



## TBT-BAT MANUAL

# Organotinapitoisten sedimenttien ruoppaus ja käsittely

Menettelytapaohje



**TBT-BAT MANUAL**  
**Organotinapitoisten sedimenttien**  
**ruoppaus ja käsittely**  
**Menettelytapaohje**

Pasi Vahanne & Elina Vestola (toim.)

ISBN 978-951-38-6900-7 (nid.)

ISSN 1235-0605 (nid.)

ISBN 978-951-38-6901-4 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

ISSN 1455-0865 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

Copyright © VTT 2007

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

VTT, Vuorimiehentie 3, PL 1000, 02044 VTT

puh. vaihde 020 722 111, faksi 020 722 4374

VTT, Bergsmansvägen 3, PB 1000, 02044 VTT

tel. växel 020 722 111, fax 020 722 4374

VTT Technical Research Centre of Finland, Vuorimiehentie 3, P.O.Box 1000, FI-02044 VTT, Finland

phone internat. +358 20 722 111, fax +358 20 722 4374

VTT, Biologinkuja 7, PL 1000, 02044 VTT

puh. vaihde 020 722 111, faksi 020 722 7026

VTT, Biologgränden 7, PB 1000, 02044 VTT

tel. växel 020 722 111, fax 020 722 7026

VTT Technical Research Centre of Finland, Biologinkuja 7, P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland

phone internat. +358 20 722 111, fax +358 20 722 7026

Kansi: Sedimenttien ruoppausta

Toimitus Anni Kääriäinen

Edita Prima Oy, Helsinki 2007

Vahanne, Pasi & Vestola, Elina (toim.). TBT-BAT MANUAL – Organotinapitoisten sedimenttien ruoppaus ja käsittely. Menettelytapaohje [TBT-BAT MANUAL – Instructions for dredging, depositing and remediation of organotin contaminated sediments]. Espoo 2007. VTT Tiedotteita – Research Notes 2371. 76 s. + liitt. 3 s.

**Avainsanat** tin compounds, organotin, contaminated sediments, clean-up, dredging, deposition, remediation, instructions, risk assessment, risk management, Best Environmental Practice

## Tiivistelmä

Tässä julkaisussa esitetään menettelytapaohje organotinayhdisteillä pilaantuneiden sedimenttien ruoppaamiseksi ja ruoppausmassojen käsittelemiseksi sekä em. toimenpiteistä aiheutuvien riskien arvioimiseksi ja riskinhallintatoimenpiteiden optimoimiseksi. Ohjetta voidaan hyödyntää soveltuvien osin myös muilla haitta-aineilla pilaantuneiden sedimenttien käsittelyssä. Ohjeessa keskitytään uudis- ja kunnossapitoruoppausten yhteydessä tehtäviin pilaantuneen sedimentin ruoppauksiin Suomessa. Lähtökohtana on pidetty pilaantuneisuutta ja siitä aiheutuvia erityisvaatimuksia ruoppaushankkeiden toteuttamisessa. Ohjetta ei ole tarkoitettu suuruusluokaltaan pieniin ns. mökkiruoppauksiin.

Kutakin ruoppaus- ja läjityshanketta koskevat ratkaisut tehdään aina tapauskohtaisten tekijöiden ja harkinnan perusteella jo pelkästään siitä syystä, että kohteiden koko ja hankkeiden ympäristövaikutukset vaihtelevat erittäin paljon. Yleisellä tasolla ruoppaus- ja läjitystöissä sekä sedimenttien käsittelyssä voidaan kuitenkin asettaa yhteisiksi tavoitteiksi töiden suorittaminen ihmisten ja ympäristön kannalta parhaalla mahdollisella tavalla kustannusvaikutukset huomioiden. Menettelytapaohjeessa huomioidaan ympäristöministeriön julkaisemassa Sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohjeessa esitetyt suositukset.

Vahanne, Pasi & Vestola, Elina (eds.). TBT-BAT MANUAL – Organotinapitoisten sedimenttien ruoppaus ja käsittely. Menettelytapaohje [TBT-BAT MANUAL – Instructions for dredging, depositing and remediation of organotin contaminated sediments]. Espoo 2007. VTT Tiedotteita – Research Notes 2371. 76 p. + app. 3 p.

**Keywords** tin compounds, organotin, contaminated sediments, clean-up, dredging, deposition, remediation, instructions, risk assessment, risk management, Best Environmental Practice

## Abstract

In this publication instructions are given for the dredging, depositing and clean-up of sediments contaminated mainly with organotin compounds. Instructions can be applied to other harmful substances as well. Instructions are given also for risk assessment and optimization of risk management procedures. The main focus in these instructions is on capital and maintenance dredging operations in Finland. Normal procedures of dredging of clean sediment are not included in these instructions. The instructions are not intended for small scale dredging, e.g. summer cottage shore dredging.

The content of every dredging and depositing project varies according to the size and environmental impacts of the work. The overall aim is, however, to execute dredging, depositing and clean-up works of sediments according to Best Environmental Practice including cost-benefit analysis into the planning.

The instructions take into account the recommendations given by the Finnish Ministry of the Environment in the publication Instructions for dredging and depositing of dredged materials.

# Alkusanat

Tämä menettelytapaohje on laadittu osana ”Organotinayhdisteiden ympäristövaikutukset ja niiden hallinta, TBT-BATman” -projektia, joka toteutettiin vuosien 2005–2006 aikana. Projektia koordinoi VTT, joka vastasi myös hankkeen toteutuksesta suurimmalta osin. Muina osallistujina olivat Suomen ympäristökeskus (SYKE) ja Ramboll Finland Oy.

”TBT-BATman”-projektin yhtenä tavoitteena oli luoda toimintamalli ja antaa suosituksia organotinayhdisteillä, mutta myös muilla haitta-aineilla pilaantuneista sedimenteistä aiheutuvien riskien arvioimiseksi ja riskinhallintatoimenpiteiden optimoimiseksi taloudelliset tekijät huomioiden. Projektissa tehtiin kirjallisuusselvityksiä sekä käytännön tutkimuksia pilaantuneiden sedimenttien ruoppaukseen, läjitykseen ja käsittelyyn liittyviltä osa-alueilta. Projekti koostui seitsemästä osa-alueesta, jotka olivat 1) yhteenvedot sedimenttien pilaantumista, toteutetuista ruoppauksista, lainsäädännöstä, sopimuksista ja meneillään olleista tutkimuksista, 2) tutkimusmenetelmien kehittäminen, 3) ruoppaus- ja läjitystekniikoiden tekninen arviointi, 4) käsittelymenetelmien tekninen arviointi, 5) ympäristövaikutusten arviointi, 6) riskinarviointi ja 7) teknistaloudellinen tarkastelu. Projektin tulosten perusteella laadittiin tämä julkaisu, jota voidaan käyttää yleisenä menettelytapaohjeena pilaantuneiden sedimenttien ruoppauksen ja käsittelyn suunnittelun ja toteutuksen yhteydessä. Menettelytapaohjetta voidaan soveltaa luonteeltaan erilaisiin kohteisiin. Projektin yhteydessä kerättyä aineistoa ja projektin tuloksia esitellään tämän menettelytapaohjeen lisäksi myös taustaraportissa ”Organotinayhdisteillä pilaantuneiden sedimenttien ympäristövaikutukset ja niiden hallinta” (<http://webtest.vtt.fi:81/proj/batmanual/>). Em. sivustoille on myös koottu muuta projektiin liittyvää aineistoa.

”TBT-BATman”-projektin rahoittajia olivat Naantalın Satama, Turun Satama, Rauman Satama, Helsingin Satama, Kemin Satama, Raahen satama, Kaskisten satama, Vaasan Satama, Kokkolan Satama, Haminan Satama Oy, Loviisan satama, Kotkan Satama Oy, Pietarsaaren Satama, Joensuun satama, Varkauden kaupungin satamalaitos, Suomen Satamaliitto, Neste Oil Oyj, Ekokem-Palvelu Oy, Terramare Oy, Turun Korjaustelakka Oy, Aker Finnyards, Porvoon kaupunki, Merenkulkulaitos, ympäristöministeriö, Ramboll Finland Oy ja VTT. Lisäksi Suomen ympäristökeskus teki osan työpanoksestaan virkatyönä.

Projektin kulkua seurasi johtoryhmä, johon kuuluivat kaikkien rahoittajien edustajat sekä tekijöiden edustajat. Johtoryhmän puheenjohtajana toimi apulaisjohtaja Kirsti Tarnanen-Sariola (Suomen Satamaliitto). Projektipäällikkönä toimi erikoistutkija Pasi Vahanne (VTT). Taustaraportin ja menettelytapaohjeen laatimistyötä ohjasi johtoryhmän jäsenistä koottu ohjausryhmä, jota vahvistettiin projektin ulkopuolisilla viranomaisilla edustavilla henkilöillä. Ohjausryhmän puheenjohtajana toimi apulaisjohtaja Kirsti Tarnanen-Sariola (Suomen Satamaliitto). Muina jäseninä olivat tekninen johtaja Matti J. Niemi (Turun Satama), sisäinen tarkastaja Heikki Vuorinen (Turun Korjaustelakka Oy), diplomi-insinööri Olli Holm (Merenkulkulaitos), johtaja Tapio Leinonen (Terramare Oy), ylitarkastaja Anna-Maija Pajukallio (ympäristöministeriö), ympäristöneuvos Tapio Kovanen (Länsi-Suomen ympäristölupavirasto), suunnitteluinsinööri Outi Pyy (Suomen ympäristökeskus) sekä Harri Helminen (Lounais-Suomen ympäristökeskus).

Menettelytapaohjeen kirjoittamiseen osallistuivat erikoistutkija Pasi Vahanne, tutkija Elina Vestola, erikoistutkija Ulla-Maija Mroueh, erikoistutkija Margareta Wahlström, erikoistutkija Jutta Laine-Ylijoki, erikoistutkija Mona Arnold, tutkija Paula Eskola, tutkija Hanna Huhta, tutkija Tommi Kaartinen ja tutkimusinsinööri Jukka Sassi (VTT); ylitarkastaja Kenneth Holm ja diplomi-insinööri Virpi Nikulainen (SYKE) sekä projektipäällikkö Tommi Marjamäki (Ramboll Finland Oy). Ohjeen toimittamisesta vastasivat Pasi Vahanne ja Elina Vestola. Menettelytapaohjeessa hyödynnetään lisäksi Matti J. Niemen ja Tapio Leinosen projektiryhmän käyttöön luovuttamaa aineistoa.



# Sisällysluettelo

Tiivistelmä .....	3
Abstract .....	4
Alkusanat .....	5
Symboliluettelo .....	9
Ruoppaustöiden massayksiköt .....	11
1. Johdanto .....	13
1.1 Ohjeen sisältö, tavoitteet ja rajaukset .....	13
1.2 Ruoppaus- ja käsittelyhankkeen vaiheet ja eteneminen .....	15
1.3 Vastuut .....	16
2. Pilaantuneisuuden vaikutus ruoppaus- ja läjityshankkeisiin .....	17
2.1 Lainsäädäntö ja lupa-asiat .....	17
2.2 Suunnitelma-asiakirjat .....	21
2.3 Riskinarvioinnin tarve ja periaatteet .....	22
2.4 Ruoppaus- ja kuljetusmenetelmien soveltuvuus .....	26
2.5 Käsittelymenetelmien soveltuvuus .....	29
2.6 Meriläjityspaikan valinta .....	33
2.7 Laadunvarmistus ja raportointi .....	33
2.8 Tarkkailu .....	34
2.8.1 Ruoppauksen ja läjityksen tarkkailu .....	34
2.8.2 Jäännöspitoisuuksien tarkkailu .....	35
2.8.3 Käsittelyn tarkkailu .....	35
2.8.4 Jälkitarkkailu .....	36
3. Kohdetutkimukset .....	38
3.1 Näytteenotto .....	38
3.1.1 Näytteenoton suunnittelu .....	39
3.1.2 Näytteenoton toteutus .....	40
3.2 Sedimenttien tutkiminen .....	44
3.2.1 Näytteiden esikäsittely .....	44
3.2.2 Fysikaaliset tutkimukset .....	45

3.2.3	Pilaantuneisuustutkimukset.....	45
3.2.4	Ruoppausmassan käsittelykelpoisuutta koskevat laatututkimukset .....	48
3.2.5	Ekotoksisuustutkimukset.....	48
3.3	Tarkkailututkimukset.....	49
4.	Ruoppausmassojen läjitys- ja käsittelykelpoisuuden arviointi .....	52
4.1	Vertailu laatukriteereihin.....	54
4.1.1	Ruoppausmassan haitta-ainepitoisuudet .....	54
4.1.2	Pitoisuudet vedessä .....	55
4.2	Kohdekohtainen riskien arviointi .....	56
4.2.1	Läjitys mereen, pitoisuudet tason 1 ja tason 2 välillä.....	57
4.2.2	Läjitys mereen, pitoisuudet yli tason 2.....	61
4.2.3	Hyödyntäminen ranta-alueiden rakenteissa .....	61
4.2.4	Hyödyntäminen maa-alueilla .....	62
4.3	Työnaikaisten riskien arviointi ja hallinta .....	62
4.4	Ruoppaus- ja käsittelytekniikoiden aiheuttamat ympäristövaikutukset .....	66
5.	Kustannus-hyötyanalyysi.....	69
	Lähdeluettelo .....	73
	Taustakirjallisuutta.....	75
	Liitteet	
	Liite A: Sedimenttinäytteenoton toteuttaminen kolmioverkkomallin avulla	

# Symboliluettelo

<b>BAT</b>	paras käytettävissä oleva tekniikka (Best Available Technology)
<b>BEP</b>	ympäristön kannalta paras menettelytapa (Best Environmental Practice)
<b>eroosiopohja</b>	kulumisalue, jolle ei kerry uutta sedimenttiä
<b>harmaa alue</b>	haitta-ainepitoisuus tasojen 1 ja 2 välissä
<b>HELCOM</b>	Helsingin komissio
<b>imposex-ilmio</b>	koiraan sukuelimien kasvu naaraille
<b>in situ</b>	”paikan päällä” tehtävä toimenpide
<b>IUPAC</b>	kansainvälinen kemian sanaston ja mittausmenetelmien standardisointijärjestö
<b>k.a.</b>	kuiva-ainetta kohti ilmaistuna (haitta-ainepitoisuus)
<b>kiintoainepitoisuus</b>	liettyneen aineksen määrä vedessä (esim. g/l)
<b>kuiva-ainepitoisuus</b>	sedimentissä olevan kiinteän aineksen ja veden massojen suhde (paino-% märkäpainosta)
<b>LOI</b>	hehkutushäviö (Loss Of Ignition)
<b>LSL</b>	luonnonsuojelulaki
<b>normalisointi</b>	haitta-aineiden pitoisuudet muutetaan laskennallisesti ns. standardisedimentin pitoisuuksiksi
<b>off site</b>	kohteen ja sen lähiympäristön ulkopuolella tapahtuva toiminta
<b>on site</b>	kohteen lähiympäristössä tapahtuva toiminta
<b>OSPAR</b>	yleissopimus Koillis-Atlantin merellisen ympäristön suojelusta
<b>PAH-yhdisteet</b>	polyaromaattiset hiilivety-yhdisteet
<b>PIANC</b>	International Navigation Association
<b>saliniteetti</b>	suolapitoisuus
<b>sameus</b>	veden optinen ominaisuus, kuvaa valon vähenemistä
<b>sedimentaatio</b>	laskeutuminen, kerrostuminen

<b>sedimentaatiopohja</b>	alue, jolle kertyy pysyvästi uutta sedimenttiainesta
<b>SEDU</b>	ympäristökuormitusten laskentaohjelma
<b>SYKE</b>	Suomen ympäristökeskus
<b>TBT</b>	tributyylitina-aineryhmä
<b>TEQ</b>	kansainvälinen toksisuusekvivalentti (Toxic Equivalent)
<b>TOC</b>	kokonaishiilipitoisuus (Total Organic Carbon)
<b>TPT</b>	trifenyyilitina-aineryhmä
<b>trisubstituoidut organotinayhdisteet</b>	tri-tinayhdisteet (esim. TBT, TPT)
<b>vesipitoisuus</b>	sedimentissä olevan veden ja kiinteän aineksen massojen suhde (paino-% märkäpainosta)
<b>VL</b>	vesilaki
<b>VNa</b>	Valtioneuvoston asetus
<b>VNp</b>	Valtioneuvoston päätös
<b>WHO</b>	Maaailman terveysjärjestö (World Health Organisation)
<b>YSL</b>	ympäristönsuojelulaki
<b>YVA</b>	ympäristövaikutusten arviointi

## Ruoppaustöiden massayksiköt

- $m^3_{ktr}$  = kiintoteoreettinen kuutio, tarkoittaa teoreettista ruoppausmäärää, joka ei ota huomioon ylikavua eikä massan löyhtymistä
- $m^3_{ktd}$  = kiintotodellinen kuutio, tarkoittaa todellista kiintokuutiota, joka huomioi pääsääntöisesti ylikavun mutta ei massan löyhtymistä
- $m^3_{proumu}$  = proomukuutio (on verrattavissa  $m^3_{itd}$ :hen eli irtokuutioon auton lavalla), tarkoittaa ruopattua massakuutiota proomussa mitattuna, missä on huomioitu ylikavun lisäksi massan löyhtyminen
- $m^3_{rtr}$  = rakenneteoreettinen kuutio, tarkoittaa esimerkiksi läjitetyn massan teoreettista rakennekuutiota (käytetään harvoin ruoppaustöissä)
- $m^3_{rtd}$  = rakennetodellinen kuutio, tarkoittaa läjitetyn massan todellista rakennekuutiota (käytetään jonkin verran ruoppaustöissä)



# 1. Johdanto

Ruoppaukset voidaan karkeasti jakaa kolmeen luokkaan niiden tarkoituksen perusteella: 1) uudisruoppaukset (Capital dredging), jotka tehdään uudisrakentamisen tai maa-ainesten oton vuoksi, esimerkiksi uusien väylien tai satamien rakentaminen, merihiekan nosto, 2) kunnossapitoruoppaukset (Maintenance dredging), kuten olemassa olevien satama-alueiden ja väylien kulkusyvyyksien ylläpito, sekä 3) kunnostusruoppaukset (Environmental dredging), jotka tehdään ympäristöllisistä syistä, esimerkiksi järvien syventäminen tai pilaantuneiden sedimenttien poistaminen niistä aiheutuvien terveys- ja ympäristöriskien vuoksi. Nykyään erotetaan lisäksi omaksi luokakseen ns. ympäristöruoppaukset (Cleanup/remedial dredging), joissa ruopataan pilaantunutta sedimenttiä, usein uudis- ja kunnossapitoruoppausten yhteydessä. Myös kunnostusruoppaukset lukeutuvat pääosin ympäristöruoppauksiin.

## 1.1 Ohjeen sisältö, tavoitteet ja rajaukset

Tässä julkaisussa esitetään menettelytapaohje organotinayhdisteillä ja muilla haitta-aineilla pilaantuneiden sedimenttien ruoppaamiseksi ja ruoppausmassojen käsittelemiseksi sekä em. toimenpiteistä aiheutuvien riskien arvioimiseksi ja riskinhallintatoimenpiteiden optimoimiseksi. Ohjeessa keskitytään uudis- ja kunnossapitoruoppausten yhteydessä tehtäviin pilaantuneen sedimentin ruoppauksiin Suomessa. Ohjeessa esitetyt asiat soveltuvat suurelta osin myös varsinaisten ympäristön kunnostusruoppausten toteuttamiseen. Menettelytapaohjetta ei ole tarkoitettu ns. mökkiruoppauksiin, jotka ovat usein suuruusluokaltaan pieniä ja joita varten on julkaistu aiemmin erillinen opas<sup>1</sup>.

Ohjeessa ei käsitellä puhtaiden sedimenttien ruoppaushankkeiden yhteydessä normaalisti tehtäviä suunnittelu- ja tutkimustoimenpiteitä tai selvityksiä, vaikka ne sisältyvät aina myös pilaantuneiden sedimenttien ruoppaushankkeisiin. Lähtökohtana on pidetty pilaantuneisuutta ja siitä aiheutuvia erityisvaatimuksia ruoppaushankkeiden toteuttamisessa. Kutakin ruoppaus- ja läjityshanketta koskevat ratkaisut tehdään aina tapauskohtaisten tekijöiden ja harkinnan perusteella jo pelkästään siitä syystä, että kohteiden koko ja hankkeiden ympäristövaikutukset vaihtelevat erittäin paljon. Yleisellä tasolla ruoppaus- ja läjitystöissä sekä

---

<sup>1</sup> Majuri, H. 2003. Ruoppaushankkeiden ympäristöohjeita.

sedimenttien käsittelyssä voidaan kuitenkin asettaa yhteisiksi tavoitteiksi töiden suorittaminen ihmisten ja ympäristön kannalta parhaalla mahdollisella tavalla kustannusvaikutukset huomioiden.

Ohjeen sisältö on ryhmitelty siten, että johdanto-osassa (luku 1) esitellään ruoppaus- ja puhdistusvaiheet ja niihin liittyvät vastuut. Luvussa 2 esitellään hankkeisiin liittyvää lupakäytäntöä ja lainsäädäntöä, tarvittavia suunnitelma-asiakirjoja ja niiden sisältöä sekä riskinarvioinnin tarvetta ja periaatteita. Lainsäädännön osalta ei ole pyritty laatimaan tyhjentyvää esitystä, vaan siitä on koottu vain keskeisimmät asiat. Samassa luvussa on arvioitu myös ruoppaus- ja kuljetusmenetelmien, sedimenttien käsittely- ja vedenpoistomenetelmien sekä vesien käsittelytekniikoiden soveltuvuutta. Luvun 2 lopussa käydään läpi läjitysmaahan valintaan vaikuttavia tekijöitä, laadunvarmistusta sekä työnaikaisen ja sen jälkeen tapahtuvan tarkkailun sisältöä. Luvussa 3 kuvataan kohdetutkimusten sisältöä ja toteuttamistapaa alkaen näytteenotosta ja päätyen sedimenttien tutkimiseen ja tarkkailututkimuksiin. Ruoppausmassojen läjitys- ja käsittelytarpeen arviointiin on varattu luku 4. Siinä aihetta lähestytään riskinarvioinnin ja -hallinnan kautta ja päähuomio kiinnitetään ns. harmaalle alueelle. Luvussa 4 käsitellään lisäksi ruoppaus- ja käsittelytekniikoiden aiheuttamia ympäristövaikutuksia. Ohje päättyy lukuun 5, joka käsittelee kustannus-hyötyanalyysiä. Menettelytapaohjeen liitteessä esitetään ns. kolmioverkkomalliin perustuva lähestymistapa kohdekohtaiseen näytteenottoon ja pilaantuneisuuden arviointiin.

Ohjeen luonteesta johtuen lähestymistavaksi on valittu asiakeskeisyys. Eri vaiheisiin liittyviä asioita käsitellään laajemmin projektin taustaraportissa ”Organotinayhdisteillä pilaantuneiden sedimenttien ympäristövaikutukset ja niiden hallinta” sekä ympäristöministeriön laatimassa Sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohjeessa<sup>2</sup>.

Tämä ohje on tarkoitettu töiden teettäjille, ympäristö- ja lupaviranomaisille, urakoitsijoille, suunnittelijoille ja konsulteille. Sitä voidaan käyttää yleisenä ohjekirjana pilaantuneiden sedimenttien ruoppaus- ja käsittelyn suunnittelun ja toteutuksen yhteydessä. Systemaattista toimintamallia voidaan soveltaa luonteeltaan erilaisiin kohteisiin. Ohjetta täydentävään taustaraporttiin on koottu taustaineiston lisäksi materiaalia päätöksentekoa varten.

