

Ruoppauksen ympäristövaikutukset Suomenlahdella

Kirjallisuuskatsaus

Rikhard Lindqvist

EXAMENSARBETE	
Arcada	
Utbildningsprogram:	Energi- och miljöteknik
Identifikationsnummer:	
Författare:	Rikhard Lindqvist
Arbetets namn:	Effekter av muddring i Finska viken
Handledare (Arcada):	Mariann Holmberg
Uppdragsgivare:	
6 De mest använda muddringsmetoderna är mekanisk muddring med skopa och hydrauliska sugmuddring. Valet av muddringmetod påverkas av arbetets ackord och bottenform. Muddring regleras av flera olika lagar och regulationer som påverkas av arbetets ändamål och områdets bruks historia. Baserat på denna avhandling kan man konstatera att muddringsarbeten alltid orsakar intyck i naturen. Vid muddring vid naturliga havsområden är negative intrycket mot naturen alltid större än jämfört med underhållsmuddringar. De vanligaste nackdelarna för naturen är grumligt vatten, geologiska förändringar i botten av havet eller permanenta förändringar i havsfloran och levnadsförhållanden. Med god planering och med rätta metoder av muddringsarbeten kan negative påverkan mot miljön kontrolleras. Östersjön och finska viken är ett särskilt känsligt och förorenat havsområde som kräver åtgärder för att förebygga miljöskador. Arbete utfördes som en litteraturöversikt. Källmaterialet söktes från tillgängliga datakällor på finska, svenska och engelska. Avhandlingen skrevs på finska för att förbättra användbarheten.	
Nyckelord:	muddring, muddringsteknik, östersjön, finskaviken, miljö
Sidantal:	45
Språk:	finska
Datum för godkännande:	

DEGREE THESIS	
Arcada	
Degree Programme:	Energy- and environmental engineering
Identification number:	
Author:	Rikhard Lindqvist
Title:	Effects of dredging at Gulf of Finland
Supervisor (Arcada):	Mariann Holmberg
Commissioned by:	
Dredging and deposition of sediments means the removal of soil from the seabed and its lifting, transporting and dumping at either a water area or a land area. Dredging can be used, for example, to build or maintain a fairway or harbor. Dredging consists of four stages where the soil is removed, transported and disposed of. The most used dredging methods in the Gulf of Finland are mechanical bucket dredging and hydraulic suction dredging. The choice of dredging technique is influenced by the character of the contract and the seabed's soil. Dredging is governed by a number of different laws and regulations that affect the purpose of dredging and the history of use in the area. Based on this thesis, dredging always has environmental impacts. In natural dredging areas, the disadvantage is always greater than that of maintenance dredging. The most common environmental hazards are water turbidity, seabed geological changes and temporary or permanent changes in seabed flora and living conditions. However, with good planning and properly implemented dredging procedures, environmental damage can be managed. Baltic Sea and the Gulf of Finland is particularly sensitive and polluted, which requires action to prevent environmental damage. The work was carried out as a literature review. The source material was retrieved from available databases in Finnish, Swedish and English. The thesis was written in Finnish to improve its usability.	
Keywords:	dredging, dredging methods, Baltic Sea, Gulf of Finland, environment
Number of pages:	45
Language:	Finnish
Date of acceptance:	

OPINNÄYTE	
Arcada	
Koulutusohjelma:	Energia- ja ympäristötekniikka
Tunnistenumero:	
Tekijä:	Rikhard Lindqvist
Työn nimi:	Ruoppauksen ympäristövaikutukset Suomenlahdella
Työn ohjaaja (Arcada):	Mariann Holmberg
Toimeksiantaja:	
Ruoppaus- ja läjitystoiminnalla tarkoitetaan maa-aineksien irrottamista meren pohjasta ja sen nostamista, kuljettamista ja läjittämistä joko vesialueella sijaitsevaan läjityspaikkaan tai maa-alueelle. Ruoppausta voidaan hyödyntää esimerkiksi väylän tai satama-altaiden rakentamiseen tai niiden ylläpitoon. Ruoppaus koostuu neljästä vaiheesta, joissa maa-aines irrotetaan, siirretään ja loppusijoitetaan. Suomenlahdella käytetyimpiä ruoppausmenetelmiä on mekaaninen kauharuoppaus ja hydraulinen imuruoppaus. Ruoppaustekniikan valintaan vaikuttaa urakan luonne ja merenpojan maaperä. Ruoppaustoimintaa säätelee useat eri lait ja säädökset, joihin vaikuttaa ruoppaustyön tarkoitus ja alueen käyttöhistoria. Tämän opinnäytetyön pohjalta voidaan todeta, että ruoppaaminen aiheuttaa aina ympäristövaikutuksia. Luonnontilaisia merialueita ruopatessa haitta on aina suurempi verrattuna kunnossapitoruoppauksiin. Tyypillisimpinä ympäristöhaittoina pidetään veden samentumista, merenpohjan geologisia muutoksia sekä väliaikaisia tai pysyviä muutoksia merenpohjan kasvistoon ja eliöiden elinolosuhteisiin. Hyvällä suunnittelulla ja oikein toteutetuilla ruoppausmenettelyillä ympäristöön kohdistuvaa haittaa voidaan kuitenkin hallita. Itämeren ja Suomenlahden merialue on erityisen herkkä ja saastunut, mikä edellyttää toimia ympäristöhaittojen ennaltaehkäisemiseksi. Työ toteutettiin kirjallisuuskatsauksena. Lähdeaineistoa haettiin käytettävissä olevista tietokannoista suomeksi, ruotsiksi ja englanniksi. Opinnäytetyö kirjoitettiin suomeksi sen hyödynnettävyyden parantamiseksi.	
Avainsanat:	ruoppaus, ruoppaustekniikka, Itämeri, Suomenlahti, ympäristö
Sivumäärä:	45
Kieli:	suomi
Hyväksymispäivämäärä:	

SISÄLLYSLUETTELO

1	Johdanto	7
2	Ruoppaaminen	8
2.1	Ruoppaus Suomessa ja maailmalla.....	9
2.2	Ruoppauksen tarve	9
2.3	Ruoppaustekniikat.....	10
2.3.1	<i>Mekaaninen ruoppaus</i>	11
2.3.2	<i>Imuruoppaus</i>	14
2.4	Muut ruoppaustekniikat	15
3	Ruoppaustekniikan valitseminen	15
4	Ruoppaustyön suunnittelu	16
5	Vedenpinnankorkeus	19
6	Aallokon ja veden virtauksen huomioiminen	19
7	Ympäristökartoitus	20
8	Ruoppaustoimenpide	20
9	Ruoppausmassan sijoittamien	21
9.1	Vesistöön läjitys.....	22
9.2	Maalle läjitys	23
9.3	Läjityspaikan valinta	23
10	Lainsäädäntö.....	24
10.1	Pienet ruoppaukset (alle 500m ³)	25
10.2	Suuret ruoppaukset (yli 500m ³)	26
11	Yleistä itämerestä	26
12	Ruoppauksen ympäristövaikutukset	28
12.1	Saastuneet maa-ainekset	30
12.2	Näytteidenotto maa-aineksista.....	32
12.3	Pohjaeliöstö ja hapettomuus	32
12.4	Ruoppaustöiden aiheuttama samentuminen	34
12.5	Ruoppauksen vaikutus Itämeren kaloihin	36
12.5.1	<i>Äänihaitat</i>	36
12.5.2	<i>Elinympäristön muutos</i>	38

13	Ruoppaustöiden ympäristöhaittojen hallinta.....	39
14	Pohdinta.....	39
	Lähteet	40
	Liitteet	43

JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on perehtyä ruoppauksen ympäristövaikutuksiin Suomenlahdella. Työ toteutettiin kirjallisuuskatsauksena, hyödyntäen materiaalia suomeksi, ruotsiksi ja englanniksi. Työ on kirjoitettu suomeksi, mikä parantaa työn hyödynnettävyyttä. Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää mitä toimenpiteitä ruoppaustyön aloittaminen vaatii, mitkä ovat tyypillisimmät ruoppaustavat ja minkälaisia ympäristövaikutuksia ruoppaustyö aiheuttaa Suomenlahden vesialueella.

Opinnäytetyössä esitellään tavallisimmat ruoppaustekniikat, joita Suomenlahdella käytetään. Suomenlahden vesialueen maaperän ruoppaamiseen soveltuvimpina menetelminä pidetään mekaanista kauharuoppausta ja hydraulista imuruoppaustekniikkaa. Tekniikan valintaan vaikuttaa ruopattavan alueen maaperä ja ympäristön olosuhteet. Alueen kartoittaminen ja mahdollinen näytteidenotto pitää suorittaa ennen ruoppaustyön aloittamista.

Ruoppaustyöt ovat urakan koosta ja työn luonteesta riippuen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen sekä Aluehallintoviraston valvoma toimintaa. Urakoitsijan edellytetään noudattavan useita lakeja, kuten vesi- ja ympäristölakia. Ruoppaustyötä säätelevät lait ja menettelyt vaihtelevat ja niitä arvioidaan tapauskohtaisesti.

Ympäristövaikutukset ovat ruoppaustekniikan valintaan merkittävästi vaikuttava tekijä. Hyvällä suunnittelulla, ennaltaehkäisyllä ja oikeilla tekniikoiden valinnoilla on oleellinen vaikutus ympäristön monimuotoisuuden säilyttämiseen. Ruoppauksen tiedetään samentavan vesistöä, muuttavan pohjan geologista muotoa, vahingoittavan pohjan kasvistoa ja elämistää sekä vapauttaa ruopattavaan maa-ainekseen sitoutuneita saasteita.

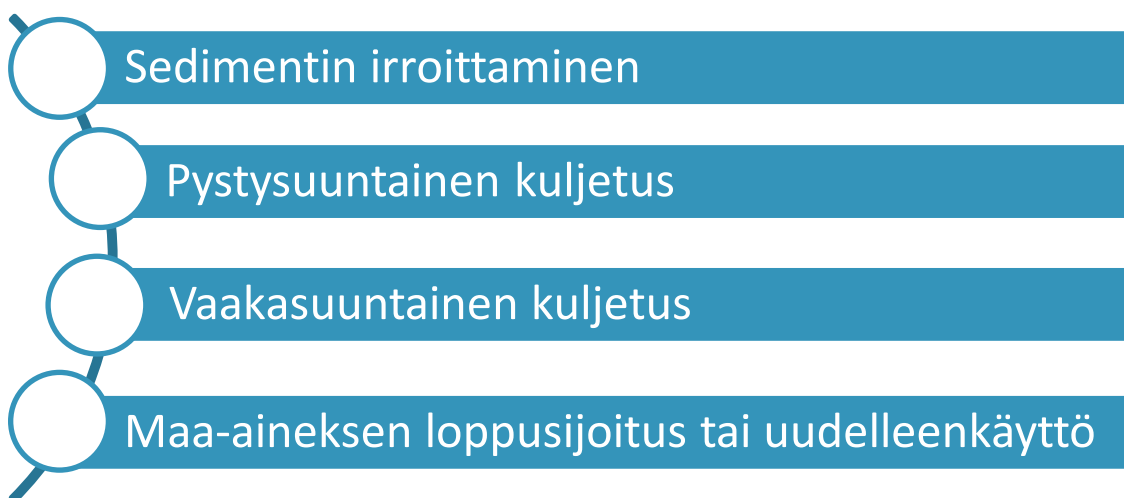
Nykyään tarjolla on paljon tietoa Itämeren tilasta. Itämerta pidetään yhtenä maailman herkimpana ja saastuneimpana merenä. Syynä meren hapettomien alueiden lisääntymiselle ja rehevöitymiselle pidetään rehevöittävien aineiden lisääntymistä. Itämeren tilan kohentamiseen ei ole oikoteitä, vaan se vaatii pitkäjänteistä toimintaa merialueen hyvinvoinnin parantamiseksi Suomelta ja mailta, jotka jakavat saman vesialueen.

1 RUOPPAAMINEN

Ruoppaus- ja läjitystoiminnalla tarkoitetaan maa-aineksien (sedimentti) irrottamista meren pohjasta ja sedimentin nostamista, kuljettamista sekä läjittämistä joko vesialueella sijaitsevaan läjityspaikkaan tai maa-alueelle. Ruoppauskohteet voivat olla esimerkiksi väylän tai satama-altaan rakentamiseksi tehtäviä uudisruoppauksia tai niiden ylläpitoon liittyviä kunnossapito- tai ylläpitoruoppauksia. (Ympäristöministeriö 2015 s. 17) Kirjallisuudessa tunnetaan useita erilaisia indikaatioita ja metodeita ruoppaukselle. Ruoppauksen tarve ja käytettävä koneisto määritellään kohteen vaatimusten mukaan (Riipi 1997 s. 11).

Ruoppaaminen koostuu neljästä vaiheesta, joiden aikana sedimentti irrotetaan, nostetaan vedestä, kuljetetaan sijoituspaikkaan ja sijoitetaan (läjitetään) tai käytetään uudelleen (taulukko 1). Ruoppausmenetelmä koostuu edellä mainituiden työvaiheiden yhdistämisestä ja käytössä olevasta kalustosta. Koska toimenpiteet suoritetaan usein vedenpinnan alapuolella ja kaivuuta on mahdoton nähdä vedenpinnan yläpuolelta, tarvitaan kehittynyttä tekniikkaa työn visualisoimiseksi. Ruopattavien alueiden ja maa-aineksen volyymin määrittelyä varten käytetään yleensä luotaustekniikkaa. (Bray & Cohen 2010 s. 8)

Taulukko 1. Ruoppauksen neljä vaihetta (Lindqvist 2019).



