Tampereen yliopisto

Iris Kallio

KESTÄVYYSARVIOINNIT SEDIMENTTI-HANKKEISSA

Case Viinikanoja ja Viinikanlahti

Diplomityö
Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta
Tarkastajat: Marja Palmroth, Hannele Auvinen
Kesäkuu 2024

TIIVISTELMÄ

Iris Kallio: Kestävyysarvioinnit sedimenttihankkeissa, Case Viinikanoja ja Viinikanlahti
Diplomityö
Tampereen yliopisto
Ympäristö- ja energiatekniikan DI-ohjelma
Kesäkuu 2024

Vesistön pohjalle kertynyttä ainesta, sedimenttiä, ja ruoppaamalla nostettua sedimenttiä eli ruoppausmassaa käsitellään ja läjitetään/hyötykäytetään mm. vesistörakentamishankkeissa, satamien ja vesiväylien ylläpidossa ja ympäristön tilan parantamiseksi. Näitä erilaisia hankkeita kutsutaan tässä työssä sedimenttihankkeiksi. Sedimentti on tärkeä osa vesistön elinympäristöjä. Toisaalta siihen voi varastoitua haitta-aineita, mikä voi aiheuttaa ympäristö- ja terveysriskejä. Kestävyysarvioinnilla pyritään jäsentelemään ja tasapainottelemaan negatiivisia ja positiivisia ympäristö-, sosiaalisia ja taloudellisia vaikutuksia, joita sedimenttihankkeista aiheutuu, ja eri sidosryhmien näkemyksiä. Tämän työn tavoite oli tarkastella sedimenttihankkeiden kestävyyteen liittyviä vaikutuksia ja menetelmiä ja työkaluja, joita niiden arvioinnissa voidaan käyttää.

Sedimenttihankkeissa käsiteltävät massamäärät voivat olla suuria ja vaikutusalueet laajoja sekä altistumisreitit haitta-aineille suorempia kuin maaperähankkeissa. Myös sedimentin vesipitoisuus tuo haasteita. Käsittely, läjitys ja hyötykäyttö voi etenkin pilaantuneen sedimentin tapauksessa olla hankalaa toteuttaa. Toisaalta hankkeiden tavoitteet ja kohteet - ja keskeisimmät kestävyysnäkökulmat ja keinot vaikuttaa niihin - ovat erilaisia, esimerkiksi jos verrataan vesistörakentamista kunnostuksiin. Myös kestävyys käsitteenä voidaan ymmärtää eri tavoin. Kestävyysarvioinnin kohdekohtaisuus, subjektiivisuus ja epävarmuudet tulisikin huomioida päätöksenteossa. Läpinäkyvyys, dokumentointi ja sidosryhmävuorovaikutus on tärkeää, ja arvioinnin tavoitteet ja rajaukset, indikaattorit ja menetelmät tulisi määrittää huolellisesti. Arvioinnissa voidaan käyttää kvalitatiivisia, semikvantitatiivisia ja kvantitatiivisia menetelmiä riippuen kohteen ja hankkeen tarpeista, monimutkaisuudesta ja tiedon määrästä. Esimerkkejä menetelmistä ovat monikriteeri-, elinkaari-, jalanjälki- ja kustannus-hyötyanalyysit, joihin perustuvia työkaluja on kehitetty mm. kunnostushankkeille ja ruoppausmassan läjitys- ja hyötykäyttötapojen vertailuun.

Osana työtä toteutettiin kahdella työkalulla arviointi Viinikanojan ja Viinikanlahden pilaantuneen sedimentin kunnostusvaihtoehdoille. Monikriteerianalyysiin perustuvalla SURE-työkalulla tehdyssä arvioinnissa tarkasteltiin neljän vaihtoehdon ympäristö-, sosiaalisia- ja taloudellisia kestävyysnäkökulmia. SiteWise-jalanjälkianalyysityökalulla arvioitiin näistä kahden eri laajuisen kaivu/ruoppausvaihtoehdon kasvihuonekaasupäästöjä. SURE:lla tehdyssä arvioinnissa 0-vaihtoehdon ja in situ-kunnostuksen etuja olivat mm. pienemmät työnaikaiset negatiiviset vaikutukset, mutta vaihtoehtoihin nähtiin liittyvän enemmän epävarmuutta kuin sedimentin poistoon perustuvissa vaihtoehdoissa. Jälkimmäisissä vaihtoehdoissa etuna nähtiin mm. tehokkaampi haitta-aineiden poistaminen vesistöstä, mutta työnaikaiset haitalliset vaikutukset ja riskit arvioitiin suuremmiksi, erityisesti laajemmassa ruoppausvaihtoehdossa. Koska arvioinnin tuloksiin liittyy epävarmuutta ja subjektiivisuutta johtuen muun muassa indikaattorivalikoimasta, pisteytys- ja painotusperiaatteista, tarkkoja pisteytyksiä tärkeämpänä voidaan nähdä systemaattinen vaihtoehtojen etujen ja haittojen vertailu, jonka koettiin onnistuvan työkalulla hyvin. Kestävyysarvioinnin perusteella Viinikanojan kunnostus kannattaa toteuttaa haitta-aineiden kulkeutumisriskin poistamiseksi. SiteWise-jalanjälkianalyysin tulosten perusteella tarkastelluissa vaihtoehdoissa suurimmat päästöt aiheutuisivat jätteenkäsittelystä, erityisesti haitta-ainepitoisimman massan poltosta, joskin epävarmuutta aiheutuu rajauksista, lähtötietojen puutteista ja oletuksista. Työkalu soveltui sedimentin kunnostuksen jalanjälkiarviointiin, mutta keskittyy suppeaan osaan kestävyydestä.

Sedimenttihankkeisiin liittyy laajasti erilaisia kestävyysnäkökulmia. Kestävyysarviointi voi olla oikein tehtynä ja sen rajoitteet huomioiden hyvä työkalu näiden systemaattiseen tarkasteluun.

Avainsanat: sedimentti, ruoppausmassa, kestävyys, kestävyysarviointi

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

ABSTRACT

Iris Kallio: Sustainability assessment in sediment projects, Case Viinikanoja and Viinikanlahti
Master's thesis
Tampere University
Degree Programme in Environmental and Energy Engineering, MSc (Tech)
June 2024

Sediment, i. e. matter that accumulates in the bottom of a body of water, and sediment that has been removed from a body of water via dredging, i. e. dredged material, are treated, placed and/or used in construction, maintenance of ports and harbors and environmental rehabilitation, among other things, here referred to as sediment projects. Sediment is an integral part of aquatic habitats. It can also be a sink of contaminants, which can cause risks to human health and the environment. Sustainability assessments are used to analyze and balance the positive and negative environmental, social and economic impacts of sediment projects as well as views of different stakeholders. The aim of this study was to examine typical impacts that affect the sustainability of sediment projects as well as methods and tools used in sustainability assessment.

In sediment projects often large volumes of material with low solids contents have to be handled. Impacts can affect a wide area, and exposure routes to possible contaminants can be more direct than with soils. Treatment, placement and reuse options can be difficult to execute especially in the case of contaminated sediments. The objectives and sites of sediment projects – and the most notable factors affecting sustainability - vary, e. g. when comparing a construction project to that of remediation. Sustainability as a concept can also have many definitions. Sustainability assessments are therefore site-specific and subjective and can contain uncertainty, which should be considered in decision-making. Transparency, documentation and stakeholder engagement are important, and the goal and scope, sustainability indicators, methods and principles used in the assessment should be carefully defined. Qualitative, semiquantitative and quantitative methods can be used depending on available data and the needs and complexity of the project, e. g. multi-criteria analyses, life cycle assessments, footprint analyses and cost-benefit analyses. Tools using these methods have been developed e. g. for remediation projects and for the comparison of placement and reuse strategies for dredged material.

As part of this study, two tools were used for the assessment of remedial alternatives of a contaminated site. The SURE tool, based on multi-criteria analysis, was used to compare the environmental, social and economic impacts of four alternatives. The SiteWise footprint analysis tool was used to assess the greenhouse gas emissions of two sediment removal -based alternatives of different scales. In the assessment conducted with SURE, the "no action" alternative and in situ remediation were evaluated to have less short-term impacts but were also evaluated to contain more uncertainty than sediment removal-based alternatives. These were evaluated to be more efficient in removing contaminants from the site, but on the other hand, contain possibly greater short-term negative impacts and risks - more if large areas are dredged. In the evaluation, indicator selection and methods used in scoring and weighing caused uncertainty and subjectivity. Thus, systematically comparing the alternatives' advantages and disadvantages - for which the SURE tool is suitable - can be seen as more beneficial than the exact scores that alternatives received. According to the assessment, the remediation of Viinikanoja to manage risks from contamination could be recommended. The results from the SiteWise assessment indicate that handling of waste, especially the incineration of highly contaminated sediment would be the primary source of emissions in the alternatives considered, though there were limitations in the assessment. The SiteWise tool was suitable for the assessment of a sediment remediation project but focuses on a somewhat narrow sector of sustainability.

There are various sustainability aspects around sediment projects. Sustainability assessment can be a useful tool for systematically reviewing them, when done correctly and with consideration to its limitations.

Keywords: sediment, dredged material, sustainability, sustainability assessment

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö tehtiin Sitowise Oy:n toimeksiantona. Kiitos Outi Hyttiselle ja Arto Itkoselle kiinnostavan aiheen tarjoamisesta ja antamistanne neuvoista, tuesta ja kestävyysarviointiin osallistumisesta työn aikana. Kiitos myös Tampereen kaupungin puolelta kestävyysarviointiin osallistuneille henkilöille. Tampereen yliopiston puolelta kiitokset ohjaajina ja tarkastajina toimineille Marja Palmrothille ja Hannele Auviselle neuvoista ja palautteesta.

Kiitos kaikille, jotka ovat olleet mukana kulkemassa kanssani opinto- ja diplomityöprosessissa niin hyvinä hetkinä kuin silloinkin, kun työ ei ole edennyt niin kuin pitäisi. Kiitos ystävilleni siitä, että olen saanut jakaa nämä vuodet kanssanne. Kiitokset myös perheelleni kaikesta tuesta opintomatkani aikana.