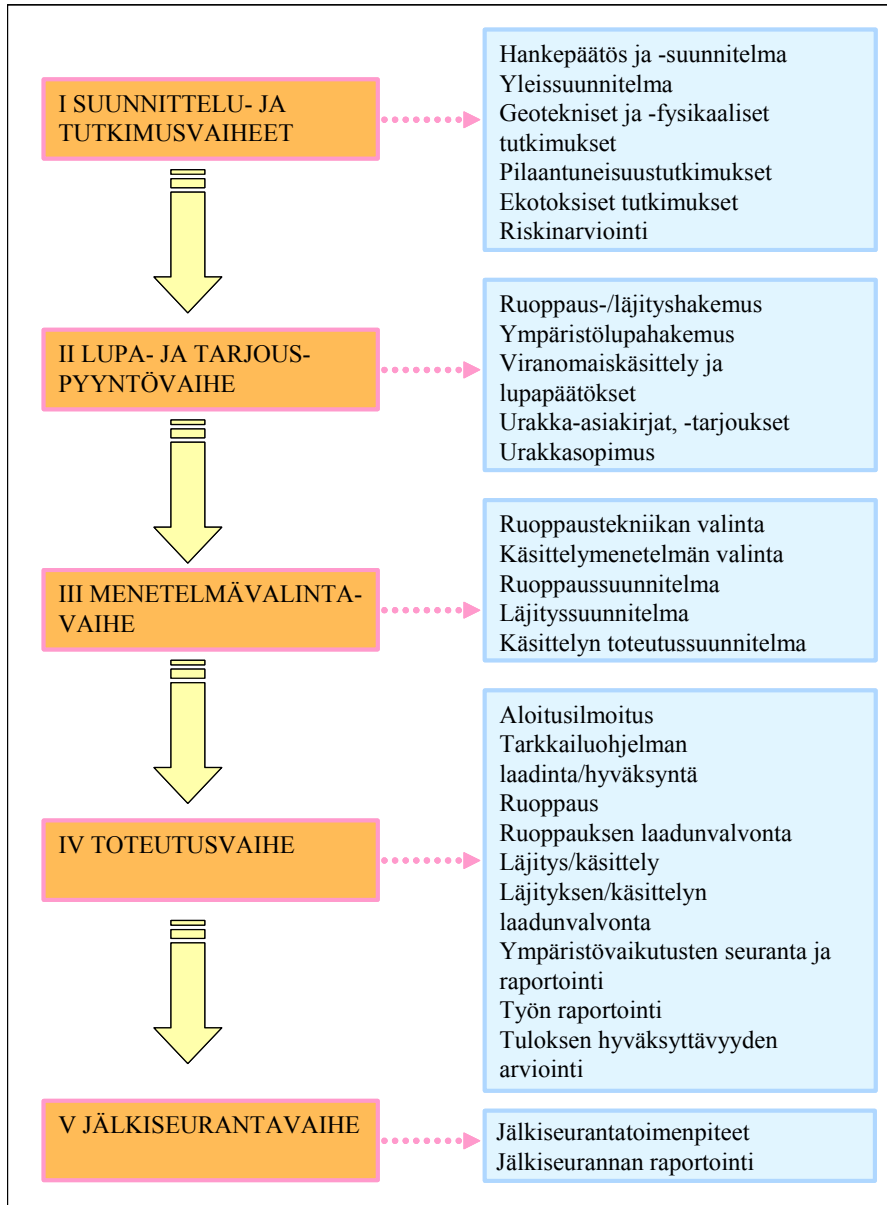
---

<sup>2</sup> Ympäristöministeriö 2004.



## 1.2 Ruoppaus- ja käsittelyhankkeen vaiheet ja eteneminen

Kuvassa 1 esitetään sedimenttien ruoppaus- ja käsittelyhankkeen eteneminen.



Kuva 1. Sedimenttien ruoppaus- ja käsittelyhanke.

## 1.3 Vastuut

Ruoppaus- ja läjityshankkeen eri vaiheiden vastuutahot esitetään taulukossa 1.

*Taulukko 1. Ruoppaus- ja läjityshankkeen eri vaiheiden vastuutahot.*

Vaihe	Vastuutaho
<b>Suunnittelu- ja tutkimusvaiheet</b>	
Hankesuunnitelma	Tilaaaja, työn teettäjä/rakennuttaja
Hankepääätös	Tilaaaja, työn teettäjä/rakennuttaja
Yleissuunnitelma	Tilaaaja, työn teettäjä/rakennuttaja
Tutkimukset (geotekniset ja -fysikaaliset tutkimukset, pilaantuneisuus- ja ekotoksisuustutkimukset)	Tilaaaja, työn teettäjä/rakennuttaja
Riskinarviointi	Tilaaaja, työn teettäjä/rakennuttaja
Alustava ruoppaus- ja läjitys-/käsittelysuunnitelma	Tilaaaja, työn teettäjä/rakennuttaja
<b>Lupa- ja tarjouspyyntövaihe</b>	
Vesilain mukainen lupahakemus	Tilaaaja, työn teettäjä/rakennuttaja
Viranomaiskäsittely ja lupapäätökset	Ympäristölupaviranomainen
Urakkatarjouspyyntö, urakka-asiakirjat	Tilaaaja, työn teettäjä/rakennuttaja
Urakkatarjoukset, ehdotettavat tekniikat ja menetelmät	Urakoitsija
<b>Menetelmävalintavaihe</b>	
Ruoppaustekniikan valinta	Tilaaaja, työn teettäjä/rakennuttaja, urakoitsija
Käsittelymenetelmän valinta	Tilaaaja, työn teettäjä/rakennuttaja, urakoitsija
Ruoppaussuunnitelma	Urakoitsija, tilaaaja, työn teettäjä/rakennuttaja
Läjitys-suunnitelma	Urakoitsija, tilaaaja, työn teettäjä/rakennuttaja
Käsittelyn toteutussuunnitelma	Urakoitsija
Urakkasopimus	Tilaaaja, työn teettäjä/rakennuttaja
<b>Toteutusvaihe</b>	
Aloitussilmoitus	Urakoitsija
Tarkkailuohjelman laadinta/hyväksyntä	Urakoitsija, riippumaton laadunvalvoja, valvontaviranomainen
Ruoppaus	Urakoitsija
Ruoppauksen laadunvalvonta	Tilaaaja/urakoitsija, riippumaton laadunvalvoja
Läjitys/käsittely	Urakoitsija
Läjityksen/käsittelyn laadunvalvonta	Tilaaaja/urakoitsija, riippumaton laadunvalvoja
Ympäristövaikutusten seuranta ja raportointi	Urakoitsija, riippumaton laadunvalvoja
Työn raportointi	Urakoitsija, tilaaaja, työn teettäjä/rakennuttaja
Tuloksen hyväksyttävyyden arviointi	Tilaaaja, työn teettäjä/rakennuttaja, valvontaviranomainen
Valmistumisen ilmoitus	Urakoitsija
<b>Jälkiseurantavaihe</b>	
Jälkiseurantatoimenpiteet	Tilaaaja, työn teettäjä/rakennuttaja, viranomainen valvoo
Jälkiseurannan raportointi	Tilaaaja, työn teettäjä/rakennuttaja, viranomainen valvoo

## 2. Pilaantuneisuuden vaikutus ruoppaus- ja läjityshankkeisiin

### 2.1 Lainsäädäntö ja lupa-asiat

Vesilaki (264/1961) on ruoppausten ja mereen läjitysten kannalta keskeisin laki. Lisäksi pilaantuneen sedimentin ruoppaamisessa, läjityksessä ja muussa käsittelyssä on soveltuvin osin noudatettava ympäristönsuojelulain säännöksiä (86/2000, etenkin 9, 28, 41–44, 46, 55, 57–58 §). Ruoppausmassojen läjitys- ja muissa käsittelyhankkeissa on myös tarvittaessa otettava huomioon mm. valtioneuvoston päätös kaatopaikoista (861/1997) ja merensuojelulain (1415/1994, 1 ja 9 §), luonnonsuojelulain (1096/1996, 65 §), muinaismuistolain (295/1963, 20 §) sekä maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) säännökset. Ruoppausmassat ovat jätteitä, joten massojen käsittelyhankkeiden osalta on muistettava myös ympäristövaikutusten arviointia koskevat säädökset (Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 468/1994, Asetus ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 268/1999, 6 §, kohta 11). Ns. hanke-YVA ei kuitenkaan koske ruoppausmassojen hyötykäyttöhankkeita.

Pilaantuneiden sedimenttien ruoppaukseen ja läjitykseen tarvitaan aina vesilain mukainen lupa. Luvat haetaan tavallisesti yhdessä. Pilaantuneisuudesta johtuen lupaharkinnassa sovelletaan tällöin myös ympäristönsuojelulakia. Pilaantunutta sedimenttiä koskevan vesilain mukaisen lupahakemuksen yhteydessä (ks. [www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi)) on viranomaiselle toimitettava mm. seuraavat tiedot:

- ruoppaus- ja läjityshankkeen perustelut
- ruoppaus- ja läjitysmenetelmien arviointi
- ruopattavan sedimentin laadun arvioiminen
- läjitysaluetta koskevat tiedot
- läjitysvaihtoehtojen arvioiminen
- vaikutusarvio.

Läjitysvaihtoehtojen osalta (mereen, rantavyöhykkeelle, maalle) tulee tehdä tarkka vertaileva arvio esim. riskinarvioinnin avulla. Myös taloudelliset vaikutukset ja ekotehokkuusnäkökohdat tulee huomioida vertailussa. Sedimenttien

meriläjituskelpoisuutta on tarkasteltu ympäristöministeriön julkaisemassa Sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohjeessa<sup>3</sup>.

Jos lupahakemukseen vaadittavista tiedoista on epäselvyyttä, lisätietoja voi kysyä alueelliselta ympäristökeskukselta.

Pilaantuneiden sedimenttien ammattimainen ja laitosmainen käsittely ja hyödyntäminen edellyttävät ympäristönsuojelulain mukaista ympäristölupaa. Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista<sup>4</sup> koskee pilaantuneiden sedimenttien sijoittamista maalle. Päätöstä ei sovelleta pilaantumattoman maa-aineksen kaatopaikkaan eikä tavanomaiseksi jätteeksi luokiteltavan ruoppausmassan sijoittamiseen veteen. Tavanomaisella jätteellä tarkoitetaan jätettä, joka ei ole ongelmajätettä. Sedimenttien haitta-ainepitoisuudet jäävät useimmiten alle ongelmajäterajan. Maalle sijoitettaessa voidaan käyttää soveltuvien osien apuna myös valtioneuvoston asetusta maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista<sup>5</sup>.

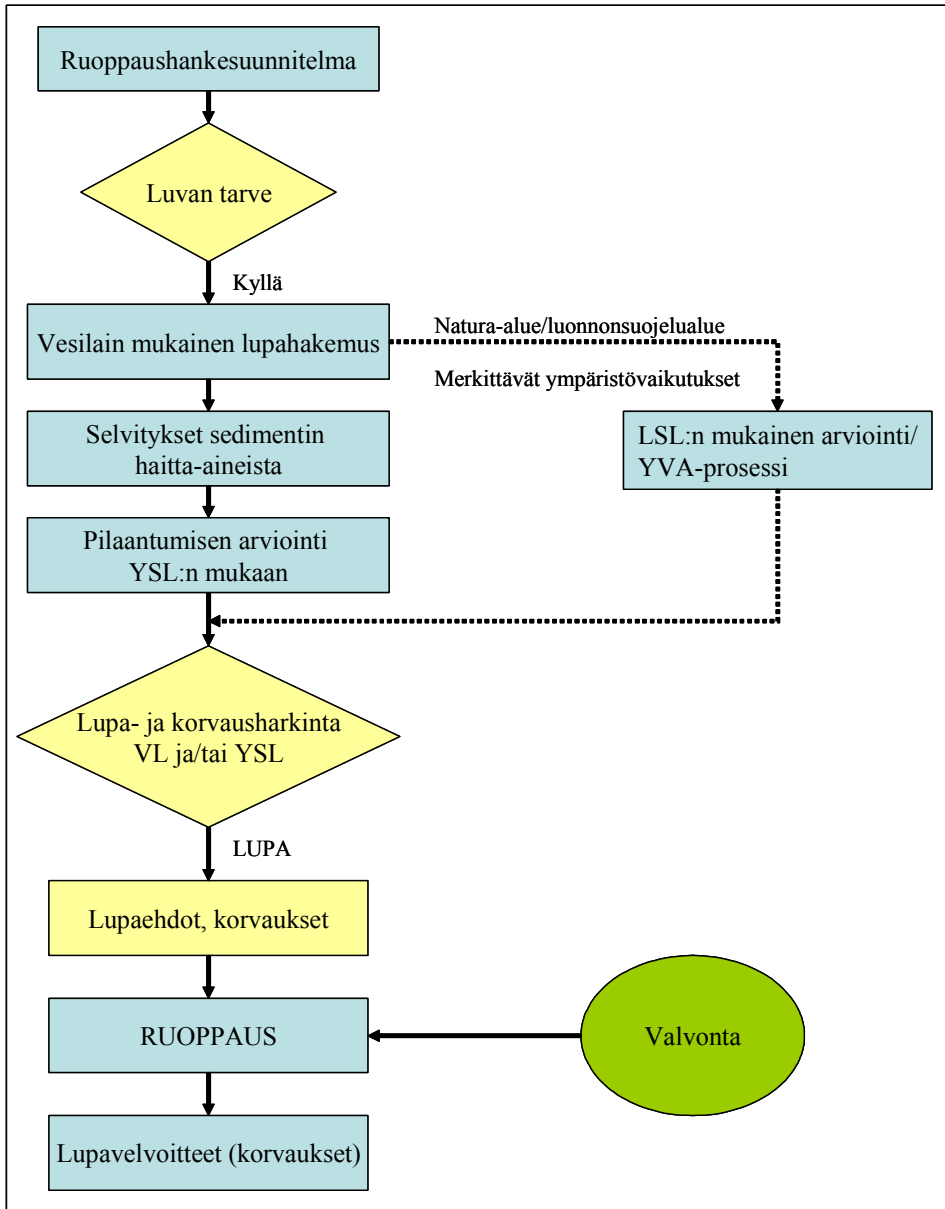
Seuraavissa kuvissa (kuvat 2 ja 3) esitetään ruoppaushankkeen ja läjityshankkeen lupaprosessit. Kuvissa sinisellä merkityt laatikot ovat hakijan ja keltaiset lupaviranomaisen vastuulla. Vihreällä merkityt soikiot ovat hakijan, urakoitsijan ja valvontaviranomaisen vastuulla.

---

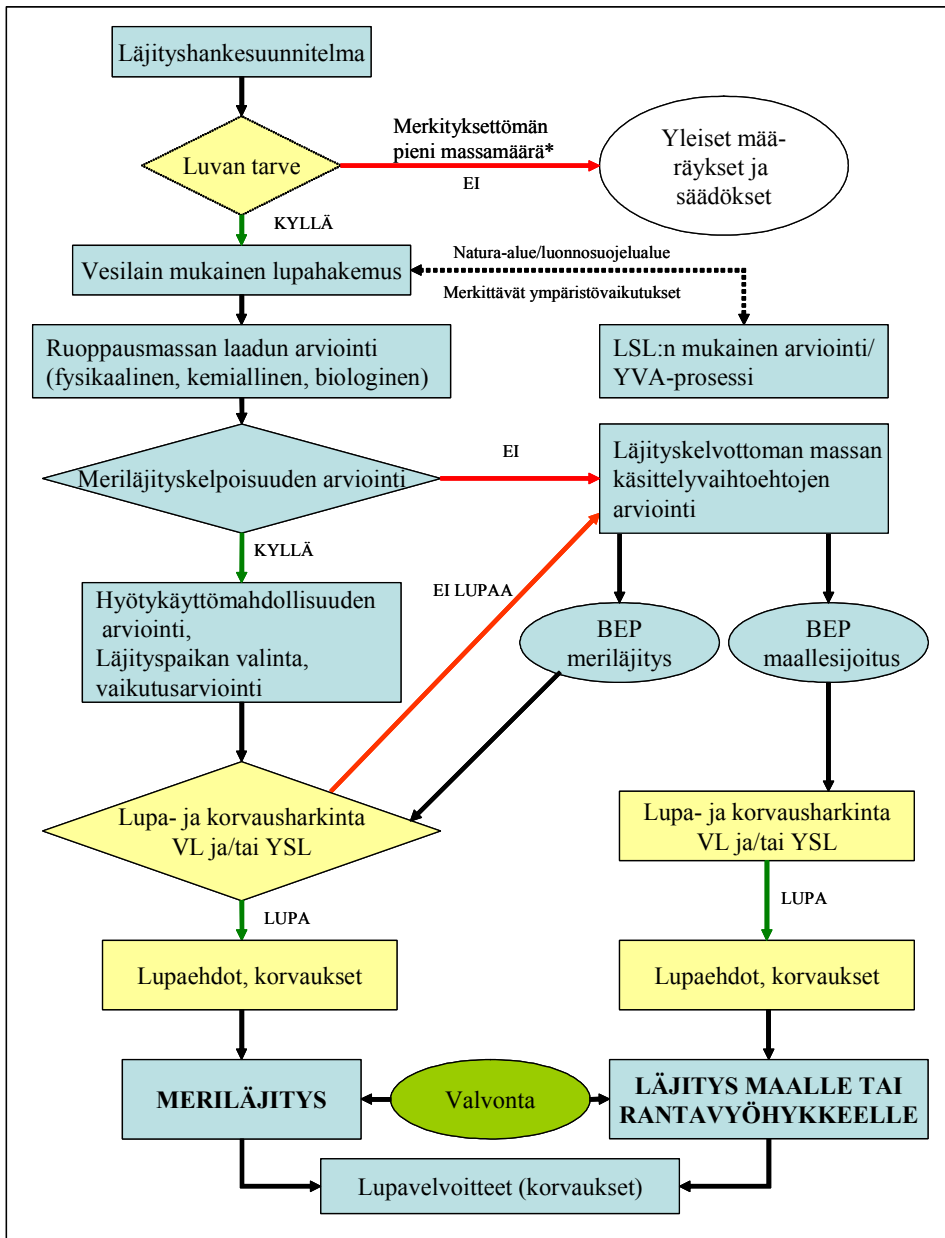
<sup>3</sup> Ympäristöministeriö 2004.

<sup>4</sup> VNp 861/1997.

<sup>5</sup> VNa 2007.



*Kuva 2. Pilaantuneen sedimentin ruoppaushankkeen lupaprosessi.*



\* Arvioidaan tapauskohtaisesti ottaen huomioon mm. pilaantuneisuus.

Kuva 3. Läjätyshankkeen lupaprosessi.

## 2.2 Suunnitelma-asiakirjat

Suunnitelma-asiakirjoilla tarkoitetaan tässä yhteydessä yleissuunnitelmaa sekä ruoppaus- ja läjityssuunnitelmaa. Sedimentin todettu tai epäilty pilaantuneisuus vaikuttaa suunnitelmien sisältöön ja laadintaan etenkin seuraavilta osin.

### Yleissuunnitelma

Hankesuunnittelu käynnistetään esiselvityksellä, jonka yhteydessä mm. kartoitetaan kohteesta olemassa olevat tutkimus- ja muut lähtötiedot. Kerätyn tietoaineiston perusteella selvitetään alustavasti, onko kohteessa mahdollisesti riskiä aiheuttavia haitta-ainepitoisuuksia, ja tehdään suunnitelma mahdollisen pilaantuneisuuden edellyttämistä jatkotutkimuksista. Jotta päätös jatkotutkimusten tarpeesta pystytään tekemään, esiselvitysvaiheen tiedonhankinnassa tulisi etsiä vastauksia mm. seuraaviin kysymyksiin:

- Mitä tiedetään kohteesta tapahtuneesta aikaisemmasta toiminnasta ja mahdolliseen pilaantuneisuuteen vaikuttavista tekijöistä?
- Tuleva toiminta kohteessa? Riskitasoon vaikuttavat muutokset nykytilanteeseen verrattuna?
- Onko kohteessa tehty pilaantuneisuustutkimuksia? Onko tutkittu kaikki kohdassa 3.2.3 mainittujen haitta-aineiden pitoisuudet?
- Tehtyjen pilaantuneisuustutkimusten luotettavuus ja riittävyys (laatu, ajan kohta, tutkimuspisteiden määrä)?

Jatkotutkimukset ovat yleensä tarpeen, jos selvityksessä todetaan, että kohteessa on tai epäillään olevan merkittäviä määriä sedimenttejä, joissa haitta-ainepitoisuudet ylittävät tason 1.

Yleissuunnitelman sisältö noudattelee normaalin ruoppaushankkeen yleissuunnitelmaa. Kaikissa suunnitteluvaiheissa kiinnitetään erityistä huomiota ympäristövaikutusten selvittämiseen ja hallintaan sekä riskinarvioinnin tarpeeseen ja toteutukseen. Ruopatun sedimentin meriläjityskelpoisuuden arviointi nousee myös tärkeään asemaan hankkeen talouden ja toteutuksen kannalta.

### Ruoppaus- ja läjityssuunnitelma

Ruoppaus- ja läjityssuunnitelmien sisältö vastaa pääpiirteissään puhtaiden sedimenttien ruoppausta varten laadittavia suunnitelmia. Erityistä huomiota on kui-

tenkin kiinnitettävä riskien hallintaan (ks. myös kohta 4.3). Ruoppaus- ja läjitysuunnitelma sisältää urakoitsijan laatusuunnitelman, jonka yksi osa koostuu työnaikaisten riskien arviointiasiakirjoista (ks. myös kohta 2.7). Työnaikaisten riskien arvioinnin tarkoituksena on tunnistaa riskit ja niistä mahdollisesti aiheutuvat seuraukset sekä löytää ja kuvata toimenpiteitä, joilla riskejä vähennetään ja minimoidaan. Näitä toimenpiteitä kuvataan myös muissa projektiin liittyvissä suunnitelmissa, kuten laatu-, turvallisuus- ja ympäristösuunnitelmissa sekä eri työvaiheisiin liittyvissä menetelmäkuvauksissa.

### 2.3 Riskinarvioinnin tarve ja periaatteet

Riskillä voidaan tarkoittaa kohteen pilaantuneisuudesta aiheutuvan riskin lisäksi myös muita ympäristöriskejä, turvallisuusriskejä sekä taloudellisia ja yhteiskunnallisia riskejä. Tässä ohjeessa otsikolla ”riskinarviointi” käsitellään kuitenkin ainoastaan sedimenttien pilaantuneisuudesta aiheutuvien riskien arviointia. Muita ympäristövaikutuksia käsitellään luvussa 4.4. Haitta-aineiden työnaikaiseen leviämiseen vaikuttavien riskitekijöiden tunnistamista ja niistä aiheutuvien riskien minimointia ja hallintaa käsitellään luvussa 4.3. Vaikka vesi- ja maarakennustoiminnan normaaleja onnettomuus- ja työturvallisuusriskejä ei tässä käsitellä, niiden tunnistaminen ja hallinta on tärkeää myös pilaantuneita sedimenttejä käsiteltäessä.

Pilaantuneisuudesta aiheutuvan riskin arvioinnin tavoitteena on tunnistaa kohteessa merkittävät haitta-aineet ja saada käsitys niiden aiheuttaman haitan todennäköisyydestä ja seurausten vakavuudesta. Tuloksia käytetään riskienhallintaa koskevassa päätöksenteossa. Yksinkertaisimmissa tapauksissa päätös ruoppausmassan läjityskelpoisuudesta tai mahdollisten riskienhallintatoimenpiteiden tarpeesta voidaan tehdä vertaamalla todettuja haitta-ainepitoisuuksia laatukriteereihin. Ruopattavien sedimenttien **loppusijoituspaikan valintaa** ohjaavat osaltaan Sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohjeessa<sup>6</sup> esitetyt tason 1 ja tason 2 laatukriteerit **meriläjitykselle** (taulukko 2). Läjityskelpoisuutta arvioitaessa selvitetään normalisoitujen haitta-ainepitoisuuksien perusteella, mihin ”luokkaan” ruoppausjäte on luokiteltavissa:

- Haitaton ruoppausmassa eli haitta-ainepitoisuudeltaan tason 1 alittava ruoppausjäte on mereen läjityskelpoista.

---

<sup>6</sup> Ympäristöministeriö 2004.



- Mahdollisesti pilaantuneen ruoppausmassan (tason 1 ja tason 2 välillä ns. ”harmaalla alueella” oleva massa) läjityskelpoisuus arvioidaan tapauskohtaisesti. Tämä arviointi voi edellyttää lisänäytteiden ottoa ja mm. täydentäviä ekotoksikologisia tai liukoisuustutkimuksia.
- Pilaantunut ruoppausmassa eli haitta-ainepitoisuuksiltaan tason 2 ylittävä ruoppausjäte on pääsääntöisesti meriläjityskelvotonta. Se voidaan sijoittaa mereen, jos maalle sijoittamisen vaihtoehto on ympäristön kannalta huomionpi ratkaisu. Tämä arvioidaan sijoitusvaihtoehtojen kokonaisympäristövaikutusten ja -riskien perusteella.

Jos sedimenttiä **hyödynnetään maa-alueilla**, voidaan sijoituskelpoisuuden arvioinnissa käyttää valtioneuvoston asetuksessa<sup>7</sup>, joka koskee maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointia, annettuja kynnysarvoja ja alempia ohjearvoja<sup>8</sup> seuraavasti:

- Jos ruoppausmassojen pitoisuudet alittavat kynnysarvon, haitta-ainepitoisuudet eivät rajoita ruoppausmassojen sijoittamista tai hyötykäyttöä.
- Jos ruoppausmassojen pitoisuudet ovat alemman ohjearvon ja kynnysarvon välillä, on osoitettava, että ruoppausmassa on käyttötarkoitukseen teknisesti soveltuvaa eikä hyötykäytöstä aiheudu vaaraa tai haittaa ympäristölle. Arviointi voidaan yleensä tehdä pitoisuustutkimusten ja teknisen soveltuvuuden arvioinnin perusteella, kun ruoppausmassa sijoitetaan pohjaveden pinnan yläpuolelle.
- Jos ruoppausmassojen pitoisuudet ylittävät alemman ohjearvon, osoitetaan tapauskohtaisesti, että haitta-ainepitoisuudet eivät kyseisessä kohteessa aiheuta vaaraa ympäristölle tai terveydelle. Tributyyliitinayhdisteet ovat mukana vesipolitiikan alan prioriteettiaineiden luettelossa<sup>9</sup>, ja niille on ehdotettu pintavesien laatumormeja (ks. taulukko 15).