1.1 Ruoppaus Suomessa ja maailmalla

Suomessa urakoitsijat ovat hankkineet ensimmäiset ruoppauskoneensa 1950-luvulla. Sitä ennen valtio ja kunnat tekivät ruoppaustyöt omalla kalustolla, vaikka osaan isommista urakoista saatiin apua ulkomailta. Urakointi alkoi voimalaitostöissä ja Saimaan kanavan sisävesiväylien ruoppaustöissä 1960-luvulla. Ruoppaustöiden kehitystä Suomessa kiihdytti meriväylien suuret parannusprojektit sekä työt ulkomailla 1970-luvulla. Suomessa on ruopattu ensimmäiset merkittävät kanavat vuosina 1792-1798. (Sarkkinen 2003 s. 5-7) Suomen valtio on kuitenkin luopunut omista ruoppaajistaan vuonna 1980 ja suurin osa kunnista on myynyt tai romuttanut omat ruoppaajansa (Sarkkinen 2003 s. 183).

Tyypillisimmin ruoppaustyö teetetään urakoitsijalla, jolla on työhön tarvittavat laitteet ja luvat. Ruoppausurakoitsijat voivat toimia alihankkijoina rakennushankkeissa, joissa ruoppaus on osa kokonaisrakennuksesta. Projektista ja koneistosta huolehtimaan tarvitaan kokeneita ja osaavia ammattihenkilöitä. Satamien kehittämis- tai kunnossapitohankkeissa ruoppausurakoitsijat ovat yleensä pääurakoitsijoita ja voivat olla paikallisia tai kansainvälisiä yhtiöitä. Useimmat suuret satamien kehityssopimukset edellyttävät kansainvälisten urakoitsijoiden osallistumista. Kansainvälisillä markkinoilla toimii useita ruoppausurakoitsijoita. Ruoppaus on alana hyvin kilpailtu. Osa toimijoista voi työskennellä ainoastaan tietyillä alueilla, johtuen laitteiden siirtoon johtuvista kustannuksista. On harvinaista, että urakoitsijat yhdistävät resurssinsa yksittäisissä hankkeissa. Valtion omistamat ruoppausalukset on poistettu käytöstä Suomen lisäksi useissa maissa kuten Brasiliassa, Saksassa ja Meksikossa. Ruoppauskaluston hankkiminen ja kunnossapito vaatii suuria investointeja. Suuret laitteet ovat myös logistisesti hankalia koon ja siirtoon liittyvien kustannuksien vuoksi. (Bray & Cohen 2010 s. 13)

1.2 Ruoppauksen tarve

Ihmiskunnan historiassa on ollut tarve ruoppauksille siitä lähtien kun sivilisaatiot ja vakiintuneet yhteisöt ovat kehittyneet. Ihmisillä on aina ollut tarve joko matkustaa tai

siirtää ihmisiä, laitteita, materiaaleja ja muita tarpeita vesiteitse. Tämän seurauksena vesiväyliä on pitänyt syventää, että satamiin pääsy on ollut mahdollista. Suurin osa maailman satamista on vaatinut perustamisvaiheessa ruoppaustöitä, ja niitä on edelleen ruopattava kunnossapidollisista syistä. (Bray & Cohen 2010 s. 8)

Nykypäivänä ruoppaustöiden tarve riippuu useista eri tekijöistä. Syy ruoppaukselle voi olla välttämätön rakentamiseen tai kunnossapitoon liittyvä urakka tai esimerkiksi pienimuotoisempi mökkirannan ruoppaaminen. Välttämättömistä ruoppaustöistä esimerkkejä on muun muassa putkien tai johtojen asentaminen, kanavien tai satamien rakentaminen sekä pakolliset kunnossapitotyöt. Ruoppausta käytetään myös vedenalaisten perustuksien rakentamiseen ja ekosysteemin parantamiseen. (Baltic Marine Environment Protection Commission 2015 s. 2)

Vuonna 2010 maailman väestöpopulaatio oli 6,9 miljardia, joista noin kolme miljardia asui 200 kilometrin säteellä rannikosta. Määrän ennustetaan kasvavan, mikä johtaa väestön lisääntymiseen rannikkoalueilla. Väestön lisääntymisen myötä vesiliikenteen vaatimukset kasvavat. Alueellisen infrastruktuurin pitää vastata ennustettavan laivaliikenteen määrään. Ruoppaamalla sisämaayhteyksiä (kanavat, joet) voidaan jatkaa vesiliikenteen ulottuvuutta suuremmalle alueelle. (Bray & Cohen 2010 s. 9-10)

1.3 Ruoppaustekniikat

Ruoppaustoimenpiteisiin käytetään erilaisia tekniikoita ruoppaushankkeen vaatimukset huomioiden. Kaikki tekniikat hyödyntävät erilaisia aluksia ja kelluvia laitteistoja. Ruoppaustekniikat voidaan jakaa neljään ryhmään, joita on mekaaninen ruoppaus, hydraulinen ruoppaus, mekaaninen ja hydraulinen ruoppaus sekä hydrodynaaminen ruoppaus. (Bray & Cohen 2010 s. 38) Kaakkois-Suomen ympäristökeskuksen (2007 s. 22) mukaan ruoppauskalusto jaetaan yleisesti kolmeen pääryhmään, joita on kauharuoppaajat, imuruoppaajat ja pneumaattiset ruoppaajat. Yleisin ruoppaamiseen käytetty menetelmä on kauhalla toteutettu ruoppaus.

Ruoppaustekniikkaa valittaessa ruoppaustekniikan soveltuvuus arvioidaan saatavilla olevalla lähdeaineistolla. Tekniikan valintaan vaikuttaa ruoppauksen tuottavuus, missä

pyritään huomioimaan kauhojen käyttöaste. Ruoppaustekniikan valintaan vaikuttaa merkittävästi alueen maaperän laatu (kuva 1). Saatavilla oleva kuljetuskalusto vaikuttaa myös tekniikan valinnassa. Ruoppaus- ja kuljetuskaluston oikea valinta vaikuttaa muun muassa työnopeuteen ja työn tuottavuuteen (Riipi 1997 s.12).

RESENTTI LIEJUSAVI Merenpohjan rauhallisiin altaisiin nykyisin kerrostuva löyhä vesipitoinen lieju tai liejusavi. <i>Recent clays and muds (active sedimentation).</i>
POSTGLASIAALISAVI Merenpohjalle mannerjäätikön sulamisen jälkeen kerrostunut usein heikosti kerroksellinen pohjan painanteita tasaava liejuinen savi. <i>Postglacial clays and muds ("basin fill"), subrecent, non-deposition.</i>
GLASIAALISAVI tai SILTTI Jääkauden aikana kerrostunut kerrallinen ja heikosti kerroksellinen siltti tai savi. Kerrostuman rakenteen myötäilevät alla olevan pohjan muotoja. <i>Glasial clays and silts (homogenous and varved), erosion and/or non-deposition.</i>
MOREENI JA GLASIAALISAVI JÄÄNTEITÄ Osittain erodoitunut glasiaalisavi tai -siltti, jonka karkeampi aines on rikastunut pohjan pintaan jäännepölyksi, erottuen usein huonosti löyhästä moreenista. <i>Till and glacial clay erosional remains.</i>
UUDELLEEN KERROSTUNUT HIEKKA/HUUHTOUTUNUT HIEKKA Meren käynnin harjumuodostumasta tai moreenista irrottamaa ja uudelleen kerrostamaa hiekkaa, jota esiintyy toisinaan jopa nuorekin savikerrostuman päällä. <i>Outwashed sands</i>
HIEKKA JA SORA Mannerjäätikön sulavesivirtojen kerrostama hiekka- ja soramuodostuma, joka on morfologialtaan selväpiirteinen kokonaisuus. <i>Glaciofluvial sand and gravel.</i>
MOREENI Mannerjäätikön kerrostama aines, jonka koostumus voi vaihdella löyhästä glasiaalukstrisesta sekasedimentistä betonimaiseen pohjamoreeniin. <i>Till.</i>
KALLIO Paljas tai hyvin ohuen kerrostuman peittämä kallio. <i>Bedrock outcrops</i>

Kuva 1. Luettelo merenpohjassa esiintyvistä maalajeista suomeksi ja englanniksi (Riipi 1997 s.10, Häkkinen 1990).

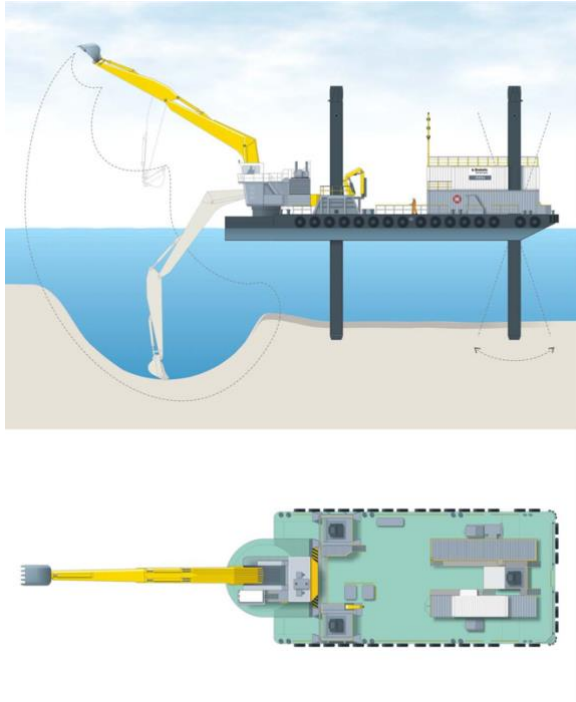
1.3.1 Mekaaninen ruoppaus

Ruoppaamiseen ja maa-aineksen siirtoon on olemassa monia erilaisia metodeja. Mekaanisella ruoppaamisella tarkoitetaan maa-aineksen kaivamista erilaisilla kauhoilla ja siirtämistä pois halutulta pohja-alueelta. (Ympäristöministeriö, 2015 s. 9) Ruopattavat

massat ovat usein puhdasta uudelleen käytettävissä olevaa materiaalia. Ruoppausmateriaalia hyödynnetään mahdollisemman paljon uudelleen. Poikkeuksena tietenkin sedimentit, jotka ovat saastuneet ja joissa on huomattavia määriä epäpuhtauksia. (Bray & Cohen 2010 s. 12)

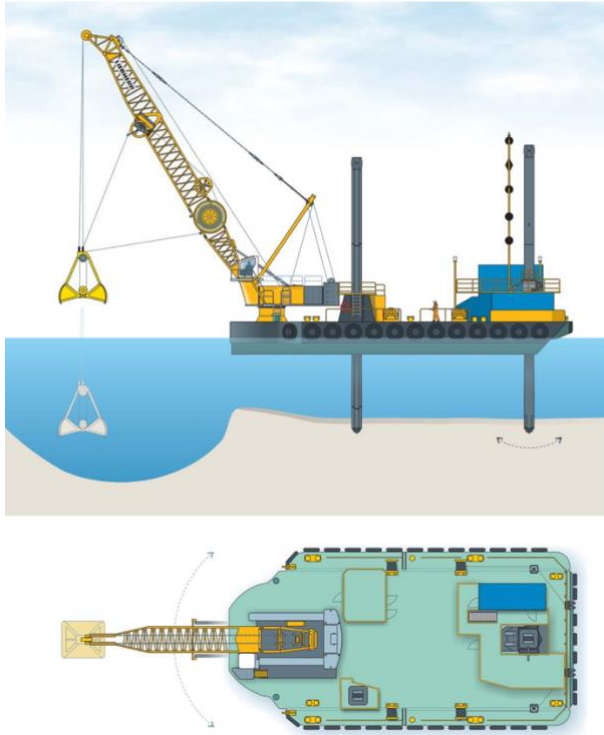
Mekaanisessa ruoppauksessa kaivamiseen voidaan käyttää erilaisia kauhoja. Tyypillisimpiä vaihtoehtoja on kuokka-, pisto- ja kahmarikauha. Kaivamisen jälkeen maa-aines siirretään tilanteesta riippuen joko maalle, kauemmas vesialueelle tai se käytetään rakennustyön pohjamateriaalina. Kauhalla ruoppaamista pidetään yleisimpänä ruoppaustekniikkana. (Ympäristöministeriö 2015 s. 9) Kauhalla voidaan ruopata kaikkia pohjamateriaaleja, mutta sen soveltuvuus on heikointa hienorakenteisen pohjamateriaalien siirtämiseen, koska eloperäiset maalajit valuvat helposti pois kauhasta (Riipi 1997 s. 12).