Ps. 103:2

Tampereella, 25.6.2024

Iris Kallio

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO 1

2. SEDIMENTIN RUOPPAUS, KÄSITTELY JA LOPPUSIJOITUS 4

2.1 Sedimentin muodostuminen, koostumus ja haitta-aineet 4

2.2 Sedimenttihankkeet ja sedimenttien pilaantuminen Suomessa 6

2.3 Sedimenttihankkeiden erityispiirteitä 8

2.4 Kestävyyden määritelmä sedimenttihankkeissa 10

2.5 Sedimenttien ruoppaus, käsittely, loppusijoitus ja hyötykäyttö ja niihin liittyvät kestävyysnäkökulmat 11

2.5.1 Monitoroitu luontainen puhdistaminen 11
2.5.2 Sedimentin peittäminen ja leviämisen esteet 12
2.5.3 Ruoppaus ja kaivu 13
2.5.4 Vedenpoisto ja ruoppausmassojen esikäsittely 17
2.5.5 Haitta-ainepitoisen sedimentin ja ruoppausmassan käsittely- ja puhdistusmenetelmät 18
2.5.6 Ruoppausmassojen läjitys 19
2.5.7 Ruoppausmassojen hyötykäyttö 22

3. KESTÄVYYDEN ARVIOINTI 23

3.1 Kestävyyden arvioinnista yleisesti 23

3.2 Kestävyyden indikaattorit 25

3.3 Kestävyyden arviointimenetelmät ja -työkalut 26

3.3.1 Yleistä arvioinnin tasoista, menetelmistä ja työkaluista 26
3.3.2 SURE-monikriteerianalyysityökalu 31
3.3.3 SiteWise-jalanjälkianalyysityökalu 32

3.4 Sedimenttien kestävyysarviointeja kirjallisuudessa 33

4. MATERIAALIT JA MENETELMÄT 36

4.1 Tarkasteltavan kohteen kuvaus: Viinikanoja ja Viinikanlahti 36

4.2 Tarkasteltavien kunnostusvaihtoehtojen kuvaus 40

4.3 Kohteen arviointi kahdella kestävyydenarviointityökalulla 42

4.3.1 SURE 42
4.3.2 SiteWise 51

5. TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU 55

5.1 Viinikanojan ja Viinikanlahden kunnostuksen kestävyysarviointi 55

5.1.1 Ympäristö-, sosiaalisten ja taloudellisten näkökulmien vertailu SURE-työkalulla ja sen epävarmuudet 55
5.1.2 Viinikanojan kaivun ja Viinikanlahden ruoppauksen CO_2e-päästöjen arviointi SiteWise-työkalulla 65

5.2 Sedimenttien kestävyysnäkökulmien pohdinta 70

5.3 Kestävyysarviointityökalujen soveltuvuus, vahvuudet ja heikkoudet ja kestävyysarvioinnin pohdinta 73

5.3.1 SURE:n ja SuRF-UK-indikaattoreiden soveltuvuus sedimenteille, vahvuudet ja heikkoudet 74

5.3.2 SiteWise-jalanjälkianalyysin soveltuvuus sedimenteille, vahvuudet ja heikkoudet 76
5.3.3 Yhteenveto tarkastelluista kestävyysarviointityökaluista ja kestävyysarviointiin liittyvä pohdinta....78
6. JOHTOPÄÄTÖKSET....82
LÄHTEET 85

LIITE A: SURE-työkalulla tehdyssä kestävyysarvioinnissa käytettyjen indikaattorien kuvaukset ja poisjätetyt indikaattorit

LIITE B: Perustelut indikaattorien pisteytyksille ja valituille painokertoimille SURE-työkalulla tehdyssä kestävyysarvioinnissa

LIITE C: SURE-kestävyysarviointityökalun tausta ja menetelmäkuvaus

LIITE D: SiteWIse-arvioinnissa käytetyt oletukset

LIITE E: SiteWise-arvioinnin tuloksia

LYHENTEET JA MERKINNÄT

CO_2-e	Hiilidioksidiekvivalentti
ELY-keskus	Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus
HELCOM	Helsingin komissio (engl. Helsinki Commission), Itämeren merellisen ympäristön suojelukomissio
ISO	International Organization for Standardization, kansainvälinen standardoimisjärjestö
LCA	Life Cycle Assessment, elinkaariarviointi
MCA/MCDA	Multi-Criteria Analysis/Multi-Criteria Decision Analysis, monikriteerianalyysi
PAH-yhdisteet	Polysykliset aromaattiset hiilivedyt
PCB-yhdisteet	Polyklooratut bifenyylit
PIMA	Pilaantunut maa
PIMA-asetus	Valtioneuvoston asetus (214/2007) maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista
SedNet	The European Sediment Research Network, eurooppalainen sedimenttien tutkimusverkosto
SuRF	Sustainable Remediation Forum, kestävän kunnostuksen foorumi

KUVALUETTELO

Kuva 1. *Kestävän PIMA-kunnostuksen arvioinnin, päätöksenteon ja toimeenpanon vaiheet. Muokattu lähteestä (ISO 18504, 2017).....23*

Kuva 2. *Ilmakuva Viinikanlahden ja Viinikanojan alueelta. Muokattu lähteestä (Maanmittauslaitos, n. d.). 36*

Kuva 3. *Eri hankkeissa tehdyissä näytteenotoissa todettuja PCB:n pitoisuuksia Viinikanojan ja Viinikanlahden alueella. Kuvassa esitetyt pitoisuudet kuvaavat korkeinta kussakin pisteessä määritettyä pitoisuutta, ja syvyys, josta pitoisuus on määritetty, voi vaihdella. Harmaalla väritetyissä pisteissä korkein määritetty pitoisuus ylittää PIMA-asetuksessa (214/2007) määritellyn PCB:n kynnysarvon, keltaisella väritetyissä alemman ohjearvon, punaisella väritetyissä ylemmän ohjearvon ja sinisellä väritetyissä Ympäristöministeriön (2019) oppaan mukaisen vaarallisen jätteen ohjeellisen raja-arvon. Sinisellä viivalla on rajattu noin 6 m vesisyvyystaso. 38*

Kuva 4. *Kuvaus kestävyysarviointiprosessin toteuttamisesta. Katkoviivalliset nuolet kuvaavat edellisiin arvioinnin vaiheisiin palaamista ja muokkauksia/iterointia arvioinnin aikana esiintulleiden kehittämistarpeiden sekä kestävyysarviointiin osallistuneiden henkilöiden antamien muokkausehdotusten perusteella.....43*

Kuva 5. *SURE-kestävyysarvioinnin kokonaispistemäärät eri kunnostusvaihtoehdoille.....56*

Kuva 6. *SURE-kestävyysarvioinnin pisteiden jakautuminen indikaattorikategorioittain A. ympäristö-, B. yhteiskunta- ja C. talous-osa-alueella. 57*

Kuva 7. *SURE-kestävyysarvioinnin kokonaispistemäärät eri kunnostusvaihtoehdoille herkkyystarkasteluissa: A. kunnostuksen pitkäaikaisiin hyötyihin liittyvien indikaattorien painokertoimia on pienennetty 25 %, B. kunnostuksen pitkäaikaisiin hyötyihin liittyvien indikaattorien painokertoimia on pienennetty 50 % ja C. kunnostuksen lyhytaikaisiin vaikutuksiin liittyvien indikaattorien painokertoimia on pienennetty 50 %.....61*

Kuva 8. *CO_2-e-päästöjen (tonnia) jakautuminen kunnostusvaihtoehdoissa ja niiden eri osavaiheissa SiteWise-laskennan perusteella. 65*

Kuva 9. *Kaasuntuotannon eri oletuksien vaikutus jätteenkäsittelyn päästöt -osiosta saataviin tuloksiin ”ojan ja lahden kunnostus” -vaihtoehdon tapauksessa. Oletukset orgaanisen aineksen hajoamisesta aiheutuvalle kaasuntuotannolle: 1. 0 t CO_2-e tuhatta märkäpainokiloa kohden, 2. 1 t CO_2-e tuhatta märkäpainokiloa kohden, 3. 5 CO_2-e tuhatta märkäpainokiloa kohden ja 4. 10 CO_2-e tuhatta märkäpainokiloa kohden. Kuvassa orgaanisen aineksen hajoamisesta syntyvät päästöt sisältyvät ”Viinikanlahden massan kaatopaikkasijoitus”-osion alle, johon sisältyvät myös muut kaatopaikkasijoituksesta aiheutuvat päästöt.....67*

TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1. Joitakin haitta-ainepitoisten sedimenttien/ruoppausmassojen käsittelyyn käytettyjä menetelmiä. Muokattu lähteestä (CIS 2022, s. 94–95). 18
Taulukko 2. Maa- ja vesiläjityksen etuja ja haittoja kestävyyden näkökulmasta. Mukailtu lähdettä (Itkonen & Hyttinen, 2023) käyttäen. 21
Taulukko 3. PIMA-kunnostushankkeiden kestävyyden indikaattorikategorioita. (SuRF-UK 2010, s. 28; suomennos: Ympäristöministeriö 2014, s. 137) 25
Taulukko 4. Kunnostuksen kestävyysarvioinnin tasot, niiden soveltuvuus erilaisiin kohteisiin ja esimerkkejä eritasoisista arviointimenetelmistä. (Muokattu lähteestä Holland et al. 2011, s. 18-19) 27
Taulukko 5. Joidenkin kestävyysarviointityökalujen indikaattorivalikoiman kattavuus suhteessa SuRF-UK:n (2011) kestävyysindikaattorikategorioihin. Taulukossa 0 = työkalu ei sisällä lainkaan indikaattorikategoriaan kuuluvia indikaattoreita, 1 = työkalu sisältää joitakin kategoriaan kuuluvia indikaattoreita ja 2 = työkalu sisältää kaikki kategoriaan kuuluvat indikaattorit. Muokattu lähteistä (Huysegoms & Cappuyns 2017; Nihtilä 2016). 30
Taulukko 6. Sedimenttien ja ruoppausmassojen kunnostamisesta, käsittelystä ja loppusijoituksesta/hyötykäytöstä tehtyjä kestävyyteen liittyviä arviointeja. 34
Taulukko 7. PCB-pitoisuuksia Viinikanojan vuosina 2021–2022 tutkituista kokoomanäytteistä. Pitoisuudet ovat normalisoimattomia ja kuvaavat pitoisuutta kuiva-aineessa. Harmaalla väritetyt pitoisuudet ylittävät PIMA-asetuksessa (214/2007) määritellyn PCB:n kynnysarvon, keltaisella väritetyt alemman ohjearvon, punaisella väritetyt ylemmän ohjearvon ja sinisellä väritetyt Ympäristöministeriön (2019) oppaan mukaisen vaarallisen jätteen ohjeellisen raja-arvon. 37
Taulukko 8. Tarkastellut Viinikanojan ja Viinikanlahden kunnostusvaihtoehdot ja niiden kuvaukset 40
Taulukko 9. Valitut kestävyysindikaattorit SURE-työkalulla tehtävälle Viinikanojan hankkeen kestävyysarvioinnille. 45
Taulukko 10. Indikaattorit, joiden painokertoimia eri herkkyystarkasteluissa muutettiin 50
Taulukko 11. SiteWise-laskennassa huomioitu toiminta 52
Taulukko 12. Eräitä ympäristö-, sosiaalisia ja taloudellisia näkökulmia liittyen sedimenttien ruoppaukseen, käsittelyyn ja loppusijoittamiseen/hyötykäyttöön. Listaus perustuu osittain SuRF-UK:n indikaattorilistaukseen (SuRF-UK 2020b; SuRF-UK 2011). Listaus ei ole täysin kattava. 72
Taulukko 13. Yhteenveto työn aikana tehdyistä havainnoista SURE:n ja SiteWisen soveltuvuuteen sedimenttihankkeille, työkalujen sisältämiin indikaattoreihin/mittareihin, vahvuuksiin ja heikkouksiin/kehittämistarpeisiin liittyen. 78

1. JOHDANTO

Maapallon väestöstä arviolta yli kolmannes asuu 100 kilometrin säteellä merenrannikosta (Reimann et al. 2023). Sedimentin eli vesistön pohjalle kertyneen ja kerrostuneen aineksen määrää on jo vuosisatojen ajan pyritty hallitsemaan muun muassa ruoppaamalla satamia ja vesiväyliä. Toisaalta esimerkiksi teollisuus, maankäyttö ja jätevedet ovat vaikuttaneet sedimentin laatuun. (Apitz et al. 2006a, s. 5–7) Tässä työssä sedimentti-sanalla viitataan juuri vesistösedimentteihin, ei muihin kerrostumiin.