---

<sup>7</sup> VNa 2007.

<sup>8</sup> Kynnysarvo 0,1 mg/kg, alempi ohjearvo 1 mg/kg, ylempi ohjearvo 2 mg/kg; tributyyliitin (TBT) ja trifenyylitinan (TPT) summapitoisuus.

<sup>9</sup> Ks. lähde Euroopan parlamentin ja neuvoston päätös N:o 2455/2001/EY.

Ruoppausmassojen hyödyntäminen rakenteissa edellyttää usein esikäsitellyä teknisten ominaisuuksien parantamiseksi. Siksi käytännössä arvioidaan usein stabiloidun tai muulla tavoin esikäsitellyn massan sijoituskelpoisuutta.

*Taulukko 2. Ruoppausmassojen laatuksiteerit normalisoiduille pitoisuuksille (Ympäristöministeriö 2004).*

Aine	Taso 1*	Taso 2
<b>Metallit (mg/kg kuiva-ainetta)</b>		
elohopea (Hg)	0,1	1
kadmium (Cd)	0,5	2,5
kromi (Cr)	65	270
kupari (Cu)	50	90
lyijy (Pb)	40	200
nikkeli (Ni)	45	60
sinkki (Zn)	170	500
arseeni (As)	15	60
<b>Polyaromaattiset hiilivedyt (PAH) (mg/kg kuiva-ainetta)</b>		
naftaleeni	0,01	0,1
antraseeni	0,01	0,1
fenantreeni	0,05	0,5
fluoranteeni	0,3	3
bentso(a)antraseeni	0,03	0,4
kryseeni	1,1	11
bentso(k)fluoranteeni	0,2	2
bentso(a)pyreeni	0,3	3
bentso(a)peryleeni	0,8	8
indeno(123-cd)pyreeni	0,6	6
<b>mineraaliöljy</b>	50	1500
<b>DDT+DDE+DDD</b>	0,01	0,03

Taulukko 2. Jatkoa.

PCB:t (IUPAC-numerot) (ug/kg kuiva-ainetta)		
28	1	30
52	1	30
101	4	30
118	4	30
138	4	30
153	4	30
180	4	30
tributyylitina (TBT) **		
	3	200
Dioksiinit ja furaanit (ng WHO-TEQ/kg)		
(PCDD ja PCDF)	20	500

\* Metallien osalta tasoa 1 voidaan tarvittaessa tarkistaa alueellisten luonnollisten taustapitoisuuksien perusteella. Tarkistusmahdollisuus ei koske tasoa 2.

\*\* Suosituksen mukaan trifenyylitinalle (TPT) käytetään seuraavia laatuksiteerejä (Ympäristöministeriö 2006):

– taso 1: 3 µg/kg kuiva-ainetta normalisoituna

– taso 2: 200 µg/kg kuiva-ainetta normalisoituna tributyyli- (TBT) ja trifenyylitinan (TPT) summapitoisuutena.

Jos ruoppausmassoja **hyödynnetään ranta-alueiden<sup>10</sup> rakenteissa**, on tarpeen osoittaa kohdekohtaisella riskinarvioinnilla, että suunnitellut riskinhallintatoimenpiteet ovat riittävät estämään haitta-aineiden päätyminen vastaanottavaan vesistöön haitallisina pitoisuuksina. Etenkin organotinayhdisteiden osalta on huomioitava, että ne kuuluvat EU:n luokituksessa ns. prioriteettiaineisiin, joita koskevat erityisen tiukat säädökset (ks. kohta 4.1.2). Haitta-aineita sisältävää vettä ei saa johtaa mereen (esim. vedenpoiston yhteydessä).

Haitta-ainepitoisuuksiltaan alemman ohjearvon<sup>11</sup> alittavia ruoppausjätteitä voidaan sijoittaa ilman erillisiä kaatopaikatutkimuksia sellaiselle **tavanomaisen sekajätteen kaatopaikalle**, jonne ei vastaanoteta stabiilia ongelmajätettä, tai **tavanomaisen pilaantuneen maa-ainesjätteen kaatopaikalle**. Kaatopaikkakelpoisuus osoitetaan tällöin pilaantuneisuustutkimusten yhteydessä saatujen haitta-ainepitoisuuksien perusteella. Alemman ohjearvon ylittyessä ruoppausjät-

<sup>10</sup> Ranta-alueella tarkoitetaan tässä yhteydessä rantaviivan ulottuvaa aluetta, esim. merestä penke-reellä eristettyä allasta, sekä rantaviivan välittömässä läheisyydessä sijaitsevaa aluetta, jossa läjitysmassat sijaitsevat osin tai kokonaan meren pinnan alapuolisella tasolla, esim. kenttärakenne satama-alueella

<sup>11</sup> VNa 2007.

teen kaatopaikkakelpoisuus on aina osoitettava erikseen. Sedimenttimassan kaatopaikkasijoituksessa ongelmaksi saattaa muodostua massasta erottuva vesi.

Jo ennen sedimenttien läjitys- tai hyötykäyttökelpoisuuden arviointia tai samanaikaisesti sen kanssa saattaa olla tarpeen arvioida sedimenttien sisältämien haitta-aineiden **alkuperäisessä sijaintikohteessa** aiheuttama riski. Tätä tietoa voidaan tarvita ruopattavan alueen rajaamisessa tai kohteen ruoppauksen jälkeisen jäännösriskitason arvioinnissa. Lisäksi arvioidaan ainakin karkealla tasolla **ruoppauksen aikaisen riskin taso** ja mahdollinen tarve vähentää riskiä ruoppausmenetelmän, -kaluston ja sen lisälaitteiden valinnalla tai muilla suojaustoimilla (ks. luku 4, taulukko 18).

## 2.4 Ruoppaus- ja kuljetusmenetelmien soveltuvuus

Pilaantuneen sedimentin ruoppaushankkeessa ruoppaajan soveltuvuuteen vaikuttavat erityisesti

- ruopattava maalaji ja kerrospaksuus
- sedimentin pilaantuneisuus
- ruoppaajan tarkkuus
- ruoppauksen ympäristövaikutukset, kuten samentuminen
- ruoppauskohteen olosuhteet
- käsittely-yksikön kapasiteetti ja sen asettamat rajoitukset sedimentin vesipitoisuudelle.

Pilaantuneen sedimentin kuljetustapaa valittaessa on huomioitava erityisesti proomun tai putkiston tiiviys sekä ruopatun sedimentin tiheyden pysyminen mahdollisimman lähellä luonnontilaista kuljetuksen aikana (ei vesilisäystä).

Suomen olosuhteisiin soveltuvat ruoppaajat esitetään taulukossa 3.

Taulukko 3. Suomen olosuhteisiin soveltuvat ruoppajat.

Ruoppaja	Ruopattava maalaji										
	lieju	muta	turve	savi	siltti	hiekk	sora	moreeni	somero	kivikko	louhikko
Kahmarikauha- ruoppaja a)											
Kahmarikauha- ruoppaja, ympäristökauha a)											
Kuokkakauha- ruoppaja a)											
Kuokkakauha- ruoppaja, suljettu kauha								1	1	1	1
Imuruoppaja b)			2								

	soveltuu
	rajoitteita
	ei sovellu

- 1 suuret kivet ja lohkareet estävät kauhan sulkeutumisen tiiviisti
- 2 puisuus < 30 %
- a) haitallisten ympäristövaikutusten vähentämiseksi käytetään esim. silttiverhoa
- b) ei sovellu suurta tarkkuutta vaativiin ruoppauskohteisiin ja edellyttää riittävää läjitysallasta

Ruoppaustarkkuuteen vaikuttavat mm. seuraavat tekijät:

- ruoppaussyvyys
- ruoppausmenetelmä
- valvontalaitteet
- pohjan profiili
- pohjan maalaji ja kiintoainepitoisuus.

Taulukossa 4 esitetään Suomen olosuhteisiin soveltuvilla ruoppajilla saavutettava ruoppaustarkkuus.

Taulukko 4. Ruoppaajilla saavutettava teoreettinen ruoppaustarkkuus.

Ruoppaaja	Ruoppaus-syvyys	Teoreettinen ruoppaus-tarkkuus	Huomioitavia tekijöitä
Kahmarikauharuoppaaja	Tyypillisesti 0–20 m Maksimissaan 40 m	Pystysuunnassa 15–50 cm kaivunvalvontajärjestelmää käyttämällä.  Vaakasuunnassa 5 cm paikanmäärityslaitteistoja käyttämällä.	Ruoppaustarkkuus ei kovin hyvä ilman kaivunvalvontajärjestelmää. Ohuiden sedimenttikerrosten ruoppaus mahdollista ympäristöruoppaukseen suunnitellulla kauhalla. Vaijerivartiseen kauhaan saattaa syntyä heiluriliikettä, joka heikentää ruoppaustarkkuutta.  Käytetään rannalle sijoitettua vertailuasemaa.
Kuokkakauharuoppaaja	Tyypillisesti 0–19 m Maksimissaan 27 m	Pystysuunnassa 10–15 cm ja vaakasuunnassa 10 cm kaivunvalvontajärjestelmää käyttämällä.  Vaakasuunnassa 5 cm paikanmäärityslaitteistoja käyttämällä.	Ruoppaustarkkuus ei kovin hyvä ilman kaivunvalvontajärjestelmää.  Käytetään rannalle sijoitettua vertailuasemaa.
Imuruoppaaja	Tyypillisesti 1–48 m	Pystysuunnassa 10–20 cm lisälaitteita, ns. ”dustpania” käyttämällä.	Normaalisti ruoppausjälki epätasaista. Ruoppaustarkkuus heikenee ruoppausvyödyden kasvaessa.

Suunniteltuun ruopattavan kerroksen paksuuteen lisätään yleensä käytännön systä ns. ylikuoppausta. Normaaliruoppauksissa (puhdas sedimentti) ruopataan yleensä 0,5–0,7 m ylisyväksi. Ympäristöruoppauksissa pyritään pienempään lukemaan: esimerkiksi mikäli ruopattava kerros on 30 cm paksu, käytännössä ruopataan 40 cm. Ympäristöruoppauksissa on käytössä myös ns. overlapping, jolloin kauhan vedot sijoittuvat aina osin jo ruopatulle alueelle. Ruoppaustarkkuuden arvioinnissa on lisäksi huomioitava, että mikäli pohjan sedimenttiaineksen kiintoainepitoisuus on erittäin pieni, ei esim. 20 cm:n ruoppaus aiheuta ”kuoppaa” pohjaan, vaan ruoppausjälki täyttyy nopeasti löyhästä sedimentistä.

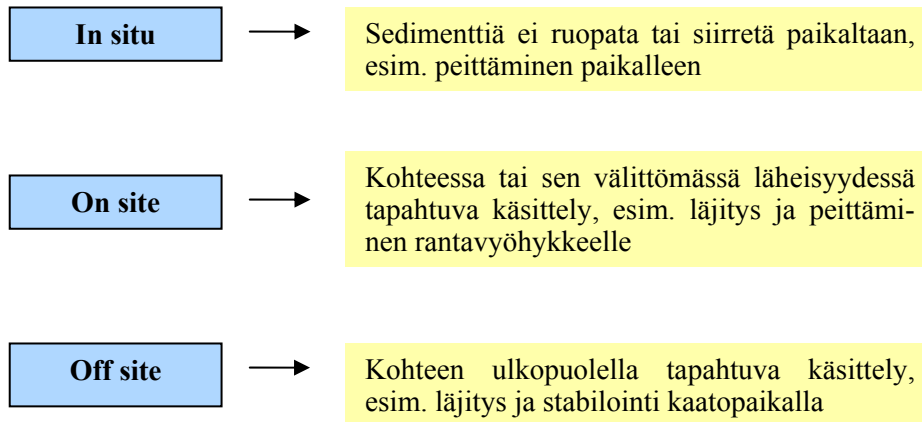
Taulukossa 5 on yhteenvedo sedimentin kuljetusmenetelmien eduista ja haitoista.

*Taulukko 5. Sedimenttien kuljetusmenetelmävaihtoehtojen edut ja haitat.*

Menetelmä	+	-
Pumppu/ putkisto	Vähäinen energiankulutus, alhainen melu- ja päästötaso, ei riippuvainen vesisyvyydestä, suljettu järjestelmä	Kuljetus veden avulla lisää vesipitoisuutta ja tilavuutta (betonipumpulla ei tarvita vesilisäystä), rajoitettu siirtoetäisyys
Hopperi	Ei vesilisäystä, nopea purku, soveltuu hyvin myös pumppu-/putkistotyhjennykseen	Jonkin verran melu- ja pakokaasupäästöjä, avoin lastitila, luontaisesti korkea ruoppausmassan vesipitoisuus, vuoto-riski, (jos ylivuotoa ei sallita, kapasiteetti pienenee)
Palkoproomu	Ei vesilisäystä, nopea purku	Jonkin verran melu- ja pakokaasupäästöjä, avoin lastitila, vuotoriski
Pohjaluukku- proomu	Ei vesilisäystä	Jonkin verran melu- ja pakokaasupäästöjä, avoin lastitila, vuotoriski, hitaampi purku kuin palkoproomulla, lisää sedimentin liettymistä

## 2.5 Käsittelymenetelmien soveltuvuus

Pilaantuneiden sedimenttien käsittelymenetelmät voidaan jakaa käsittelypaikan perusteella kuvan 4 mukaisesti.



*Kuva 4. Pilaantuneiden sedimenttien käsittelymenetelmät.*

Vaihtoehtoisesti jaottelu voi perustua menetelmän toimintaperiaatteeseen: uudelleensijoitus, eristäminen, mekaaninen erottelu, haitta-aineen erottelu, haitta-aineen tuhoaminen tai haitta-aineen sitominen. Eri menetelmiä voidaan tarvittaessa myös ketjuttaa.

Taulukossa 6 esitetään menetelmät, jotka Suomen olosuhteissa soveltuvat parhaiten organotinayhdisteillä pilaantuneiden sedimenttien käsittelyyn.

*Taulukko 6. Organotinayhdisteitä sisältävien sedimenttien käsittelyyn parhaiten soveltuvat menetelmät Suomen olosuhteissa.*

KÄSITTELYMENETELMÄ	HUOMIOITAVIA TEKIJÖITÄ
MERIYMPÄRISTÖ	
1. Läjittäminen mereen	Läjityskelpoisuus arvioidaan tapauskohtaisesti
1.1 Kaivettu tai louhittu sijoituspaikka	Virtaus-/sedimentaatio-olosuhteet
1.2 Luonnontilainen syväne	Virtaus-/sedimentaatio-olosuhteet
1.3 Tasaiselle pohjalle	Stabiiliteettiongelmat, virtaus-/sedimentaatio-olosuhteet
2. Peittäminen in situ	Virtaus-/sedimentaatio-olosuhteet, alueen käyttörajoitukset
3. Peittäminen off site mereen	Virtaus-/sedimentaatio-olosuhteet, haitta-ainepitoisuus
4. Eristetty rakenne	



*Taulukko 6. Jatkoa.*

RANTAVYÖHYKE	
5. Läjittäminen altaaseen (luonn.biohaj.)	Alueen käyttörajoitukset
6. Läjittäminen altaaseen ja peittäminen	Kantavuusongelmat
7. Stabilointi ja peittäminen/eristäminen	Stabilointiaineiden vaikutus haitta-aineiden liukoisuuteen
8. Geotuubi ja eristäminen/peittäminen	Ei suurille massamäärille, vesien hallinta huomioitava
MAAYMPÄRISTÖ	
9. Läjittäminen maalle	Vesien hallinta huomioitava, alueen käyttörajoitukset
10. Läjittäminen maalle ja eristäminen	Vesien hallinta huomioitava, alueen käyttörajoitukset
11. Kaatopaikkasijoitus	Kaatopaikkakelpoisuus selvitettävä, vedenpoisto
12. Stabilointi ja peittäminen	Stabilointiaineiden vaikutus haitta-aineiden liukoisuuteen
13. Geotuubi ja eristäminen	Ei suurille massamäärille, vesien hallinta huomioitava
LAITOSYMPÄRISTÖ	
14. Termodesorptio	Ei suurille massamäärille, vain orgaanisille aineille, vedenpoisto
15. Pesu	Ei suurille massamäärille, karkean aineksen osuus oltava suuri

laaja-alainen soveltuvuus  
 soveltuvuudessa rajoitteita

Ruopattu sedimentti sisältää noin 80–95 % vettä. Kuljetus kuorma-autokalustolla ja/tai käsittely tietyillä menetelmillä edellyttää sedimenttien kuiva-ainepitoisuuden nostamista merkittävästi. Kuivatus voi tapahtua joko laskeuttamalla läjitysaltaassa tai mekaanisesti. Usein vedenerotusta tehostetaan kemikaalikäytöllä. Kemikaalikäyttö vähentää myös erottuvan veden sameutta, jolloin veden jatkokäsittely ja/tai palauttaminen mereen yksinkertaistuu.

Taulukossa 7 esitetään vedenpoistoon soveltuvat menetelmät.

*Taulukko 7. Vedenpoistomenetelmät.*

VEDENPOISTOMENETELMÄ	HUOMIOITAVIA TEKIJÖITÄ
Laskeuttaminen altaassa	Hidas, tilaa vievä, erotusaste
Geotubikäsitteily	Käsitteilyaika, erottuva vesi kirkas
Suotonauhapuristus	Nopea, edellyttäne sedimentin esiseulonnan
Linkous	Nopea, edellyttää usein sedimentin esiseulonnan
	laaja-alainen soveltuvuus
	rajoitettu kapasiteetti

Kuivatusvedet sekä käsitteily- ja loppusijoituspaikoilla muodostuvat suoto- ja pintavedet on pääsääntöisesti koottava ja johdettava keräysaltaaseen tai -kaivoon. Vesi on aina tutkittava ja tarvittaessa puhdistettava ennen sen johtamista luontoon tai viemäriin. Organotinayhdisteitä sisältävien vesien käsitteilyyn soveltuvia tekniikoita on taulukossa 8.

*Taulukko 8. Organotinayhdisteitä sisältävien vesien käsitteilyyn soveltuvia tekniikoita.*

KÄSITTELYTEKNIikka	HUOMIOITAVIA TEKIJÖITÄ
Aktiivilietekäsitteily	Tuottaa haitta-aineita sisältävää lietettä
Aktiivihiiisuodatus	Kallis, käytetyn hiilen käsitteily tarpeen
UV-hapetus + kemiallinen hapetus	Suuri kemikaalitarve
Liutinuutto	Kallis
Aktiivihiiipulverikäsitteily ja saostus	Ei suurille pitoisuuksille, kallis
Saostus ja aktiivihiiisuodatus	Suuret investointikustannukset
UV-hapetus	Pitkä käsitteilyaika, kallis
Kemiallinen hapetus	Kemikaalitarve
Strippaus	Kaasujen käsitteilytarve
	laaja-alainen soveltuvuus
	rajoitettu kapasiteetti

Taulukossa 8 esitetyt menetelmät voivat soveltua myös muille haitta-aineille kuin organotinayhdisteille. Tarkempi soveltuvuus on selvitettävä aina tapauskohtaisesti.

## 2.6 Meriläjäytyspaikan valinta

Haitta-aineita sisältävien sedimenttien meriläjäytyspaikan valintaperusteet ovat pääsääntöisesti samat kuin puhtaan sedimentin kohdallakin. Erityistä huomiota on kuitenkin kiinnitettävä sijaintiin (kuten herkäät luontoalueet, kutu- ja kalastusalueet), pohjan topografiaan sekä vesisyvyyteen ja virtausolosuhteisiin. Haitta-aineita mahdollisesti sisältävien sedimenttipartikkelien uudelleen liettymistä ja kulkeutumista läjäytysalueen ulkopuolelle voidaan vähentää huolellisella läjäytyspaikan valinnalla. Läjitysmaat sijoitetaan lähtökohtaisesti luonnollisille sedimentaatioalueille, joilla vesisyvyys on suurempi kuin aaltotoiminnan vaikutussyvyys. On myös eduksi, jos läjäytyspaikka sijaitsee painanteessa. Mikäli läjitetty massa muodostaa kasamaisen rakenteen, on läjitys suunniteltava siten, että luisakaltevuus ei kasva liian suureksi (sortumavaara).

## 2.7 Laadunvarmistus ja raportointi

Pilaantuneiden sedimenttien ruoppaus- ja käsittelytöiden yhteydessä laaditaan vastaavanlainen laatusuunnitelma kuin puhtaiden sedimenttien ollessa kyseessä. Laatusuunnitelma pitää sisällään mm. työmaan turvallisuussuunnitelman ja työmaasuunnitelman, jossa esitetään työmaalla toteutettavat toiminnot, niiden sijoituspaikat ja toimintojen toteuttamiseksi vaadittavat rakenteet. Työmaan turvallisuussuunnitelmassa (työturvallisuussuunnitelma) esitetään työmaan turvallisuuden ja työsuojelun kannalta tarpeelliset asiat.

Sedimenttien pilaantuneisuuden vuoksi laatusuunnitelmassa on kuitenkin erityisesti huomioitava seuraavat asiat:

- riskienhallinta ja ympäristöhaittojen vähentäminen
- työturvallisuus<sup>12</sup>
- seurantatutkimukset ja tulosten arviointi/toimenpiteet sallittujen arvojen ylittyessä
- raportointi
- tiedonhallinta/viestintä.

---

<sup>12</sup> Ks. esim. Ympäristöhallinnon ohjeita 7/2006.

Ruoppaustyön tilaajan laatima alustava laatusuunnitelma liitetään jo lupahakemukseen. Laatusuunnitelmaa tarkennetaan lupavaiheen jälkeen. Lisäksi urakoitsija laatii oman laatusuunnitelmansa.

Raportoinnin merkitys korostuu pilaantuneen sedimentin ruoppaus- ja käsittelyhankkeissa. Raportoinnin osalta laatusuunnitelmassa on esitettävä mm. ajankohdat ja jakelu. Raportointi voidaan jakaa työn toteutuksen laadunvalvonnan raportointiin (ruoppaus, kuljetukset, läjitys, käsittely) ja siihen limittyvään ympäristövaikutusten seurannan raportointiin sekä jälkitarkkailun raportointiin.

## **2.8 Tarkkailu**

### **2.8.1 Ruoppauksen ja läjityksen tarkkailu**

Ruoppaus- ja läjitystoimenpiteiden yhteydessä ympäristöön saattaa päästä leviämään haitta-aineita. Leviämistä voi tapahtua joko pienten sedimenttipartikkelien mukana virtauksien kuljettamina tai uudelleen veteen liukenemalla. Jälkimmäisessä tapauksessa aineiden biosaatavuus voi kasvaa merkittävästi. Haitta-aineiden leviämistä seurataan suhteessa asetettuihin tavoitteisiin. Seuranta kohdistetaan oletetulle vaikutusalueelle. Mikäli tarkkailutulosten perusteella todetaan vaikutusalueen olevan oletettua laajempi, laajennetaan tarkkailun piirissä olevaa aluetta. Yleensä riittää, että vedestä seurataan

- sameutta
- virtausnopeutta
- virtauksen suuntaa
- lämpötilaa
- johtokykyä (saliniteetti).

Suuremmissa hankkeissa ja hankkeissa, jotka kestävät pitempään, on usein kuitenkin välttämätöntä täydentää seurantaa menetelmillä, joilla voidaan osoittaa haitta-aineiden mahdollista leviämistä ja vaikutuksia ympäristöön ajan mukana. Soveltuvimmat menetelmät kuvataan kohdassa 3.3.

## 2.8.2 Jäännöspitoisuuksien tarkkailu

Ruoppaustyön eri vaiheissa (suuret kohteet) ja viimeistään sen päätyttyä (pienet kohteet) varmistetaan ruopatun alueen sedimentin jäännöspitoisuudet näytteenotolla ja analyysillä (ks. myös kohta 3.3). Jäännöspitoisuuksien tarkkailun tarkoituksena on varmistaa, että pilaantuneiden sedimenttien poisto on toteutettu lupaehtojen mukaisessa laajuudessa. Lisäksi sillä varmennetaan, että alueelle ei jää sellaista pilaantunutta sedimenttiä, jota ei ole huomattu pilaantuneisuustutkimusten yhteydessä. Kyseessä ovat tällöin yleensä kohteet, joissa toteutetaan pilaantuneen pintasedimentin poisto ja ruoppaus jatkuu pintakerroksen alapuolisen puhtaan sedimentin ruoppauksella. Näytteenoton toteutuksen ja ajankohtien suunnittelussa sekä analyysitulosten tulkinnassa on huomioitava ruopattujen alueiden pohjalle mahdollisesti laskeutuneen, joko ruoppauksen aikana liettyneen tai alueen ulkopuolelta virtausten mukana kulkeutuneen hienoaineksen vaikutus. Laskeutunut aines saattaa sisältää haitta-aineita, jotka antavat virheellisen kuvan toteutetun ruoppauksen tuloksesta. Jäännöspitoisuuksien määrittämiseen ei siis ole tarvetta, ellei lupaehtoisissa toisin määrätä, mikäli vaadittu ruoppaussyvyys saavutetaan ruoppaamalla pilaantuneesta sedimentistä vain määrätyn paksuinen pintakerros ja sen alle jää vastaavalla tavalla pilaantunutta sedimenttiä.