Kuokkakauha (kuva 2) on tuttu työväline maarakennuksessa, mutta sen käyttö on yleistä myös vesillä. Tuotannollisesti kuokkakauhaa pidetään kohtuullisena. Kuten muillakin kauhoilla kaivaessa myös kuokkakauhalla kaivetaan maa-aines, mikä lastataan proomuihin ja siirretään läjityskohteeseen. Tämä kauha sopii usealle eri pohjamateriaalille kuten hiekalle, savelle, soralle, mukulakiville ja louheelle. Kuokkakauhan toimintasäde ja kaivuussyvyys on rajallinen. Uusimmilla malleilla pystytään nykyään kaivamaan yli kolmenkymmenen metrin syvyyteen. Ruoppaajat ovat useimmiten paikoillaan paalujen varassa tai vaihtoehtoisesti ankkureiden varassa, syvyydestä riippuen. (Bray & Cohen 2010 s. 40)



Kuva 2. Esimerkkipiirros ruoppaajasta, missä käytetään kuokkakauhaa. (Boskalis Terramare, equipment sheet)

Kahmarikauha (kuva 3) on kauha, jota käytetään joko vaijereiden varassa tai kiinnitettynä puomiin, kuten perinteisessä kaivinkoneessa (Riipi 1997 s. 16). Kahmarikauhalla ruoppaaminen soveltuu hiekan, joidenkin savien, soran, mukulakivien ja satunnaisesti louheen kaivuulle. Kahmarikauha ei ole erityisen sopiva tai tehokas hienojen silttien maa-ainesten kaivuuseen, koska siltti valuu helposti pois kauhasta. Siltin pois valuminen voidaan estää suljetuilla kauhoilla, joita käytetään pienemmissä urakoissa, joiden kaivuumassat ovat pieniä. Kahmarikauha soveltuu hyvin tarkkojen ruoppausten suorittamiseen ja ruopattavasta materiaalista riippuen niillä on kohtuulliset tai alhaiset tuotantomäärät. Ruoppaaja pidetään normaalisti paikoillaan ankkureiden tai paalujen kanssa, syvyydestä riippuen. (Bray & Cohen 2010 s. 40)



Kuva 3. Esimerkkipiirros ruoppaajasta, missä käytetään kahmarikauhaa (Boskalis Terramare, equipment sheet)

1.3.2 Imuruoppaus

Imuruoppaustekniikka perustuu hydrauliseen menetelmään, jossa löysä pohjasedimentti imetään suoraan ylös pohjasta. Pohjamateriaali voidaan imeä tapauskohtaisesti joko rantaan, alukseen tai levittää kauemmas vesialueella. Imutekniikan haittapuoli on herkkyys roskille ja pohjalla isoille kappaleille, esimerkiksi kivet ja uppotukit voivat tukkia letkun imukanavat. (Ympäristöministeriö 2015 s. 9) Tekniikassa käytetään hyväksi hydraulisia keskipakopumppuja, jotka imevät maa-ainesta ilman mekaanisia leikkureita. (Bray & Cohen 2010 s. 42)

Imuruoppaustekniikan etuna pidetään sen soveltuvuutta eloperäisten ja hienorakenteisten pohjamateriaalien siirtämiseen. (Riipi 1997 s. 12) Imuruoppauksella voidaan ruopata syvistä vesistä, missä pohjamateriaali on yleensä hiekkaa tai soraa. Löysän maa-aineksen myötä tekniikan käytössä tulee huomioida, että maa-ainekset ruoppauskohteen ympäriltä voivat valua imettyyn kuoppaan. Edellä mainittujen maa-aineiden kohdalla imuruoppaus on tehokas ruoppaustapa, jolla on isot ruoppausvolyymit. (Bray & Cohen 2010 s. 42)

1.4 Muut ruoppaustekniikat

Pneumaattiset ruoppaajat hyödyntävät toiminnassaan ilmanpainetta. Vedenpinnan yläpuolella oleva paine on pienempi kuin ruopattavalla alueella oleva paine. Kyseinen paine-ero liikuttaa sedimenttiä kohti pienempää painetta putkea pitkin, joka toimii imuputkena. Pneumaattista ruoppaustekniikkaa käytetään usein proomuissa. (Kaakkois-Suomen ympäristökeskus, 2007 s. 25)

Mekaanisesta ja hydraulisesta ruoppauksessa mekaaninen osio leikkaa maa- aineksen terän avulla sopivan kokoiseksi ja hydraulinen osuus imee maa- aineksen ylös. Tällä tekniikalla voidaan ruopata jopa 36 metrin syvyydessä. Kyseistä ruoppaustapaa käytetään usein rakennus- ja kunnossapitohankkeissa. (Bray & Cohen 2010 s. 44)

Hydrodynaaminen ruoppaus tehdään mekaanisesti tai hydraulisesti. Käytännössä hydrodynaamisella ruoppauksella maa-ainekset siirretään esimerkiksi pohjaa pitkin vedettävällä ”lanalla” halutulle paikalle. Tarkoitus on, että virtauksia, pohjan kaltevuuksia tai pengerten tiheyksiä käytettäisiin hyväksi, jotka siirtävät maa-aineksen pois alueelta. (Bray & Cohen 2010 s. 47)

2 RUOPPAUSTEKNIIKAN VALITSEMINEN

Ruoppaustekniikan valitseminen määritellään ruopattavan maalajien ja käytössä olevan kaluston perusteella (kuva 3). Kuljetuskaluston lasti- ja kuljetuskapasiteetti vaikuttaa kauhojen valintaa. Kauhakoon ja kuljetuskaluston valintaan vaikuttaa työskentelyn nopeus, sedimentin määrä ja matka läjitysalueelle. (Riipi 1997 s. 12) Ruoppaustekniikoiden valintaa vaikuttavat myös ruoppausteho ja ruoppauksesta aiheutuvat kiintoaineiden suspensoitumiset eli kiintoaineiden sekoittumien veteen. (Kaakkois-Suomen ympäristökeskus, 2007 s. 25)

Kuvassa (kuva 4) esitellään eri kaivuluokat ja niihin soveltuvimmat ruoppausmenetelmät. Tässä työssä esitellään käytetyimpiä kaivumenetelmiä Suomenlahdella. Kuvassa käytetään kirjainlyhennettä kuvaamaan kaivuluokkaa E- kirjain kuvaa eloperäisiä

maalajeja, H- kirjain kuvaa hienorakenteisia maalajeja, K- kirjain kuvaa karkearakeisia maalajeja ja M- kirjain kuvaa moreenimaalajeja. (Majuri 2003 s. 15)

Kaivuluokka	Imuruoppaaja	Ketjukauha- ruoppaaja	Pisto- ja kuokkakauha- ruoppaaja	Kahmarikauha- ruoppaaja
E1	++	++	+	++
E2	++	++	+	++
E3	+ Puisuus heikentää tulosta	++	+	++
H1	++	++	++	++
H2	+	++	++	++
H3	+	++	++	++
K1	++	++	++	++
K2	+	++	++	++
K3	ei mahdollista	+/-	++	+
M1	ei mahdollista	--	++	--
M2	ei mahdollista	--	++	ei mahdollista ilman irrotusta
M3	ei mahdollista	ei mahdollista ilman irrotusta	+	ei mahdollista ilman irrotusta
T1	++	++	+	++
T2	+/-	++	++	++
T3	ei mahdollista	--	+	--
T4	ei mahdollista	--	+	+
L1	ei mahdollista	++	++	++
L2	ei mahdollista	+	++	++
L3	ei mahdollista	--	+	+

Merkkien selitykset:

++ hyvin, + kohtalaisesti, -- huonosti, +/- kohtalaisesti/huonosti.

Kuva 4. Kaivuluokka ja siihen soveltuvat ruoppausmenetelmät (Riipi 1997 s.13).

Liitteissä yksi (liite 1.) esitetään kaivuluokitusperusteet eloperäisten maalajien mukaan luonnontilaisilla vesialueilla (E, H, K ja M). Liitteessä kaksi (liite 2.) esitetään rakennettujen maakerrosten ja täytemaan kaivuluokat (T) sekä louheen ja murskaustuotteiden kuormausluokitukset (L). (Majuri 2003 s. 15-16)

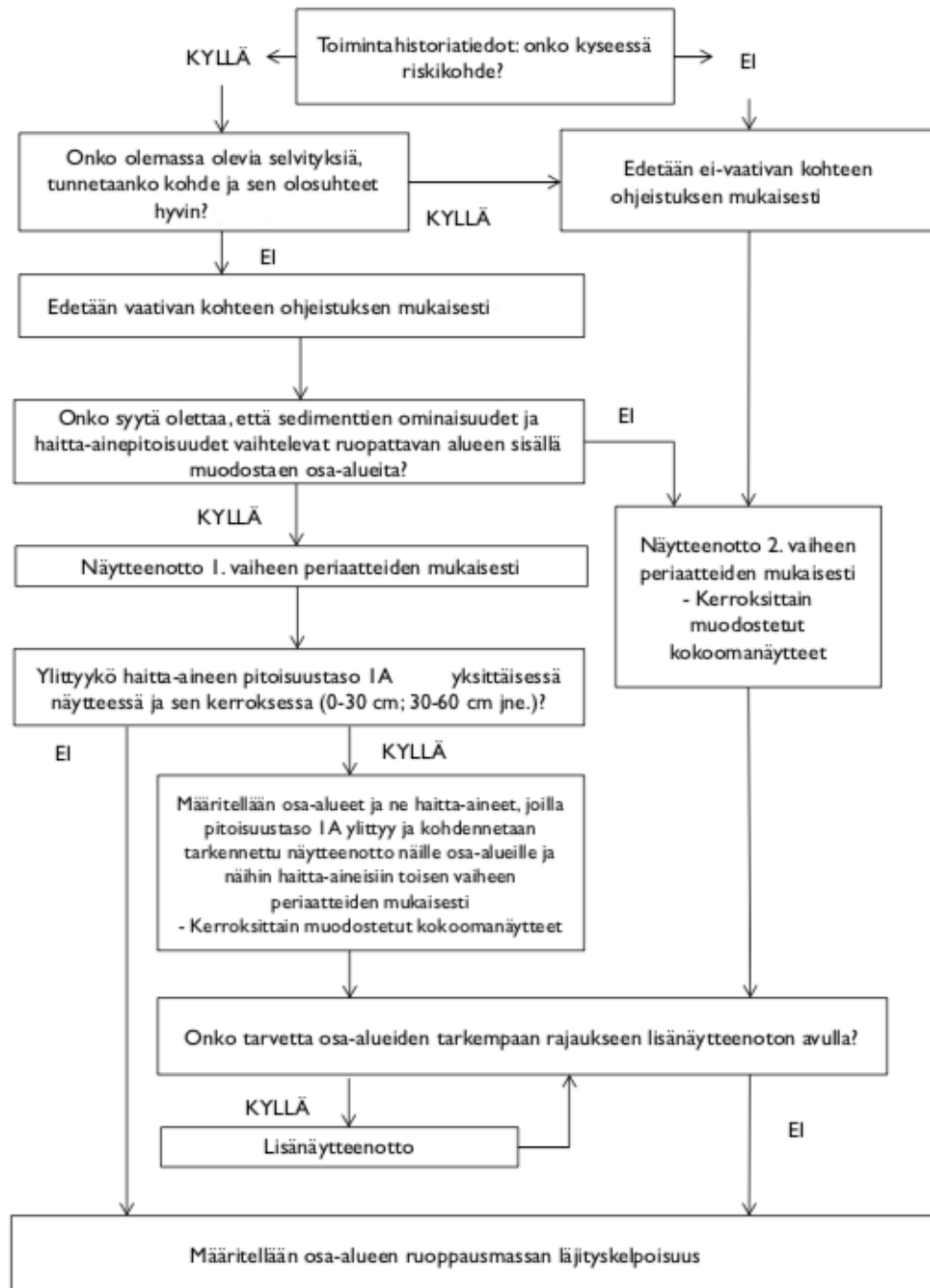
3 RUOPPAUSTYÖN SUUNNITTELU

Ruoppaustyön suunnitteluun vaikuttaa kohteen yksityiskohdat, kuten urakan koko ja ympäristön olosuhteet (kuva 5). Kaikkien osapuolien kannalta on edullisinta, että urakalle palkataan asiantuntija, joka kykenee arvioimaan työn vaadittavat selvitykset. Suunnitelman tekoon käytetään viimeisintä ympäristöministeriön sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohjeita. (Ympäristöministeriö 2015)

Suunnitelman tekeminen edellyttää tietoja pohjan syvyyskäyristä ja vedenpinnakorkeuksien vaihteluista. Ennen urakan aloittamista tutkitaan ruopattavan

alueen pohjan laatu, jotta voidaan valita oikea ruoppaustekniikka. Isommissa hankkeissa otetaan näytteitä maa-aineksista, jotta voidaan tutkia, löytyykö pohjasedimentistä haitallisia aineita, mikäli aluetta ei entuudestaan jo tunneta. (Majuri 2003 s. 13)

Näytteiden ottoon vaikuttaa kohteen toimintahistoriatiedot ja hankkeen luonne. Uudisruoppaus, ylläpitoruoppaus ja väylän ruoppaus ovat luonteeltaan erilaisia ruoppauskohteita. Alueen käyttöhistoria vaikuttaa siihen, tarvitseeko näytteitä ottaa. Jos alueelta on entuudestaan tehty luotauksia ja sedimenttien tutkimuksia, tarvitaan yleisesti vähemmän uusia tutkimuksia. (Ympäristöministeriö 2015 s. 31)



Kuva 5. Ruoppausmassan läjityskelpoisuuden suunnittelun ja toteutuksen pääperiaatteet (mukaillen Ympäristöministeriö 2015 s. 30).