Vesistösedimentit muodostuvat orgaanisen aineksen ja maa-aineksen kulumisen, kulkeutumisen ja kasautumisen seurauksena (Apitz et al. 2006a, s. 5–6). Sedimentit ovat tärkeä osa vesiympäristöä ja -ekosysteemejä. Toisaalta ne toimivat usein viimeisenä varastoitumispaikkana erilaisille haitta-aineille, jotka taas voivat aiheuttaa ympäristö- ja terveysriskejä ja asettaa rajoituksia sedimentin ruoppaus-, käsittely-, hyötykäyttö- ja loppusijoitusvaihtoehdoille. (Apitz et al. 2006a, 5–7; Häkkinen et al. 2020) Meri- ja vesisedimenttejä ruopataan Suomessa vuodessa keskimäärin miltei kaksi miljoonaa kuutiometriä. Pääosa ruoppauksista on kunnossapito- ja uudisruoppauksia, ja ruoppauksia tehdään toistaiseksi vain harvoin haitta-ainepitoisten sedimenttien puhdistamiseksi. (Häkkinen et al. 2020, s. 7, 36; HELCOM 2023) Toisaalta myös Suomessa on useita kohteita, joissa pilaantuneita sedimenttejä arvioidaan esiintyvän (Jaakkonen 2011). Ruoppaustoiminnan seurauksena syntyvää ainesta kutsutaan ruoppausmassaksi (Häkkinen et al. 2020, s. 11). Tässä työssä sedimentti-sanaa käytetään sekä vesistön pohjassa olevalle in situ -sedimentille että ruopatulle sedimenttimassalle, ja ruoppausmassa-sanaa käytetään silloin, kun on haluttu korostaa kyseessä olevan pohjasta nostettu massa.

Sedimenttihankkeilla tarkoitetaan tässä työssä hankkeita, joissa ruopataan, käsitellään ja/tai loppusijoitetaan tai hyötykäytetään sedimenttejä ja ruoppausmassoja. Sedimenttihankkeet ovat usein laajoja (Itkonen & Hyttinen 2023, s. 6), ja sedimenttien ruoppaus, käsittely ja loppusijoitus aiheuttavat erilaisia ympäristö-, taloudellisia- ja sosiaalisia vaikutuksia. Kestävyysarvioinnilla muun muassa pyritään tasapainottamaan eri kestävyyden osa-alueisiin liittyviä haluttuja ja ei-haluttuja vaikutuksia (McNally et al. 2020) ja esimerkiksi kunnostushankkeissa lisäämään toimenpiteillä saatavia hyötyjä kestävän kehityksen näkökulmasta niin, että toimenpiteet vastaavat riittävästi kaikkien sidosryhmien tarpeita (Laitinen et al. 2022, s. 35). Kestävyysarviointia on tuotu viime vuosina esiin muun muassa pilaantuneen ympäristön kunnostuksen kontekstissa, jossa

kestävyysarvioinneilla pyritään vertailemaan riskienhallinta- tai kunnostusvaihtoehtoja systemaattisella tavalla (Laitinen et al. 2022, s. 35).

Kestävyysarviointeja voidaan toteuttaa eri tasoisesti yksinkertaisista analyyseistä monimutkaisempiin, ja arviointimenetelmät voidaan jaotella kvalitatiivisiin, semikvantitatiivisiin ja kvantitatiivisiin. Kestävyysarviointia varten on myös luotu erilaisia työkaluja. (McNally et al. 2020) Aikaisempia tutkimuksia sedimenttejä koskevista kestävyysarvioinneista ovat muun muassa pilaantuneen sedimentin kunnostustoimenpiteiden ja ruoppausmassan sijoittamisvaihtoehtojen vertailut (muun muassa Bates et al. 2015; Apitz et al. 2017; Zheng et al. 2019; Pasciucco et al. 2021). Myös Suomessa on tehty joitain kestävyysarviointeja sedimenttihankkeissa (muun muassa Pirkanmaan ELY-keskus 2021).

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, miten sedimentteihin kohdistuvien toimenpiteiden kestävyyttä voidaan arvioida ja mitä erilaisia kestävyysnäkökulmia aikaisemmat tutkimukset ja kestävyystarkastelut nostavat esiin. Samalla tuotetaan lisätietoa tarkasteltujen kestävyysarviointityökalujen soveltuvuudesta sedimenttien tarkasteluun ja mahdollisista puutteista. Kuitenkin koska sedimenttihankkeet ovat hyvin erilaisia, työn tarkoituksena ei ole esittää yleistyksiä hankkeiden keskeisimmistä kestävyysnäkökulmista tai kestävimmistä sedimentin käsittelytavoista.

Työn tutkimuskysymyksiä ovat:

a. Mitä erityispiirteitä sedimenttihankkeilla on verrattuna maa-alueiden hankkeisiin, jotka vaikuttavat kestävyyteen ja kestävyyden arviointiin?

b. Mitä ympäristö-, sosiaalisia ja taloudellisia vaikutuksia sedimenttien ruoppaus, käsittely ja loppusijoitus tai hyötykäyttö voi aiheuttaa kirjallisuuden ja tarkastellusta sedimenttihankkeesta tehdyn kestävyysarvioinnin perusteella?

c. Millä menetelmillä ja työkaluilla kestävyyttä voidaan arvioida, ja miten tarkastellut pilaantuneen ympäristön kunnostuksen kestävyysarviointityökalut ja -indikaattorit soveltuvat sedimenteille?

Aiheen laajuuden rajaamiseksi työssä ei ole kuvattu riskienarviointiprosessia, jossa tunnistetaan, määritetään ja kuvataan haitta-aineista ympäristölle ja terveydelle aiheutuvia haittoja ja riskejä (Ympäristöministeriö 2014, s. 14), eikä myöskään arvioida tai määritellä pilaantuneen sedimentin kunnostustarvetta. Lisäksi vaikka toiminnan tuleekin olla lainsäädännön kanssa yhdenmukaista, jotta hanke olisi onnistunut (Elliott 2002; Apitz et al. 2006b), sedimentteihin liittyvä lainsäädäntö ja luvitus on rajattu pitkälti työn tarkastelun ulkopuolelle. Tarkemmin aiheesta on kerrottu Ympäristöministeriön ja Suomen ympäristökeskuksen eli SYKE:n julkaisuissa (mm. Ympäristöministeriö 2015; Häkkinen et al. 2020; Häkkinen et al. 2022). Lisäksi työssä keskitytään suoraan sedimenttiin

kohdistettaviin toimenpiteisiin, kuten ruoppauksiin tai kunnostustoimenpiteisiin, ei epäsuoremmin sedimentteihin/sedimenttitaseeseen vaikuttaviin toimintoihin. Vesistörakentamishankkeiden, kuten uuden sataman rakentamisen, kestävyyttä ei ole myöskään tarkasteltu laajemmalla mittakaavalla.

Osana työtä toteutetaan kestävyystarkastelu kahdella eri arviointityökalulla Sitowise Oy:n pilaantuneen sedimentin kunnostusta koskevaan hankkeeseen, tavoitteena vertailla työkalujen vahvuuksia ja heikkouksia ja selvittää niiden soveltuvuutta sedimenttihankkeessa. Tutkimuksessa käytettäviä työkaluja ovat Excel-pohjainen SiteWise-jalanjälkianalyysityökalu sekä Ramboll Oy:n kunnostushankkeiden kestävyyden arviointiin luotu verkkopohjainen SURE-työkalu.

Luvuissa 2 käsitellään teoreettista taustaa sedimenteistä ja sedimenttihankkeista, ruoppaus-, käsittely- ja loppusijoitus/hyötykäyttömenetelmistä ja niihin liittyvistä kestävyysnäkökulmista ja luvussa 3 taustaa kestävyysarvioinnista. Luvussa 4 esitellään tässä työssä kestävyysarvioinneissa tarkasteltava kohde ja tutkimusmenetelmät, ja luvussa 5 tulokset ja niiden tarkastelu. Lopuksi luvussa 6 tarkastellaan työssä syntyneitä johtopäätöksiä.

2. SEDIMENTIN RUOPPAUS, KÄSITTELY JA LOPPUSIJOITUS

Sedimenttejä ruopataan ja käsitellään monista eri lähtökohdista. Ruoppausten tapauksessa joudutaan myös pohtimaan eri loppusijoitus- ja/tai hyötykäyttövaihtoehtoja. Näistä kaikista eri toimenpiteistä aiheutuu erilaisia ympäristö-, sosiaalisia ja taloudellisia vaikutuksia. Tässä luvussa on aluksi tarkasteltu taustaa liittyen sedimentteihin ja niiden ominaisuuksiin ja sedimenttihankkeiden erityispiirteisiin. Tämän jälkeen luvussa on perehdytty tarkemmin erilaisiin ruoppaus-, käsittely- ja sijoitus/hyötykäyttömenetelmiin sekä niihin liittyviin kestävyysnäkökulmiin.

2.1 Sedimentin muodostuminen, koostumus ja haitta-aineet

Kuten maaperäkin myös sedimentit ovat keskeinen osa ekosysteemejä. Ne toimivat elinympäristönä valtavalle määrälle eliölajeja, merkittävänä veden laatuun vaikuttavana tekijänä sekä keskeisenä osana ravintoketjuja ja maapallon biogeokemiallisia kiertoja, kuten ravinteiden kiertokulkua. (Engler 2002, s. 1; Wall et al. 2004, s. 1–2) Sedimenttejä on myös käytetty sosioekonomisiin tarkoituksiin niin lannoitteena, mineraalien ja materiaalien lähteenä kuin rakentamisessa ja eroosion torjunnassa. (SedNet 2004, s. 4)

Sedimentit koostuvat osittain muualta kulkeutuneesta aineksesta ja osittain vesistössä syntyneestä aineksesta (Engler 2002, s. 2; Pajunen 2004, s. 9). Sedimenttiaines on peräisin muun muassa eroosion ja rapautumisen valuma-alueilta irrottamasta ja veden, jään ja tuulen kuljettamasta aineksesta, rantavyöhykkeiden ja -törmien eroosiosta muodostuvasta aineksesta, vesistön pohjakulkeumasta, sekä pohjaan saostuneesta ja/tai vesieliöiden toiminnasta syntyneestä aineksesta (Mulligan et al. 2001; Engler 2002, s. 1–2; Pajunen 2004, s. 9; Apitz et al. 2006a, s. 5). Veden virtauksen hidastuessa sen mukana kulkeutunut aines laskeutuu ja kerrostuu eli sedimentoituu vesistön pohjaan ja rantatörmille (Pajunen 2004; Apitz et al. 2006a, s. 5). Liikkuva vesi myös lajittelee ainesta raekoon mukaan (Engler 2002, s. 1). Sedimentaatio-oloihin ja siten myös kerrostuvan sedimentin paksuuteen vaikuttavat muun muassa vesistön ja valuma-alueen pinta-ala, kasvillisuus ja niissä tapahtuvat muutokset; vesistön virtaukset, muoto, syvyys ja vedenpinnan vaihtelut; maan kohoaminen; ilmasto ja sen muutokset; sekä ihmisen toiminta (Pajunen 2004).