Jäännöspitoisuuksien tarkkailua varten otettavat näytteet on otettava mahdollisimman häiriintymättöminä siten, että näytteitä voidaan tarkastella silmämääräisesti uudelleen kerrostuneen sedimenttikerroksen olemassaolon ja paksuuden selvittämiseksi. Muutaman senttimetrin vahvuisen uudelleen kerrostuneen löyhän sedimenttikerroksen poistaminen ruoppaamalla toimenpidealue toisen kerran ei ole aina järkevää, vaikka kerros sisältäisikin haitta-aineita. Mikäli kerros on paksuhko ja sen sisältämät haitta-ainepitoisuudet ovat suuret ( $>$  taso 2), voidaan uudelleenruoppauksen tarvetta tarkastella riskinarvioinnin avulla. Joissain tapauksissa ruoppausta ei voida jatkaa syvemmälle esim. laiturirakenteiden takia tai lisäruoppaukseen ei ole muuten tarvetta, koska vaadittu ruoppaussyvyys on jo saavutettu.

## 2.8.3 Käsittelyn tarkkailu

Sedimenttien käsittelyn seuranta määräytyy lupaehtojen, käytettävän tekniikan ja sedimentin sisältämien haitta-aineiden perusteella. Seuranta koskee kaikkia käsit-

telyssä syntyviä virtoja, myös jätteitä ja jätevesiä. Lisäksi tarvittaessa seurataan päästöjä ilmaan, pohja- ja pintavesiin sekä mahdollisia melu- ja hajuhaittoja.

#### **2.8.4 Jälkitarkkailu**

Jälkiseurannan tarkoituksena on toisaalta tarkkailla mahdollisia ruoppauksen, läjityksen tai in situ -kunnostuksen aikaisia ja jälkeisiä päästöjä ja niiden leviämistä ympäristöön ja toisaalta selvittää, ovatko lupaehdot täyttyneet. Jälkitarkkailun pääpaino kohdistuu läjitysalueelle, sillä pilaantumisen leviämistä ei saa tapahtua. Myös yksittäisiin pilaantuneiden sedimenttien käsittelymenetelmiin voi liittyä edellä mainittujen lisäksi menetelmäkohtaisia jälkiseurantarpeita, joilla varmistetaan kunnostusmenetelmien laatu (esim. rakenteiden toimivuus). Jälkitarkkailuohjelma laaditaan lopulliseen muotoonsa vasta ruoppauksen, läjityksen tai käsittelyn päätyttyä, jotta kaikki oleelliset seurantaan vaikuttavat tekijät saadaan otettua huomioon. Pääsääntöisesti kaikkia mahdollisia haitta-aineiden altistusreittejä tulee seurata. Jälkitarkkailusuunnitelmaan sisällytetään kriteerit, joita määrittämällä pystytään seuraamaan, ettei toiminnasta aiheudu kiellettyjä haitallisia ympäristövaikutuksia ja että mitattavat arvot pysyvät suunnitteluvaiheessa arvioitujen arvojen rajoissa. Suunnitelmaan sisällytettäviä asioita ovat mm. seuraavat:

Perusteet jälkiseurannalle

- kohteeseen ruoppauksen, in situ -kunnostuksen tai läjityksen jälkeen jäävät riskit
- käsittelymenetelmäkohtaiset jälkiseurantarpeet

Toimenpiteet kohteessa

- vesistöissä veden laadun tarkkailu (haitta-ainepitoisuudet, sameus)
- maalla pohja-, pinta-, suoto- ja valumavesien tarkkailu
- seuranta-aikataulu
- seurannan kestoaika
- näytteenottopisteiden sijainti
- tutkittavat haitta-aineet
- pohjaeläin- ja vesikasvustotutkimukset
- kalataloustutkimukset
- vastuuhenkilöt/-tahot

## Toimenpidekriteerit

- lisätoimia edellyttävät seurantatulokset
- kriteerien ylittyessä tehtävät toimenpiteet

Toimenpiteen jälkeinen seuranta voi kestää useita vuosia, seurantavälin vaihdeltaessa yleensä muutaman kuukauden ja yhden vuoden välillä. Seurantatiheys on tapauskohtainen. Orgaanisten tinayhdisteiden kyseessä ollessa pitkäaikaisseuranta tulee meriympäristössä painottaa biologisiin menetelmiin. Jälkiseurannan laadun ja keston määrää lupaviranomainen.

Periaatteessa jälkiseurannan tarve määräytyy haitta-aineiden laadun, jäännöspitoisuuksien, kohteiden sijainnin, käytetyn käsittelymenetelmän yms. perusteella. Meriympäristössä seuranta kohdistuu veden laatuun ja erilaisiin bioindikaattoreihin. Maaympäristössä seurataan yleisimmin pohja-, pinta- ja suotovesien laatua sekä mahdollisten rakenteiden kuntoa. Vertailukelpoisen tiedon saamista varten kohteista on aina selvitettävä lähtötilanne eli ennen toimenpiteiden aloittamista vallinnut tilanne, mikäli selvitystä ei ole tehty aikaisemmin.

Sedimenttien käsittelymenetelmiin liittyvän jälkiseurannan sisältö riippuu mm. siitä, onko käsittely tapahtunut kiinteässä laitoksessa, siirrettävällä laitteistolla tai tilapäisellä käsittelyalueella (kompostikenttä tms.) vai loppusijoitetaanko sedimenttimassat kaatopaikalle tai eristysrakenteeseen. Esimerkiksi kaatopaikan pitäjä on vastuussa kaatopaikan kunnossapidosta, tarkkailusta ja valvonnasta jälkihoitovaiheen aikana. Kaatopaikkojen jälkihoitovaiheen valvonnan ja tarkkailun vähimmäisvaatimukset esitetään valtioneuvoston päätöksessä kaatopaikoista<sup>13</sup>. Vaatimuksia voidaan soveltaa myös eristysrakenteisiin. Siirrettävien laitteistojen ja tilapäisten käsittelyalueiden osalta jälkitarkkailuun ei yleensä ole tarvetta sen jälkeen, kun toiminta kohteessa on lopetettu, alue on siivottu ja maaperän ja pohjaveden puhtaus varmistettu kertaluonteisella tutkimuksella. Mikäli alueen maaperän tai pinta- tai pohjaveden todetaan pilaantuneen toiminnan vaikutuksesta, on jatkotoimet tehtävä viranomaisten asettamien vaatimusten mukaisesti. Kiinteiden käsittelylaitosten ympäristöluvuissa edellytetään yleensä prosessialueen ympäristön jatkuvaa seurantaa.

---

<sup>13</sup> VNp 861/1997.

## 3. Kohdetutkimukset

Kohdetutkimus suoritetaan yleensä vaiheittain siten, että ensimmäisessä vaiheessa kartoitetaan kohteen tilanne, tutkitaan sedimenttien geotekniset ominaisuudet ja arvioidaan mahdollinen pilaantuneisuus. Mikäli pilaantuneisuutta esiintyy tai sitä epäillään, toteutetaan tarkempia jatkotutkimuksia, joilla pyritään rajaamaan tarkemmin pilaantuneet alueet ensimmäisen vaiheen tulosten ja kohteen olosuhteiden perusteella. Lisäksi jatkotutkimuksia tehdään riskinarviointiin ja sedimenttien käsittelymenetelmien valintaan ja toteutukseen liittyen.

Ruoppausmassan laadun arviointi tehdään portaittain aloittaen fysikaalisista ominaisuuksista. Mikäli fysikaalisten ominaisuuksien määrittäminen ei vielä anna riittävästi tietoa aiheutuvien vaikutusten arvioimiseksi, tulee määrittää myös ruoppausmassan kemialliset ja biologiset ominaisuudet.

### 3.1 Näytteenotto

Näytteenotolla on keskeinen merkitys selvittäessä sedimenttien laatua ja pilaantumista sekä arvioitaessa sedimenttien sijoitus- tai läjityskelpoisuutta. Pääperiaatteena tulee olla, että näytteet ovat edustavia ja säilyvät kemiallisesti muuttumattomina, jotta näytteen ominaisuudet ja pitoisuudet voidaan analysoida luotettavasti. Lisäksi tässä yhteydessä tulee erityisesti ottaa huomioon mm. seuraavat näkökohdat:

- Olosuhteet voivat muuttua äkillisesti, jolloin etukäteen laaditusta suunnitelmasta joudutaan poikkeamaan. Yhtenäisten ja yksityiskohtaisten toiminnallisten suunnitelmien laatiminen ei ole siten mahdollista.
- Näytteenottimien materiaalina tulee olla ruostumaton teräs tai lasi organotinayhdisteiden absorboitumisen välttämiseksi.
- Näytteet säilytetään UV-valolta suojattuna ja viileässä organotinayhdisteiden hajoamisen ja haihtumisen estämiseksi.
- Sedimenttien mahdollinen sekapilaantuneisuus asettaa omat vaatimuksensa näytteenotolle ja näytteiden käsittelylle.



Sedimentinäytteenotossa tulee noudattaa yleisesti hyväksytyjä periaatteita ja laatukriteereitä. Lisäksi perehtyneisyys paikallisiin olosuhteisiin on erittäin tärkeää. Apuna voidaan käyttää myös seuraavia standardeja ja ohjeita:

- ISO 5667-12. Water quality – Sampling – Part 12: Guidance on sampling of bottom sediments.
- ISO 5667-19. Water quality – Sampling – Part 19: Guidance on sampling in marine sediments.
- Mäkelä et al. 1992. Vesitutkimusten näytteenottomenetelmät.

Näytteenoton luotettavuuden varmistamiseksi voidaan käyttää myös menetelmäkohtaisia akkreditoituneita tai näytteenottajille suunnattua henkilösertifiointia. Suomessa toimii näytteenottajien sertifiointin vapaaehtoinen ”ympäristönäytteenottajien henkilösertifiointi” -järjestelmä ([www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi)). Lisäksi pohjoismaisella tasolla ollaan käynnistämässä sedimentinäytteenottoa koskevaa henkilösertifiointijärjestelmää ([www.nordicinnovation.net](http://www.nordicinnovation.net)).

### 3.1.1 Näytteenoton suunnittelu

#### **NÄYTTEENOTON SUUNNITTELUSSA ON AINA HUOMIOITAVA**

- **kohteen historia (mm. kuormituslähteet, toteutetut ruoppaukset/läjitykset)**
- **virtausolosuhteet (erosiopohja, sedimentaatiopohja, veden vaihtuvuus)**
- **pohjan laatu (maalaji).**

Kussakin tutkimusvaiheessa näytteenottoa varten laaditaan erillinen näytteenotto-suunnitelma. Näytepisteiden sijainnin suunnittelussa hyödynnetään kohteessa mahdollisesti tehtyjen geoteknisten ja -fysikaalisten tutkimusten tuloksia. Näytepisteet pyritään aina sijoittamaan sekä sedimentaatioalueille että alueille, joilla sedimentit ovat jatkuvassa liikkeessä esim. laivaliikenteen vaikutuksesta. Näytteenoton suunnittelu tehdään yleensä yhteistyössä ympäristöviranomaisten kanssa.

Näytteenottosuunnitelmassa tulisi käsitellä ainakin seuraavia asioita:

1. näytteenoton tavoitteet ja kohteen määrittely
2. näytteistä tutkittavat ominaisuudet
3. kohteen kuvaus
4. näytteenottopisteiden lukumäärä sekä sijainti ja syvyys
5. näytteenoton ajankohta
6. näytteenottotapa ja -menetelmät
7. näytteiden käsittely, kuljetus ja varastointi.

Näytteenottajan tulee mahdollisuuksien mukaan toimia etukäteen laaditun kirjallisen näytteenottosuunnitelman ja työnjaon mukaisesti. Suunnitelmaa ei kuitenkaan tule kirjaimellisesti noudattaa esim. tilanteissa, joissa näytteenoton yhteydessä pohjan laadun todetaan poikkeavan näytteenottopisteessä olennaisesti oletetusta.

### **3.1.2 Näytteenoton toteutus**

Sedimenttinäytteenotto voidaan suorittaa joko pintanäytteenottona näytteenottimella tai sukeltamalla ottaen näyte suoraan näytepurkkiin. Mikäli näytteenottosyvyydeksi on määritetty vain pintanäyte tai pohjamateriaali on erittäin pehmeää, voidaan näytteenotto tehdä esimerkiksi Limnos-tyyppisellä näytteenottimella syvistäkin vesisyvyyksistä. Toisaalta, mikäli näytteenoton tavoitesyvyys on suurempi ja pohja merihiekkaa, savea tai silttiä, joudutaan yleensä käyttämään tangoilla varustettua näytteenotinta.

Sedimenttinäytteenottoon soveltuvia näytteenottimia ja niihin liittyviä näkökohtia esitellään taulukossa 9.

Taulukko 9. Sedimenttinäytteenottoon sopivia näytteenottimia.

Näytteenotin	Erityispiirteitä
Kierreputkinäytteenotin (Peat Institute peat drill)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– soveltuu hyvin näytteenottoon rannalta tai veneestä</li> <li>– puolihäiriintymätön kerroksittainen näyte</li> <li>– vesisyvyys &lt; 5 m</li> <li>– saatavilla useita eri kokoja</li> </ul>
Putkinäytteenotin (Piston drill)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– soveltuu hyvin sukeltamalla tehtävään näytteenottoon</li> <li>– puolihäiriintymätön kerroksittainen näyte</li> <li>– saatavilla useita eri kokoja</li> </ul>
Limnos	<ul style="list-style-type: none"> <li>– soveltuu vain pehmeiden sedimenttien näytteenottoon rannalta tai veneestä</li> <li>– häiriintymätön pintanäyte (0–10 cm)</li> </ul>
Kauhanäytteenotin (grab)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– soveltuu vain yksittäisten pintanäytteiden, erityisesti lähinnä biologisten näytteiden ottoon rannalta tai veneestä</li> <li>– näytteenottosyvyyden määrittäminen epävarmaa</li> <li>– häiriintynyt näyte, jossa lisäksi huuhtoutumista ylösnoston aikana</li> </ul>

Organotinapitoisten sedimenttien ja vesien näytteenotossa ja käsittelyssä tulisi käyttää, mikäli mahdollista, lasisia tai ruostumattomasta teräksestä valmistettuja astioita ja näytteenottimia haitta-aineiden absorboitumisen välttämiseksi. Em. syystä myös näytteenottimien tulisi olla kertakäyttöisiä tai ne tulisi pestä erittäin huolellisesti jokaisen näytteenottopisteen jälkeen. Esim. taso 1 ylittyy sedimentissä TBT:n osalta jo 3 µg/kg k.a. pitoisuudella, joten kontaminaation välttäminen näytteenoton ja näytteiden käsittelyn aikana on ensiarvoisen tärkeää.

Pilaantuneisuustutkimuksen **ensimmäisessä vaiheessa** näytteiden lukumäärä määräytyy joko ruopattavan alueen pinta-alan tai ruopattavan massamäärän mukaan alla olevien taulukoiden mukaisesti. Jos pilaantuneisuutta epäillään, suositellaan tiheämpää pinta-alaan perustuvaa näytteenottoa. Pinta-alaan perustuvalla näytteenottomäärällä saadaan yleensä edustavampi kuva pilaantuneisuudesta kuin massamäärään perustuvalla määrällä. Pohjan maalaji on myös syytä huomioida näytepisteiden määrää suunniteltaessa; haitta-aineet sitoutuvat yleensä hienorakeisiin maalajeihin. (Ks. taulukot 10 ja 11.)

*Taulukko 10. Pinta-alaan perustuvat näytteenottopisteiden määrät.*

Ruopattavan alueen pinta-ala (m <sup>2</sup> )	Näytteenottopisteiden vähimmäismäärä
alle 5 000	5*
5 000–25 000	5–8
25 000–250 000	8–15
yli 250 000	> 25

\* Pohjaolosuhteiltaan homogeenisissa kohteissa näytteenottopisteiden lukumäärä voi tarvittaessa olla myös kolme.

*Taulukko 11. Massamäärään perustuvat näytteenottopisteiden määrät (Ympäristöministeriö 2004).*

Ruopattava määrä (m <sup>3</sup> )	Näytteenottopisteiden vähimmäismäärä
alle 25 000	3
25 000–100 000	4–6
100 000–500 000	7–15
500 000–2 000 000	16–30
yli 2 000 000	10 ylimääräistä / miljoona m <sup>3</sup>

Väylillä näytteenottopisteet sijoitetaan systemaattisesti tasavälein, kun taas satama-altaissa tai silloin, kun pilaantuneisuutta on syytä epäillä, käytetään tiheämpää näytteenottopisteiden sijoittelua. Lisäksi alueilla, joissa veden vaihtuvuus on heikkoa, tulisi näytteenottoaikoja olla enemmän kuin avoimilla saarettomilla alueilla. Virtausalueilla voidaan olettaa haitta-ainepitoisuuksien olevan lähtökohtaisesti pienempiä kuin suojaisilla alueilla, joilla tapahtuu sedimentaatiota. Jatkotutkimuksissa (**toinen vaihe**) näytteenottopisteiden lukumäärä ja sijainti määräytyvät ensimmäisen tutkimusvaiheen tulosten perusteella. Toisen vaiheen tutkimusten tarkoituksena on rajata sekä alueellisesti että syvyys suunnassa havaittua pilaantumista. Etenkin suurissa kohteissa pilaantuneiden sedimenttien tarkka rajaus on tarpeen käsittelykustannusten minimoimiseksi. Joissakin tapauksissa tehdään vielä toisenkin tutkimusvaiheen jälkeen tarkentavia lisätutkimuksia.

Tutkittavan näytteen minimikoon tulisi olla noin 2 kg ja näytteenottosyvyyksien vastata sedimentin ja ruopattavan massan paksuutta. Tapauskohtaisesti, esimerkiksi pohjan koostuessa kovista maalajeista, voidaan poiketa näytekoosta.

Organotinayhdisteiden on havaittu jakaantuvan epätasaisesti syvyysuunnassa, joten näytteitä tulee ottaa ja määrittäksiä tehdä useista eri kerroksista, esimerkiksi kerroksista 0–10 cm, 10–30 cm ja 30–50 cm tarvittaessa aina ruoppausvyönteeseen asti. Lisäksi mikäli halutaan selvittää kohteen luonnolliset taustapitoisuudet (lähinnä epäorgaaniset yhdisteet), otetaan näytteitä myös sedimentaatiokerroksen alta. Esitetyt näytemäärät ja -kerrokset ovat ohjeellisia, tarkempi määrittely tehdään näytteenoton yhteydessä aistinvaraisen arvioinnin perusteella. Esimerkiksi jos pilaantunut kerros on paksuudeltaan alle 50 cm ja sen kiintoainepitoisuus on alhainen (helposti liettyvä materiaali), tutkimuksia varten otetaan vain yksi näyte kustakin näytepisteestä.

Käytännön syistä näytteitä olisi hyvä ottaa kerralla riittävästi siten, että näytteenottoa ei tarvitse toistaa tutkimuslaajuuden tai -tarpeiden muuttuessa. Kaikkia näytteitä ei ole aina välttämätöntä heti analysoida ja tutkia, vaan mittaukset voidaan tehdä myöhemmin, jos tarvetta ilmenee. Näin näytteenoton kustannukset pysyvät kohtuullisina ja tuloksien luotettavuus voidaan taata paremmin.

Mikäli vain yhdessä pisteessä todetaan kohonneita haitta-ainepitoisuuksia, tehdään uusintamääritys rinnakkaisnäytteestä, jos sellainen on olemassa. Jos edelleen todetaan merkittävä pitoisuus, harkitaan tapauskohtaisesti ko. kohteen lähellä olevasta pisteestä tehtävien lisäanalyysien tai lisänäytteenoton tarve.

Näytteenottpisteet voidaan sijoittaa esim. säännöllisen kolmioverkon avulla, jolloin tasasivuisten kolmioiden kärkipisteistä otetaan näytteet ensimmäisen tutkimusvaiheen analyysiin. Näytteitä otetaan lisäksi varalle myös kolmion sivujen keskipisteistä. Nämä varanäytteet analysoidaan niiden pisteiden ympäriltä, joissa on todettu pilaantuneisuutta ensimmäisen vaiheen analyysissä. Kolmioverkon avulla toteutettavan näytteenoton suorittaminen esitetään liitteessä A.

Mikäli näytteenottpisteitä on riittävästi, voidaan arvioida kohteessa olevien haitta-aineiden kokonaismäärät. Tätä voidaan käyttää hyödyksi riskinarvioinnin toteutuksessa.

Näytteenkäsittely on myös oleellinen osa näytteenottoa, ja se tulee suorittaa siten, että siitä aiheutuu mahdollisimman vähän virhettä tutkimustulokseen. Organotinayhdisteitä sisältävien näytteiden käsittelyssä ja säilytyksessä on varmistettava siitä, että sedimenttinäytteen kemialliset ominaisuudet eivät pääse muut-

tumaan. Näytteet tulee kuljettaa ja säilyttää lasiastioissa kylmässä ja valolta suojattuna.

Lupahakemuksen valmisteluvaiheessa tehtyjen tutkimusten tulosten sovellettaavuus voi olla kyseenalaista, jos lupavaiheen ja hankkeen toteutuksen välillä on pitkä aika. Erityisesti alueilla, joilla sedimentit ovat jatkuvassa liikkeessä virtausten tai potkurivirtojen vuoksi, voi kohteen pilaantuneisuuskuva muuttua huomattavan paljon lyhyelläkin aikavälillä. Tällaisissa tilanteissa tilanne pitää päivittää ennen työn toteutusta tehtävillä tarkentavilla tutkimuksilla. Käytännössä voidaan toimia myös siten, että lupahakemusvaiheessa tehdään vain yleiskartoitus kohteen pilaantuneisuudesta ja tarkentavat tutkimukset tehdään työn toteutusvaiheen alkaessa.

Sedimenttien näytteenotosta on aina tehtävä näytteenottopöytäkirja. Näytteenotodokumentin laadinnassa voidaan soveltaa standardia ISO 5667-12.

## **3.2 Sedimenttien tutkiminen**

### **3.2.1 Näytteiden esikäsittely**

Tutkimuksia varten kukin näyte tulisi tulosten luotettavuuden varmistamiseksi vakuumi- eli kylmäkuivata. Kylmäkuivausta suositellaan erityisesti, jos organotinayhdisteiden pitoisuudet ovat ns. harmaalla alueella ja tuloksia käytetään meriläjitys-kelpoisuuden arviointiin (lupavaihe). Ruoppaustyön toteutusvaiheessa, tarkistettaessa jäännöspitoisuuksia, kylmäkuivausvaihe voidaan tarvittaessa, esim. aikataulusyistä, jättää pois.

Kylmäkuivatut näytteet jaetaan edustavasti laboratorionäytekokoon ja tarvittaessa niiden raekokoa pienennetään vielä analyysi- tai tutkimusmenetelmien vaatimusten mukaisesti. Laboratorionäytteiden esikäsittelyssä huomioitavat seikat (esim. murskaus, kuivaus, jako) esitetään standardissa prCEN/TS15002.

Näytteet on suositeltavaa jakaa kahteen rinnakkaiseen näytteeseen laboratoriossa, jotta yksittäiset poikkeavat pitoisuudet voidaan tarvittaessa varmentaa toistamalla analyysi samasta näytteestä otetulla rinnakkaisnäytteellä.

Näytteistä voidaan myös valmistaa kokoomanäytteitä yhdistämällä samansuuruiset määrät kutakin näytettä, mikäli kyseessä on pinta-alaltaan suuri kohde, jossa pilaantuneisuutta ei epäillä eivätkä tutkimuksen kohteena ole helposti haihtuvat yhdisteet. Kokoomanäyte valmistetaan aina laboratorio-olosuhteissa. Näytteiden yhdistäminen kentällä ei ole sallittua.

### **3.2.2 Fysikaaliset tutkimukset**

Sedimentin fysikaalisten määritysten avulla arvioidaan ruoppausmassan käyttäytymistä ruoppauksessa, läjityksessä ja käsittelyssä. Ruoppausmassasta määritetään raekokojakauma (hiekan/siltin/saven paino-%) sekä orgaanisen aineksen määrä. Ruoppausmassan läjitysominaisuuksien arvioimista varten määritetään myös sedimentin vesipitoisuus (%) ja ominaispaino. Fysikaalisten määritysten yhteydessä tulisi myös aina esittää läjitettävän sedimentin märkätilavuus ja arvioitu läjitysnopeus.