Suunnitelmaa tehdessä on myös syytä huomioida mahdollinen haitta, jota ruoppaustyö aiheuttaa lähistön asukkaille ja muille käyttäjille. Yleisen käytännön mukaan on soveliaista ilmoittaa ruoppaustyön alkamisesta tarpeeksi ajoissa ennen työn alkamista. (Majuri 2003 s. 13).

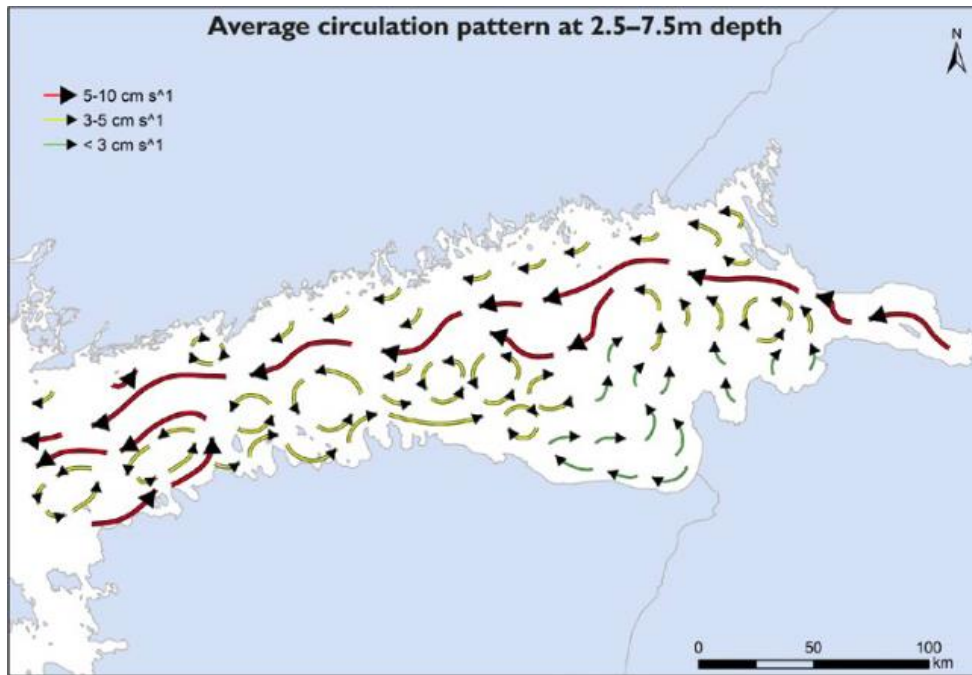
4 VEDENPINNANKORKEUS

Ruoppaustöiden aikana pitää olla tietoinen alueen vedenkorkeuden vaihteluista. Vedenkorkeus on huomioitava jo ruoppaussuunnitelmaa tehdessä. Erityishuomiota tulee kiinnittää keskivedenkorkeuden rajaan, maan ja veden rajoihin sekä vedenpinnan ylä- ja alarajoihin. Näillä tiedoilla vältetään vesialueiden täyttymiset. Vedenpinnan ylä- ja alarajoilla määritellään ruoppaussyvyys ja pystytään määrittelemään rajat läjityspaikkojen alimmalle sallitulle korkeudelle. (Majuri 2003 s. 18)

5 AALLOKON JA VEDEN VIRTAUKSEN HUOMIOIMINEN

Alueen aallokon ja virtauksien kulku tulisi huomioida jo työn suunnitteluvaiheessa. Nämä vaikuttavat ruoppauksen toteutukseen. Esimerkiksi vuodenajat muuttavat aallokon ja virtauksien voimakkuuksia. Suuremmissa hankkeissa käytetään mittauspoijuja, joista saadaan ajantasaista tietoa ja huomataan olosuhteiden muutokset ilman viivettä. (Majuri 2003 s. 18)

Virtaukset pitää huomioida, koska sedimentti voi kulkeutua ei-haluttuihin paikkoihin toimenpiteen aikana. Ruoppaustyöt tulisi tehdä vallitsevan virtaussuunnan mukaisesti ja urakoitsijan tulisi huomioida, että alueen luonnollinen yhteys päävirtaukselle ei esty (kuva 6). Jos virtauksia ei huomioida voivat ja kaivetut sedimentit kulkeutua ruopatulle alueelle. Tämä hidastaa työtä ja lisää hankkeen kustannuksia. Majuri 2003 s. 19)



kuva 6. Suomenlahden virtaukset 2.5-7.5 metrin syvyydessä. Nuolet näyttävät virtausten suunnat ja nuolten väri virtauksien nopeuden. (Raateoja & Setälä 2016 s. 47)

6 YMPÄRISTÖKARTOITUS

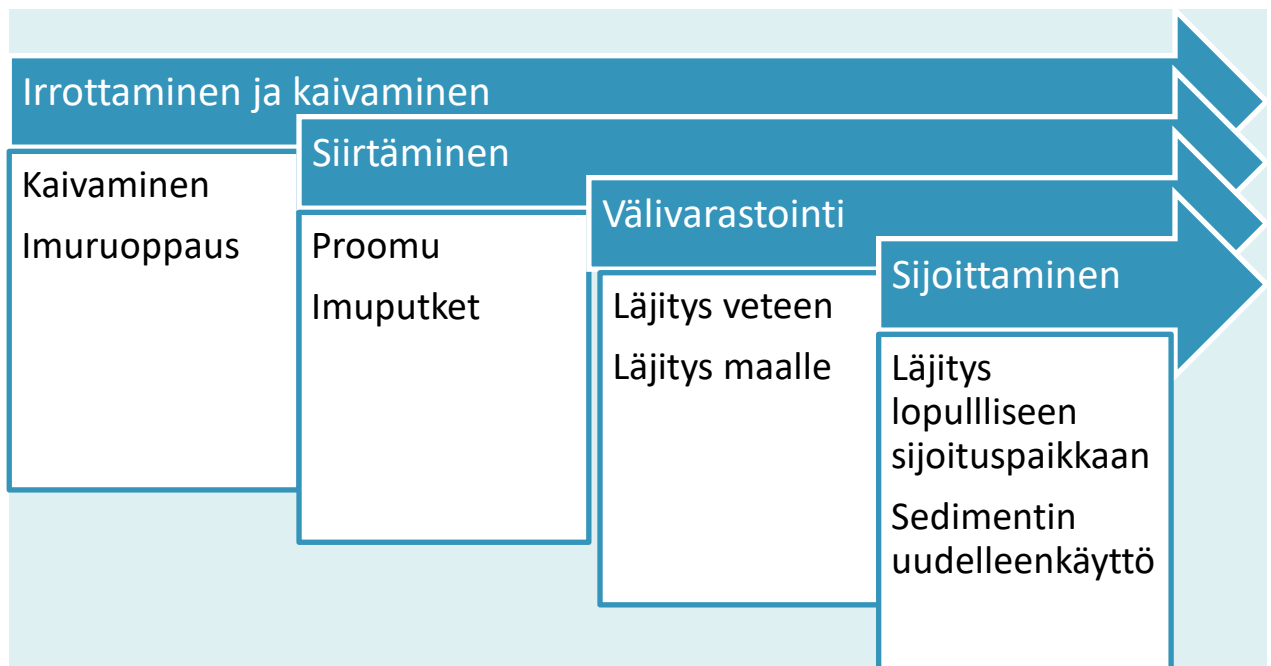
Ennen ruoppaustöiden aloitusta on selvitettävä vesialueen ympäristö, joka mahdollisesti altistuu ruoppauksen aiheuttamille ympäristövaikutuksille. Selvitystyössä tulee huomioida, löytyykö alueelta tai lähistöltä uhanalaisia kasveja tai eläimiä, jotka voivat vaurioitua tai tuhoutua ruoppaustoimenpiteistä. Vesistöihin ja niiden ympäristöön liittyviä asioita voi tiedustella paikalliselta ympäristönsuojeluviranomaiselta tai alueelliselta ympäristökeskukselta. On mahdollista, että ruopattavalla alueella esiintyy esihistoriallisia löydöksiä, mitkä saattavat vaikuttaa ruoppaustyöhön. Museovirastolta voi tiedustella esihistoriallisista kohteista. (Majuri 2003 s. 20)

7 RUOPPAUSTOIMENPIDE

Ruoppaus koostuu neljästä eri työvaiheesta. Ensimmäisessä vaiheessa haluttu pohjamateriaali irroitetaan ja nostetaan. Toisessa vaiheessa ruoppausmassa siirretään.

Kolmannessa vaiheessa ruopattu maa-aines välivarastoidaan. Viimeisessä vaiheessa ruopattu massa joko käsitellään tai sijoitetaan haluttuun paikkaan. Ruoppauksen työvaiheet esitellän alla olevassa prosessikaaviossa (Taulukko 2).

Taulukko 2. Ruoppauksen vaiheet (Lindqvist 2019).



Näitä neljää kohtaa soveltaen ruoppaushanke voidaan toteuttaa ympäristön kannalta parhaita ratkaisuja noudattaen ja sopivinta käyttökelpoista tekniikka hyödyntäen. Ruoppausmassan siirtämiseen voidaan käyttää proomuja tai imuruoppauksessa putkia suoraan läjitysalueelle. (Ympäristöministeriö 2015 s. 9-17)

8 RUOPPAUSMASSAN SIJOITTAMIEN

Ruoppaamalla saatu materiaali voidaan siirtää tai läjittää veteen sekä maalle. Ympäristön kannalta on suotavaa, että kaivettu sedimentti käytetään uudelleen. Massoja voidaan tarvittaessa siirtää myös maankaatopaikalle. Ennen ruoppausmassan sijoittamista on syytä arvioida mahdolliset sijoituksen haitta-aiheet ja ruoppausmassan puhtaus. (Ympäristöministeriö, 2015 s. 20). Ruoppausmateriaalin kuljetukseen liittyy myös riskejä. On mahdollista, että kuljetuksen aikana ruopattu materiaali pääsee karkaamaan. Maa-aines kuljetetaan yleensä proomuilla, jotka ovat yleensä luukku- tai palkotyyppisiä

(hopperiproomu). Nämä proomut aukeavat keskeltä, mutta suljettuna raoista voi karata maa-ainesta kuljetuksen aikana. Imuruoppauksessa voi putkien liitoskohdista karata maa-aineksia. (Riipi 1997 s. 21)

8.1 Vesistöön läjitys

Läjityksellä tarkoitetaan irrotetun maa-aineksen uudelleensijoittamista. Vesistöön sijoitettava maa-aines voidaan joko varastoida pohjalle pysyvästi tai väliaikaisesti, tarpeesta riippuen. Läjityksessä purettavan maa-aineksen kokonaismateriaalista vain 1-5 % suspensoituu eli sekoittuu vesimassaan. Suspensoituva materiaali on kaikkein hienoaineisinta ja sitoo saasteita herkästi. Läjitetystä maa-aineksesta 80 % jää kolmenkymmenen metrin säteelle pohjaan ja loput partikkelit leviävät laajemmalle alueelle. Leviämiseen vaikuttaa muun muassa veden virtaus ja virtauksen nopeus. (Riipi 1997 s. 21-22)

Läjitykset vesistöön vaikuttavat läjitysalueen kasvillisuuteen, pohjaeliöstöön, kaloihin, eliöryhmien lisääntymiseen, esiintymiseen sekä veden virtaukseen ja laatuun. Vaikutukset ympäristöön läjitysalueella ovat samankaltaisia kuin itse ruoppausalueella, mutta vaikutukset voivat mahdollisesti olla laajempia ja pitkäkestoisia. Tämän takia on tärkeää että läjitysalue valitaan huolella ja ympäristövaikutukset huomioiden. (Ympäristöministeriö 2015 s. 7) Vesiläjityksen haittoja on vesistöjen madaltuminen, vesistöjen pilaantuminen saastuneista maamassoista, veden samentuminen ja kutu- tai apajapaikkojen vahingoittuminen (Majuri 2003 s. 26).

Kotimaisten tutkimusten mukaan vesiläjityksien samentumiset kohdistuvat pääsääntöisesti vesialueiden pohjakerroksiin. Alue johon läjityksen vaikutukset kohdistuvat riippuvat läjityksen suuruudesta, läjityspaikan sekä läjitettävän massan ominaisuuksitasekä tuuli- ja virtausolosuhteista. (Ympäristöministeriö 2015 s. 47)

Läjitykset suoritetaan useimmiten proomuilta, jolloin kiintoaineita leviää veden virtauksien mukana koko vesipatsaaseen, massojen vajotessa pohjaan. Tätä voidaan ehkäistä käyttämällä putkea, mitä pitkin maa-aines läjitetään pohjaan. Sedimentin leviämistä voidaan ehkäistä välttämällä läjitystä silloin kun veden virtausnopeudet ovat

suuria. Suojaverhon käyttö on myös mahdollista, samalla tavalla kuin ruoppauksissa. (Ympäristöministeriö 2015 s. 53)

8.2 Maalle läjitys

Maalle läjittäessä ympäristön vaikutukset eivät ole yhtä haitallisia, kun veteen läjittäessä. Maalle läjittäessä ongelmana ympäristölle ovat lähinnä hienorakeiset maat ja saasteet, jotka voivat imeytyä ympärillä olevaan maakerrokseen tai levitä juoksuvesien mukana laajemmalle ympäristöön. Maalle läjitetyn maa-aineksen saasteet voivat levitä pohjaveden kautta takaisin vesistöihin, jos niitä ei eristetä pohjavedestä. Vajoamisvaiheen aikana hienojakoinen maa-aines laskeutuu hitaasti, ja näin ollen voi joutua takaisin vesistöön ylijäämävesien mukana. (Riipi 1997 s. 23)

8.3 Läjityspaikan valinta

Läjityspaikan valintaan vaikuttaa paikan soveltuvuus tarkoitukseensa ja geologisiin sekä biologisiin ominaispiirteisiin. Läjitysmassa on aina läjitettävä niin sanotulle hyvälle läjityspaikalle, jossa läjitettävä aines pysyy paikallaan. Ruoppausmassoja ei pidä läjittää alueille, joista massojen kulkeutuminen on todennäköistä, edellä mainitusta esimerkiksi eroosioalue (taulukko 3).