Sedimentit sisältävät vaihtelevissa määrin sekä mineraaliainesta että eloperäistä ainesta ja ovat siis tyypillisesti heterogeenisiä. Niitä voidaan luokitella esimerkiksi raekoon,

eloperäisen aineksen osuuden, tiheyden ja vesipitoisuuden mukaan. (Mulligan et al. 2001; Pajunen 2004, s. 261–262) Sedimenttiaineksen raekoko voi vaihdella hyvin hienojakoisesta aineksesta kiviin ja lohkareisiin, ja sedimenttiaines voi sisältää esimerkiksi rautaoksideja, karbonaatteja ja sulfideja (Mulligan et al. 2001; Engler 2002, s. 1). Orgaaninen aines taas on peräisin muun muassa kasveista ja eläimistä, valuma-alueelta sekä vesistöön puretuista jätevesistä (Engler 2002, s. 1). Orgaanista ainesta on yleensä enemmän sedimentin hienojakoisemmissa osissa, ja järvi- ja jokisedimentit tyypillisesti sisältävät enemmän orgaanista ainesta kuin merisedimentit (Engler 2002, s. 1; Zhang et al. 2021). Sedimentin laatu voi myös vesistössä vaihdella alueittain: Esimerkiksi Itämeren etelä- ja kaakkoisrannikoilla sedimentti on pääosin hiekkapohjaista, mutta monilla muilla Itämeren alueilla orgaanispitoisempaa. (Häkkinen et al. 2020, s. 31)

Sedimentit toimivat myös monien erilaisten haitta-aineiden nieluna ja varastona (Häkkinen et al. 2022, s. 11). Sedimentin hapettomissa, viileissä ja valottomissa olosuhteissa haitta-aineiden hajoaminen on hidasta, ja ne voivat säilyä sedimentissä kauankin, jopa vuosikymmenien ajan. (US EPA 2005, s. 21; Häkkinen et al. 2022, s. 13) Haitta-aineita voi myös vapautua sedimentistä ympäristöön muun muassa ruoppausten ja vesistörakentamisen sekä erilaisten luonnollisten prosessien, kuten veden virtauksista aiheutuvan kulutuksen, haitta-aineiden liukenemisen ja diffuusion tai vesieliöiden aiheuttaman sedimentin sekoittumisen seurauksena. (US EPA 2005, s. 58; Förstner et al. 2007, s. 16–17; Förstner & Owens 2007, s. 8–9; Jaakkonen 2011, s. 7, 40) Toisaalta haitta-ainepitoisten sedimenttien päälle voi kertyä puhtaampaa ainesta vuosien saatossa, mikä osittain estää haitta-aineiden uudelleen liukenemista veteen ja niiden kulkeutumista (Jaakkonen 2011, s. 40). Eläimet voivat altistua haitta-aineille muun muassa syödessään sedimenttiä, ravintoketjun välityksellä tai suoraan veden kautta. Ihmisille tyypillisiä altistusreittejä ovat muun muassa kalojen ja simpukoiden syönti, ihoaltistus uidessa tai kahlatessa, veden nieleminen ja haihtuvien yhdisteiden hengittäminen. (US EPA 2005, s. 42) Haitta-aineen biosaatavuus kuvaa sitä, kuinka suuri osa haitta-aineen pitoisuudesta tai kokonaismäärästä väliaineessa on eliöille saatavilla olevassa muodossa (Ympäristöministeriö 2014, s. 123).

Haitta-aineiden kulkeutuvuuteen ja biosaatavuuteen vaikuttavat monet eri tekijät. Haitta-aineiden ominaisuuksista erityisesti vesi- ja rasvaliukoisuus sekä pysyvyys vaikuttavat niiden ”ympäristökohtaloon”. Alhainen vesi- ja korkea rasvaliukoisuus yhdessä pysyvyyden kanssa ovat yhteydessä pitkäaikaisiin vesistövaikutuksiin. (Häkkinen et al. 2022, s. 13) Haitta-aineet sitoutuvat yleensä erityisesti sedimentin hienojakoiseen ainekseen partikkeleiden suuremman pinta-alan ja orgaanisen aineksen pitoisuuden vuoksi, ja voivat sijaita myös esimerkiksi sedimentin huokosvedessä (Zagula & Beltinger 1993, Mulligan

et al. 2001 mukaan; US EPA 2005, s. 20). Ympäristön ominaisuuksista haitta-aineiden kulkeutumiseen ja biosaatavuuteen vaikuttavat muun muassa pH ja veden suolapitoisuus, kompleksoivien yhdisteiden pitoisuus, orgaanisen aineksen koostumus, sedimentissä olevien organismien toiminta ja hapetus-pelkistysprosessit (Brower & Cecchine 2002, s. 101; Engler 2002, s. 4; Förstner 2002a).

Historiallisesti sedimenttien hallinnassa on keskitytty määrien hallintaan. Jos sedimenttejä on ollut liikaa, niitä on poistettu yleensä ruoppaamalla esimerkiksi vesiväylien, satamien ja patoaltaiden ylläpitämiseksi tai tulvien hallitsemiseksi. (Apitz & White 2003; SedNet 2004, s. 4; Förstner & Owens 2007, s. 3–4) Vesistön toisessa osassa sedimenttejä taas voi olla liian vähän: esimerkiksi patotoiminnan seurauksena sedimentin määrä voi vähentyä joen alajuoksulla (Förstner & Owens 2007, s. 4–5). Viime aikoina sedimenttien hallinnassa on keskitytty aikaisempaa enemmän sedimentin laatuun johtuen ympäristö- ja terveysriskeistä, joita erilaiset haitta-ainepäästöt vesistöihin ovat aiheuttaneet, ja ruoppausmassojen läjitystä koskevan sääntelyn vuoksi (Apitz & White 2003; SedNet 2004, s. 5). Toisaalta sedimentin määrä ja laatu ovat myös yhteydessä toisiinsa valuma-alueen mittakaavalla tarkasteltuna (Apitz & White 2003).

2.2 Sedimenttihankkeet ja sedimenttien pilaantuminen Suomessa

Sedimenttien ruoppausta, käsittelyä ja loppusijoitusta koskevia tilastoja on Suomessa saatavilla melko vähän. Häkkinen et al. (2020), s. 7 mukaan ruopattavien sedimenttien määrä on Suomessa vuosittain liki kaksi miljoonaa kuutiometriä, tosin määrä vaihtelee yksittäisten suurempien hankkeiden vuoksi melko paljon eri vuosina. Itämeren maissa ruoppausmassoja on pääosin sijoitettu meriläjitysalueille (Staniszewska & Boniecka 2018). Itämereen läjitettyjen ja hyötykäytettyjen ruoppausmassojen määrää tilastoi Itämeren merellisen ympäristön suojelukomissio eli Helsingin komissio HELCOM (engl. *Helsinki Commission*). Kuten ruopattujen myös läjitettyjen sedimenttien määrä vaihtelee huomattavasti vuosittain. Vuonna 2020 Itämereen läjitettiin HELCOM:in tilastojen mukaan hieman alle 9 miljoonaa tonnia ruoppausmassoja, kun taas esimerkiksi vuonna 2015 raportoitu määrä oli jopa noin 22–23 miljoonaa tonnia. (HELCOM 2022, s. 1, 5) Sisävesillä ruoppausmassat yleensä läjitetään maalle (Ympäristöministeriö 2015, s. 20).

Olsen et al. (2019), s. 29 mukaan pilaantuneiden sedimenttien tunnistamiseksi ei ole Suomessa tehty systemaattista kansallista selvitystä. Suomessa vain yksittäisissä pienissä sedimenttihankkeissa on tarkoituksena ollut sedimentin puhdistaminen haitta-aineista. Usein tarkoituksena on esimerkiksi infrastruktuurin, kuten satamien, kehittäminen tai kunnossapito, vaikka tällöinkin voidaan joutua käsittelemään pilaantuneita

sedimenttejä. (Olsen et al. 2019, s. 55) Joitain esimerkkejä kunnostuksista ovat muun muassa kreosootilla pilaantuneen Jämsänveden sedimentin peittäminen geotekstiileillä, hiekalla ja soralla (Hyötyläinen et al. 2002) ja sahan lähellä sijainneen kohteen sedimenttien kunnostus ruoppaamalla Joensuussa (Olsen et al. 2019, s. 29). Suomessa ei tällä hetkellä ole ohjeistusta tai kriteereitä siitä, milloin paikallaan olevat sedimentit luokitellaan pilaantuneeksi, eikä myöskään ympäristö- ja terveysriskien tai kunnostustarpeen arvioinnin ohjeistusta, mikä voi vaikeuttaa mahdollisten ympäristö- ja terveysvaikutusten arviointia. Sedimenttien haitta-ainepitoisuuksia selvitetään yleensä lähinnä luvanvaraisten ruoppaushankkeiden sekä niiden läjityskelpoisuuden arvioinnin yhteydessä. (Häkkinen et al. 2022, s. 3, 20, 87) HELCOM:in (2015), s. 2, mukaan suurin osa esimerkiksi Itämeren alueella ruopatuista massoista on haitta-ainepitoisuuksiltaan pilaantumatonta tai vain lievästi pilaantunutta (”vastaten tai ollen lähellä luontaisia taustapitoisuuksia”). Pienempi osa ruoppausmassoista on pilaantuneempaa, jolloin haitta-aineista aiheutuvien riskien vuoksi voidaan joutua rajoittamaan esimerkiksi ruoppausmassan läjittämistä vapaaseen veteen (HELCOM 2015, s. 2, 9–10; Häkkinen et al. 2020, s. 11).

Yhdyskuntien ja teollisuuden jätevesiä on aikaisemmin laskettu vesistöihin puhdistamattomina tai vain osittain puhdistettuina, jolloin haitta-aineita on kertynyt myös sedimentteihin (Jaakkonen 2011, s. 7). Jätevesien lisäksi haitta-aineita päätyy vesistöihin ilmalaskeumana (Förstner & Owens 2007, s. 8). Suurinta teollisuuden vesistökuormitus oli 1960–1970-luvuilla, jonka jälkeen jätevesipäästöt ovat vähentyneet huomattavasti (Silvo et al. 2002, Jaakkonen 2011 mukaan; Jaakkonen 2011, s. 7, 40). Toisaalta kyse ei ole pelkästään menneestä ongelmasta, vaan vanhojen haitta-aineiden lisäksi sedimentteihin päätyy nykyäänkin uudempia teollisuus- ja kuluttajakemikaaleja (Jaakkonen 2011, s. 40)

Sisävesillä haitta-ainepitoisia sedimenttejä voi esiintyä muun muassa entisten tai nykyisten teollisuuslaitosten lähellä (Jaakkonen 2011; Häkkinen et al. 2022, s. 3), ja yleisesti todettuja haitta-aineita ovat erilaiset raskasmetallit, polysykliset aromaattiset hiilivedyt eli PAH-yhdisteet, polyklooratut bifenyylit eli PCB-yhdisteet, öljy sekä orgaaniset tina- ja klooriyhdisteet (Jaakkonen 2011, s. 40). Itämerellä haitta-ainekuormitusta on aiheutunut teollisuuden ja jätevedenpuhdistamoiden päästöjen, ilmalaskeuman ja onnettomuuksien lisäksi muun muassa happamilta sulfaattimailta huuhtoutuneista, jokien kuljettamista metalleista, sekä laivoissa ja veneissä käytetyistä organotinayhdisteitä sisältäneistä maaleista, minkä vuoksi organotinayhdisteitä esiintyy erityisesti satama-alueilla ja laivaväylillä (Mannio et al. 2018, s. 136; Mehtonen et al. 2018, s. 84–87).

