke@ymparisto.fi</a> , <a href="http://www.ymparisto.fi/syke">www.ymparisto.fi/syke</a>			
Painopaikka ja -aika				

## PRESENTATIONSBLAD

Utgivare	Finlands miljöcentral SYKE			Datum Oktober 2008
Författare	<b>Helsingin kaupungin pilaantuneiden maa-alueiden riskienhallinnan ekotehokkuus</b> Teollisuusalueetontti Tapaninkylässä, huoltoasema Leppäsuolla ja Suvilahden kaasulaitosalue (Eko-effektiviteten av Helsingfors förenade markområdets riskhantering – Industritomt i Staffansby, servicestation i Leppäsuo och Suvilahti gasverk)			
Publikationens titel	Pryy Lundén			
Publikationsserie och nummer	Finlands miljöcentrals rapporter 30/2008			
Publikationens tema				
Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt	Publikationen finns tillgänglig endast på Internet <a href="http://www.ymparisto.fi/julkaisut">www.ymparisto.fi/julkaisut</a> (på finska).			
Sammandrag	<p>Denna utredning är en del av PIRRE 2-projektet som koordineras av Finlands miljöcentral. Syftet med utredningen var att bedöma och testa det tidigare utvecklade PIRTU eko-effektivitetsräkneprogrammets funktionsduglighet samt att utreda hur programmet skulle vidareutvecklas. Som ett andra huvudsyfte utredde man med hjälp av PIRTU-programmet för Helsingfors stads fastighetsverks del den mest eko-effektiva efterbehandlingsmetoden för tre olika förenade markområden.</p> <p>I denna utredning undersöktes en med metaller förorenad industritomt i Staffansby, en med kolväten förorenad före detta servicestation i Leppäsuo samt ett med flere olika föroreningar förorenat område som tillhörde Suvilahti gasverk. Den nödvändiga informationen fick man från tidigare gjorda utredningar, Helsingfors stads fastighetsverk, Finlands miljöcentral, Öljyalan palvelukeskus och Golder Associates Ab.</p> <p>Den mest eko-effektiva efterbehandlingsmetoden för industriområdet var 0-alternativet, för objektet med servicestation var det kontrollerad naturlig nedbrytning (MNA) och för området som tillhör Suvilahti gasverk utbyte av ytmark och installation av ett system för kontroll av gasflödet. Den mest eko-effektiva efterbehandlingsmetoden varierade således från fall till fall.</p> <p>PIRTU-programmet konstaterades i huvudsak vara ett användbart och nyttigt instrument för bedömning av eko-effektiviteter. Det största problemet med programmet visade sig vara riskbedömningsandelen, som kräver fortsatt utvecklingsarbete.</p>			
Nyckelord	ekoeffektivitet, jord, förorening, riskbedömning, sanering, metaller, kolväten, olja, bensinstationer, kontaminerat område, örorening av marken			
Finansiär/ uppdragsgivare				
	ISBN (hft.)	ISBN 978-952-11-3261-2 (PDF)	ISSN (print)	ISSN 1796-1726 (online)
	Sidantal 66	Språk Finska	Offentlighet Offentlig	Pris (inneh. moms 8 %) -
Beställningar/ distribution	Finlands miljöcentral SYKE, kundservice PB 140, 00251 Helsingfors Tfn. +358 20 690 183, fax +358 9 5490 2190 Epost: <a href="mailto:neuvonta.syke@ymparisto.fi">neuvonta.syke@ymparisto.fi</a>			
Förläggare	Finlands miljöcentral SYKE PB 140, 00251 Helsingfors Tfn. +358 20 610 123 Epost: <a href="mailto:neuvonta.syke@ymparisto.fi">neuvonta.syke@ymparisto.fi</a> , <a href="http://www.miljo.fi/syke">www.miljo.fi/syke</a>			
Tryckeri/tryckningsort och -år				

## DOCUMENTATION PAGE

<i>Publisher</i>	Finnish Environment Institute SYKE			<i>Date</i> October 2008
<i>Author(s)</i>	Pry Lundén			
<i>Title of publication</i>	<b>Helsingin kaupungin pilaantuneiden maa-alueiden riskienhallinnan ekotehokkuus</b> Teollisuusalueetontti Tapaninkylässä, huoltoasema Leppäsuolla ja Suvilahden kaasulaitosalue (Eco-efficiency in the risk management of contaminated soil in the city of Helsinki. – An industrial area site in Tapaninkylä, a gas station site in Leppäsuola and a gas plant site in Suvilahti)			
<i>Publication series and number</i>	Reports of the Finnish Environment Institute 30/2008			
<i>Theme of publication</i>				
<i>Parts of publication/ other project publications</i>	The publication is available only on the internet: <a href="http://www.ymparisto.fi/julkaisut">www.ymparisto.fi /julkaisut</a>			
<i>Abstract</i>	<p>This survey is a part of PIRRE 2-project (Eco-efficient risk management of contaminated soil and groundwater) which is coordinated by the Finnish Environment Institute. The objective of this thesis was to test and evaluate the PIRTU eco-efficiency program and find out how this program should be developed in the future. PIRTU is an eco-efficiency calculation program which had been developed earlier in this project. Another goal was to find out the most eco-efficient remediation technique for three different contaminated sites owned by the Real Estate Department in the city of Helsinki.</p> <p>In this survey we investigated three different sites: an industrial area site contaminated by metals, a gas station site contaminated by oil hydrocarbons and a gas plant site. Information about the sites were got from Real Estate Department of Helsinki, Finnish Environment Institute, Oil Industry Service Center Ltd and Golder Associates Oy.</p> <p>At the industrial area the most eco-efficient option was not to remediate. Remediation would cause more harmful impacts than achieve benefits. At the gas station site the monitored natural attenuation was the most eco-efficient technique. At the gas plant site the most eco-efficient option was to excavate the surface of the soil and install a gas controlling system. The most eco-efficient remediation technique was different in every site.</p> <p>The PIRTU program was noticed to be a useful tool to compare eco-efficiency in different kinds of remediation techniques. The biggest problem concerning the program was Risks -part which needs developing.</p>			
<i>Keywords</i>	eco-efficiency, soil, contamination, risk assessment, remediation, metals, hydrocarbons, oil, service stations, contaminated sites, soil contamination			
<i>Financier/ commissioner</i>				
	ISBN (pbk.)	ISBN 978-952-11-3261-2 (PDF)	ISSN (print)	ISSN 1796-1726 (online)
	<i>No. of pages</i> 66	<i>Language</i> Finnish	<i>Restrictions</i> Public	<i>Price (incl. tax 8 %)</i> -
<i>For sale at/ distributor</i>	Finnish Environment Institute SYKE, Customer service P.O.Box 140, FI-00251 Helsinki, Finland Tel. +358 20 690 183, fax +358 9 5490 2190 Email: <a href="mailto:neuvonta.syke@ymparisto.fi">neuvonta.syke@ymparisto.fi</a>			
<i>Financier of publication</i>	Finnish Environment Institute SYKE P.O.Box 140, FI-00251 Helsinki, Finland Tel. +358 20 610 123, fax +358 20 490 2190 Email: <a href="mailto:neuvonta.syke@ymparisto.fi">neuvonta.syke@ymparisto.fi</a> , <a href="http://www.environment.fi/syke">www.environment.fi/syke</a>			
<i>Printing place and year</i>				



ISBN 978-952-11-3261-2 (PDF)

ISSN 1796-1726 (verkkoj.)