Taulukko 3. Luettelo herkistä kohteista (Ympäristöministeriö 2015 s. 48-49)

Luettelo herkistä kohteista	Esimerkki
Alueet, jotka ovat tärkeitä vedenalaisen luonnon monimuotoisuudelle	Natura2000
Alueet, joilla on uhanalaisia eläinlajeja tai luontotyypppejä	
Tunnetut ja merkittävät kalojen kutupaikat ja kasvualueet	
Kalojen ja merinisäkkäiden kulkureitit	
Linnuston tärkeimmät pesimä-, levähdys- ja ruokailualueet	
Luonnonkauniit ja kulttuurisellisesti merkittävät kohteet	
Alueet, joilla on merkittäviä tieteellisiä tai biologista merkitystä	
Ammattikalastusalueet	
Yleiset uimarannat	
Talousvesialueet	

9 LAINSÄÄDÄNTÖ

Ruoppaustöihin liittyy useita säännöksiä, joita on noudatettava (kuva 7). Säädökset koskevat vesi, jäte- ja ympäristönsuojelulakia. Vesilain mukaan (587/2011) vesialueen ruoppaaminen on aina luvanvaraista, jos ruoppausmassan määrä ylittää 500 m³. Julkisten kulkuväylien ruoppaus ei poikkeuksellisesti ole luvanvaraista. (Ympäristöministeriö 2015 s. 8) Julkiseksi väyläksi määritellään periaatteessa kaikki Liikenneviraston ylläpitämät väylät. Liikennevirasto vahvistaa väylän käyttöönotetuksi väyläpäätöksellä. (Liikenneviraston ohjeita 2017 s. 8).

Ruoppaustoimenpiteet, joiden massat ovat pienempiä kuin 500m³ tai kulkuväylän kunnossapitoon liittyvät toimenpiteet voivat edellyttää lupaa riippuen toimenpiteen vaikutuksista. Myös ruoppausmassan sijoittaminen hylkäämistarkoituksessa on Suomen aluevesillä luvanvaraista silloin kun kyse ei ole merkityksettömän pienestä määrästä ruoppausmassaa. (Liikenneviraston ohjeita 2017 s. 8)

RUOPPAUS- JA LÄJITYSTOIMINTAA KOSKEVA LAINSÄÄDÄNTÖ

Vesilaki (587/2011) eli VL

Valtioneuvoston asetus vesitalousasioista (1560/2011)

Ympäristönsuojelulaki (527/2014) eli YSL

Valtioneuvoston asetus ympäristönsuojelusta (713/2014)

Merensuojelulaki (1415/1994)

Jätelaki (646/2011) eli JäteL

Valtioneuvoston asetus jätteistä (179/2012)

Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista (214/2007)

Luonnonsuojelulaki (1096/1996) eli LSL

Muinaismuistolaki (295/1963)

Maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999) eli MRL

Laki vesien- ja merenhoidon järjestämisestä (1299/2004)

Valtioneuvoston asetus merenhoidon järjestämisestä (980/2011)

Valtioneuvoston asetus vesienhoidon järjestämisestä (1040/2006)

Valtioneuvoston asetus vesienhoitoalueista (1303/2004)

Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista (1022/2006)

siihen tehtyine muutoksineen (1818/2009) ja (868/2010) sekä perustelumuistio

Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä (468/1994)

Valtioneuvoston asetus ympäristövaikutusten arviointimenettelystä (713/2006)

Kuva 7. Ympäristöministeriön laatima oheistus ruoppaus- ja läjitystoimintaa koskevista lainsäädännöistä. (Ympäristöministeriö, 2015 s. 9)

Ruoppaus- ja läjitystoimenpiteet voivat vaikuttaa myös vedenalaiseen kulttuuriperintöön. Muinaismuistolakiin (295/ 1963) kuuluvat vähintään 100 vuotta sitten uponneet hylyt sekä ihmisten tekemät Suomen aiemmasta asutuksesta ja historiasta kertovat vedenalaiset rakenteet ja löydöt. Näitä kohteita voi löytyä yllättävistäkin paikoista ja kohteista ei ole aina saatavilla tietoja kirjallisista lähteistä. Vedenalaisen kulttuuriperintö tulee huomioida jo ruoppaussuunnitelmassa ja siitä tulee tarvittaessa olla yhteydessä Museovirastoon, koska museovirasto on valtakunnallinen vedenalaisen kulttuuriperinnön suojeluviranomainen. Museovirasto arvioi, tapahtuuko ruoppaus hanke sellaisella mahdollisella alueella, joka tarvitsee selvityksen hankevalmisteluun vedenalaisesta kulttuuriperinnöstä. (Ympäristöministeriö, 2015 s. 27)

9.1 Pienet ruoppaukset (alle 500m³)

Pienruoppauksiksi määritellään ruoppaukset, joiden ruoppausmassat ovat suuruudeltaan korkeintaan 500m³ ja ruoppaustyöt tehdään mekaanisesti esimerkiksi kaivinkoneella tai ruoppaajalla. Pienruoppaamisesta on kuitenkin tehtävä ilmoitus valvontaviranomaiselle paikalliseen ELY-keskukseen. Valvontaviranomaiselle on ilmoitettava vähintään 30 vuorokautta ennen ruoppaustöiden aloitusta, ilmoitusta ei kuitenkaan vaadita vähäisistä toimista, jotka voivat olla esimerkiksi kivien tai muiden ”ei koneellisten” esteiden raivaamisesta.

Pienruoppauksien luvanvaraisuutta arvioidaan vaikutusten perusteella (VL 3:2). Lupaa on haettava aluehallintovirastolta (AVI), jos ruoppauksesta aiheutuu vesilaissa määriteltyä haitallisia seurauksia esimerkiksi ympäristön viihtyvyydelle tai vesistön tilalle.

Pienruoppaukset voivat myös edellyttää lupaa ympäristösuojelulain nojalla, jos ruopattavan sedimenttien haitallisten aineiden pitoisuudet tai määrät ovat tasolla, jotka voivat aiheuttaa vesistön pilaantumista (Ympäristöministeriö, 2015 s. 10)

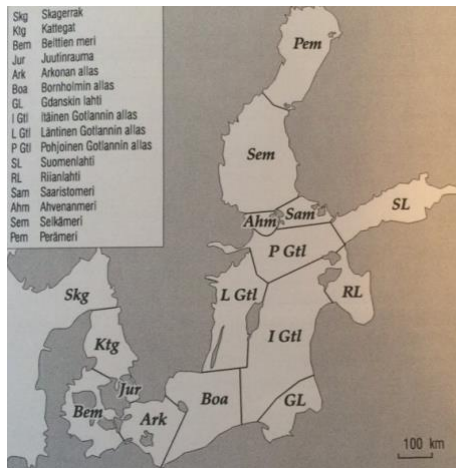
9.2 Suuret ruoppaukset (yli 500m³)

Ruoppaukset, joiden ruoppausmassat ylittävät 500m³ edellyttävät vesilain mukaan aluehallintovirastolta lupaa. Tämä ei kuitenkaan koske julkisten väylien kunnossapitoruoppauksia, joiden luvanvaraisuus määräytyy tapauskohtaisesti ruoppaustöiden vaikutusten perusteella. Laajoja ruoppaustöitä varten aluehallintovirastolta on haettava vesilain mukaista lupaa ruoppauksien vaikutusten perusteella, jos ruoppaukset muuttavat vesistön asemaa, vedenkorkeutta tai virtaamaa, syvyyttä, rantaa, vesiympäristön tai pohjaveden laatua sekä määrää. Edellä mainitulla muutoksella on laissa yksilöity yleiseen tai yksityisyyteen etuun kohdistuva haitallien seuraus. Aluehallintovirastolta on myös haettavat ympäristölain mukaista lupaa, mikäli ruoppauksista voi mahdollisesti aiheutua vesistön pilaantumista. (Ympäristöministeriö, 2015 s. 10)

10 YLEISTÄ ITÄMERESTÄ

Itämeri on pieni ja matala painauma, joka on yhteydessä valtameriin kapeiden Tanskan salmien kautta (Myrberg et al. 2006 s. 9). Itämerellä on yhteys Pohjanmereen Tanskan salmien kautta. Salmet muodostuvat kahdesta vesireitistä; Juutinraumasta ja Belttien merestä. Edellä mainitut salmet ovat kapeita ja erityisen matalia. Juutinrauman matalin kohta on kahdeksan metriä. (Raateoja et al. 2008 s. 12-14) Itämerta kutsutaan ”Atlantin pieneksi Välimereksi”, mikä koostuu useammista pienemmistä altaista. Itämeri on muotoutunut nykyiseen muotoonsa viime jääkaudella ja nykyinen muoto on noin 2000 vuotta vanha. Itämeren vesi on murtovettä ja sen suolapitoisuus on alhaisempi kuin valtamerivesissä. Itämeren veden vaihtuvuus Atlanttiin on edellä mainittujen salmien rajoittamaa. (Myrberg et al. 2006 s. 9).

Tässä työssä kerrotaan ruoppauksen ympäristövaikutuksista Suomenlahdella. Kuvassa (kuva 8) Suomenlahden vesialueesta käytetään lyhennettä SL. Suomenlahteen yhdistyy kolme vesialuetta, jotka ovat Saaristomeri, Pohjoinen Gotlannin allas ja Riianlahti.



Kuva 8. Itämeren jako eri altaiisiin (Myrberg et al. 2006 s. 17).

Itämeren keskisyvyys on suhteellisen matala, ainoastaan 54 metriä. Esimerkiksi Välimeren keskisyvyys on 1500 metriä ja Valtamerten keskisyvyys on 4000 metriä. Matalasta vedestä johtuen Itämeren vesitilavuus on suhteellisen pieni. (Raateoja et al. 2008 s. 12) Itämeren syvin kohta löytyy läntisen Gotlannin altaasta, Landsortin syvänteestä, joka on 459 metriä syvä (Raateoja et al. 2008 s. 17).

Itämeren ympärillä on paljon jokia, jotka laskevat Itämereen. Joista valuu kuormittavia aineksia mereen. Pienestä vesitilavuudesta johtuen Itämeri on herkkä likaantumiselle. (Raateoja et al. 2008 s. 12) Vedenvaihtuvuus Itämerellä on hidasta ja veden vaihtumisen on arvioitu kestävän 30-50 vuotta. Pitkästä veden vaihtumisajasta johtuen vesistön puhdistuminen kestää pitkään (Raateoja et al. 2008 s. 24). Itämeri luokitellaan yhdeksi maailman rehevöityneimmistä meristä. Meren rehevöityminen havaitaan veden sameutumisesta, rantojen limoittumisesta, meren pohjavesien happitilan heikkenemisestä ja sinileväkukintojen lisääntymisestä (Raateoja et al. 2008 s. 76).