2.3 Sedimenttihankkeiden erityispiirteitä

Sedimenttien ruoppauksien, käsittelyn ja sijoittamisen taustalla on hyvin erilaisia hankkeita erilaisine tavoitteineen (Detzner et al. 2006, s. 60). Esimerkiksi ruoppaukset voidaan jaotella tarkoituksen mukaan uudis- (*capital dredging*), kunnossapito- (*maintenance dredging*) ja ympäristön kunnostamiseen tähtääviin ruoppauksiin (*environmental dredging*). Uudisruoppauksista puhutaan esimerkiksi vesiväyliä ja satamia rakentaessa tai laajentaessa. Kunnossapitoruoppaukset taas ovat välttämättömiä riittävän vesisyvyyden ylläpitämiseksi satamissa ja vesiväylillä. (Dede et al. 2018; Häkkinen et al. 2020, s. 11) Ympäristön kunnostusruoppauksia ovat esimerkiksi järvien syventäminen tai pilaantuneiden sedimenttien poistaminen haitta-aineiden aiheuttamien riskien vuoksi (Vahanne & Vestola, 2007, s. 13). Erillinen käsite ruoppauksille, joissa ruopataan haitta-ainepitoisia sedimenttejä, on ympäristöruoppaus (*clean-up/remedial dredging*) (Vahanne & Vestola, 2007, s. 13; Häkkinen et al. 2020, s. 11). Erilaisissa hankkeissa käsiteltävät sedimenttimäärät, toiminnan kesto, sedimentin ominaisuudet ja pilaantuneisuus sekä käsittely- ja loppusijoitusvaihtoehdot vaihtelevat. Esimerkiksi uudisruoppausten tapauksessa suurin osa sedimentistä on yleensä pääosin pilaantumatonta, kun taas pilaantuneen sedimentin kunnostuksen tapauksessa lähtökohtainen tavoite on hallita haitta-aineista aiheutuvia riskejä. (Detzner et al. 2006, s. 60)

Pilaantuneiden sedimenttien kunnostustarvetta koskeva päätöksenteko voi olla hyvin erilaista verrattuna esimerkiksi rakennushankkeessa tai kunnossapidossa syntyvän ruoppausmassan läjitysvaihtoehtoja koskevaan päätöksentekoon. Pilaantuneiden sedimenttien kunnostuksessa voidaan pohtia, onko sedimenttejä tarve käsitellä lainkaan, kun taas jälkimmäisessä tapauksessa on yleensä jo tehty päätös ruopata ja arvioinnissa keskitytään esimerkiksi siihen, mihin ruoppausmassoja kannattaisi läjittää. (Apitz & White 2003) Vastaavasti eroavaisuus myös pilaantuneen maan eli PIMA-kunnostushankkeisiin nähden kunnossapito- ja uudisruoppauksissa on, että pilaantuneitakin sedimenttejä saatetaan joutua ruoppaamaan, vaikka kustannustehokkaita kunnostus/käsittelytekniikoita tai sopivia läjityspaikkoja ei olisi helposti saatavilla (Apitz et al. 2006a, s. 10).

Pilaantuneen sedimentin kunnostusruoppauksien ja esimerkiksi vesiliikennettä varten tehtyjen ruoppauksien välillä eräs eroavaisuus on myös, että jälkimmäisessä tapauksessa projektin onnistuminen riippuu siitä, miten tehokkaasti sedimenttejä saadaan ruopattua. Kunnostusruoppauksissa taas ruoppauksen tuotto ei välttämättä ole projektin onnistumisen kannalta keskiössä, vaan yleensä pyritään ruoppauksen tarkkaan kontrolliin tuoton kustannuksella, jotta voidaan estää haitta-aineiden leviäminen, minimoida jäännöspitoisuuksia ja toisaalta ruopata mahdollisimman vähän puhdasta sedimenttiä. (ITRC 2014)

Sedimenttihankkeissa joudutaan usein käsittelemään suuria massamääriä. Esimerkiksi Aurajoki tuo Turun sataman alueelle noin 100 000 m^3 sedimenttiä vuosittain, ja kunnossapitoruoppauksia joudutaankin tekemään melkein sama määrä. Näistä massoista merkittävä osa luokitellaan pilaantuneiksi ja vaatii käsittelyä ennen läjittämistä. (Olsen et al. 2019, s. 55) Sedimentit ovat myös hyvin vesipitoisia. Ruoppausmassat vaativatkin usein vedenpoistoa, josta syntyvä suotovesi voi myös sisältää haitta-aineita. (Reible & Lanczos 2006, s. 1; Häkkinen et al. 2020, s. 11, 36–37) Lisäksi sijainti veden alla vaikeuttaa muun muassa haitta-aineista ja eliöstöstä tehtäviä mittauksia ja havainnointia (Apitz et al. 2006a, s. 10). Sedimentin kunnostustyöt ovat myös tyypillisesti kalliimpia ja teknisesti haastavampia kuin maalla tehtävät kunnostukset (US EPA 2005, s. 22).

Vesistö- ja sedimenttihankkeet ja niiden vaikutusalueet voivat olla usein laajoja (Itkonen & Hyttinen 2023). Tällöin niillä voi olla vaikutuksia useisiin eri yhteisöihin, joilla voi olla toisistaan eroavaisia mielipiteitä hankkeesta (US EPA 2005, s. 22). Sedimenttien ruoppausta/käsittelyä vaativat hankkeet, kuten satamahankkeet, sijaitsevat myös usein rannikkoalueilla, jotka ovat tyypillisesti myös luonnon monimuotoisuuden kannalta tärkeitä elinympäristöjä (US EPA 2005, s. 22; Hanhijärvi 2006, s. 18; Schipper et al. 2017). Myös sedimentti itsessään toimii tärkeänä elinympäristönä monille eri eliölajeille (Wall et al. 2004, s. 1).

Sedimenttiin voi kerääntyä erilaisia haitta-aineita useista eri lähteistä valuma-alueelta tai rannikolta (Apitz et al. 2006a, s. 10), ja sedimentit ovatkin maa-alueita useammin monipilaantuneita (Long et al. 1995, Apitz et al. 2006a, s. 10, mukaan). Erilaisten haitta-aineiden kulkeutuminen ja käyttäytyminen sedimentissä eroaa toisistaan (Apitz 1998), ja monipilaantuneisuus voi hankaloittaa riskinarviointia sekä päätöksentekoa ja rajoittaa käytettävissä olevia käsittelymenetelmiä (Förstner 2002b; Apitz et al. 2006a, s. 10). Eri eliöt ovat myös eri tavalla herkkiä haitta-aineiden vaikutuksille (Häkkinen et al. 2020, s. 31). Sedimentin pilaantuneisuudesta aiheutuvien mahdollisten biologisten vaikutusten määrittämiseen harvoin riittää pelkkä tieto sedimentissä olevista haitta-aineista, vaan ne tulisi arvioida kohdekohtaisesti ja erilaisiin fysikaalisiin, kemiallisiin ja ekotoksikologisiin mittauksiin perustuen (Engler 2002, s. 4). Maalla tehtäviin kunnostustoimenpiteisiin verrattuna vesistöympäristössä eliöiden – myös ihmisen – altistumisreitit haitta-aineille voivat olla suorempia (US EPA 2002, Apitz et al. 2006a, s. 10 mukaan; Itkonen & Hyttinen 2023, s. 7).

Moni mahdollisista pilaantuneiden sedimenttien kunnostusmenetelmistä perustuu pilaantuneiden maiden kunnostamisessa käytettyihin menetelmiin, mutta monia menetelmistä on vaikea soveltaa sellaisenaan sedimenteille. Sedimenttien kunnostus on myös usein hyvin monivaiheista, ja vaihtoehtoisia käsittely- ja kunnostusvaihtoehtoja tunnis-

tettaessa tulisi arvioida koko käsittelyprosessia. (Reible & Lánczos 2006, s. 1–2) Haitta-ainepitoisten sedimenttien tapauksessa - erityisesti niiden kunnostuksissa - yksi keskeisiä haasteita on, että kunnostustoimenpiteiden tehokkuuteen riskienhallinnassa voi liittyä paljon epävarmuuksia (Lehr et al. 2002; National Research Council 2007, McNally et al. 2020 mukaan). Lisäksi yksi haasteista pilaantuneiden sedimenttien kunnostuksessa on, että verrattuna PIMA-hankkeisiin, joissa kunnostamisella voidaan saavuttaa selkeitä taloudellisia hyötyjä alueen arvonnousun myötä, vesistöympäristössä kunnostamisesta saavutettavat hyödyt eivät ole usein yhtä selkeitä (Apitz et al. 2006a, s. 10).

2.4 Kestävyyden määritelmä sedimenttihankkeissa

Kestävä kehitys voidaan määritellä ”kehityksenä, jossa nykyiset tarpeet täytetään vaarantamatta tulevien sukupolvien kykyä täyttää tarpeensa” (UN General Assembly 1987, s. 41). Sedimenttien tapauksessa eurooppalainen sedimenttien tutkimusverkosto SedNet (*The European Sediment Research Network)* on laatinut ohjeistusta (Bortone & Palumbo 2006; Owens 2008; Heise 2007; Barcelo & Petrovic 2006) kestävyyden tarkasteluun, joka koskee myös laajemmin valuma-alueen skaalalla tapahtuvia toimenpiteitä ja niiden ympäristö-, sosiaalisia ja taloudellisia vaikutuksia (Bortone 2006, s. 5). PIMA-hankkeissa kestävän kunnostamisen käsitettä on määritetty muun muassa ISO 18504-standardissa (2017), joka määrittelee kestävän kunnostamisen ei-hyväksyttävien riskien poistamisena ja/tai kontrolloimisena turvallisesti ja oikeaan aikaan ympäristö-, sosiaaliset ja taloudelliset vaikutukset optimoiden. Kunnostustoimenpiteillä saavutettavien kokonaishyötyjen tulisi ylittää kunnostuksesta aiheutuvat haitat (Laitinen et al. 2022, s. 8).