Raekoko määritetään seulomalla ja sedigrafilla tai laskeuttamalla. Orgaaninen aines saadaan orgaanisen hiilen kokonaismääränä, TOC (SFS EN 13137), tai hehkutushäviönä, LOI (prEN 15169).

### **3.2.3 Pilaantuneisuustutkimukset**

Näytteistä tulee olla tiedossa analyysitulosten tulkintaa varten sedimentin laatu (TOC tai LOI sekä metallien kyseessä ollessa savipitoisuus) ja haitallisten aineiden kokonaispitoisuudet. Tarvittaessa tutkitaan myös muita ympäristöominaisuuksia, kuten liukoisuuskäyttäytymistä. Kehitteillä on myös bioindikaattoritestejä, jotka mahdollistavat sedimentin pilaantuneisuuden helpon ja nopean arvioinnin.

Pilaantumistutkimusten yhteydessä näytteille tehdään aistinvarainen arvio (mm. laatu, väri, haju ja mahdolliset näytteeseen kuulumattomat esineet). Näytteistä määritetään kohdetietojen perusteella keskeisten haitta-aineiden, esimerkiksi yksittäisten organotinayhdisteiden kokonaispitoisuudet, sekä ympäristöministeriön suosituksen<sup>14</sup> mukaisesti yleensä vähintään seuraavien haitta-aineiden pitoisuudet:

---

<sup>14</sup> Ympäristöministeriö 2004.

- kadmium
- kupari
- elohopea
- kromi
- lyijy
- sinkki
- PCB (kongeneerit, IUPAC-numerot: 28, 52, 101, 118, 138, 153 ja 180).

Kuormituslähteitä koskevan tiedon perusteella määritellään myös muita haitta-aineita.

Haitta-aineiden kokonaispitoisuusmäärittelyissä käytetään ensisijaisesti CEN EN -standardeja. Tarvittaessa voidaan ennen em. standardien valmistumista käyttää myös PrEN-vaiheen standardeja sekä muita jo käytössä olevia, hyväksytyjä standardeja tai menettelyjä. Organotinayhdisteet ja niiden hajoamistuotteet määritetään näytteistä esimerkiksi standardin DIN 19744 mukaisella tai muulla vastaavalla hyväksytyllä menetelmällä.

Pilaantuneisuuden arviointia varten mitatut organotinayhdisteiden ja muiden orgaanisten yhdisteiden pitoisuudet korjataan standardisedimentin pitoisuuksiksi käyttäen Sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohjeessa<sup>15</sup> esitettyä laskentakaavaa

$$C_{korj.} = C \frac{10}{P_{org.}}, \quad (1)$$

jossa

$C_{korj.}$	pitoisuus standardisedimentissä (kuiva-ainetta kohti)
$C$	mitattu pitoisuus (kuiva-ainetta kohti)
$p_{org.}$	LOI tai 2 x TOC. Kaavaan sijoitetaan orgaanisen aineksen osuudeksi 2, kun osuus on alle 2 %, ja 30, kun osuus on yli 30 %.

Vastaavasti metallien pitoisuudet korjataan standardisedimentin pitoisuuksiksi käyttämällä seuraavaa kaavaa:

---

<sup>15</sup> Ympäristöministeriö 2004.



$$C_{korj.} = C \frac{(a + 25b + 10c)}{(a + p_{savi}b + p_{org}.c)}, \quad (2)$$

jossa

$C_{korj.}$	pitoisuus standardisedimentissä (kuiva-ainetta kohti)
$C$	mitattu pitoisuus (kuiva-ainetta kohti)
$p_{savi}$	mitattu savifraktion (< 2 µm) osuus prosentteina kuivapainosta
$p_{org.}$	LOI tai 2 x TOC. Kaavaan sijoitetaan orgaanisen aineksen osuudeksi 2, kun osuus on alle 2 %, ja 30, kun osuus on yli 30 %.

Vakiot a, b ja c eri metalleille esitetään taulukossa 12.

*Taulukko 12. Vakiot eri metalleille.*

	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>
As	15	0,4	0,4
Cd	0,4	0,007	0,021
Cr	50	2	0
Cu	15	0,6	0,6
Hg	0,2	0,0034	0,0017
Ni	10	1	0
Pb	50	1	1
Zn	50	3	1,5

Normalisointia ei käytetä, kun arvioidaan haitta-aineiden kokonaismäärää koh-teessa.

### 3.2.4 Ruoppausmassan käsittelykelpoisuutta koskevat laaturitkimukset

Tutkimukset tehdään vastaamaan sedimenttien sijoitustavan mukaisia vaatimuksia. Sedimenttien suunniteltu käsittely- ja sijoitustapa sekä mahdollisen riskinarvioinnin tavoite vaikuttavat jatkotutkimuksissa tarvittaviin muihin ympäristötutkimuksiin.

Maanpäällisessä läjityksessä ranta-alueen ulkopuolella tutkimukset määräytyvät sijoitustavan perusteella. Mikäli organotinayhdisteiden tai muiden haitta-aineiden kokonaispitoisuudet eivät ylitä alemmaa ohjearvoa<sup>16</sup>, kokonaispitoisuustutkimukset ovat yleensä riittäviä eikä lisätutkimuksia tarvita. Muissa tapauksissa, kuten kaatopaikkakäsittelyn osalta, läjityskelpoisuus tutkitaan tapauskohtaisesti kyseiselle käsittelymenetelmälle esitettyjen vaatimusten<sup>17</sup> mukaisesti.

Jos sedimenttien käsittelyssä käytetään sideaineita tai mikäli sijoituspaikan pH-olosuhteet antavat aiheutta, tulee sideainekäytön tai sideainemateriaalin vaikutus haitta-aineiden kulkeutumiseen arvioida ja tutkia soveltuvilla pH-vaikutustesteillä<sup>18</sup> (prCEN/TS 14997 ja prCEN/TS 14429). Pintaliukenemista voidaan arvioida modifioidulla diffuusioteistillä (NEN 7345).

Riskinarviointia varten tehtäviä tutkimuksia käsitellään luvussa 4. Ekotoksisuustutkimuksia käsitellään seuraavassa kohdassa 3.2.5.

### 3.2.5 Ekotoksisuustutkimukset

Ekotoksikologisia tutkimuksia tehdään erikoistapauksissa ja tarpeen mukaan kohdekohtaisen riskinarvioinnin täydentämiseksi. Ekotoksisuustutkimuksia tehdään tyypillisesti silloin, kun sedimenttien pilaantuneisuus on tasojen 1 ja 2 välillä, tai silloin, kun sedimenttien pilaantuneisuus ylittää tason 2 laaturitteen eivätkä muut tutkimukset tuota tarpeeksi tietoa riskinarvioinnin perustaksi (ks. myös kohta 4.2). Ekotoksisuustutkimuksilla saadaan tietoa haitta-aineiden vaiku-

---

<sup>16</sup> VNa 2007.

<sup>17</sup> Esim. Wahlström et al. 2006.

<sup>18</sup> Liukoisuustestien periaatteet ja soveltuvuusalueet on aikaisemmin esitetty VTT:n julkaisuissa Wahlström & Laine-Ylijoki (1996), Wahlström & Laine-Ylijoki (1997) ja Wahlström et al. (2004).

tuksista eri eliöille tietyssä ympäristössä. Orgaanisten tinayhdisteiden osalta ekotoksisuustutkimusten kehitystyö on vasta aluillaan, mutta muille haitta-aineille soveltuvia testejä on kehitetty jo useampia.

Organotinayhdisteiden toksisuuden arviointiin meriympäristössä suositellaan seuraavia testejä:

- valobakteeritesti (SFS-EN ISO 11348) *Vibrio fischerilla*, jolla voidaan tutkia organotinayhdisteiden vaikutusta bakteerien aineenvaihduntaan
- Daphnian lisääntymistesti (ISO 10706: 2000) *Daphnia magna*lla, jolla pyritään osoittamaan organotinayhdisteiden hormonaalisia vaikutuksia testieliössä.

Kolmas mahdollisesti soveltuva testi on katkatesti (ISO 16712:2005) modifioituna Suomen olosuhteisiin sopivaksi. Standardissa mainitun katkan sijaan testieliönä käytetään valkokatkaa (*Monoporeia affinis*). Testillä arvioidaan organotinayhdisteiden aiheuttamaa kuolleisuutta lähellä pohjaa elävissä eliöissä.

Organotinayhdisteiden kotiloille aiheuttaman spesifisen hormonaalisen *imposex-ilmion tutkimiseen ei ole olemassa standardoitua menetelmää*. Imposex-ilmiota on yleensä tutkittu läheltä organotinayhdisteillä pilaantunutta sedimenttiä kerätyistä eliöistä, ja altistuminen organotinayhdisteille on varmistettu kemiallisin määrityksin. Suomessa näihin tutkimuksiin soveltuu parhaiten **sinisimpukka**, joskin sen esiintyvyys Itämerellä on rajallista. Muita tutkimuksiin mahdollisesti soveltuvia lajeja ovat liejusimpukka ja erilaiset kotilot.

Eliönäytteitä voidaan ottaa ruoppausalueen läheltä ennen ja jälkeen ruoppauksen ja/tai läjityksen, jolloin saadaan tietoa mm. haitta-aineiden leviämisestä ja vaikutuksista tarkasteltavaan eliöön.

### 3.3 Tarkkailututkimukset

Hanketta voidaan seurata taulukossa 13 esitettävillä menetelmillä, joilla voidaan osoittaa haitta-aineiden mahdollista leviämistä ja vaikutuksia ympäristöön ajan mukana.

Taulukko 13. Hankkeen seurantamenetelmät.

Mittattava parametri	Toteutus
pH, saliniteetti, sähkönjohtavuus, lämpötila	Määritetään <u>kenttämittareilla</u> joko suoraan näytteenottosyvyydessä tai näyteastiasta heti näytteen noston jälkeen. Lämpötilan mittaus mieluiten näytteenottosyvyydessä. Mittaukset tehdään aina vesinäytteenoton yhteydessä.
Sameus	<p>Sameutta mitataan toiminnan aikana jatkuvasti tai määrätyn aikavälein. Sameus mitataan myös ennen toimenpiteen aloittamista, jotta saadaan tausta-arvoja työnaikaisille mittaus-tuloksille. Tausta-arvot määritetään samalta alueelta, missä toimenpide aiotaan suorittaa.</p> <p>Pilaantuneita sedimenttejä ruopattaessa tulee sameutta mitata vähintään kaksi kertaa viikossa. Sameus mitataan pinnasta pohjaan ulottuvista profiileista työkohteen välittömäs-sä läheisyydessä sekä työmaan koosta ja olosuhteista riippuen kahdessa tai useammassa pisteessä ruoppauksen vaikutusalueella. Läjitysalueella sameusmittauksia tehdään vähintään kaksi kertaa kuukaudessa noudattaen samaa periaatetta kuin ruoppauskoh-teessakin. Lisäksi seurataan kuljetuksen aikaista sameutta vähintään kaksi kertaa kuu-kaudessa siten, että tulokset voidaan esittää profiilina lastaus- ja läjitysapaikan välillä. Mittausväliksi riittää tällöin muutama sata metriä ja mittaukset tehdään pinnasta pohjaan.</p> <p>Sameuden seuranta suositellaan ensisijaisesti tehtäväksi <u>läpivirtaus-kartoituksilla</u> ja <u>optisilla vertikaaliluotauksilla</u>. Myös <u>hälyttävien mittausasemien</u> käyttö on etenkin suurissa ruoppauskohteissa suositeltavaa.</p>
Haitta-ainepitoisuudet vedessä	<p>Vesinäytteet otetaan <u>vesinoutimella</u>. Edustavat vesinäytteet otetaan säännöllisin väliajoin riittävän usein toimenpidealueen välittömästä läheisyydestä ja referenssiasemalta, johon toimenpiteen vaikutukset eivät ylety. Toimenpidealueen ja referenssiaseman tulokset eivät saa poiketa huomattavasti toisistaan.</p> <p>Vesinäyte suodatetaan ennen haitta-aineiden määrittämistä. Vesinäytteitä otetaan vähintään kerran kahdessa viikossa referenssiasemalta, toimenpidealueen välittömästä läheisyydestä ja kohteesta katsottuna sameuden etenemissuunnassa olosuhteista riippuen 100–200 metrin päästä. Näytteet otetaan mahdollisimman läheltä pohjaa. Toimenpidealueelta ja sen läheisyydestä otettujen näytteiden sekä referenssiaseman tuloksia verrataan toisiinsa.</p> <p><u>Passiivisella näytteenottajalla</u> (automaattiotin) voidaan seurata liuenneiden haitta-aineiden pitoisuuksia ajan mukana. Näytteet otetaan vähintään referenssiasemalta ja toimenpide-alueen välittömästä läheisyydestä. Toimenpidealueen ja referenssiaseman tuloksia verrataan toisiinsa.</p>
Kiintoainepitoisuus vedessä	<p>Sedimentistä liettyneiden partikkelien määrän ja laadun seurantaan käytetään <u>sedimentti-kerääjää</u>. Partikkelisidonnaisen fraktion saamiseksi loukkuun kertyneestä hienoaineksesta suodatetaan ylimääräinen vesi pois ennen haitta-aineiden määrittämistä. Näytteet otetaan vähintään referenssiasemalta ja toimenpidealueen välittömästä läheisyydestä. Toimenpi-dealueen ja referenssiaseman tuloksia verrataan toisiinsa.</p>
Ekologiset vaikutukset	<p>Bioindikaattoreina (ympäristön tilan elollinen ilmaisija) voidaan käyttää esimerkiksi sedi-mentissä tai sen välittömässä yhteydessä eläviä selkärangattomia eliöitä, kuten simpukoi-ta, kotiloita ja sukasmatoja, joista määritetään haitta-ainepitoisuudet. Näytteet otetaan vähintään referenssiasemalta ja toimenpidealueen välittömästä läheisyydestä. Toimenpi-dealueen ja referenssiaseman tuloksia verrataan toisiinsa.</p> <p>Ruoppaus- ja läjitysprojektien seuranta voidaan myös tehdä ekologisilla menetelmillä, kuten kalatutkimuksilla, ja käyttämällä biomarkkereita.</p> <p>Tutkittaviksi eliöiksi valitaan yleisesti esiintyviä, paikkauskollisia, helposti tunnistettavia lajeja, jotka kuuluvat osana hyvin tunnettuihin ravintoketjuihin. Niiden tulee myös tunnetus-ti olla sellaisia lajeja, joihin ko. haitta-aineet kerääntyvät.</p>
Jäännöspitoisuus sedimentissä	<p>Sedimentin jäännöspitoisuutta tutkittaessa näytteistä määritetään kohdetietojen perusteel-la keskeisten haitta-aineiden kokonaispitoisuudet. Aikataulusyistä voidaan näytteiden kylmäkuivaus jättää pois.</p> <p>Jäännöspitoisuuksien arviointia varten ei ole toistaiseksi saatavilla pikamenetelmää, joka mahdollistaisi sedimenttien organotinapitoisuuksien analysoinnin nopeasti ja helposti. Kehitteillä on kuitenkin bioindikaattoritestejä, joissa hyödynnetään geeniteknikkaa. Yksi vaihtoehto on sensoribakteeri, joka TBT:n läsnä ollessa tuottaa mitattavissa olevaa lumi-nesenssia. Syntyvän valon intensiteetti on suoraan verrannollinen näytteessä olevaan TBT-pitoisuuteen (<i>Escheria coli</i>).</p>

Käsittelyssä syntyvien vesien laatua tarkkaillaan tutkimalla niistä sedimentissä todetut keskeiset haitta-aineet soveltuvin menetelmin. Vesipäästöjen seuranta varten tehtävässä suunnitelmassa esitetään mm.

- analysoitavat haitta-aineet
- näytteenottoajankohdat ja -paikat
- muut tutkittavat ominaisuudet perusteluineen
- näytteenotto- ja näytteiden analysointimenetelmät
- näytteenoton ja analyysitulosten dokumentointi ja tulosten jakelu.

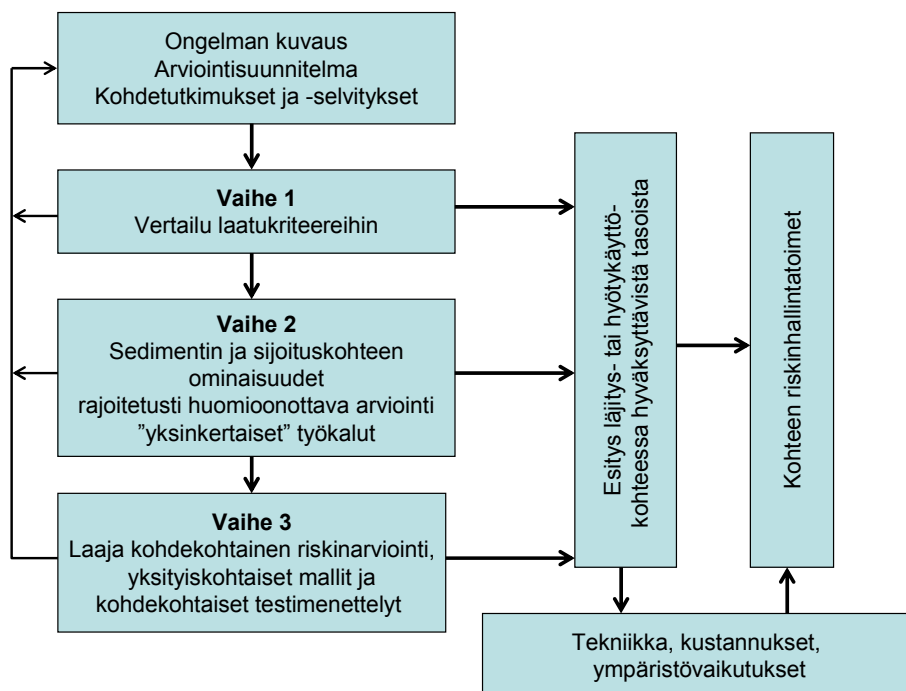
Ilmapäästöjen tarkkailun yhteydessä seurataan kaasunkäsittelylaitteiston toimintaa tarkkailemalla poistokaasuvirtausta, painetta ja haitta-ainepitoisuuksia sekä tarvittaessa kullekin käsittelymenetelmälle ominaisia seurantaparametreja. Pölypitoisuuksia voidaan seurata kokonaispölymittauksilla. Ilmapäästöjen ja pölypitoisuuksien mittaus koskee vain joitakin käsittelymenetelmiä.

Mahdollista hajuhaittaa arvioidaan aistinvaraisesti tarvittaessa. Myös melua mitataan tarvittaessa tekemällä melumittauksia.

Käsittelyn yhteydessä muodostuvien jätteiden laatu ja sijoituskelpoisuus selvitetään (esim. hiekanerotuskaivojen kiintoaineksen haitta-ainepitoisuudet, seulontajätteen laatu, suodatinpölyjen haitta-ainepitoisuudet) ennen jätteiden toimittamista käsiteltäväksi asianmukaiseen laitokseen.

## 4. Ruoppausmassojen läjitys- ja käsittelykelpoisuuden arviointi

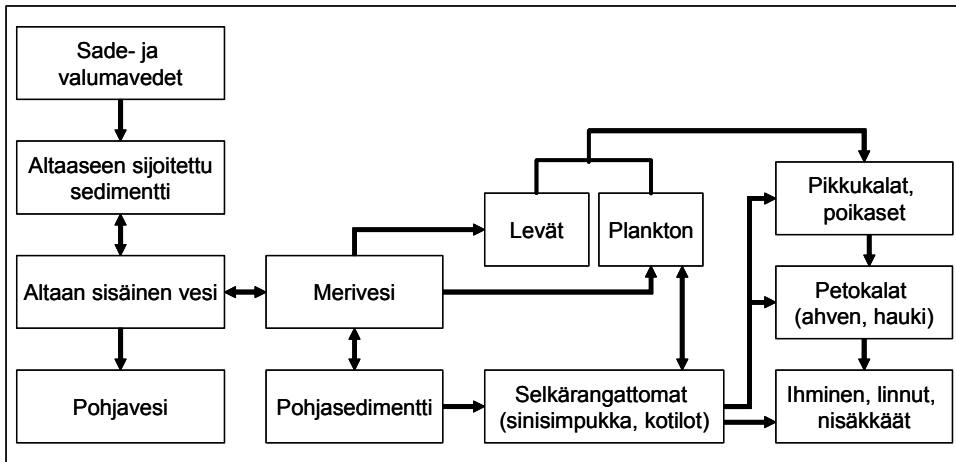
Ruoppausmassojen läjitys- ja käsittelykelpoisuuden arvioinnin lähtökohtana on haitta-ainepitoisuuksien vertailu laatukriteereihin. Tätä voidaan pitää ruoppausmassoista aiheutuvan riskin arvioinnin ensimmäisenä vaiheena. (Arvioinnin vaiheet esitetään kuvassa 5.) Jos päätöstä ei pystytä tekemään pelkästään laatukriteerivertailun perusteella, tehdään seuraavassa vaiheessa suuntaa-antava arvio ruoppausmassan haitta-ainepitoisuuksien tarkasteltavassa kohteessa aiheuttamasta riskistä käyttäen yksinkertaisia arviointi- ja tutkimusmenetelmiä. Tämän perusteella voidaan rajata tapaukset, joissa päätöksen tueksi tarvitaan yksityiskohtaisempaa kohdekohtaista tietoa altistumisesta ja sen vaikutuksista eliöstöön ja ihmiseen. Arvioinnissa voidaan käyttää esimerkiksi ekotoksisuustestejä, yksityiskohtaista leviämisen- ja kulkeutumismallinnusta tai kohdekohtaisia altistus- ja vaikutustutkimuksia.



Kuva 5. Ruoppausmassojen läjitys- ja käsittelykelpoisuuden arvioinnin vaiheet ja arvioinnin tulosten hyödyntäminen päätöksenteossa.

Viimeistään siirryttäessä riskinarvioinnin vaiheeseen 2, mutta mielellään jo ensimmäisiä pilaantuneisuustutkimuksia suunniteltaessa tehdään arvioinnin suunnittelun pohjaksi alustava **ongelman kuvaus**. Yleensä ongelman kuvausta, arviointisuunnitelmaa ja tutkimussuunnitelmaa on tarpeen täydentää arvioinnin edetessä.

Kuvauksessa esitetään selvityksen tavoitteet sekä saatavissa olevat tiedot haitta-aineiden ominaisuuksista ja esiintymisestä sedimentissä sekä haitta-aineiden kulkeutumisen- ja leviämismahdollisuuksista, altistumisreiteistä ja altistujista massojen sijoituskohteessa tai muussa riskinarviointikohteessa. Ongelman määrittelyn tueksi on hyvä laatia ns. **käsitelmä**, joka voi olla kuvan 6 tyyppinen kaavio, kuva, taulukko tai muu tekstimuotoinen esitys. Siinä kuvataan yhteyksiä riskin aiheuttajasta merkittävien altistustesteiden kautta riskille altistuviin kohteisiin. Kaaviolla määritellään siten kohdekohtaisen arvioinnin rajaukset ja tavoitteet ja sen pohjalta laaditaan **riskinarviointisuunnitelma**. Käytännössä käsitelmällä voidaan yksinkertaistaa kuvassa esitetystä, koska siitä rajataan pois ne seikat, jotka ovat kyseisessä tapauksessa merkityksettömiä tai vähämerkityksisiä.



*Kuva 6. Esimerkki riskinarvioinnissa hyödynnettävästä, mahdollisia altistusteitä ja altistuvia kohteita kuvaavasta käsitelmästä. Kaavio kuvaa tilannetta, jossa sedimentit ruopataan ja hyödynnetään ranta-alueiden rakenteissa.*

Läjityskelpoisuuden ja riskien arvioinnin eri vaiheissa tarvittavan kohdekohtaisen taustatiedon hankinta kannattaa myös käynnistää mahdollisimman aikaisin, jotta kaikki kohteessa tehtävät tutkimukset pystyttäisiin suuntaamaan siten, että niitä voidaan mahdollisimman hyvin hyödyntää kohteen riskinarvioinnissa ja

riskienhallinnassa. Tätä varten kerätään olemassa oleva tieto tarkasteltavan kohteen ja siellä mahdollisesti esiintyvien haitta-aineiden ominaisuuksista, haitta-aineiden käyttäytymiseen ja leviämiseen vaikuttavista tekijöistä sekä merkittävimmistä haitta-aineille mahdollisesti altistuvista kohteista (eliölajit, ihminen, altistusketjut). Kerätyn tietoaineiston perusteella tehdään alustava arvio siitä, edellyttävätkö päätökset jatkotoimista lisätutkimuksia, ja tehdään suunnitelma riskinarvioinnin edellyttämistä pilaantuneisuustutkimuksista sekä muista jatkotutkimuksista.