Suolaisuus on meriveden tärkein erityisominaisuus. Meriveden suolaisuus määritellään promilleissa. Valtamerten suolaisuus on keskimäärin 35 promillea. Yksi kilogramma vettä valtamerestä sisältää 35 grammaa suolaa. Murtovedeksi määritetään vettä, jonka suolaisuus ei ylitä 24,7 promillea. Itämeren pintavesien suolaisuus vaihtelee lähes makeasta jopa 10 promillen suolaisuuteen. Murtovesi ja valtameret eroavat toisistaan siinä, että murtovedet jäätyvät helpommin, kun valtameret. Itämeren jäätymispiste on -0,3 astetta celsiusta, kun valtameren jäätymispiste on jopa -1,9 celsiusastetta johtuen

suolapitoisuuksien erosta. Suolapitoisuus vaikuttaa myös veden tiheyteen. Mitä suolaisempaa vesi on, niin sitä alemassa lämpötilassa on sen suurin tiheys. Esimerkiksi makea vesi on tiheimpänä 4 asteessa kun Itämeren veden suurin tiheys on 2-3 asteen lämpötilassa. (Raateoja et al. 2008 s. 16)

11 RUOPPAUKSEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

Kuten kaikesta rakentamisesta, myös ruoppaustöistä aiheutuu haittaa ympäristölle (Riipi, T. 1997 s. 24). Meriympäristön tilaa heikentävät muun muassa ravinteiden ja haitallisten aineiden aiheuttama kuormitus, elinympäristöjä ja lajien elintilaa heikentävät toimet kuten ruoppaukset, ruoppausmassojen läjitykset, vesirakentaminen, roskaantuminen ja vedenalainen melu. (Korpinen et al. 2018 s. 14) WWF (World Wildlife Fund) mainitsee yleisimmiksi haittavaikutuksiksi vesialueiden samentumisen ja voimakkaiden äänien aikaansaamat vaikutukset vesialueiden eläimiin. MaallRa suoritettavalla kaivuutyöllä näyttäisi olevan vähemmän haittavaikutuksia ympäristölle veden alla tehtyihin kaivuutöihin verrattuna. (Korpinen et al. 2018 s. 5)

Merenpohjan tilaan vaikuttaa monet ihmisperäiset toiminnot. Väylien ja rantavesien ruoppaus ja siihen liittyvä ruoppausmassojen läjitys mereen aiheuttavat paikallisesti voimakkaita häiriöitä. (Korpinen et al. 2018 s. 16) Pohjan infrastruktuurissa tapahtuu muutoksia, kun pohjaa syvennetään tai pohjan muotoa täytetään. Nämä muutokset vaikuttavat ympäristöön usealla eri tavalla. Ruoppaustöissä on huomioitava myös vuodenajat, koska töiden suorittamien muuttuvina vuodenaikoina vaikuttaa ympäristöön eri tavalla. (Ympäristöministeriö 2015 s. 25)

Kuten aiemmin on kerrottu (kappale 1, ruoppaaminen), ruoppausten yhteydessä poistetaan vesialueen pohjasta maa-ainesta, jonka mukana automaattisesti poistetaan työalueen pohjakasvillisuutta ja -elimistöä. Työn seurauksena pohja-alue autioituu tilapäisesti tai voi mahdollisesti muuttua biologisesti pysyvästi. (Majuri 2003 s. 24) Ruoppaus voi myös heikentää merenpohjan geologista monimuotoisuutta. Tämä on mahdollista esimerkiksi silloin kun merkittävä määrä hiekkamuodostumasta ruopataan pois. Ekosysteemin kannalta se tarkoittaa biologisen monimuotoisuuden suppenemista. Ruoppaus- ja läjitystoiminta muuttaa merenpohjan pinnanmuotoja, mikä puolestaan

vaikuttaa merenpohjan sedimentaatiodynamiikkaan. (Korpinen et al. 2018 s. 98) Hydrograafisten olosuhteiden muutoksilla tarkoitetaan muutoksia veden virtauksissa, aaltojen muodostuksessa, suolapitoisuudessa ja lämpötilassa. Hydrograafisesti Suomen merialueiden tila on hyvä ja muutokset ovat pienialaisia, vain muutamien prosenttien luokkaa rannikkovesialueista. (Korpinen et al. 2018 s. 17)

Suomen ympäristökeskuksen tekemässä selvityksessä (Korpinen et al. 2018 s. 16-17) käy ilmi, että pieni osa Suomen merialueiden pohjista on menetetty ja 30 % kokonaisalasta on häiriintynyt. Merenpohjan menettämisellä tarkoitetaan, että merenpohjan muutos on palautumaton, ja häiriintyneeksi silloin kun muutos on palautuva. Menetettyjen ja vaurioituneiden pohja-alueiden arvioiminen on hankalaa, eikä tarkkoja lukuja Suomen merialueista alueista voida esittää. On kuitenkin pystytty osoittamaan, että kokonaisvaikutukset ovat suurimpia Selkämerellä sekä Saaristomeren ja Suomenlahden sisäsaaristossa (taulukko 4). Muutoksia merenpohjassa on myös pääkaupunkiseudulla ja kapeilla, runsaasti liikennöivillä, laivaväylillä.

Taulukko 4. Merenpohjan fyysiset menetykset ja häiriöt vuosina 2011–2015 (mukaillen Korpinen et al. 2018 s. 111)

Merialue	Menetetty pinta-ala (km²) ja osuus kokonaisalasta	Häiriintynyt pinta-ala (km²) ja osuus kokonaisalasta
Perämeri	30 (0,2 %)	4105 (26 %)
Merenkurkku	7 (0,1 %)	1787 (37 %)
Selkämeri	26 (0,1 %)	3495 (13 %)
Ahvenanmaan merialue – Saaristomeri	50 (0,3 %)	7844 (52 %)
Pohjois-Itämeri	13 (0,2 %)	1187 (14 %)
Suomenlahti	86 (0,9 %)	4232 (43 %)
Koko Suomen merialue	211 (0,3 %)	22650 (28 %)

Ruoppaustoimenpiteillä on mahdollisesti myös positiivisia ympäristövaikutuksia, mutta niiden osoittaminen ja käyttäminen arviointimenettelyssä on hankalaa, koska positiiviset vaikutukset ovat liian subjektiivisia (Riipi 1997 s. 17).

11.1 Saastuneet maa-ainekset

Ruoppauksien yhteydessä on mahdollista, että haitallisia aineita vapautuu vesistöön kaivuiden yhteydessä. Nämä haitalliset aineet ovat jo aiemmin joutuneet vesistöön ja tasaantuneet merenpohjaan. Ruoppaustöiden yhteydessä nämä haitalliset aineet sekoittuvat jälleen vesistöön ja saastuttavat vesimassaa sekä sen ympäristöä. (Raateoja et al. 2008 s. 85, Korpinen et al. 2018 s. 98) HELCOM (Helsinki Commission) ruoppausohjeiden mukaan suurin osa ruopattavasta materiaalista Itämerellä on saastunut ainakin joissakin määrin ihmisen toiminnasta johtuen. Mutta vain pieni osa tästä ruopattavasta materiaalista on niin saastunutta, että se aiheuttaisi ympäristörajoitteita ruoppaukselle. (Baltic Marine Environment Protection Commission 2015 s. 2)

Ruopattavissa sedimenteissä on huomioitava massojen mahdolliset fyysiset, kemialliset tai biokemialliset muutokset ja päätyminen meriympäristöön (Baltic Marine Environment Protection Commission 2015 s. 12). Itämeren kemiallinen saastuneisuus oli huipussaan 1960-1970 luvuilla, jolloin teollisuus oli nousussa. Vielä silloin ympäristömyrkyt, kuten raskasmetalliset elohopeat sekä klooriyhdisteet diklooridifenyyylitrikloorietaani (DDT) ja polyklooratut bifenyylit (PCB) aiheuttivat kattavaa vahinkoa rannikkoalueiden nisäkkäille ja linnuille. Nykyään edellä mainittujen kaltaisia kemikaaleja ei ole yleisesti käytössä kiristyneiden lainsäädäntöjen ansiosta. Kemikaalit eivät ole enää aktiivisesti ympäristön kiertokulussa, vaan ne ovat joko poistuneet tai painuneet pohjasedimentteihin. (Raateoja et al. 2008 s. 85) Myrkyllisimpien metallien kuten elohopean (Hg) ja kadmiumin (Cd) pitoisuudet ovat vähentyneet huomattavasti, monin paikoin jopa yli 50 prosenttia. Myös lyijy (Pb) on vähentynyt kymmeniä prosentteja. Ulappavesissä raskasmetallien pitoisuudet ovat nykyään hyvin alhaisia (Korpinen et al. 2018 s. 135). Vaikka vanhoista ympäristömyrkyistä on valtaosin päästy eroon, markkinoille ilmestyy uusia aineita, joiden haittavaikutuksia ei välttämättä edes vielä tunneta. Esimerkiksi tributyylitinaa (TBT) on käytetty laivojen ja vesirakenteiden myrkkymaaleissa. Kyseinen aine on kuitenkin jo kielletty EU:ssa mikä vähentää sen käyttöä ja vaikutusta ympäristössä. (Raateoja et al. 2008 s. 88) Vaikka pitoisuudet ovat vähentyneet, TBT-pitoisuuksia esiintyy erityisesti satamien, telakoiden ja laivaväylien sedimenteissä. Valitettavasti aineet sekoittuvat veteen virtauksien, aaltojen, meriliikenteen ja ruoppauksien yhteydessä. (Raateoja & Setälä 2016 s. 172)

Ruoppausmassa voidaan jakaa kolmeen luokkaan TBT-pitoisuuksien mukaan (kuva 9). Luokat kertovat pitoisuudesta ja ruoppausmassan läjittämisestä. Tasolla yksi ruoppausmassan TBT pitoisuus on $\leq 3 \mu\text{g/kg}$ ja ruoppausmassan haitat ovat merkityksettömiä ja sedimentti voidaan läjittää takaisin mereen. Tasolla kaksi ruoppausmassan TBT- pitoisuuksien ylittäessä $> 200 \mu\text{g/kg}$ raja-arvon, sedimentti luokitellaan pilaantuneeksi ja massa on mereen läjityskelvotonta. TBT- pitoisuuksien ollessa $> 3 - 200 \mu\text{g/kg}$ ruoppausmassan käyttö ja läjitys arvioidaan tapauskohtaisesti. (Heikkonen 2008 s. 85)

Maa		Taso 1 $\mu\text{g/kg ka}$	Taso 2 $\mu\text{g/kg ka}$	
Suomi		3	200	pitoisuus normalisoidaan
Norja		5	100	
Tanska		7	200	
Saksa	(v.2001	20	600)	normalisoidaan <20 μm fraktioon
	v. 2005	20	300	
	v. 2010	20	60	
Belgia		3	7	läjityskelvotonta vasta kun kolmella aineella taso 2 ylittyy
Hollanti		0,007	240	pitoisuus normalisoidaan standardi-sedimentiksi
Iso-Britannia		100	1000	amat laatukriteerit DBT:lle

Kuva 9. Eri maiden TBT:n laatukriteerejä (Ympäristöministeriö 2007 s. 50).

Korkeita TBT-arvoja havaittiin Vuosaaren sataman ruoppaus ja läjitystöiden yhteydessä (Raateoja et al. 2008 s. 88). Vuosaaren sataman ruoppaustöiden suunnitelmassa oli tarkoitus ruopata TBT pilaamia sedimenttejä 75 hehtaarin alueelta. TBT pitoisuuksien rajat ylittivät $200 \mu\text{g/kg}$ (Ympäristöministeriö 2007 s. 51).

Sataman puhdistustyö koostui kolmesta vaiheesta. Ensimmäisessä vaiheessa saastunut pohja-alue eristettiin muusta merialueesta suojapenkereillä ja suojaavilla verhorakenteilla. Toisessa vaiheessa saastunut sedimentti siirrettiin täyttöalueelle Niinilahteen, missä sedimentti massastabiloitiin siten, että maa-ainesta voidaan hyödyntää satamakentän pohjarakenteena. (Heikkonen 2008 s. 84)

11.2 Näytteidenotto maa-aineksista

Näytteidenoton tarve määritellään ruoppaussuunnitelmaa laatiessa. Suunnitelmassa käydään läpi, kuinka laajasti näytteitä hankkeeseen mahdollisesti tarvitaan. Ruoppauskohteet jaetaan näytteenoton perusteella vaativiin ja ei-vaativiin kohteisiin. (Ympäristöministeriö, 2015 s. 31)

Näytteidenotto suunnitellaan erikseen jokaista kohdetta varten, hankkeen vaatimilla menetelmillä. Laadukkaitten näytteiden arviointi edellyttää, että näytteet ovat laadultaan edustavia. Näytteenotossa tulee huomioida ja arvioida entiset sekä tulevat kuormituslähteet, virtauksien ja topografian vaikutukset sedimentin leviämisen kannalta. Lisäksi näytteenottajan tulee olla pätevöitynyt henkilö sedimenttinäytteiden ottamiseen. Vaativissa ja ei-vaativissa kohteissa suositellaan ottamaan niin sanottuja kokomaanäytteitä, jolla saadaan tarpeeksi laajat näytteet koko ruoppausalueelta. Tällä metodilla näytteet otetaan pystysuuntaisesti kerroksittain 10 senttimetrin, 10-30 senttimetrin ja 30-60 senttimetrin syvyyksistä aina ruoppaussyvyyteen asti. (Ympäristöministeriö, 2015 s. 32-34)

Vaativiksi kaivuualueiksi luokitellaan kaivuualueet, joista ei ole saatavilla aiempia tietoja tai tutkimustuloksia. Kohteita ei ole aiemmin tutkittu, mutta voidaan epäillä, että maa-aines on saastunut alueen käyttöhistorian perusteella. Ei-vaativat kohteet eivät puolestaan tarvitse yhtä perusteellista tutkimusta, koska ne ovat alueita, joiden toimintahistoria tunnetaan ja niiden perusteella ei ole syytä epäillä, että sedimentistä löytyy merkittäviä määriä haitallisia aineita. Kohteesta on mahdollisesti jo entuudestaan otettu näytteitä ja arvioitu ruopattavien sedimenttien kelpoisuudet haitta-aineiden poissulkemiseksi. (Ympäristöministeriö, 2015 s. 32)

11.3 Pohjaeliöstö ja hapettomuus

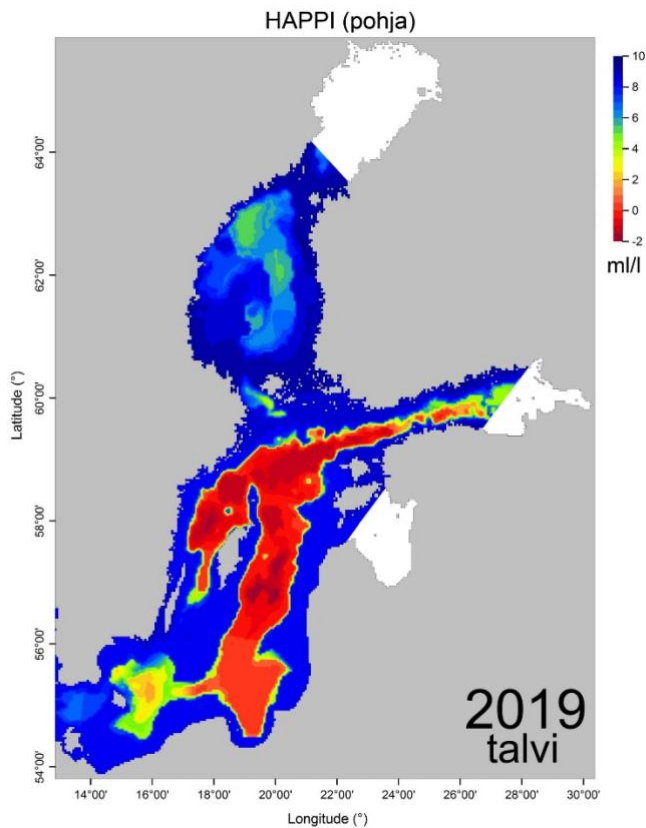
Läjitysalueiden eliöt kaivutuvat massaan, joka on läjitetty pohjalle. Jos ruopattu maa-aines sisältää saasteita, voi massaan kaivautuvat eläimet altistua niille. Saasteet eivät paranna eliöiden elinolosuhteita. (Riipi 1997 s. 22) Vesistöihin läjitettäessä on

mahdollista, että eliöiden ja eläinten normaalit toiminnot hidastuvat tai jopa estyvät (Riipi 1997 s. 15).