Apitz (2012) esittää näkemyksen, että hankkeet, joissa säädellään sedimentin määrää (esimerkiksi poistamalla sitä vesiväyliltä), voidaan itsessään nähdä kestämättömiä, koska tällöin toimitaan luonnollista sedimenttitasapainoa vastaan; Sedimenttiä ei myöskään yleensä hallita sen itsensä vuoksi, vaan sosioekonomisia tavoitteita varten. Jos esimerkiksi väylä- tai satamaruoppaushankkeen vaikutukset otetaan huomioon, voidaan Apitzin (2012) mukaan hanketta pitää ”*kestävämpänä sedimentin hallintana”* tai ”*sedimentin hallintana, joka huomioi kestävyysnäkökulmat*”. Myöskin pilaantuneiden sedimenttien kunnostus voi aiheuttaa erilaisia kestävyyden kannalta haitallisia vaikutuksia, ja voidaan myös ajatella, että pilaantuneiden sedimenttien kunnostuksessa korjataan aikaisempien, ei-kestävien päätösten jälkiä (Apitz 2019).

Vaikka kestävyys jaetaan tyypillisesti ympäristölliseen, sosiaaliseen ja taloudelliseen osa-alueeseen (Hardi & Zdan 1997, Giddings et al. 2002 mukaan; West Midlands Round Table 2000, Giddings et al. 2002 mukaan), on hyvä huomioida, että osa-alueet eivät ole toisistaan erillisiä, eivätkä rajat osa-alueiden välillä ole tarkasti piirrettyjä (Giddings et al.

2002). Ympäristön, yhteiskunnan ja talouden erottaminen toisistaan voi johtaa olettamukseen, että esimerkiksi talouden eduksi voitaisiin tehdä myönnytyksiä ympäristön kustannuksella. Tätä kutsutaan ”heikoksi kestävän kehityksen malliksi”. (Neumayer 1999, Giddings et al. 2002 mukaan)

2.5 Sedimenttien ruoppaus, käsittely, loppusijoitus ja hyötykäyttö ja niihin liittyvät kestävyysnäkökulmat

Seuraavissa luvuissa tarkastellaan melko yleisellä tasolla sekä pilaantuneiden että pilaantumattomien sedimenttien ruoppausta, käsittelyä ja loppusijoitusta/hyötykäyttöä sekä niiden ympäristö-, sosiaalisia ja taloudellisia kestävyysnäkökulmia. Luvuissa on keskitytty pääosin tyypillisimpiin sedimenttihankkeissa tehtäviin toimenpiteisiin. Haitallisia aineita voidaan käsitellä *in situ* eli sedimentin alkuperäisessä sijaintipaikassa sedimenttiä siirtämättä tai *ex situ* eli ruoppaamalla/kaivamalla sedimentti ja viemällä se muualle käsiteltäväksi (Häkkinen et al. 2022, s. 72). Osa luvuissa tarkastelluista menetelmistä, kuten peittäminen ja muut *in situ* -menetelmät, on lähtökohtaisesti tarkoitettu pilaantuneiden sedimenttien kunnostuksiin. Esimerkiksi vesiväyliä syventäessä taas on luonnollisesti käytettävä ruoppausta menetelmänä. Sedimentin käsittelyketjuun voi kuitenkin kuulua useampi kuin yksi seuraavissa luvuissa tarkastelluista toimenpiteistä (Reible & Lánczos 2006, s. 1).

2.5.1 Monitoroitu luontainen puhdistaminen

Sedimentin haitta-ainepitoisuus voi ajan myötä vähentyä erilaisten luontaisten prosessien seurauksena (US EPA 2005, s. 103; Häkkinen et al. 2022 s. 76). Pintakerroksiin voi kerääntyä ajan mittaan puhtaampaa sedimenttiainesta pilaantuneen sedimentin päälle (Magar 2001); haitta-aineiden kulkeutuvuus, biosaatavuus ja myrkyllisyys voivat vähentyä sorption, metallien saostumisen ja muiden kemiallisten ja biologisten prosessien kautta (Magar et al. 2005; Magar & Wenning 2006); ja partikkeleihin sitoutuneet haitta-aineet voivat hajaantua laajemmalle alueelle, mikä vähentää konsentraatiota yhdessä pisteessä (mutta toisaalta voi aiheuttaa haitta-ainekuormitusta muualla) (Magar & Wenning 2006).

Monitoroitu luontainen biohajoaminen (Monitored Natural Attenuation) ja luontainen toipuminen (Monitored Natural Recovery) voidaan määritellä erillisinä käsitteinä. Monitoroidulla luontaisella biohajoamisella voidaan tarkoittaa menetelmää, jossa hyödynnetään haitta-aineiden hajoamista luonnon omien biologisten prosessien kautta. Luontaisella toipumisella taas voidaan tarkoittaa haitta-aineiden pitoisuuksien, myrkyllisyyden tai

kokonaismäärän vähenemistä sedimentin pintaosissa erilaisten kemiallisten, fysikaalisten tai fysikaalis-kemiallisten prosessien myötä. (Häkkinen et al. 2022, s. 76)

Monitoroitu luontainen puhdistaminen soveltuu parhaiten kohteisiin, joissa haitta-aineiden ihmisiin tai ympäristöön kohdistamat riskit eivät ole välittömiä tai merkittäviä; joissa haitta-aineet hautautuvat, hajoavat tai muuttuvat vaarattomammiksi riittävän nopeasti; ja joissa sedimentin ruoppaus tai peittäminen voisi aiheuttaa suurempia riskejä kuin haitta-aineiden paikalleen jättäminen. (Magar & Wenning 2006) Menetelmässä ei ole kyse ”ei tehdä mitään” -vaihtoehdosta, vaan monitoroidun luontaisen puhdistamisen tulee olla tietoinen, huolellisiin tarkasteluihin pohjautuva valinta, joka yleensä edellyttää pitkän ajan tarkkailua menetelmän toimivuuden todentamiseksi (National Research Council 1997, s. 91–94; Magar 2001).

Monitoroidun luontaisen puhdistamisen etuja ovat suhteellisen alhaiset pitkän aikavälin kustannukset sekä se, että menetelmästä itsessään ei aiheudu haittaa tai häiriötä lähiympäristölle, mikä voi olla tärkeää herkkien elinympäristöjen tapauksessa. Menetelmä ei myöskään edellytä esimerkiksi rakentamista tai jätteiden käsittelyä. Keskeisenä haittapuolena on, että haitta-aineet jäävät paikoilleen, jolloin riskinä on niiden vapautuminen ympäristöön. Haitta-aineiden mahdollinen leviäminen sedimentistä voi myös aiheuttaa huolta ihmisissä. Lisäksi haitta-aineiden aiheuttamien riskien väheneminen voi olla hidasta, minkä vuoksi menetelmä voi edellyttää pitkäkestoisen tarkkailun lisäksi mahdollisesti rajoituksia alueen käytölle. Menetelmään liittyy myös huomattavia epävarmuustekijöitä koskien muun muassa sedimentoitumisen nopeutta alueella, puhdistustavoitteiden asettamista ja saavuttamista sekä haitta-aineiden vapautumista sedimentistä. (US EPA 2005, s. 30, 105–106)

2.5.2 Sedimentin peittäminen ja leviämisen esteet

Sedimentin peittäminen on maailmanlaajuisesti yksi yleisimpiä pilaantuneiden sedimenttien riskienhallintatoimenpiteitä, ja sitä on käytetty 1970–1980-luvuilta lähtien (Olsen et al. 2019, s. 43). Peittämisessä sedimentin päälle asetetaan puhdasta materiaalia tai geotekstiilejä, tarkoituksena estää haitta-ainepitoisen sedimentin leviämistä ja/tai vähentää haitta-aineiden vapautumista sedimentistä vesipatsaaseen (Hauge & Hamer 2006, s. 74). Peittämisessä voidaan myös käyttää kemiallisesti reaktiivisia materiaaleja haitta-aineiden eristämiseksi tai hajottamiseksi (Bullard et al. 2015, s. 16). Peitteen rakenne riippuu muun muassa sedimentin ja pohjan ominaisuuksista, haitta-aineista ja niiden pitoisuuksista sekä kunnostuksen tavoitteista. Kerroksia voi olla yksi tai useampi. (Mohan et al. 2000) Peittämisen soveltuu kohteisiin, joissa on muun muassa riittävä vesisyvyys, tukeva pohja ja sopivat virtausolosuhteet, joissa peittomateriaaleja on saatavilla ja joissa

haitta-aineiden virtausnopeus peitteen läpi on alhainen. Menetelmää voidaan käyttää yhdistettynä muihin kunnostusmenetelmiin, kuten ruoppaukseen. (US EPA 2005 s.117–118)

Peittäminen on kustannustehokas kunnostusmenetelmä, jonka avulla on mahdollista hallita haitta-aineista aiheutuvia altistumisreittejä nopeasti (US EPA 2005 s. 118-119; Mohan et al. 2000). In situ -peittämisessä haitta-ainepitoisen sedimentin vapautuminen vesistöön ja siitä aiheutuvat riskit ovat myös tyypillisesti vähäisempiä kuin ruoppauksessa. Lisäksi peittäminen vaatii vähemmän massojen hallintaa kuin ruoppaus, jolloin infrastruktuurin tarve ja muun muassa työnaikaiset vaikutukset paikallisiin yhteisöihin voivat olla vähäisempiä. (US EPA 2005, s. 119)

Peittämisen keskeinen heikkous on, että haitta-ainepitoinen sedimentti jää vesistöön ja voi mahdollisesti tulevaisuudessa aiheuttaa riskejä, jos peite vahingoittuu tai kuluu esimerkiksi vesiliikenteen tai veden virtauksien vuoksi tai jos peitteen läpi pääsee suotautumaan haitta-aineita (US EPA 2005, s. 119–120). Sedimentin peittäminen voidaan joissain tapauksissa nähdä sosiaalisesti ei-hyväksyttävänä vaihtoehtona verrattuna pilaantuneen sedimentin poistamiseen, jopa “ongelman lakaisemisena maton alle” (Hauge & Hamer 2006, s. 75–76). Myös peitteen asettaminen itsessään voi vapauttaa haitta-aineita alla olevasta sedimentistä. Lisäksi peittämisessä muutetaan pohjan elinympäristöä; jos haitta-aineiden aiheuttamat riskit ovat kohtalaisen pieniä, tulisi arvioida, aiheutuuko luonnontilaisen sedimentin peittämisestä puhtaammilla materiaaleilla enemmän haittaa vai hyötyä. Lisäksi huomioitavaa on, että peittoratkaisun käyttäminen vaatii monitorointia ratkaisun tehokkuuden arvioimiseksi. (US EPA 2005, s. 119, 122, 130)

Peittämisen tapaan leviämisen esteillä pyritään erilaisten rakenteiden, kuten ponttiseinien tai patojen, ja ympäristön kontrolloinnin avulla eristämään pilaantunut alue vesiympäristöstä. Sekä peittämistä että leviämisen esteitä voidaan käyttää myös ruoppausmassojen läjityksessä (luku 2.5.6). (Reis et al. 2007, s. 44, 50–52)

2.5.3 Ruoppaus ja kaivu

Ruoppauksessa sedimenttimassoja irrotetaan ja nostetaan vesialueen pohjasta. Ruoppaus voidaan toteuttaa hydraulisin tai mekaanisin menetelmin. Mekaanisissa menetelmissä sedimentti irrotetaan mekaanisen voiman, esimerkiksi terien, avulla. Tyypillinen mekaaninen menetelmä on kauharuoppaus. (Ympäristöministeriö 2015, s. 17–18; Häkkinen et al. 2020, s. 36) Hydraulisiin menetelmiin taas lukeutuvat erilaiset imuruoppaustekniikat, joissa sedimentti irrotetaan pohjasta ruoppauspään avulla ja imetään imuputkien avulla ylös (Ympäristöministeriö 2015, s. 19; Riipi 1997, s. 11).