## **4.1 Vertailu laatukriteereihin**

### **4.1.1 Ruoppausmassan haitta-ainepitoisuudet**

Ruoppausmassojen läjitys- ja käsittelykelpoisuutta arvioitaessa tarkastellaan kaikkien kohteessa esiintyvien, mahdollisesti tason 1 ylittävien haitta-aineiden pitoisuuksia (kuva 7). Kohdan 3 mukaisesti otettujen näytteiden standardisedimentiksi muunnettuja (normalisoituja) haitta-ainepitoisuuksia verrataan Sediementtien ruoppaus- ja läjitysoppaan<sup>19</sup> laatukriteereihin.

Organotinayhdisteiden osalta arvioinnissa tarkastellaan erityisesti tributyyliitinan ja trifenyylitinan pitoisuuksia. Jos kunkin trisubstituoidun tinayhdisteen pitoisuus alittaa 3 µg/kg (taso 1), ruoppausmassa on meriläjityskelpoista edellyttäen, että muiden haitta-aineiden pitoisuudet eivät ylitä tasoa 1.

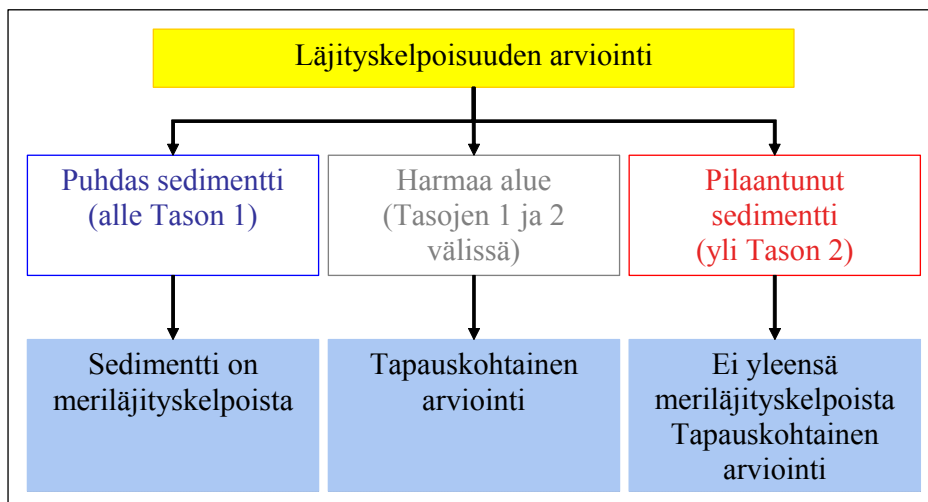
Tasoon 2 verrataan trisubstituoitujen organotinayhdisteiden summapitoisuutta. Mikäli yhden tai useamman haitta-aineen pitoisuus ylittää tason 2, ei mereen läjittäminen ole sallittua, ellei se ole ympäristön kannalta paras vaihtoehto. Tämän osoittaminen tapahtuu riskien ja kokonaisympäristövaikutusten arvioinnin perusteella.

Jos ruoppausmassan haitta-aineiden pitoisuudet jäävät tasojen 1 ja 2 väliin ns. harmaalle alueelle, ruoppausmassan haitallisuus ja läjityskelpoisuus selvitetään tapauskohtaisesti. Läjityskelpoisuuden arvioinnissa otetaan huomioon kaikki ruoppausmassassa esiintyvät haitta-aineet, joiden pitoisuudet ylittävät tason 1.

---

<sup>19</sup> Ympäristöministeriö 2004.





Kuva 7. Läjituskelpoisuuden arviointi sedimentin pilaantuneisuuden perusteella.

#### 4.1.2 Pitoisuudet vedessä

Pitoisuus sedimentissä ei kuvaa kovinkaan hyvin organotinayhdisteiden biosaattavuutta, koska siihen vaikuttavat sedimentin ominaisuudet sekä mm. veden pH ja suolapitoisuus. Veteen liukeneva pitoisuus tai kohteen vesissä todennäköisesti esiintyvä pitoisuus sen sijaan kuvaa paremmin riskitasoa. Mm. USEPA on esittänyt meriveden TBT-pitoisuuksille toksisuuskriteerit (taulukko 14), joita voidaan joissakin kohdekohtaisissa riskitarkasteluissa käyttää suuntaa antavina vertailuarvoina arvioitaessa sijoitusalueilta mereen kulkeutuvien organotinayhdisteiden mahdollista haitallisuutta. EU:n ehdottamat vesipolitiikan alan prioriteettiaineiden ympäristölaatunormit<sup>20</sup> tributyyliinayhdisteille ovat näitä tiukemmat (taulukko 15).

<sup>20</sup> Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi KOM(2006) 397 lopullinen.

Taulukko 14. EPA:n esittämät toksisuuskriteerit TBT:n pitoisuuksille merivedessä ja makeassa vedessä (USEPA 2003).

	Yksikkö	Pitoisuusarvo	Huom.
Merieliöstölle akuutisti toksinen pitoisuus	µg/l	0,42	Yhden tunnin keskiarvo, jota ei tule ylittää useammin kuin kerran kolmessa vuodessa. Akuuttitoksinen pitoisuus vaihtelee eri eliöille välillä 0,24–282 µg/l.
Makean veden eliöstölle akuutisti toksinen pitoisuus	µg/l	0,46	
Merieliöstölle kroonisesti toksinen pitoisuus	µg/l	0,0074	Neljän vuorokauden keskiarvo, jota ei tule ylittää useammin kuin kerran kolmessa vuodessa.
Makean veden eliöstölle kroonisesti toksinen pitoisuus	µg/l	0,072	

Taulukko 15. Ehdotetut vesipolitiikan alan prioriteettiaineiden ympäristönlaatumormit tributyyli- ja tinayhdisteille (KOM(2006) 397 lopullinen).

Yhdiste	Vuosikeskiarvo		Sallittu enimmäispitoisuus	
	Sisämaan pintavedet	Muut pintavedet	Sisämaan pintavedet	Muut pintavedet
Tributyyli- tinayhdisteet, µg/l	0,0002	0,0002	0,0015	0,0015

## 4.2 Kohdekohtainen riskien arviointi

Jos ruoppausmassojen haitta-ainepitoisuudet ylittävät tason 1, sijoituskelpoisuuden arviointi edellyttää yleensä ainakin rajattua kohdekohtaista tarkastelua ja lisätutkimuksia. Ruopattavassa kohteessa tehdään arvio ruoppauksen jälkeisestä jäännösriskitasosta ja tämän pohjaksi tai esimerkiksi ruoppausalueen rajaamiseksi tarkastellaan usein myös ruoppausta edeltävää riskitasoa.

Massojen sijoituskelpoisuuden kohdekohtaista arviointia käynnistettäessä tarkistetaan arviointisuunnitelma ja määritellään lisätutkimusten tarve. Ruopattavan alueen tai pilaantuneisuudeltaan erilaisten ja mahdollisesti eri kohteisiin sijoitet-

tavien massojen rajaamiseksi tarvitaan usein lisätietoa sedimentin pilaantuneisuudesta. Muiden tutkimusten, kuten läjitysalueen taustapitoisuustutkimukset, liukoisuustutkimukset, veden organotinayhdisteiden pitoisuustutkimukset ja ekotoksikologiset tutkimukset, tarpeeseen vaikuttavat mm. suunniteltu sijoituskohde ja käsittelytapa.

#### **4.2.1 Läjitys mereen, pitoisuudet tason 1 ja tason 2 välillä**

Jos ruoppausmassan haitta-ainepitoisuudet ovat tasojen 1 ja 2 välillä, voidaan sijoituskelpoisuutta ensimmäisessä vaiheessa arvioida karkean kolmiportaisen riskiluokittelun perusteella: vähäinen riski, kohtalainen riski, merkittävä riski. Jos sijoituksen riski luokitellaan vähäiseksi, massat voidaan yleensä läjittää sijoituskohteeseen tekemättä jatkotutkimuksia tai täydentävää arviointia. Jos riski on kohtalainen, arvioidaan, voidaanko lisätutkimuksilla tarkentaa arviota riskistä. Jos riski arvioidaan merkittäväksi, edellytetään yleensä riskinhallintatoimia. Mikäli tällöin päädytään meriläjitykseen, suositellaan sijoitusta peitettynä. Muiden riskinhallintatoimien tarve arvioidaan erikseen.

Alustavassa riskiluokittelussa voidaan hyödyntää esimerkiksi taulukossa 16 esitetyn tyyppistä matriisia. Taulukkoon on koottu sijoituksen riskitasoon vaikuttavia ruoppausmassojen ja suunnitellun läjitysalueen ominaisuuksia. Tavoitteena on ollut löytää sellaisia ominaisuuksia, jotka kuvaavat läjitettävän massan haitallisuustasoa ja leviämisherkkyyttä, sekä toisaalta ominaisuuksia, jotka kuvaavat sijoitusympäristön herkkyyttä ja vaikutuksia läjityksen turvallisuuteen. Lisäksi tarkasteltavien ominaisuuksien on oltava sellaisia, että niitä voidaan kuvata luotettavasti mitattavissa tai arvioitavissa olevalla suurella ja että tämän suureen vaikutus riskiin pystytään arvioimaan. Lähtöoletuksena on, että läjityksen ympäristövaikutukset minimoidaan toteuttamalla hanke ympäristön kannalta parhaan käytännön mukaisesti ja parasta käyttökelpoista tekniikkaa hyödyntäen sekä työnaikaiset riskit halliten, ks. kohta 2.6 (läjitysalueen ominaisuudet) ja taulukko 18 (haitta-aineista aiheutuvat työnaikaiset riskit ja niiden hallinta). Edellytyksenä on myös, että läjitettävistä massoista ja sijoituskohteesta on riittävästi tietoa luotettavan arvioinnin tekemiseksi.

Tavoitteena on jatkossa tarkentaa matriisia siten, että kullekin tarkasteltavalle tekijälle määritetään riskitason perusteella lukuarvot ja tekijän merkittävyyttä kuvaava yleinen tai kohdekohtainen painokerroin (asian selventämiseksi on so-

veltamisesimerkki taulukossa 17). Tämän pohjaksi tarvitaan kuitenkin vielä lisätietoa ja menettelytavan testausta käytännön kohteissa. Siksi matriisia ei vielä tässä vaiheessa ole täydennetty lukuarvoilla. Matriisia voitaisiin lukuarvojen täydentämisen jälkeen hyödyntää riskitasoluokittelussa laskemalla painokertoimella kerrottujen riskitekijäkohtaisten pisteiden määrä yhteen ja vertaamalla näin saatua lukuarvoa riskiluokkaa (vähäinen, kohtalainen ja merkittävä riski) kuvaaviin arvioihin. Tämän karkean tason tarkastelun perusteella saadaan lisätietoa päätöksenteon pohjaksi ja voidaan rajata tapaukset, joissa riski ja jatkotarkastelujen tarve on vähäinen.

*Taulukko 16. Tason 1 ja tason 2 väliin sijoittuvien sedimenttien meriläjityskelpoisuuden alustavan arvioinnin kriteerejä.*

Kriteeri	Huomioitavia tekijöitä
Läjitettävän sedimentin tilavuus (proomu-m <sup>3</sup> )	Ruopattujen ja läjitettävien massojen määrä ei ole suoraan verrannollinen läjityksen ympäristövaikutuksiin. Yhdessä massan kemiallisten ja fysikaalisten laatuominaisuuksien kanssa massojen määrä kuitenkin kuvaa massan sijoituksesta aiheutuvaa riskiä. Mahdollisesti pilaantuneiden massojen määrät ovat ruoppauskohteen mukaan vaihdelleet muutamista tuhansista kuutiometreistä satoihin tuhansiin kuutiometreihin.
Trisubstituoitujen organotinayhdisteiden kokonaismäärä (kg)	Trisubstituoitujen organotinayhdisteiden kokonaismäärä kuvaa sitä TBT:n ja TPT:n määrää, joka sijoituksen seurauksena on altistuvien kohteiden saatavissa läjitysalueella tai sen ympäristössä. Kokonaismäärän laskentaan liittyy aina epävarmuuksia, jotka tulisi minimoida riittävällä ja oikein suoritettulla näytteenotolla ja tutkimuksilla. Kokonaismäärä on helposti hahmotettava parametri, joka kuvaa suunnilleen samaa kuin sedimentin tilavuus ja normalisoitu mediaanipitoisuus yhdessä tarkasteltuna. Vaihteluväli mahdollisesti pilaantuneissa ruoppausmassoissa on grammoista yli kymmeneen kiloon.
TBT:n ja TPT:n normalisoitu mediaanipitoisuus (µg/kg kuivaainetta)	Läjitettävän massan trisubstituoitujen organotinayhdisteiden pitoisuus on yleisin massan laadun arviointikriteeri.
Sedimentin suojaustaso (peittokerros, sen paksuus) ja häiriintymismahdollisuudet sijoituskohteessa	Sedimentin haitta-aineiden leviämiseen ja kulkeutumiseen läjitysalueelta vaikuttavat sekä sedimentin että sijoitusalueen ominaisuudet, kuten veden syvyys ja kerrostuneisuus eri vuodenaikoina sekä virtaukset ja aaltotoiminta alueella. Suojaus peittokerroksella ehkäisee sedimentin leviämistä ja haitta-aineiden liukenemistä.
Veden pH	Veteen liuenneet organotinayhdisteet ovat helpoimmin eliöiden saatavissa. Veden pH:n vaikutus organotinayhdisteiden liukoisuuteen on huomattava. Vesiliukoisuus on yleensä pienimmillään pH:n ollessa lähellä neutraalia (6,5–7,5), mikä on normaalitilanne merivesissä ja sedimentin häiriintymättömässä tilassa.
Sedimentin liettymisherkkyys/kiintoainepitoisuus	Läjitettävän massan liettymisherkkyys edistää sekä sedimenttipartikkelien leviämistä että haitta-aineiden liukenemistä. Sedimentit voidaan luokitella esim. seuraaviin kolmeen ryhmään: <ul style="list-style-type: none"> <li>– heikosti liettyvä, suuri kuiva-ainepitoisuus (esim. kiinteä savi)</li> <li>– liettyvä, pieni kuiva-ainepitoisuus (esim. liejusavi)</li> <li>– voimakkaasti liettyvä, erittäin pieni kuiva-ainepitoisuus (esim. lieju).</li> </ul>

Taulukko 16. Jatkoa.

TBT:n ja TPT:n pitoisuus huokosvedessä (ng/l)	Organotinayhdisteiden pitoisuus vedessä kuvaa yhdisteiden biosaatu- vuutta ja siten todennäköistä riskitasoa paremmin kuin sedimentin pitoi- suus. Mm. USEPA on esittänyt toksisuuskriteereitä TBT:n pitoisuudelle merivedessä ja makessa vedessä. Sedimentin sijaintialueen veden organotinayhdistepitoisuuksien mittaukseen liittyvien epävarmuuksien vuoksi ehdotetaan, että sen sijaan tutkittaisiin pitoisuutta huokosvedes- sä. Jotta tuloksia pystyttäisiin luotettavasti tulkitsemaan, tarvitaan kuiten- kin lisätietoa huokosveden pitoisuustasoista ja niiden vertailusta tok- sisuuskriteereihin.
Muut haitta-aineet, pitoisuus sedimentis- sä tasoihin 1 ja 2 verrattuna	Jokaisen sedimentissä olevan haitta-aineen aiheuttama riski on otettava huomioon, jos haitta-aineen pitoisuus ylittää tason 1. Vaikka or- ganotinayhdisteiden ja muiden sedimentin haitta-aineiden yhteisvaiku- tuksista on saatavissa vain vähän tietoa, yhteisvaikutusten mahdollisuus on kuitenkin olemassa.

Taulukko 17. Riskitasoluokittelua havainnollistava soveltamisesimerkki. Riski- tatusluokittelussa lasketaan yhteen painokertoimella kerrottujen riskitekijäkoh- taisten pisteiden määrä. Yhteenlasketun pistemäärän perusteella luokitellaan riskitaso vähäiseksi (< n pistettä), kohtalaiseksi (n–nn pistettä) tai merkittäväksi (> nn pistettä).

Kriteeri	Vähäinen riski (1)	Kohtalainen riski (2)	Merkittävä riski (3)	Tekijän paino- kerroin
Sedimentin liettymisherk- kyys/kiinto- ainepitoisuus	Heikosti liettyvä, suuri kiintoaine- pitoisuus (esim. kiinteä savi)	Liettyvä, pieni kiin- toainepitoisuus (esim. liejusavi)	Voimakkaasti liettyvä, erittäin pieni kiintoaine- pitoisuus (esim. lieju)	

Taulukossa 16 esitettyjen ominaisuuksien lisäksi olisi harkittava mm. seuraavien riskitasoon vaikuttavien läjityskohteen ominaisuuksien lisäämistä taulukossa tarkasteltavien parametrien joukkoon:

- taustapitoisuudet läjitysalueella
- altistuvat kohteet (erityisesti herkkien kohteiden esiintyminen, kalastusalu- eiden sijainti) läjitysalueella
- vesisyvyys, veden kerrostuneisuus sekä virtaus- ja aalto-olosuhteet.

Jos edellä mainitun tarkastelun perusteella ei pystytä tekemään päätöstä masso- jen meriläjityskelpoisuudesta tai jos halutaan arvioida esimerkiksi useampien haitta-aineiden yhteisvaikutusta, seuraavassa riskinarvioinnin vaiheessa voidaan

tutkimuksia täydentää ekotoksikologisin testein. Mahdollisia toksisuustestejä esitetään kohdassa 3.2.5. Toksisuustestauksessa on suositeltavaa käyttää useita rinnakkaisia testimenetelmiä. Tällä hetkellä käytössä olevat standardoidut testimenetelmät eivät mittaa organotinayhdisteiden aiheuttamaa imposex-ilmiota.

Joissakin tapauksissa saattaa olla tarpeen myös arvioida, voivatko organotinayhdisteet ajan myötä kulkeutua ja levitä haitallisessa määrin läjityskohteen ympäristöön joko suspendoituneina hiukkasina tai liuenneessa muodossa. Mahdollisia riskitekijöitä ovat esimerkiksi virtaukset ja peiterakenteen eroosio. Organotinayhdisteiden kulkeutumisen ja leviämisen arvioinnissa käytettävät menetelmät valitaan tapauskohtaisesti ottaen huomioon kohteen riskinhallinnassa käytettävät vaihtoehdot.

Riskinarviointia voidaan täydentää myös selvittämällä altistuksen vaikutuksia ruoppausmassojen sijaintikohteen eliöstöön. Tällä tavoin voidaan arvioida esimerkiksi ruoppauksen jälkeistä jäännösriskiä tai riskiä ruoppausta edeltävässä tilanteessa. Menettely soveltuu myös imposex-ilmion tutkimiseen. Altistumisvaikutusten selvittäminen tehdään parhaiten tutkimalla sedimentin pohjaeliöstön, alueella esiintyvien kalojen ja joissakin tapauksissa kasvillisuuden organotinapitoisuuksia. Jos pohjaeläimillä tai kaloilla ei voida osoittaa altistumisvaikutuksia, ei altistuminen ole kovin todennäköistä ravintoketjujen korkeammillakaan tasoilla.

Tutkittavat eliöt tulisi valita kohteen perusteella siten, että

- ne esiintyvät yleisesti
- ne ovat helposti tunnistettavissa
- ne ovat selvästi osa tunnettuja ravinneketjuja
- niihin tiedetään kerääntyvän orgaanisia tinayhdisteitä
- ne ovat paikkauskollisia.

Esimerkkejä merkittävimmistä tutkimuksissa huomioitavista lajeista ovat **sinisimpukka, itämerensimpukka, valkokatka, kilkki ja liejusukajalkainen**. Kaloista ruoppausprojektien yhteydessä esiintyvän altistumisen tutkimiseen soveltuvat erityisesti **ahven** ja mahdollisesti hauki.

## 4.2.2 Läjitys mereen, pitoisuudet yli tason 2

Ruoppausmassojen läjittäminen mereen pitoisuustason 2 ylittyessä on sallittua vain, jos tämä on ympäristön kannalta maalle sijoittamista parempi vaihtoehto. Jos pitoisuudeltaan tason 2 ylittäviä ruoppausmassoja suunnitellaan sijoitettaviksi meriläjitysalueille, sijoitus edellyttää aina vaihtoehtoisten sijoitustapojen riskien ja ympäristövaikutusten arviointia ja vertailua, jotta saadaan selville ympäristön kannalta paras vaihtoehto (BEP). Läjitys peittämättä ei ole suositeltavaa. Tällaisten massojen läjittämiseen mereen peittämättä ei olekaan myönnetty läjityslupia. Myös muiden riskinhallintatoimenpiteiden tarve tulee arvioida. Riskinarvioinnissa voidaan käyttää samoja menettelyjä kuin harmaan alueen massojen meriläjityksen riskinarvioinnissa. Tässä tapauksessa on kuitenkin tarpeen tarkastella kohteen merkittävimpiä altistusreittejä ja arvioida eliöiden ja mahdollisesti ihmisen altistumismahdollisuuksia ainakin mallinnuksen pohjalta. Myös eliöiden altistustutkimukset voivat olla tarpeen. Riskinarviointi tehdään aina suunniteltujen riskinhallintatoimenpiteiden pohjalta.

## 4.2.3 Hyödyntäminen ranta-alueiden rakenteissa

Sijoitettaessa sedimenttejä **ranta-alueiden rakenteisiin** tarvitaan lupaharkinnan pohjaksi ainakin karkean tason arviointi. Sillä osoitetaan, että rakenteet estävät riittävässä määrin haitta-aineiden kulkeutumisen mereen myös pitkän ajan kuluessa ja poikkeustilanteissa. Yksinkertaisimmassa tapauksessa arviointi voidaan tehdä esimerkiksi sijoitettavan käsittelyn tai käsittelemättömän sedimentin liukoisuustutkimusten tulosten ja laimenemiskertoimien perusteella. Organotinapitoisia sedimenttejä stabiloitaessa ja stabiloidun sedimentin hyötykäyttökelpoisuutta arvioitaessa on kiinnitettävä huomiota erityisesti pH-muutoksen vaikutuksiin haitta-aineiden liukoisuuteen.

Jos haitattomuutta ei pystytä osoittamaan liukoisuustutkimusten tulosten ja laimenemiskertoimien perusteella, seuraavana vaiheena arvioinnissa on ottaa tarkemmin huomioon rakenteiden ja sijoituskohteen muiden ominaisuuksien vaikutus haitta-aineiden kulkeutumiseen. Tarkastelussa huomioonotettavia seikkoja voivat olla myös esimerkiksi merenpinnan nousun ja aallokon vaikutukset.

#### 4.2.4 Hyödyntäminen maa-alueilla

Maa-alueilla hyödyntämisen ja siten myös sijoituskelpoisuuden arvioinnin lähtökohtana on aina pidettävä pohjaveden pilaantumisen estämistä. Jos ruoppausmassoja **hyödynnetään maa-alueilla** siten, että kulkeutuminen mereen ei ole todennäköistä, voidaan sijoituskelpoisuuden arvioinnissa käyttää valtioneuvoston asetuksessa maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista<sup>21</sup> annettuja kynnsarvoja ja alempia ohjearvoja (ks. luku 2). Tarkempi riskitarkastelu voi olla tarpeen lähinnä tapauksissa, joissa massamäärät tai organotinayhdisteiden pitoisuudet ovat suuria. Maa-alueilla hyödyntämistä vaikeuttaa sedimentin suuri vesipitoisuus. Suoto- ja kuivatusvesien hallintaan on siten kiinnitettävä erityistä huomiota.

Jos ruoppausmassat hyödynnetään stabiloituna, on haitta-aineiden liukoisuuden tutkiminen stabilointimenetelmää valittaessa aina tarpeen.

### 4.3 Työnaikaisten riskien arviointi ja hallinta

Sedimenttien ruoppaus-, läjitys- ja käsittelytyön aikaisiin riskeihin voidaan vaikuttaa huomattavastikin tunnistamalla mahdolliset haitta-aineiden leviämiseen vaikuttavat tekijät, arvioimalla niiden merkittävyys ja valitsemalla riittävät toimenpiteet riskien hallitsemiseksi. Työnaikaisia riskitilanteita ja riskinhallintatoimenpiteitä esitetään seuraavassa taulukossa, taulukko 18. Taulukossa ei käsitellä työturvallisuusriskejä eikä niiden hallintatoimenpiteitä.

---

<sup>21</sup> VNa 2007.



Taulukko 18. Sedimenttien ruoppaus-, läjitys- ja käsittelytyön aikaisia riskitilanteita ja niiden hallintatoimenpiteitä.