Itämeren pohja on yleisesti liejua ja mutaa, mutta Suomenlahti on kallioharjanteiden myötä epätasainen mutasekoitus. Pohjalla elävät eliöt muokkaavat pohjaa etsiessään ravintoa ja piiloutuessaan muilta petoeläimiltä. Pohjaeläimet eivät tuota eloperäisiä aineita ja ovat sen myötä riippuvaisia pohjalle valuvista ravinteista. Mitä syvempi vesimassa on, sitä vähemmän orgaanisia aineita päätyy pohjalle, koska lähempänä pintaa elävät eliöt hyödyntävät laskeutuvia ravinteita. (Raateoja et al. 2008 s. 47)

Eloperäisten aineiden hajottaminen kuluttaa happea, jota on paikoitellen erittäin vähän Itämeren pohjalla. Itämeren pohjan happitilanne oli 2000-luvulla huono, kun kolmasosa Itämeren ja Suomenlahden pohjista oli lähes hapetonta aluetta. Atlantilta tulevat suolapulssit parantavat pohjan hapettomia alueita, mutta vaikutukset ovat lyhytaikaisia eivätkä Itämeren syvänteet välttämättä parane milloinkaan. Syvänteissä on havaittu hyviä happiolosuhteita 1950-luvulla suuren suolavesipulssin myötä. (Raateoja et al. 2008 s. 48-49)

Saariston rannikkoalueiden syvänteissä on havaittu syvänteitä, jotka ovat erityisen herkkiä hapenpuutteelle. Näillä alueilla vedenvaihtuvuus on hidasta ja syvänteiden vedet eivät välttämättä vaihdu ollenkaan. Jatkuva eloperäisten aineiden hajoaminen lisää hapettomuutta entisestään. Suomenlahdella hapettomuutta esiintyy jo alle kymmenen metrin syvyydessä. Ilmiö vaikuttaa siihen, että Suomenlahden pohjat ovat suurilta osin ilman pohjaeläimistöä (kuva 10). (Raateoja et al. 2008 s. 55) Avomerialueilla pohjan eliöiden tila ei ole merkittävästi muuttunut viimeisen kymmenen vuoden aikana. 1990-luvulla pohjaeläinyhteisöjen tila oli Suomenlahden ja Pohjois-Itämeren avomerialueella erinomainen, mutta 2000-luvun alussa heikkeni ja on sen jälkeen parantunut vain hieman Suomenlahdella. (Korpinen et al. 2018 s. 130)



Kuva 10. Itämeren pohjan läheisten vesikerroksien happipitoisuus talvella 2019. Punaisella merkityt alueet; taso alle 2 ml/l kuvaa happitilannetta, jossa pohjaeläinten elämä vaikeutuu ja taso ≤ 0 ml/l happikatoaluetta, jossa esiintyy rikkivetyä ja olot ovat pohjaeläimille mahdottomat. (Suomen ympäristökeskus 2019)

11.4 Ruoppauksten aiheuttama samentuminen

Ruoppauksen seurauksena työmaan läheiset vesistöt sameutuvat ja kiintoainepitoisuudet nousevat lähes aina ruoppauksen yhteydessä. Samentunut vesi kulkeutuu veden virtauksien ja tuulen suunnan mukaisesti ympäröiville alueille. Hienojakoinen maa-aines laskeutuu ympäröivälle alueelle. Laskeutuminen tapahtuu suhteellisen paikallisella ja pienellä alueella. Useimmiten vedenlaatu kuitenkin kirkastuu pian ruoppauksien loputtua. Vuodenaika ja ruoppauksen aiheuttaman samentumien vaikuttavat kasvillisuuteen ja pohjaeläimiin vuodenajoista riippuen. Kesällä ruoppaaminen on kasvillisuuden ja eläinten kannalta haitallisinta aikaa rakennustöille, koska silloin kasvien elinkierto ja eläinten lisääntyminen on herkinä. Toisaalta on myös kalalajeja, jotka

hyötyvät ruoppauksista syntyvistä pyörteistä, jotka nostavat pohjaeliöitä kalojen saataville. (Ympäristöministeriö, 2015 s. 25)

Ruoppaaminen, tavasta riippumatta, aiheuttaa veden samentumista. Kauha tai imupää aiheuttaa virtauksia pohjassa, mitkä sekoittavat sedimenttiä. Virtauksista johtuen sedimentin pienimmät partikkelit suspensoituvat ja liettyvät, minkä seurauksena vesi sameutuu.

Jos suspensoituneessa sedimentissä on saasteita, voivat saasteet levitä pitkiäkin matkoja virtojen mukana. (Riipi 1997 s. 15) Kuten edellä mainittiin, veden samentuminen riippuu työtavasta, mutta veden selkeytymiseen vaikuttaa myös veden suolapitoisuus. Veden suolapitoisuus näyttäisi nopeuttavan vesimassan selkeytymistä (Majuri 2003 s. 27).

Samentuminen on siis yksi ruoppauksen aiheuttamista ympäristöhaitoista. Samentumista ruoppauksen yhteydessä voidaan rajoittaa erilaisilla keinoilla, muun muassa hyvällä suunnittelulla, ympäristön tarkkailemisella ja käyttämällä samentumista ehkäiseviä suojaverhoja. Tarkkailemalla sääolosuhteita ja veden virtauksia voidaan yksinkertaisesti vaikuttaa samentumiseen. Hyvällä suunnittelulla voidaan minimoida ruopattava sedimentin määrä ja sen leviäminen. Kaikissa olosuhteissa on tärkeää ruopata sopivalla nopeudella. Ruopatessa tulisi aina varautua suojatoimenpiteisiin. (Ympäristöministeriö, 2015 s. 26)

Samentumisen ehkäisyssä on käytetty tarkoitukseen sopivaa suojaverhoja. Verhona voidaan käyttää esimerkiksi silttiverhoa tai kuplaverhoa. Verhojen käytössä on jälleen huomioitava ympäristön vaikutus sen toimivuuteen, erityisesti aallokko ja virtaukset saattavat aiheuttaa ongelmia verhon käytössä. (Majuri 2003 s. 29)

Vesistöjen luonnollinen samentuminen on normaalia ja samentumista meressä tapahtuu myös ilman ruoppauksen aiheuttamaa maa-aineksen sekoittumista. Luonnollinen samentuminen johtuu pääosin vedessä elävistä planktonlevistä. Veden sameutta voidaan arvioida sillä, miten syvälle pohjaan voidaan nähdä tyynellä kelillä. Näkösyvyys Suomen ympäröivillä merillä on laskenut viimeisen sadan vuoden aikana. Ennen näkösyvyys oli 8-10 metriä ja nykyisin ainoastaan 4-6 metriä. Suomenlahdella samentuminen on osittain johtunut rehevöitymisestä. Rehevöitymisellä tarkoitetaan veden ravinnemäärän kasvua.

Itämerellä tämä huomataan pääsääntöisesti planktonlevien kasvuna. Yhtenä syynä rehevöitymiselle on pidetty muun muassa soiden ojituksia Pohjanlahdella, mikä on vaikuttanut planktonlevien lisääntymiseen ja veden samentumiseen. (Raateoja et al. 2008 s. 77-79)

11.5 Ruoppauksen vaikutus Itämeren kaloihin

Tässä kappaleessa kerrotaan ruoppauksen erilaisista vaikutuksista Suomen vesistöissä eläviin kaloihin, eikä katsauksessa käsitellä muita vedessä eläviä eläinlajeja. Ruoppauksen vaikutukset kalastolle riippuvat alueen kalalajistosta ja niiden lisääntymisalueista. Ruoppauksesta irtoava kiintoaines voi peittää vesistössä olevaa mätää ja vähentää kalojen poikastuotantoa. Kalanpoikasten luonnollinen kasvuympäristö voi häiriintyä ruoppauksien tuhotessa pohjan kasvillisuutta. (Ympäristöministeriö, 2015 s. 25) Kalatalousvelvoite edellyttää urakoitsijaa istuttamaan kalanpoikasia alueelle, joka on mahdollisesti vahingoittunut vesirakentamisen seurauksena. Mahdollista haittaa voi aiheuttaa esimerkiksi veden samentuminen (Ympäristöministeriö 2015 s. 11).

11.5.1 Äänihaitat

Vedenalaisesta rakentamisesta aiheutuu luonnollisesti aina ääntä. Ruoppauksesta aiheutuvia äänihaittoja pidetään hiljaisempina muihin vedenpinnan alapuolella tehtäviin rakennustöihin verrattuna. Ruoppaustyöt ovat kestoltaan vaihtelevia. On kuitenkin tavallista, että työtä tehdään keskeyttämättä pitkiäkin aikoja rakennusvaiheesta riippumatta. (Meriläinen & Lindfors 2018 s.41)

Ruoppauksesta aiheutuvia vedenalaisia äänihaittoja on aloitettu tutkimaan vasta viime vuosina. Melujen vaikutusta vedenlaiseen eläimistöön on ollut vaikea tutkia, koska äänien taajuutta ja korkeutta on vaikea määritellä eri matkojen ja syvyyksien päästä. Vedenlaiseen äänimaailmaan vaikuttaa monet tekijät, kuten vuodenaika, veden lämpötila ja veden suolapitoisuus. Normaaleina vedenalaisina ääniä voidaan pitää sadetta, aaltojen liikettä, ukkosta, säistä aiheutuvaa ääntä, seismistä liikkuvuutta ja lämpötilojen aiheuttamia ääniä (Taulukko 5).

Rauman väylähankkeen yhteydessä tutkittiin rakennustyön aiheuttamaa äänihaittaa. Äänen mittaamiseen käytettiin vedenalaista mikrofonia, eli hydrofonia. Hankkeesta saadut tulokset osoittivat, että rakennusmelu ja laivaliikenteen melupäästöt ovat samaa luokkaa. Selvityksestä ilmeni, että äänenvoimakkuus oli 160-180 desibeliä (dB) ja taajuus alle 500 hertsiä (Hz). (Meriläinen & Lindfors 2018 s. 34) Suomen ympäristökeskuksen tekemän selvityksen mukaan laivaliikenne aiheuttaa melua tyynellä säällä 40-200Hz:n voimakkuudella (Raateoja & Setälä 2016 s. 293). Imuruoppaukselle on mitattu 177dB äänenvoimakkuuksia tuulivoimalan rakennuksen yhteydessä. (Vehanen et al. 2010 s. 10)

Suomen ympäristökeskuksen raportin mukaan kalojen kuuloalue on sama kuin ihmisellä, joten merenkulusta aiheutuva melu vaikuttaa mahdollisesti niiden käyttäytymiseen. (Rantajärvi & Karjala 2015 s. 23) Itämeren mataluuden ja rakenteen myötä sen akustiikka on erilainen kuin valtamerillä. Esimerkiksi veden suolaisuuden eri kerrokset ja veden lämpötilamuutokset vaimentavat äänen pystysuuntaista etenemistä. Nämä elementit lisäävät kuitenkin äänen vaakatasoista etenemistä. (Rantajärvi & Karjala 2015 s. 26)

Ruoppauksien yhteydessä on huomattu, että ruoppaustekniikan valinta vaikuttaa äänimaailmaan, mutta myös erot kaivuuta suorittavan henkilön ammattitaidossa voivat vaikuttaa kaivuusta syntyviin ääniin (Hammar et al. 2009 s. 41).