Verrattuna imuruoppausmenetelmiin, kauharuoppauksessa syntyvä ruoppausmassa on yleensä huomattavasti kuivempaa, millä taas on vaikutuksia sedimentin jatkokäsittelyn ja hankkeen taloudellisuuden kannalta. Lisäksi kauharuoppaus on yleisesti melko toimintavarma ruoppausmenetelmä. Kauharuoppauksessa kiintoainesta voi vapautua vesistöön muun muassa kauhan laskemisen, noston ja avoimesta kauhasta tapahtuvan karkaamisen myötä. Kiintoaineksen vapautumiseen vaikuttavat muun muassa ruoppaajan ammattitaito sekä käytetty kauharakenne. Suljetut kauharakenteet ovat soveltuvampia pilaantuneiden sedimenttien ruoppaamiseen. (Ympäristöministeriö 2015, s. 18–19) Imuruoppauksessa ruoppausmassan vesipitoisuus, ja täten myös kuivatuksen tarve, on suurempi (US EPA 2005; ITRC 2014). Sedimentti siirretään ruoppausalueelta maalle lietteenä pumppujen avulla, mikä voi olla menetelmänä tehokkaampi kuin massan siirtäminen kauharuoppauksessa. Imuruoppauksen soveltuvuus eri ympäristöihin on kuitenkin rajoitetumpi kuin kauharuoppauksessa. (ITRC 2014)

Edellä mainittujen tyypillisten ruoppausmenetelmien lisäksi esimerkiksi pumppukauharuoppaus on yhdistelmä kauharuoppauksesta ja imuruoppauksesta (Mykkänen et al. 2005, s. 216). Lisäksi pilaantuneiden sedimenttien kunnostuksessa on muun muassa Ruotsissa käytetty menetelmää, jossa sedimentti jäädytetään ja nostetaan ylös käsiteltäväksi (Ympäristöministeriö 2015, s. 19). Ruoppaustekniikoiden soveltuvuuteen vaikuttaa muun muassa ruopattava maalaji. Valittu ruoppaustekniikka taas vaikuttaa muun muassa ruoppaustarkkuuteen. (Vahanne & Vestola 2007, s. 27–28)

Sedimentin poistaminen voidaan toteuttaa myös eristämällä vesialue esimerkiksi ponttiseinillä ja pumppaamalla tai ohjaamalla vesi pois, jolloin sedimentti voidaan kaivaa pois. Tällöin kyseessä ei varsinaisesti ole ruoppaus vaan (kuiva)kaivu. Menetelmällä on joitakin etuja vedenalaisten sedimenttien ruoppaamiseen verrattuna: kaivajan ja kunnostuksen valvojien on helpompi tarkkailla operaatiota, pilaantuneita sedimenttejä saadaan yleensä enemmän poistettua ja veden mukana kulkeutuvien haitta-aineiden vapautuminen ympäristöön on paljon vähäisempää. Toisaalta menetelmää voidaan yleensä käyttää vain matalilla vesialueilla. Lisäksi vesialueen eristäminen ja kuivattaminen tai vesien poisohjaaminen voi olla kallista ja aikaavievää, ja maansiirtokoneiden operointi tarvittavien rakenteiden ympärillä voi olla haastavaa. (US EPA 2005, s. 133, 136, 139–140)

Ruoppaukseen liittyy paljon erilaisia ympäristö-, sosiaalisia ja taloudellisia vaikutuksia. Yksi merkittävä ruoppauksen ja siihen liittyvien toimintojen ympäristövaikutus on sedimentin resuspensio eli sedimenttipartikkeleiden irtoaminen pohjasta ja leviäminen veteen (Bridges et al. 2008, s. 4). Resuspension seurauksena vesistö voi samentua ja haitta-aineita levitä ympäristöön (Bridges et al. 2008, s. 4). Eräiden arvioiden mukaan ruoppauksen yhteydessä noin 5–10 % sedimentin sisältämistä haitta-aineista leviää

ruoppausalueelta ympäristöön (Karvonen et al. 2012, s. 35). Samentumisen on yleensä todettu olevan melko paikallista ja vedenlaadun kirkastuvan pian ruoppauksien päätyttyä, mutta vaikutus vedenottoon ja ympäristöön on kuitenkin huomioitava. Lisäksi ruoppauksen seurauksena vesistöön voi vapautua rehevöitymistä lisääviä ravinteita. (Ympäristöministeriö 2015, s. 25–26) Resuspensiota tapahtuu kaikissa ruoppaushankkeissa, mutta sen määrä riippuu useista tekijöistä, kuten sedimentin ominaisuuksista, pohjan ja vesistön olosuhteista, ruoppauskalustosta ja -menetelmästä, ruopattavan aineksen määrästä sekä ruoppaajan ammattitaidosta (Bridges et al. 2008, s. 5). Kiintoaineen ja haitta-aineiden leviämistä voidaan vähentää siltti- tai kuplaverhojen tai muun vastaavan tekniikan avulla (Ympäristöministeriö 2015, s. 26). Lisäksi resuspensiota voidaan vähentää sopivalla kalustovalinnalla, pienentämällä ruopattavaa aluetta ja tietyillä työnaikaisilla toimintamenettelyillä (US EPA 2005, s. 154). Haitta-aineita voi ruoppauksessa/kaivussa vapautua liukenemisen, diffuusion, kiintoaineksen leviämisen ja muiden prosessien lisäksi myös haihdunnan kautta (Bridges et al. 2008, s. 14–18).

Pilaantuneiden sedimenttien kunnostuksessa ruoppaus on toimenpiteistä ympäristöä häiritsevin (Bullard et al. 2015, s. 8). Toisaalta tällöin voi olla mahdollista poistaa sedimentin haitta-aineita lopullisesti, mutta toisaalta pohjan elinympäristö tuhoutuu ainakin väliaikaisesti, ja lisäksi veden samentuminen voi aiheuttaa haittaa vesieliöille, kuten kaloille ja ravuille (Mykkänen et al. 2005, s. 222; US EPA 2005, s. 10–11, 135–136). Pilaantuneiden sedimenttien tapauksessa kunnostusmenetelmää valittaessa onkin tärkeää arvioida, onko ruoppauksesta vesiympäristölle kohdistuva haitta suurempi kuin haitta-aineiden poistamisesta saatava hyöty (US EPA 2005, s. 138). Ruoppauksesta aiheutuvia häiriöitä eliöstölle voidaan vähentää muun muassa ajoittamalla toimenpiteet lintujen pesintä- ja kalojen kutuaikojen ulkopuolelle (Mykkänen et al. 2005, s. 223).

Ruoppauksen yhtenä keskeisimmistä eduista pilaantuneen sedimentin kunnostuksen näkökulmasta pidetään sitä, että jos kunnostustavoitteissa onnistutaan, pitkän aikavälin kunnostustuloksiin voi liittyä vähemmän epävarmuutta muihin kunnostusmenetelmiin verrattuna (US EPA 2005, s. 10, 135). Toisaalta Bridges et al. (2008), s. 2 mukaan pilaantuneiden sedimenttien kunnostusruoppauksien pitkän aikavälin tuloksiin liittyviä epävarmuuksia on joissain tapauksissa vähätelty. Ympäristön tilaa koskevien tavoitteiden saavuttamisen kannalta epävarmuutta aiheuttavat muun muassa sedimentin resuspensio ja haitta-aineiden vapautuminen ympäristöön sekä erityisesti ruoppauksesta jäljelle jäävät haitta-aineiden jäännöspitoisuudet. Ruoppaus voi paljastaa syvemmällä olevia pilaantuneita sedimenttikerroksia, tai pintakerroksiin voi uudelleenkerrostua resuspendoituneita haitta-ainepitoisia sedimenttejä. Jäännöspitoisuuksien suuruutta voi olla vaikea arvioida etukäteen, ja niihin voivat vaikuttaa monet kohde- ja menetelmäkohtaiset tekijät.

(Bridges et al. 2008 s. 2–3, 23–25) Esimerkiksi vuonna 2002 Yhdysvalloissa julkaistu lähde (Lehr et al. 2002) kritisoi pilaantuneiden sedimenttien kunnostusruoppauksia. Kirjan mukaan yhdysvaltalaisissa kunnostusruoppauksissa ei olisi yhtenäisesti saavutettu alle 1 ppm (1 mg/kg) keskimääräisiä PCB-pitoisuuksia pintasedimenteissä, ja joissakin kunnostushankkeissa keskimääräiset pintasedimentin haitta-ainepitoisuudet olivat jopa nousseet ruoppauksen seurauksena (Lehr et al. 2002).

Sosiaalisen kestävyyden osalta ruoppaukseen ja ruoppausmassoihin yhdistetään monia negatiivisia näkökulmia: veden samentuminen voi haitata esimerkiksi virkistyskäyttöä, ja ihmiset saattavat vastustaa esimerkiksi haitta-ainepitoisten (tai haitta-ainepitoisina pidettyjen) ruoppausmassojen hyötykäyttöä tai loppusijoittamista (Mykkänen et al. 2005, s. 222–223; Hamer et al. 2006, s. 149–150). Ruoppaus voi myös haitata kalastusta muun muassa aiheuttamalla pyydysten likaantumista ja kalojen siirtymistä pois vaikutusalueelta. Lisäksi ruoppaus ja ruoppausmassojen läjitys voi aiheuttaa esimerkiksi melu- ja hajuhaittoja. (Vahanne & Vestola 2007, s. 68) Toisaalta ruoppaukseen ja ruoppausmassan käsittelyyn liittyy myös positiivisia sosiaalisia näkökulmia: sedimenttejä poistamalla voidaan esimerkiksi edistää laivaliikennettä, tulvanhallintaa ja virkistyskäyttöä, ja pilaantuneita sedimenttejä poistamalla voidaan saavuttaa sosioekonomisia hyötyjä (Hamer et al. 2006, s. 150). Esimerkiksi Kymijoen pilaantuneiden sedimenttien kunnostamistoimenpiteiden vaikutusten arvioinnissa asukaskyselyyn vastanneista suurempi osa piti kunnostuksen aikaisten ruoppaustoimien ja veden samentumisen vaikutuksia elinoloihin siedettävinä kuin sietämättöminä, ja valtaosa vastaajista kannatti pilaantuneiden sedimenttien kunnostamista (Kaakkois-Suomen ELY-keskus 2011, s. 102). Toisaalta ihmisten mielipiteet ruoppauksista voivat vaihdella paljon tapauksittain, eikä yksittäisestä kyselystä voida vetää kaikkia sedimenttien kunnostushankkeita, saati esimerkiksi ylläpito- tai uudisruoppauksia koskevia johtopäätöksiä. Myös jos kunnostus jättää haitta-aineita ympäristöön, voi se vaikuttaa negatiivisesti ihmisten hyväksyntään (National Research Council 2007, s. 3).