Työvaihe/ Tapahtuma	Riskitilanne	Seuraus	Riskinhallinta- toimenpide
Sedimenttien ruoppaus	Kuljettaja kaivaa väärästä paikasta tai syvyydeltä.	Pilaantunutta sedimenttiä voi jäädä ruoppaamatta, tai puhtaat sedimentit sekoittuvat pilaantuneisiin.	Kaivunvalvontajärjestelmän kalibrointi. Kaivutyön reaaliaikainen seurantaluoetus.
	Kauha osuu esteisiin, tavoitetasoa ei saavuteta.	Ruoppaus alle tavoitetason, kauhauksen rikkoutuminen.	Riskialueiden etukäteiskartoitus. Työmenetelmän/ kauhauksen vaihto.
	Romu tms. estää kauhuruoppaajan kauhauksen sulkeutumisen.	Pilaantunutta sedimenttiä huuhtoutuu kauhasta ylösnoston/lastauksen aikana	Kaivujärjestyksen suunnittelu. Proomu ruoppaamattomalla puolella.
	Imuruoppauksessa sedimentti löyhtyy ruoppauskohdan ympäristöstä.	Pilaantunut sedimentti kulkeutuu ruoppausalueen ulkopuolelle.	Säädetään painevesisuihkun ja imutehon suhdetta sellaiseksi, että suspendoituminen mahdollisimman vähäistä.
	Imuruopatun sedimentin proomuun lastaamisen aikana tapahtuu ylijuuksutusta.	Veden voimakas samentuminen.	Lopetetaan lastaus, kun ylijuuksutuksen vaara olemassa.
	Löyhän sedimentin ruoppaus aiheuttaa suspendoitumista.	Veden samentuminen ja hienoaineksen leviäminen ympäristöön.	Siltiverhon käyttö.
Sedimenttien kuljetus	Potkurivirtojen vaikutus saa pilaantuneen sedimentin liikkeelle.	Pilaantunutta sedimenttiä leviää ruoppaus- tai läjitysalueen ulkopuolelle.	Käytetään alhaisia nopeuksia. Pyritään minimoimaan potkurivirtaukset.
	Lastitilan tiivisteet ovat vaurioituneet.	Pilaantunutta sedimenttiä huuhtoutuu lastitilasta.	Lastitilan tiiveyden säännöllinen tarkistaminen.
	Lastaustilavuus ylittyy.	Pilaantunutta sedimenttiä huuhtoutuu mereen lastitilan laitojen yli.	Proomua ei lastata täyteen.

Taulukko 18. Jatkoa.

Sedimenttien läjitys mereen	Sedimentti liikkuu läjitysvaiheessa.	Sedimentti leviää läjitysalueen ulkopuolelle, veden voimakas samentuminen.	Läjittäminen putkiston kautta suoraan pohjalle. Läjitysalueen ympäröinti siltiverholla.
	Läjitetyn sedimentin hienoaines suspendoituu ja joutuu pohjavirtausten kuljettamaksi.	Sedimentti leviää läjitysalueen ulkopuolelle, veden voimakas samentuminen.	Läjityspaikan huolellinen valinta. Läjittäminen putkiston kautta suoraan pohjalle ja diffuusorin käyttö. Läjitysalueen ympäröinti siltiverholla.
	Pohjasedimentti liikkuu läjitettävän massan vaikutuksesta.	Veden samentuminen.	Läjittäminen putkiston kautta suoraan pohjalle. Läjitysalueen ympäröinti siltiverholla.
	Läjittäminen väärään paikkaan.	Sedimentti leviää läjitysalueen ulkopuolelle. Monia muita vaikutuksia.	Paikannusjärjestelmien käyttö.
	Jyrkkäreunaisten sedimenttikasojen muodostuminen.	Sedimentti leviää läjitysalueen ulkopuolelle (sortumat).	Läjityksen huolellinen esisuunnittelu. Läjitysalueen huolellinen valinta. Paikannusjärjestelmien käyttö.
Sedimenttien läjitys rannalle	Penger tai penkereen osa sortuu.	Pilaantunutta sedimenttiä leviää ympäristöön.	Penkereiden kunnon säännöllinen tarkkailu ja välittömät korjaukset.
	Pilaantunutta sedimenttiä leviää ympäristöön penkereen läpi.	Vesipinta läjitysalueella ylittää kriittisen korkeuden.	Läjitystyö keskeytetään, kun kriittinen vesipinta ylittyy.
Stabilointi	Stabilointi nostaa sedimentin pH:ta.	Tiettyjen haitta-aineiden, mm. TBT:n, liukoisuus kasvaa	Liukoisuustutkimusten suorittaminen, sideainevalinta.
	Stabilointi epäonnistuu mm. joidenkin haitta-aineiden tai sedimentin liian korkean humuspitoisuuden vuoksi.	Haitta-aineet kulkeutuvat sijoitusalueen ulkopuolelle.	Sedimentin laadun perusteellinen tutkiminen. Huolellinen reseptointi. Liukoisuustutkimusten suorittaminen.

Työnaikaisten riskien arviointi voidaan toteuttaa seuraavasti:

1. projektin jako osa-alueisiin (kuten työvaihe, työalue tai alue)
2. osa-alueiden riskitilanteiden (vaaratekijöiden) tunnistaminen
3. riskistä mahdollisesti aiheutuvien seurausten tunnistaminen
4. riskin suuruuden luokittelu
5. riskejä vähentävien toimenpiteiden suunnittelu.

Ympäristöön ja turvallisuuteen liittyvien riskien arviointia varten projekti jaetaan osa-alueisiin, joista kullekin tehdään riskinarviointi esim. käyttämällä apuna erityistä kohteen riskikartoituslomaketta. Lomakkeissa esitetään mm. seuraavat tiedot:

- rakennuskohde
- riskialttiit ja erikoissuunnittelua vaativat työvaiheet ja aliurakat
- turvallisuus-/ympäristöriskit ja niihin varautuminen
  - työvaihe/tapahtuma
  - paikka
  - riskityyppi/seuraus
  - riskitilanne
  - luokitus
  - riskin hallinta
- muut menettelyt turvallisuusriskien minimoinnissa.

Projektin osa-alueita voivat olla esim. suojaverho, ruoppaus, penkereet, ruoppaaja, lastialus, tukialukset, läjitys, sedimentin käsittely jne.

Riskin suuruus arvioidaan vaaran aiheuttaman haitallisen tapahtuman todennäköisyyden ja sen seurausten perusteella. Riskiluokittelu voidaan tehdä esim. viisiportaisesti taulukon 19 mukaisesti.

*Taulukko 19. Viisiportainen riskiluokittelu (BS 8800:fi).*

Tapahtuman todennäköisyys	Seurausten vakavuus		
	Vähäiset	Haitalliset	Vakavat
Epätodennäköinen	1. Merkityksetön riski	2. Vähäinen riski	3. Kohtalainen riski
Mahdollinen	2. Vähäinen riski	3. Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski
Todennäköinen	3. Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski	5. Sietämätön riski

Seurausten vakavuuden luokittelusta on esimerkki taulukossa 20.

Taulukko 20. Esimerkki seurausten vakavuuden luokittelusta.

VÄHÄISET SEURAUKSET	HAITALLISET SEURAUKSET	VAKAVAT SEURAUKSET
<b>Kiintoaine</b>		
Tilapäinen samentuminen ja kiintoaineen laskeutuminen hyvin rajatulle alueelle vesistön pohjaan.	Vesistön samentuminen muutaman päivän ajaksi, kiintoaineen kertyminen vesistön pohjalle ja/tai kulkeutuminen päästölähteen lähiympäristöön. Pohjalla säilyy suotuisat olot eliöstölle.	Vesistön samentuminen usean päivän ajaksi, kiintoaineen kertyminen vesistön pohjalle ja/tai kulkeutuminen kauemaksi päästölähteestä. Pohjalle kertynyt aines haittaa eliöstöä.
<b>Haitta-aineet</b>		
Pitoisuuksien tilapäinen nousu paikallisesti, pitoisuudet laimenevat nopeasti, eikä kohonneita pitoisuuksia voida enää osoittaa parin päivän kuluttua.	Pitoisuuksien tilapäinen, mutta selvästi mitattavissa oleva nousu toiminta-alueella. Pitoisuuksien nousu osoitettavissa useiden viikkojen ajan.	Pitoisuuksien selvä nousu myös toiminta-alueen ulkopuolella. Vaikutukset kestävät kuukausien ajan.

Jokaiselle kohtalaiselle tai sitä suuremmalle riskille suunnitellaan vähintään hallintatoimenpiteet. Riskejä vähentäviä toimenpiteitä käytetään usein myös kohtalaista pienemmissä riskitapauksissa. Jos riski on sietämätön, toimintaa ei tule suorittaa, vaan muuttaa esim. työmenetelmää. Riskejä hallitaan pääsääntöisesti ennaltaehkäisemällä vaarallisia tilanteita. Toissijaista riskienhallintaa on toteutuneista vaarallisista tilanteista aiheutuvien seurausten rajoittaminen. Kolmannen vaiheen riskienhallintaa on toteutuneiden vahinkojen ja haittojen hoitaminen.

#### 4.4 Ruoppaus- ja käsittelytekniikoiden aiheuttamat ympäristövaikutukset

Eri ruoppaus- ja käsittelytekniikoiden aiheuttamia ympäristövaikutuksia voidaan laskea ja vertailla esimerkiksi ”TBT-BATman” -projektissa kehitetyllä laskentaohjelmalla (SEDU). Laskentaohjelma perustuu elinkaariajatteluun, mikä tarkoittaa sitä, että ohjelmassa käydään läpi vaiheittain koko käsittelyketjun elinkaaren aikaiset ympäristövaikutukset materiaalien valmistuksesta jätteiden loppusijoitukseen. Ohjelmassa huomioidaan ruoppaus- ja kunnostushankkeessa syntyvät merkittävimmät negatiiviset ympäristövaikutukset, joita ovat ruoppauksesta ja käsittelystä aiheutuvat päästöt ilmaan ja vesiin, uusiutuvien ja uusiutumattomien luonnonvarojen ja sivutuotteiden käyttö, jätteet, maan (tilan) käyttö sekä energiasurssit.

Laskentaohjelma sisältää seuraavat sedimenttien käsittelymenetelmät:

- sedimentin peittäminen in situ
- läjitys meren pohjaan
- läjitys altaaseen rantavyöhykkeellä
- läjitys stabiloituna altaaseen rantavyöhykkeellä
- sijoittaminen kaatopaikalle
- stabilointi
- terminen käsittely
- kapselointi
- geotuubikäsitteily.

Käsittelymenetelmäkohtaisissa ympäristövaikutuslaskelmissa huomioidaan myös ruoppauksesta ja sedimenttien mahdollisesta esikäsittelystä aiheutuvat ympäristövaikutukset.

Muita ohjelman ulkopuolelle jääviä ruoppauksesta ja käsittelystä aiheutuvia ympäristövaikutuksia voidaan tarvittaessa tarkastella kohteen luonteen, sijainnin tai aikajänteen perusteella. Kohteen ruoppaus voi olla uudis-, ylläpito- tai kunnostusruoppausta. Kohteen sijainnin mukaan vaikutukset kohdistuvat ruoppauspaikkaan, kuljetusreiteille vesillä ja maissa, läjitys- ja käsittelyalueille sekä loppusijoituspaikkaan. Aikajänteen avulla ruoppauksen ja käsittelyn ympäristövaikutukset jaetaan lyhyen ja pitkän aikavälin vaikutuksiin. Seuraavaan taulukkoon (taulukko 21) on kerätty muita sedimenttien ruoppaukseen, läjitykseen ja käsitteilyyn liittyviä ympäristövaikutuksia, joita ei ole huomioitu ympäristövaikutuslaskentaohjelmassa.

Taulukko 21. Sedimenttien ruoppaukseen, läjitykseen ja käsittelyyn liittyviä ympäristövaikutuksia, joita ei ole huomioitu ympäristövaikutusten laskentaohjelmassa.

Ruoppaus	Vesiläjitys	Maaläjitys	Kuljetukset	Käsittely
Vesistön samentuminen	Vesistön samentuminen	Maisemalliset ja kulttuurilliset vaikutukset	<u>Vesillä:</u> Sedimentin karraaminen kuljetuksen aikana → veden samentuminen	Melu Pöly Haju
Työnaikainen melu ja haju (pakokaasu ja sedimentin haitta-aineet)	Sedimentin kulkeutuminen vesiläjitysalueelta pohjavirtausten mukana	Hienorakeinen maa-aines leviää ylimääräisen veden mukana ympäristöön	Vesiliikenteen lisääntyminen	Maisemalliset vaikutukset Maan käytössä tapahtuvat muutokset
Työaikainen haitta alueen käytölle	Pyydysten likaantuminen	Haitta-aineiden kulkeutuminen	Melu	Haitta-aineiden kulkeutuminen
Löyhtyneen sedimentin kulkeutuminen toimenpidealueelta pohjavirtausten mukana	Pohjaeläimistön ja levätuotannon muutokset	Maan käytössä tapahtuvat muutokset	<u>Maalla:</u> Liikennemäärien lisääntyminen	
Sedimentin haitta-ainepitoisuus muuttuu	Kalat siirtyvät pois toimenpidealueelta	Melu	Melu	
Ravinteita vapautuu sedimentistä	Kutupaikkojen tuhoutuminen tai vaurioituminen → vaikutukset kalojen poikastuotantoon	Pöly	Pöly	
Pohjaeläimistön ja levätuotannon muutokset	Virtausolosuhteiden muutos	Haju		
Kalat siirtyvät pois toimenpidealueelta	Vesisyvyyksien muutokset			
Kutupaikkojen tuhoutuminen tai vaurioituminen → vaikutukset kalojen poikastuotantoon	Pohjan laatu muuttuu			
Pyydysten likaantuminen	Työnaikainen melu			
Virtausolosuhteiden muutos	Työaikainen haitta alueen käytölle			
Vesisyvyyksien muutokset	Sedimentin haitta-ainepitoisuus muuttuu			
Ruoppaus voi parantaa virtaustilaa ja veden vaihtuvuutta	Ravinteita vapautuu sedimentistä			
Pohjan laatu muuttuu				
Kalojen makuhaitat				
Vaikutukset merenalaisiin rakenteisiin ja meriarkeologiaan				

## 5. Kustannus-hyötyanalyysi

*The relation between costs of a certain activity and its benefits to a certain community.*<sup>22</sup>

*Tietyn toiminnan kustannusten ja sen tietyille yhteisölle tuoman hyödyn välinen yhteys.* (epävirallinen käännös)

Kustannus-hyötyanalyysin tavoite on määrittää eri toimenpiteiden vaikutusten suhde kustannuksiin, minkä perusteella valitaan ne toimenpiteiden yhdistelmät, jotka toteuttavat tavoitellun ympäristön tilan mahdollisimman vähäisillä kustannuksilla. Analyysin avulla voidaan vertailla sedimenttien käsittelyvaihtoehtojen kustannuksia keskenään ympäristöriskien vähenemän, kunnostuksen ja käsittelyn ympäristövaikutusten, alueen hyötykäytön sekä muiden vaikutusten suhteen.

Kunnostus- tai ruoppauskohteen ja sen ympäristön ominaispiirteet sekä kunnostusprojektin teettäjien ja muiden sidosryhmien (satamalaitokset, suunnittelijat, urakoitsijat, lupaviranomaiset, rahoittajat, kansalaiset) intressit ja kapasiteetti vaikuttavat voimakkaasti sekä käsittelymenetelmän valinnan kriteereihin että toivottuun lopputulokseen. Kustannus-hyötyanalyysiä käytetään tehokkaimmin työkaluna toimenpiteiden määrittämiseen paikallisella tasolla, rajatussa kohteessa. Tällöin hyötyparametreille voidaan antaa eri painoarvot kunnostuskohteen ominaispiirteiden sekä sidosryhmien arvioiden ja intressien mukaan. Lopullisessa päätöksenteossa tulee luonnollisesti ottaa huomioon myös tekniset rajaukset, kuten käsittelymenetelmän saatavuus. Yksittäisen ruoppauskohteen kunnostusvaihtoehdoille voidaan näin laskea erilaisia ns. hyvyyslukuja tai -luokkia, jotka ilmaisevat kunkin vaihtoehdon paremmuuden suhteessa muihin vaihtoehtoihin.

Kansallisella tasolla suoritettuna analyysi voi kuitenkin myös olla hyödyllinen, etenkin silloin kun kunnostuksen kriteerit pätevät useissa pilaantumiskohteissa. Yleisellä tasolla tehtynä kustannus-hyötyanalyysi toimii alustavana arviointityökaluna kunnostusta koskevan suunnittelun pohjaksi. Yleisen tason tarkasteluun olisi hyvä liittää herkkyysanalyysi, jolla arvioidaan merkittävimpien tekijöiden muutosten vaikutuksia lopputulokseen.

---

<sup>22</sup> EIONET:n (European Environment Information and Observation Network) mukainen määritelmä.

Ongelmalliseksi kustannus-hyötyanalyysissä muodostuu se, että kustannuksia vastaan tarkasteltavat tekijät eivät ole yksiselitteisesti mitattavissa. Tämä pätee erityisesti toimenpiteiden ympäristö- ja terveysriskien arviointiin ja yhteiskunnallisiin vaikutuksiin. Myös analyysiin sisällytettävät kustannukset ja ympäristövaikutukset voivat vaihdella laajasti käytettävissä olevan kaluston ja kunnostettavan kohteen ominaisuuksien mukaisesti.

Sedimenttien käsittelyvaihtoehtojen valintaan liittyvässä arvioinnissa ja päätöksenteossa voidaan käyttää apuvälineenä seuraavana esitettyä ehdotusta. Ehdotuksen mukaisessa kustannus-hyötyanalyysissä tarkastellaan käsittelyvaihtoehtojen kokonaiskustannuksia taulukossa 22 esitettäviä hyötyparametreja vastaan. Tavoitteena on ottaa kustannus-hyötytarkasteluun vain todelliset käsittelyvaihtoehdot ja sellaiset tekijät, joilla tiedetään todellisuudessa olevan merkitystä tarkasteltavaa kunnostuskohdetta koskevassa päätöksenteossa. Tarkastelun yläkriteerinä pätevät myös lainsäädännölliset tekijät (raja-arvojen saavuttaminen yms.).

*Taulukko 22. Kustannus-hyötytarkastelun parametreja.*

Hyötyparametri		Arviointitavat				
Kokemus tekniikasta ja tuloksen varmuus	<i>sanallisesti</i>	--	-	0	+	++
tuntematon → taattu						
Käsittelyn aiheuttama ympäristö- ja terveysriskien vähenemä	<i>sanallisesti</i>	--	-	0	+	++
pieni → suuri						
Käsittelyketjun ympäristökuormitus – energian käyttö (kg/m <sup>3</sup> ruoppausmassa) – päästöt ilmaan (g haitta-aine/m <sup>3</sup> ) – jätteen muodostuminen (tn/kohde) – maan käyttö (m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ruoppausmassaa)	<i>elinkaari-tarkastelun mukainen kokonaisvaikutus</i>	--	-	0		
suuri → mitätön						
Käsittelyaika	<i>sanallisesti</i>	--	-	0	+	++
pitkä → lyhyt						
Seurannan tarve jatkossa	<i>sanallisesti</i>	--	-	0	+	++
merkittävä → ei ollenkaan						
Yhteiskunnalliset vaikutukset – imago, vaikutus alueen arvostukseen, kalastus, virkistys	<i>sanallisesti</i>	--	-	0	+	++
negat. → positiiv.						
Sedimenttien hyötykäyttömahdollisuudet	<i>kyllä/ei</i>					



Seuraavissa taulukon 23 esimerkeissä esitetään kahden käsittelymenetelmän, termodesorption ja stabiloinnin, kustannus-hyötyanalyysit. Esimerkit on esitetty eri tekijöiden osalta ilman painotuksia.

*Taulukko 23. Termodesorption ja stabiloinnin kustannus-hyötyanalyysit.*

<b>Termodesorptio 82–109 €/m<sup>3</sup></b>		
<i>Kokemus tekniikasta ja tuloksen varmuus</i>	Tunnettu tekniikka. Kokemus TBT-sedimenttien käsittelystä vähäinen. Varma puhdistustulos.	+
<i>Ympäristö- ja terveysriskit</i>	Sedimentit poistetaan merestä, jolloin itse kohteessa ei riskejä. Kuljetukseen ja käsittelyyn liittyvät riskit (päästöt, onnettomuusriski).	+
<i>Käsittelyn ympäristövaikutukset</i>	Massojen kuljetuksen, vedenpoiston ja polton suuri energiatarve ja päästöt.	- - -
<i>Käsittelyaika</i>	Lyhyt.	+
<i>Seurannan tarve jatkossa</i>	Ei seurantarvetta.	++
<i>Yhteiskunnalliset vaikutukset</i>	Suuret ympäristövaikutukset. Tehokas käsittelymenetelmä.	-/+
<i>Sedimenttien hyötykäyttö</i>	Puhdistettu massa voidaan hyötykäyttää maa-rakentamisessa.	+
<b>Σ Hinta: 82–109 €/m<sup>3</sup> Hyöty (ilman painotuksia) : +++ (+3)</b>		
<b>Läjitys ja stabilointi altaaseen rantavyöhykkeellä 26–54 €/m<sup>3</sup></b>		
<i>Kokemus tekniikasta ja tuloksen varmuus</i>	Euroopassa tunnettu ratkaisu.	+
<i>Ympäristö- ja terveysriskit</i>	Sedimentit poistetaan merestä, jolloin itse kohteessa ei riskejä. Epäpuhtauksien liukeneminen ympäristöön altaasta pieni riski.	+
<i>Käsittelyn ympäristövaikutukset</i>	Altaan rakentamisen päästöt ja vaikutus maisemaan. Stabiloinnin (sementin tai muun stabilointiaineen valmistus, kuljetus, sekoitus) ympäristövaikutukset.	-
<i>Käsittelyaika</i>	Vedenpoistoon (laskeuttamiseen) arvioitu aika min. ½ v.	-
<i>Seurannan tarve jatkossa</i>	Haitta-aineiden mahdollinen liukeneminen stabiloiduista massoista.	-
<i>Yhteiskunnalliset vaikutukset</i>	Mahdollista hyödyntää satamarakenteissa. Ei poista haitta-aineita.	+/-
<i>Sedimenttien hyötykäyttö</i>	Kyllä.	+
<b>Σ Hinta: 26–54 €/m<sup>3</sup> Hyöty (ilman painotuksia) : +/- (0)</b>		

Edellä esitetyn kustannus-hyötytarkastelun avulla voidaan suhteellisen yksinkertaisesti arvioida ruoppaus- ja läjityshankkeiden kustannuksia suhteessa saavutettavaan hyötyyn. Ruoppaus-, läjitys- ja käsittelyvaihtoehtoja vertailtaessa on kuitenkin huomioitava myös ympäristön kannalta paras käytäntö (BEP), jonka mukaan toimien voidaan vähentää ympäristölle aiheutuvaa haittaa minimoimalla ruoppauksen ja läjityksen vaikutuksia ja optimoimalla ja parantamalla läjitettä-

vien massojen määrää ja laatua. Ruoppaus- ja läjityshanke tulee aina toteuttaa ympäristön kannalta parhaan käytännön mukaisesti ja parasta käyttökelpoista tekniikkaa hyödyntämällä (BAT).

HELCOM:n<sup>23</sup> ja OSPAR:n<sup>24</sup> antamien ohjeiden liitteissä selostetaan yksityiskohtaisemmin ympäristön kannalta parhaan käytännön sisältöä ruoppaus- ja läjityshankkeissa.

---

<sup>23</sup> HELCOM 1992.

<sup>24</sup> OSPAR 1998.

# Lähdeluettelo

BS 8800:fi. 1998. Ohje työterveys- ja turvallisuusjohtamisjärjestelmästä. 2. painos. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

Euroopan parlamentin ja neuvoston päätös N:o 2455/2001/EY, vesipolitiikan alan prioriteettiaineiden luettelon vahvistamisesta ja direktiivin 2000/60/EY muuttamisesta.

HELCOM. 1992. Revised guidelines for the disposal of dredged spoils. HELCOM recommendation 13/1. [http://www.helcom.fi/guidelines/guide\\_rec13\\_1.pdf](http://www.helcom.fi/guidelines/guide_rec13_1.pdf).

ISO 5667-12. Water quality – Sampling – Part 12: Guidance on sampling of bottom sediments.

ISO 5667-19. Water quality – Sampling – Part 19: Guidance on sampling in marine sediments.

KOM(2006) 397 lopullinen. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi ympäristölaatonormeista vesipolitiikan alalla sekä direktiivin 2000/60/EY muuttamisesta. Ehdotus. 17.7.2006.

Majuri, H. 2003. Ruoppaushankkeiden ympäristöohjeita. 99 s. <http://personal.inet.fi/koti/hannu2.majuri/ruoppauslopullinen.pdf>.

Mäkelä, A., Antikainen, S., Mäkinen, I., Kivinen, J. & Leppänen, T. 1992. Vesitutkimusten näytteenottomenetelmät. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja, sarja B, 10. Helsinki: Vesi- ja ympäristöhallitus. ISBN 951-47-4730-5. 86 s.

OSPAR. 1998. Guidelines for the Management of Dredged Material (Reference Number: 1998-20). OSPAR Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic.