Taulukko 5. Vedenalaisten äänien taajuuksia ja voimakkuuksia (mukaillen Raateoja & Setälä 2016 s. 292, s. 296)

Äänen aiheuttaja	Taajuus (Hz)	Äänen voimakkuus (dB)	Huomioita
Aallot	40 Hz- 8 kHz		
Sade	500 Hz- 5kHz	40-90 dB	voi olla mahdollisesti myös korkeampi
Jää	100 kHz		olosuhteista riippuen useita taajuuksia eri voimakkuuksilla

Eläimet	2-3 Hz- 100kHz		suuri ero eläinlajien välillä
Imuruoppaus		177 dB	

Kalat pystyvät havaitsemaan ja kommunikoimaan laajalla äänialueella. Valtaosa kalalajeista ympäri maailmaa havaitsee ääniä 50 hertsistä aina 1500 hertsin äänitaajuuksiin. (Popper & Hastings 2009 s. 462) Maan päällä eläviin lajeihin verrattuna kalat aistivat ääntä eri tavalla. Kalat aistivat ympäristöään sisäkorvalla (kallon lateraalisen osan aistinelin) sekä kylkiviiva-aistin avulla. Uimarakko voimistaa ääniaaltojen kulkeutumista sisäkorvaan. Kalat pystyvät aistimaan matalampia ääniä kuin ihminen. Useimmat kalalajit aistivat äänenpainetta 20 Hz – 1 kHz taajuudella. (Vehanen et al. 2010 s. 13)

Kalojen kuulon ja käyttäytymisen yhteyttä on tutkittu hyvin vähän, joten äänen vaikutuksista kalojen käyttäytymiseen ei ole suoranaista tietoa. Tutkimukset ovat antaneen viitteitä siitä, että antropogeeniset äänet (matala taajuus) voivat vaikuttaa ainakin muutamaa kalalajiin. (Popper & Hastings 2009 s. 471) Tutkijat ovat myös osoittaneet, että kalat reagoisivat jopa 160 dB ääniin, mutta tämän ei ole huomattu vaikuttavan ainakaan kalojen saalistuskäyttäytymiseen. (Popper & Hastings 2009 s. 467)

11.5.2 Elinympäristön muutos

Pohjan muutokset voivat vaikuttaa alueen virtauksiin, pohjan kestävyYTEEN ja pohjan sedimenttiin. Tämä vaikuttaa pohjalla elävien eliöiden luonnonmukaiseen elinympäristöön.

Nämä vaikutukset eivät rajoitu ruoppaustöiden ajankohtaan, vaan muutos on pysyvä esimerkiksi sataman rakennuksen yhteydessä, kun alueen vesiliikenne ja potkurivirtaukset lisääntyvät. Vaikutukset ympäristöön ovat suurimmillaan silloin kun ruoppaus toteutetaan kokonaan uudella alueella, mikä on luonnollisessa tilassa entuudestaan. (Hammar et al. 2009 s. 35)

12 RUOPPAUSTÖIDEN YMPÄRISTÖHAITTOJEN HALLINTA

Ruoppauksesta aiheutuvien ympäristöhaittojen hallitseminen edellyttää ymmärrystä ruoppauksen aiheuttamista ympäristöhaitoista. Haittojen ennaltaehkäisemiseksi jokainen ruoppauskohde tulisi arvioida tapauskohtaisesti ja edetään asiallisesti tehdyn ruoppaussuunnitelman mukaisesti. Ympäristön kannalta olisi aina suotavaa ruopata vain tarvittavat määrät ja minimoida ruoppaustyön määrä. Optimaalinen puhtaiden sedimenttien hyötykäyttö vähentää ympäristölle aiheutuvaa haittaa. (Ympäristöministeriö, 2015 s. 18)

Ympäristön kannalta välttämätöntä on tunnistaa ja välttää saastuneiden sedimenttien kaivuut. Oikein suoritettu näytteidenotto sedimenttien haitta-aine pitoisuuksista ennen ruoppauksen suorittamista on paras tapa ennaltaehkäistä syntyvät ympäristövahingot ja voidaan välttää saastuneiden sedimenttien sekoittuminen mereen. Ympäristövahinko voidaan välttää kaivamalla oikealla tekniikalla tai eristämällä mahdollisesti saastunut alue. (Raateoja & Setälä 2016 s. 185)

Oikein toteutetussa ruoppaushankkeessa seurataan ruoppaustöiden aiheuttamia ympäristövaikutuksia ja läjitystoiminnan vaikutuksia ympäristöön koko työmaan ajan sekä pyritään ennakoimaan ja välttämään turhat ympäristöhaitat. (Ympäristöministeriö, 2015 s. 54)

13 POHDINTA

Tätä kirjallisuuskatsausta tehdessä kävi ilmi, että jokaisella käytössä olevalla ruoppaustekniikalla on mahdollista toimia niin, että ympäristöön kohdistuva haitta on mahdollisimman vähäistä. Ympäristöhaittojen ennaltaehkäisemiseksi ruoppaushankkeiden toimijoilla tulee olla tarvittava tieto ja taito sekä käsitys kunkin ruoppaustekniikan ominaisuuksista. Tietoisella toiminnalla voidaan näin ollen välttää luonnonle epäedullisia toimintatapoja.

Kauharuoppaajien etuna voidaan pitää sen käyttömahdollisuuksia eri maalajien työstämisessä. Kauhalla ruoppaaminen on myös tehokasta, koska ruoppausmassan vesipitoisuus on alhainen. Huonona puolena kauharuoppaajissa on pienirakeisen sedimentin valuminen pois kauhasta, mikä aiheuttaa ympäröivien vesialueiden samentumista. Imuruoppaustekniikassa ruopattava sedimentti on oltava hienorakeista. Imuruopatessa samentuminen kohdistuu ainoastaan veden pohjakerrokseen, mutta läjitettävä sedimentti on puolestaan hyvin vesipitoista.

Maalle läjittäessä ympäristön vaikutukset eivät ole yhtä haitallisia, kun veteen läjittäessä. Maalle läjittäessä ongelmana ympäristölle ovat lähinnä saasteet, jotka voivat imeytyä ympärillä olevaan maakerrokseen tai levitä juoksuvesien mukana laajemmalle ympäristöön. Maalle läjitetyn maa-aineksen saasteet voivat levitä pohjaveden kautta takaisin vesistöihin, jos niitä ei eristetä pohjavedestä. Jos ruopattava sedimentti todetaan saastuneeksi, toimitaan Suomen ympäristöministeriön ohjeiden mukaan ja pyritään välttämään ympäristövahingot eristämällä ja läjittämällä sedimentti oikein.

Itämeren tilan parantamiseksi maalta tulevia ravinne päästöjä pitäisi pystyä tehokkaammin estämään. Suomenlahden tilaa voidaan parantaa kotimaisilla toimilla ainoastaan tiettyyn rajaan asti. Itämeren tilan parantamiseen tarvitaan toimia myös mailta, jotka jakavat vesialueen Suomen kanssa.

LÄHTEET

Baltic Marine Environment Protection Commission, 2015, *HELCOM Guidelines for Management of Dredged Material at Sea and HELCOM Reporting Format for Management of Dredged Material at Sea*, Helsinki

Bray, N. & Cohen, M., 2010, *International Association of Dredging Companies, International Association of Ports and Harbors*, Japan.

Forsberg, A., 1982, *Ruoppausmenetelmät ja niiden käyttö, kunnostus- ja hoitotyössä. Vesistöjen kunnostaminen ja hoito*, Insinööritieto Oy.

Hammar, L., Magnusson, M., Rosenberg, R. & Granmo, Å., 2009, *Miljöeffekter vid muddring och dumpning*, Naturvårdsverket rapport 5999, Bromma

Heikkonen, M., 2008, *Vuosaaren satama ja ympäristö, Vuosaaren satamahanke*, Helsinki.

Kaakkois-Suomen ympäristökeskus, 2007, *Kymijoen pilaantuneet sedimentit, Kunnostuksen yleissuunnitelma*, Ramboll Finland Oy, Hollola.

Korpinen, S., Laamanen, M., Suomela, J., Paavilainen, P., Lahtinen, T. & Ekeboom, J., 2018, *Suomen meriympäristön tila 2018*, Suomen ympäristökeskus

Liikenneviraston ohjeita, 2017, *Yleisten kulkuväylien ylläpito, ohje väylänpitäjille*, Liikennevirasto, Helsinki.

Meriläinen, T. & Lindfors, A., 2018, *Vedenalaisen melun hallinta- pilottiprojekti, Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä*, Helsinki.

Myrberg, K., Leppäranta, M. & Kuosa, H., 2006, *Itämeren fysiikka, tila ja tulevaisuus*, Yliopistopaino, Helsinki.

Raateoja, M., Myrberg, K., Flinkman, J. & Vainio, J., 2008, *Kotimeri - Itämeri ympärillämme*, Edita Publishing Oy, Porvoo.

Raateoja, M. & Setälä, O., 2016, *The Gulf of Finland assessment*, Finnish Environment Institute. 27/2016

Rantajärvi, E. & Karjala, L., 2015, *Meren pärskäys 2015*, Suomen ympäristökeskus, Helsinki.

Riipi, T., 1997, *Ruoppaus- ja läjitystekniikoiden valinta maalajien ominaisuuksien ja ympäristövaikutusten perusteella*, Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus, Espoo.

Popper, A. & Hastings, M., 2009, *The effects of antropogenic sources of sound on fishes*, Journal of Fish Biology, 75, s. 455-489.

Sarkkinen, P., 2003, *Ruoppaustyöt*, Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä.

Suomen ympäristökeskus, 2019, Suomenlahden happitilanne on poikkeuksellisen huono, tiedote

Vehanen, T., Hairio, M., Kunnasranta, M., & Auvinen, H., 2010. *Merituulivoiman vaikutus kaloihin, lintuihin ja nisäkkäisiin* -kirjallisuuskatsaus. Riista- ja kalastustalous - Selvityksiä 20/2010, Tampereen Yliopistopaino Oy – Juvenes Print, Helsinki.

Ympäristöministeriö, 2007, *Orgaaniset tinayhdisteet Suomen vesialueilla*, Edita Prima Oy, Helsinki

Ympäristöministeriö, 2015, *Sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohje*, Edita Prima Oy, Helsinki,

LIITTEET

Liite 1/3

Maalaji-ryhmä	Kaivu-luokka	Määäävät luokitusperusteet				
			Puisuus Pu %	Kivisyys Ki %	Lohkareisuus Lo %	Kuivatilavuus- paino γ_d kN/m ³
E	E1	Liejut, muta	-			
	E2	Turpeet	<30			
	E3	Turpeet	>30			
H	H1	Savet				
	H2	Siltit				
	H3	Kuivakuoret				
K	K1	Hiekat				
	K2	Sorat		<30		
	K3	Somero		30 ... 50		
		Kivikko		>50		
M	M1	Löyhät, kivettömät tai kiviset moreenit		<30	<10	<19
	M2	Keskitiiviit, kivettömät tai kiviset moreenit		<30	<10	19 ... 21
	M3	Tiiviit moreenit, runsaskiviset		>30	<10	>21
		Lohkareiset ja runsaslohkareiset			10 ... 50	
		Louhikot			>50	

Luonnontilaisten maalajien kaivuluokat ja määäävät luokitusperusteet. E- eloperäiset maalajit, H-hienorakeiset maalajit, K-karkearakeiset maalajit, M- moreenimaalajit. (Majuri 2003 s. 15)

Liite 2/3

Kaivuluokka	Materiaalikuvaus	Pääasiallinen maalaji
T1	Maakerros muodostuu pääasiassa eloperäisistä tai hienorakeisista maalajeista (E- ja H-ryhmät)	turve, lieju, humusmaa, savi, siltti
T2	Maakerros muodostuu pääasiassa karkearakeisista maalajeista (K-ryhmä)	hiekkä, sora
T3	Maakerros muodostuu pääasiassa moreenimaalajeista (M-ryhmä)	moreenit
T4	Maakerros muodostuu pääasiassa louheesta	louhe

Rakennettujen maakerrosten ja täytetmaan kaivuluokat (Majuri 2003 s. 16).

Kuormausluokka	Materiaalikuvaus	Raekoko (suurimpien rakeiden keskimääräinen halkaisija) cm
L1	Murskeet ja sepelit	-
L2	Hienoksi ja keskikarkeaksi räjäytetty louhe	< 60
L3	Karkeaksi räjäytetty louhe	> 60

Louheen ja murskatuotteiden kuormausluokitus (Majuri 2003 s. 16).

Sanasto

DDT = dikooridifenyylitrikloorietaani

eloperäinen maa-aines = eläin- ja kasvijäännöksistä muodostunut maa

hopperiproomu = keskeltä aukeava proomu

kiintoaines = kiinteä aines

liettyä = ainesosa sekoittuu nesteeseen

läjitys = ruopatudun materiaalin purku lastialukselta

murtovesi = sisämerien ja mereen laskevien jokien suiden vähäsuolainen vesi

PCB = polykloorattu bifenyyl

proomu = hinattava tai itsekulkeva kuljetusalus

sedimentti = veden, tuulen tai jäätikön mukana kulkeutunutta ainesta, joka on kerrostunut

siltti = maalaji, jonka raekoko on 0,002-0,06mm

suspensio = kiinteän aineen ja nesteen seos

TBT = tributyylitina