USEPA. 2003. United States Environmental Protection Agency. Ambient Aquatic life Water Quality Criteria for Tributyltin. EPA 822-R-03-031. 138 s.

VNa 2007. Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista, 1.3.2007.

VNp 861/1997. Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista 861/1997.

Wahlström, M. & Laine-Ylijoki, J. 1996. Standardoidut liukoisuustestimenetelmät maarakentamisessa hyötykäytettävien materiaalien ympäristötestauksessa. VTT Tiedotteita 1801. Espoo: VTT. 44 s. + liitt. 16 s. ISBN 951-38-4996-1.

Wahlström, M. & Laine-Ylijoki, J. 1997. Ympäristökelijät ja niiden tutkiminen maarakentamisessa hyötykäytettävien materiaalien liukoisuustutkimuksissa. VTT Tiedotteita 1852. Espoo: VTT. 78 s. + liitt. 12 s. ISBN 951-38-5143-5. <http://virtual.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/1997/T1852.pdf>.

Wahlström, M., Laine-Ylijoki, J., Eskola, P., Vahanne, P., Mäkelä, E., Vikman, M., Venelampi, O., Hämäläinen, J. & Frilander, R. 2004. Kaatopaikkojen tiivistsyrakennemateriaaleina käytettävien teollisuuden sivutuotteiden ympäristökelpoisuus. VTT Tiedotteita 2246. Espoo: VTT. 84 s. + liitt. 38 s. ISBN 951-38-6470-7. <http://virtual.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2004/T2246.pdf>.

Wahlström, M., Laine-Ylijoki, J., Vestola, E., Vaajasaari, K. & Joutti, A. 2006. Jätteiden kaatopaikkakelpoisuuden toteaminen. Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2006. Ympäristönsuojelu. Helsinki: Ympäristöministeriö. 82 s. ISBN 952-11-2334-6. <http://www.ymparisto.fi/julkaisut>.

Ympäristöhallinnon ohjeita 7/2006. Pilaantuneen maa-alueen tutkimuksen ja kunnostuksen työsuojeluopas. Helsinki: Ympäristöministeriö. ISBN 952-11-2463-6. 103 s. <http://www.ymparisto.fi/julkaisut>.

Ympäristöministeriö. 2004. Sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohje. Anvisning för muddring och deponering av muddermassor. Ympäristöopas 117. Helsinki: Ympäristöministeriö. 121 s. ISBN 952-11-1849-0. <http://www.ymparisto.fi/julkaisut>.

Ympäristöministeriö. 2006. Orgaaniset tinayhdisteet Suomen vesialueilla. Ympäristöministeriön työryhmän mietintö, 17.2.2006. Helsinki: Ympäristöministeriö. 69 s.

# Taustakirjallisuutta

IADC/CEDA. 1996–2001. Environmental Aspects of dredging. International Association of Dredging Companies, Central Dredging Association. 1) Players, Processes and Perspectives, 1996, ISBN 90-75254-03-2, 36 s., 2a) Conventions, Codes and Conditions: Marine Disposal, 1997, ISBN 90-75254-05-9, 71 s., 2b) Conventions, Codes and Conditions: Land Disposal, 1997, ISBN 90-75254-06-7, 43 s., 3) Investigation, Interpretation and Impact, 1997, ISBN 90-75254-08-3, 67 s., 4) Machines, Methods and Mitigation, 1998, ISBN 90-75254-09-1, 80 s., 5) Reuse, Recycle or Relocate, 1999, ISBN 90-75254-10-5, 106 s., 6) Effects, Ecology and Economy, 2000, ISBN 90-75254-12-1, 119 s., 7) Frameworks, Philosophies and the Future, 2001, ISBN 90-75254-13-X, 63 s.

Jaakkonen, S., Korhonen, T., Lyytikäinen, S., Mäenpää, M. & Tuomainen, J. 2007. Orgaanista tinaa sisältävien sedimenttien puhdistamis- ja korvausvastuu. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 3/2007. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. ISBN 978-952-11-2571-3 (PDF). 58 s. <http://www.ymparisto.fi/julkaisut>.

Lukkari, T., Koponen, K., Tuomi, P., Dahlbo, K., Rossi, E. & Järvinen, K. 2006. Tributyyliitina (TBT) maaympäristössä: esiintyminen, vaikutukset ja riskit. Suomen ympäristö 16/2006. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. ISBN 952-11-2273-0 (PDF). 54 s. <http://www.ymparisto.fi/julkaisut>.

PIANC. 1996. Handling and treatment of contaminated dredged material from ports and inland waterways “CDM”. Volume 1. Report of working group no. 17. Supplement to Bulletin no. 89. ISBN 2-87223-072-6. 76 s.

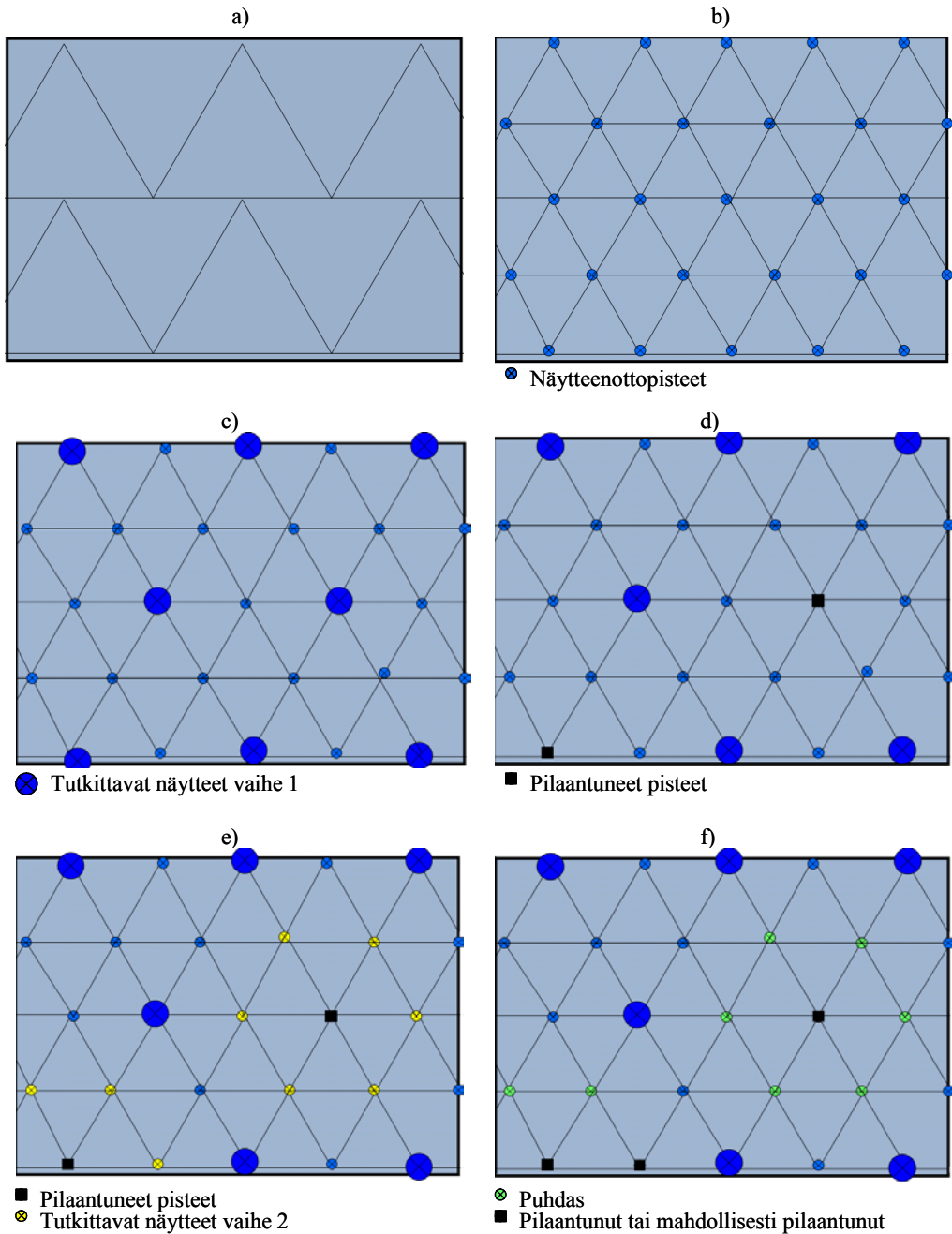
PIANC. 1998. Management of aquatic disposal of dredged material. Report of working group 1. ISBN 2-87223-105-6. 44 s.

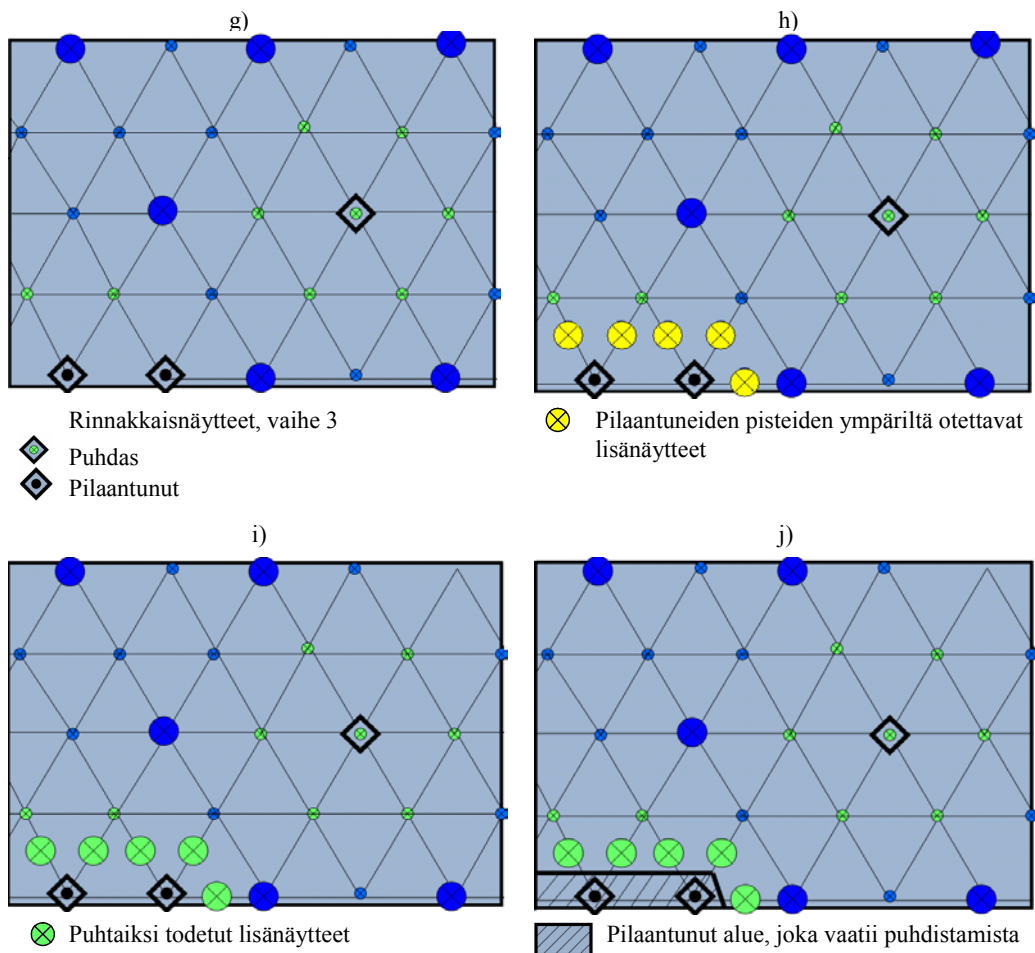
PIANC. 2002. Environmental guidelines for aquatic, nearshore and upland confined disposal facilities for contaminated dredged material. Report of Working Group 5. ISBN 2-87223-134-X. 48 s.

PIANC. 2006. Environmental risk assessment of dredging and disposal operations. EnviCom, Report of WG 10-2006. ISBN 2-87223-160-9. 40 s.

Vahanne, P., Vestola, E., Mroueh, U.-M., Wahlström, M., Laine-Ylijoki, J., Kaartinen, T., Eskola, P., Arnold, M., Huhta, H., Sassi, J., Holm, K., Nikulainen, V., Mäenpää, M., Kultamaa, A. & Marjamäki, T. 2007. Organotinayhdisteillä pilaantuneiden sedimenttien ympäristövaikutukset ja niiden hallinta (TBT-BATman). Taustaraportti. VTT Projektiraportti VTT-R-00504-07.  
<http://webtest.vtt.fi:81/proj/batmanual/>.

# Liite A: Sedimenttinäytteenoton toteuttaminen kolmioverkkomallin avulla





Kuva A1. Sedimenttinäytteenoton toteuttaminen kolmioverkkomallin avulla.

- Ruopattavan alueen näytepisteverkko muodostetaan tasasivuisista kolmioista.
- Sedimenttinäytteet otetaan tasasivuisten kolmioiden kärkipisteistä (Näytteenotto 1).
- Otetuista näytteistä tutkitaan ensimmäisessä vaiheessa vain suurten kolmioiden kärkipisteistä otetut näytteet (Tutkimusvaihe 1).
- Tutkimustulosten perusteella paikallistetaan pilaantuneet pisteet.
- Pilaantuneiden pisteiden ympäriltä tutkitaan lisää näytteitä (Tutkimusvaihe 2).
- Todetaan näytteiden pilaantuneisuus.
- Niistä näytepisteistä, joissa todettiin pilaantuneisuutta, tutkitaan rinnakkaisnäytteet (Tutkimusvaihe 3).



- h) Rinnakkaisnäytteiden perusteella pilaantuneiksi osoittautuneiden pisteiden ympäriltä otetaan lisänäytteitä (Näytteenotto 2) kolmioverkkoajattelua noudattaen.*
- i) Näytteet todetaan puhtiksi.*
- j) Tutkimustulosten perusteella ruopattavalla alueella oleva pilaantunut ja käsittelyä vaativa sedimentti voidaan rajata tarkasti.*

Huom.! Näytteenoton suunnittelussa ja toteutuksessa on aina huomioitava kohdekohtaiset olosuhteet, esim. kohteen historia, virtausolosuhteet ja pohjan laatu.



Julkaisun sarja, numero ja  
raporttikoodi

VTT Tiedotteita 2371  
VTT-TIED-2371

Tekijä(t) Vahanne, Pasi & Vestola, Elina (toim.)		
Nimeke <b>TBT-BAT MANUAL – Organotinapitoisten sedimenttien ruoppaus ja käsittely</b> <b>Menettelytapaohje</b>		
Tiivistelmä Tässä julkaisussa esitetään menettelytapaohje organotinayhdisteillä pilaantuneiden sedimenttien ruoppaamiseksi ja ruoppausmassojen käsittelemiseksi sekä em. toimenpiteistä aiheutuvien riskien arvioimiseksi ja riskinhallintatoimenpiteiden optimoimiseksi. Ohjetta voidaan hyödyntää soveltuvin osin myös muilla haitta-aineilla pilaantuneiden sedimenttien käsittelyssä. Ohjeessa keskitytään uudis- ja kunnossapitoruoppausten yhteydessä tehtäviin pilaantuneen sedimentin ruoppauksiin Suomessa. Lähtökohtana on pidetty pilaantuneisuutta ja siitä aiheutuvia erityisvaatimuksia ruoppaushankkeiden toteuttamisessa. Ohjetta ei ole tarkoitettu suuruusluokaltaan pieniin ns. mökkiruoppauksiin.  Kutakin ruoppaus- ja läjityshanketta koskevat ratkaisut tehdään aina tapauskohtaisten tekijöiden ja harkinnan perusteella jo pelkästään siitä syystä, että kohteiden koko ja hankkeiden ympäristövaikutukset vaihtelevat erittäin paljon. Yleisellä tasolla ruoppaus- ja läjitystöissä sekä sedimenttien käsittelyssä voidaan kuitenkin asettaa yhteisiksi tavoitteiksi töiden suorittaminen ihmisten ja ympäristön kannalta parhaalla mahdollisella tavalla kustannusvaikutukset huomioiden. Menettelytapaohjeessa huomioidaan ympäristöministeriön julkaisemassa Sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohjeessa esitetyt suositukset.		
ISBN 978-951-38-6900-7 (nid.) 978-951-38-6901-4 (URL: <a href="http://www.vtt.fi/publications/index.jsp">http://www.vtt.fi/publications/index.jsp</a> )		
Avainnimeke ja ISSN VTT Tiedotteita – Research Notes 1235-0605 (nid.) 1455-0865 (URL: <a href="http://www.vtt.fi/publications/index.jsp">http://www.vtt.fi/publications/index.jsp</a> )		Projektinnumero 318
Julkaisuaika Maaliskuu 2007	Kieli Suomi + engl. abstr.	Sivuja 76 s. + liitt. 3 s.
Projektin nimi Organotinayhdisteiden ympäristövaikutukset ja niiden hallinta, TBT-BATman		Toimeksiantaja(t) Merenkulkulaitos, ympäristöministeriö, Satamaliitto, 2 telakkaa, 15 satamaa, 1 kunta, 4 yritystä
Avainsanat tin compounds, organotin, contaminated sediments, clean-up, dredging, deposition, remediation, instructions, risk assessment, risk management, Best Environmental Practice		Julkaisija VTT PL 1000, 02044 VTT Puh. 020 722 4404 Faksi 020 722 4374



Series title, number and  
report code of publication

VTT Research Notes 2371  
VTT-TIED-2371

Author(s) Vahanne, Pasi & Vestola, Elina (ed.)		
Title <b>TBT-BAT MANUAL – Instructions for dredging, depositing and remediation of organotin contaminated sediments</b>		
Abstract <p>In this publication instructions are given for the dredging, depositing and clean-up of sediments contaminated mainly with organotin compounds. Instructions can be applied to other harmful substances as well. Instructions are given also for risk assessment and optimization of risk management procedures. The main focus in these instructions is on capital and maintenance dredging operations in Finland. Normal procedures of dredging of clean sediment are not included in these instructions. The instructions are not intended for small scale dredging, e.g. summer cottage shore dredging.</p> <p>The content of every dredging and depositing project varies according to the size and environmental impacts of the work. The overall aim is, however, to execute dredging, depositing and clean-up works of sediments according to Best Environmental Practice including cost-benefit analysis into the planning.</p> <p>The instructions take into account the recommendations given by the Finnish Ministry of the Environment in the publication Instructions for dredging and depositing of dredged materials.</p>		
ISBN 978-951-38-6900-7 (soft back ed.) 978-951-38-6901-4 (URL: <a href="http://www.vtt.fi/publications/index.jsp">http://www.vtt.fi/publications/index.jsp</a> )		
Series title and ISSN VTT Publications 1235-0605 (soft back ed.) 1455-0865 (URL: <a href="http://www.vtt.fi/publications/index.jsp">http://www.vtt.fi/publications/index.jsp</a> )		Project number 318
Date March 2007	Language Finnish + English abstr.	Pages 76 p. + app. 3 p.
Name of project Environmental impacts of organotin compounds and their management, TBT-BATman		Commissioned by the Finnish Maritime Administration, the Finnish Ministry of the Environment, the Finnish Port Association, 2 shipyards, 15 ports, 1 municipality, 4 companies
Keywords tin compounds, organotin, contaminated sediments, clean-up, dredging, deposition, remediation, instructions, risk assessment, risk management, Best Environmental Practice		Publisher VTT P.O.Box 1000, FI-02044 VTT, Finland Phone internat. +358 20 722 4404 Fax +358 20 722 4374

## VTT Tiedotteita – Research Notes

- 2357 Mäkinen, Tuula, Soimakallio, Sampo, Paappanen, Teuvo, Pahkala, Katri & Mikkola, Hannu. Liikenteen biopolttoaineiden ja peltoenergian kasvihuonekaasutaseet ja uudet liiketoimintakonseptit. 2006. 134 s. + liitt. 19 s.
- 2358 Orantie, Kalervo, Ritola, Jouko & Kronlöf, Anna. Kalliotilojen ruiskutettavat vesitiiviit komposiittirakenteet. 2006. 61 s. + liitt. 88 s.
- 2359 Malm, Timo & Hämäläinen, Vesa. Turvallisuustietoinen koneiden ja tuotantolinjojen modernisointiprosessi. 2006. 36 s. + liitt. 15 s.
- 2360 Kovanen, Keijo, Heimonen, Ismo, Laamanen, Jarmo, Riala, Riitta, Harju, Riitta, Tuovila, Hanna, Kämppe, Reima, Sääntti, Jaakko, Tuomi, Timo, Salo, Suvi-Päivikki, Voutilainen, Risto & Tossavainen, Antti. Ilmanvaihtolaitteiden hiukkaspäästöt. Altistuminen, mittaaminen ja tuotetestaus. 2006. 57 s. + liitt. 6 s.
- 2361 Kumpulainen, Lauri, Laaksonen, Hannu, Komulainen, Risto, Martikainen, Antti, Lehtonen, Matti, Heine, Pirjo, Silvast, Antti, Imris, Peter, Partanen, Jarmo, Lassila, Jukka, Kaipia, Tero, Viljainen, Satu, Verho, Pekka, Järventausta, Pertti, Kivikko, Kimmo, Kauhaniemi, Kimmo, Lågland, Henry & Saaristo, Hannu. Verkkovisio 2030. Jakelu- ja alueverkkojen teknologiavisio. 2006. 89 s.
- 2362 Koponen, Pekka, Kärkkäinen, Seppo, Farin, Juho & Pihala, Hannu. Markkinahintasi-  
naaleihin perustuva pienkuluttajien sähkönkäytön ohjaus. Loppuraportti. 2006. 66 p. +  
app. 8 p.
- 2363 SAFIR. The Finnish Research Programme on Nuclear Power Plant Safety 2003–2006. Final Report. Ed. by Hanna Rätty & Eija Karita Puska. 2006. 379 p. + app. 98 p.
- 2364 SAFIR. The Finnish Research Programme on Nuclear Power Plant Safety 2003–2006. Executive Summary. Ed. by Eija Karita Puska. 2006. 36 p. + app. 33 p.
- 2365 Kirkinen, Johanna, Hillebrand, Kari & Savolainen, Ilkka. Turvemaan energiakäytön ilmastovaikutus – maankäyttökkenaario. 2007. 49 s. + liitt. 2 s.
- 2366 Häkkinen, Tarja, Nuutinen, Maaria, Pulakka, Sakari, Porkka, Janne, Vares, Sirje, Laitinen, Ari, Vesikari, Erkki & Pajari, Matti. VTT Digitalo. Tavoitteena kestävä rakennus ja moderni työympäristö. 2007. 88 s. + liitt. 12 s.
- 2367 Kivisaari, Sirkku, Paavola, Teemu, Pyykkö, Virpi & Saranummi, Niilo. ProViisikon tulosten arviointi. 2007. 40 s. + liitt. 5 s.
- 2368 Technology roadmap of security research. Rouhiainen, Veikko (ed.). 2007. 33 p.
- 2369 Googlen mainokset ja muita sosiaalisen median liiketoimintamalleja. Kangas, Petteri, Toivonen, Santtu & Bäck, Asta (toim.). 2007. 59 s.
- 2370 Huhta, Hanna-Kaisa, Rytönen, Jorma & Sassi, Jukka. Estimated nutrient load from waste waters originating from ships in the Baltic Sea area. 2007. 58 p. + app. 13 p.
- 2371 TBT-BAT MANUAL – Organotinapitoisten sedimenttien ruoppaus ja käsittely. Menettelytapaohje. Vahanne, Pasi & Vestola, Elina (toim.). 2007. 76 s. + liitt. 3 s.

Suomessa toteutettavien ruoppaustöiden yhteydessä joudutaan yhä useammin käsittelemään pilaantuneita sedimenttejä. Tämän menettelytapaohjeen tavoitteena on ohjeistaa ruoppaushankkeisiin liittyvän toimintaketjun toteutusta ja antaa ruoppaushankkeiden osapuolille ajanmukaista tietoa Suomen olosuhteisiin sopivista sedimenttien ruoppaus-, läjitys- ja käsittely-menetelmistä.

Ohjeessa pidetään lähtökohtana tributyyliinalla (TBT) pilaantuneita sedimenttejä, mutta menetelmiä voidaan soveltaa myös muihin haitta-aineisiin. Ohjeessa tuodaan esille pilaantuneisuudesta johtuvia lisävaateita ruoppaus- ja läjityshankkeissa, kohdetutkimusten suorittamisessa sekä ruoppausmassojen läjitys- ja käsittelykelpoisuuden arvioinnissa kustannus-hyötynäkökulma huomioiden.

---

Julkaisu on saatavana

VTT  
PL 1000  
02044 VTT  
Puh. 020 722 4404  
Faksi 020 722 4374

Publikationen distribueras av

VTT  
PB 1000  
02044 VTT  
Tel. 020 722 4404  
Fax 020 722 4374

This publication is available from

VTT  
P.O. Box 1000  
FI-02044 VTT, Finland  
Phone internat. + 358 20 722 4404  
Fax + 358 20 722 4374

---