Erilaisiin taloudellisiin tarkoituksiin ruoppausta on käytetty jo vuosisatojen ajan, kuten väylien ylläpitämiseen, tulvasuojeluun sekä asuinalueiden, kaupallisen toiminnan, maatalouden ja vesivoiman kehittämiseen (Laboyrie et al. 2018a, s. 5). Toisaalta ruoppaus/kaivu on melko kallista ja monimutkaista johtuen muun muassa siihen liittyvästä massojen hallinnasta (Mykkänen et al. 2005, s. 213; US EPA 2005, s. 135). Kustannuksia voi aiheutua muun muassa kaluston käytöstä, samentuman leviämistä estävistä rakenteista, ruoppauksen tukitoiminnoista, kuivatuksesta ja kuljetuksista (US EPA 2005, s. 95). Ruoppausmassan läjittäminen voi muodostaa merkittävän osan ruoppauksen/kaivun kokonaiskustannuksista (luku 2.5.6) (US EPA 2005, s. 166). Ruoppausmassojen

mahdollinen hyötykäyttö voidaan myös nähdä taloudellisena mahdollisuutena (luku 2.5.7).

2.5.4 Vedenpoisto ja ruoppausmassojen esikäsittely

Ruopattujen sedimenttien vesipitoisuus on korkea, noin 80–95 % (Vahanne & Vestola 2007, s. 31). Korkean vesipitoisuuden vuoksi vaatii niiden kuljetus, jatkokäsittely ja mahdollinen maalle läjittäminen yleensä ensin vedenpoistoa (Häkkinen et al. 2020, s. 11; Itkonen & Hyttinen 2023, s. 8). Vettä voidaan poistaa laskeuttamalla sedimenttiä altaassa, geotuubikäsittelyllä tai mekaanisesti sentrifugeja tai suodatinpuristimia käyttämällä. Vedenerotusta voidaan myös tehostaa saostuskemikaaleilla. (Vahanne & Vestola 2007, s. 31–32; Häkkinen et al. 2020, s. 36–37; Ympäristöministeriö 2015, s. 20) Geotekstiilisäkkejä ja -tuubeja voidaan myös käyttää muun muassa joidenkin haitta-aineiden eristämiseen (Lawson 2008, s. 406, 414, 423).

Sedimentin kuivatuksessa on huomioitava syntyvien kuivatusvesien sekä käsittely- ja loppusijoituspaikoilla muodostuvien vesien hallinta. Erityisesti haitta-ainepitoisten sedimenttien tapauksessa on syytä huomioida, että veden mukana voi poistua osa sedimentin sisältämistä haitta-aineista. Tällöin on huolehdittava, että haitta-ainepitoinen vesi ei kuormita maaperää tai kulkeudu takaisin vesistöön. Tarvittaessa vesi tulee käsitellä. (Vahanne & Vestola 2007 s. 32; Ympäristöministeriö 2015 s. 20; Häkkinen et al. 2020 s. 37)

Vedenpoistossa haasteellista syntyvien vesien lisäksi on käsittelyn kesto sekä tilantarve (Häkkinen et al. 2020, s. 37). Allaskuivatus voi kestää joistakin kuukausista noin vuoteen, riippuen muun muassa sääolosuhteista, tavoitellusta kuiva-ainepitoisuuden tasosta ja ruoppausmassan koostumuksesta. Allaskuivatuksessa kuivatettava ruoppausmassa levitetään enintään noin 1–2 metrin syvyiseksi, minkä vuoksi varsinkin suurissa hankkeissa tilantarve voi olla hyvinkin mittava. (van Dessel & Cnudde 2006, s. 80) Myöskin geotekstiilituubit voivat olla jopa 200 metriä pitkiä, ja käsittelyaika voi olla useita kuukausia (Lawson 2008, s. 385, 407–408). Mekaanisissa kuivatusmenetelmissä taas haasteena on rajallinen kapasiteetti (Vahanne & Vestola 2007, s. 32).

Ruoppausmassaa voidaan myös joutua esikäsittelemään ennen varsinaista käsittelyä, sillä se voi sisältää erilaisia jätemateriaaleja, kuten betonijätettä, autojen osia tai suuria kiviä. Esikäsittely voi sisältää esimerkiksi homogenisointia ja seulontaa. (Häkkinen et al. 2020, s. 37; Mulligan et al. 2001) Koska haitta-aineet yleensä sitoutuvat enemmän hienojakoiseen kuin karkeampiin aineksiin, voidaan seulonnalla myös erotella puhtaampi ja pilaantuneempi aines toisistaan erikseen käsiteltäviksi (Ympäristöministeriö 2015, s. 20).

2.5.5 Haitta-ainepitoisen sedimentin ja ruoppausmassan käsittely- ja puhdistusmenetelmät

Aikaisemmissa luvuissa käsiteltyjen menetelmien lisäksi haitta-aineiden vähentämiseksi, poistamiseksi tai immobilisoimiseksi sedimentistä tai ruoppausmassasta on olemassa useita muitakin menetelmiä (Häkkinen et al. 2022, s. 72). Taulukossa 1 on käsitelty joitakin näistä menetelmistä. Osaa näistä menetelmistä käytetään myös esimerkiksi pilaantumattomille ruoppausmassoille, kuten stabilointia (fysikaalinen käsittely).

Taulukko 1. *Joitakin haitta-ainepitoisten sedimenttien/ruoppausmassojen käsittelyyn käytettyjä menetelmiä. Muokattu lähteestä (CIS 2022, s. 94–95).*

Menetelmä	In situ	Ex situ	Menetelmän kuvaus
Biologinen käsittely	x[1]	x[1]	Sedimenttiin/ruoppausmassaan lisätään aineita, jotka tehostavat haitta-aineiden hajottamiseen osallistuvien mikro-organismien toimintaa [1]
Fytoremediaatio	x[1]	x[1]	Kasveja käytetään keräämään metalleja ja hajottamaan orgaanisia haitta-aineita [1]
Kemiallinen käsittely	x[1]	x[1]	Sedimenttiin/ruoppausmassaan lisätään kemikaaleja haitta-aineiden hajottamiseksi, tai prosessiolosuhteiden tai haitta-aineen muuttamiseksi muotoon, joka mahdollistaa paremmin muiden käsittelymenetelmien käytön [2]
Fysikaalinen käsittely	x[1]	x[1]	In situ: haitta-aineita sidotaan tai niiden biosaatavuutta vähennetään lisäämällä sedimenttiin esimerkiksi aktiivihiiltä, savea tai zeoliitteja. [1] Ex situ: ruoppausmassaan lisätään sideaineita, joilla parannetaan sen ominaisuuksia esimerkiksi rakennuskäyttöön ja vähennetään haitta-aineiden kulkeutuvuutta ja liukoisuutta. [1]
Peltokäsittely		x[1]	Ruoppausmassa sijoitetaan maalle käsiteltäväksi (kuivattavaksi ja muokattavaksi), jolloin tehostetaan orgaanisten aineiden hajoamista. [1]
Lämpödesorptio		x[1]	Haitta-aineet haihdutetaan lämmittämällä ruoppausmassaa ja kaasut kerätään/käsitellään erikseen. [1, 2]
Poltto		x	Ruoppausmassan orgaaninen aines, mukaan lukien orgaaniset haitta-aineet, poltetaan. Lopputuloksena syntyy tuhkaa. Syntyvät kaasut kerätään/käsitellään. [2]
Korkean lämpötilan käsittelyt		x[1]	Ruoppausmassaa käsitellään korkeassa lämpötilassa, jolloin orgaaniset haitta-aineet tuhoutuvat ja metallit sitoutuvat lasimaiseen massaan [1]
Sedimentin pesu ja hiekanerotus		x[1]	Puhtaammat karkeat maalajit erotetaan haitta-ainepitoisemmasta hienoaineksesta, ja jakeet käsitellään erikseen [1]

[1] CIS (2022), s. 94–95, [2] Reis et al. (2007), s. 10, 93

Taulukossa menetelmät on jaoteltu in situ- ja ex situ- menetelmiin. Yleisesti joitain in situ -menetelmien etuja ex situ-menetelmiin nähden ovat, että ne ovat suhteellisen edullisia (tosin menetelmästä riippuen), yleensä vähemmän resuspensiota aiheuttavia kuin esimerkiksi ruoppaus ja eivät myöskään edellytä yhtä paljon massojen hallintaa. In situ -menetelmien heikkouksia taas ovat, että niiden hallittavuus ja tasaisen puhdistustuloksen saaminen voi olla vaikeaa ja ainakin osa menetelmistä on jossain määrin riippuvaisia ympäristön olosuhteista. Lisäksi in situ -käsittelymenetelmien käytöstä on yleensä vähemmän käyttökokemusta. (US EPA 1993, s. 23, 88; Renholds 1998; Reis et al. 2007,

s. 9) Ex situ -menetelmissä olosuhteet voivat olla helpommin kontrolloitavissa, haitta-aineet paremmin prosessin saavutettavissa ja puhdistustuloksen saavuttaminen luotettavampaa (Bardos et al. 2007, Häkkinen et al. 2022, s. 77 mukaan). Toisaalta menetelmät voivat olla suhteellisen monimutkaisia (Zhang et al. 2021), ja itse ruoppaus sekä massojen kuljetus ja esikäsittely voivat aiheuttaa haitallisia vaikutuksia (luku 2.5.3).

Tyypillinen ruoppausmassan käsittelymenetelmä Suomessa on sen stabilointi (Häkkinen et al. 2020 s. 12, 39). Kiinteytys- ja stabilointimenetelmissä (Taulukossa 1 ”fysikaalinen käsittely”) ei vähennetä haitta-aineiden pitoisuuksia, vaan vähennetään niiden kulkeutumista ja leviämistä ja siten niistä aiheutuvia riskejä joko kapseloimalla haitta-aineet sideaineen avulla tai muuntamalla ne vähemmän liukoiseen, kulkeutuvaan tai toksiseen muotoon (Penttinen 2001, s. 36). Myös in situ -stabilointi on mahdollista (Reis et al. 2007, s. 10). Stabiloinnilla voidaan myös parantaa ruoppausmassan käsiteltävyyttä ja rakennusteknisiä ominaisuuksia (Eriksson et al. 2022, s. 11). Sideaineena voidaan sedimentin ja haitta-aineen ominaisuuksista riippuen käyttää esimerkiksi sementtiä, bitumia, kalkkia, orgaanisia polymeerejä tai myös teollisuuden jätteitä ja sivutuotteita, kuten lentotuhkaa tai masuunikuonaa (Penttinen 2001, s. 36; Häkkinen et al. 2020, s. 39). Menetelmien heikkouksina kestävyyden näkökulmasta voidaan nähdä ruoppausmassan tilavuuden kasvu, haihtuvien yhdisteiden vapautuminen käsittelyn aikana, haitta-aineiden jääminen ruoppausmassaan ja usein pitkäaikainen seurannan ja ylläpidon tarve (Bardos et al. 2007, Häkkinen et al. 2020 s. 39 mukaan) sekä joidenkin sideaineiden (erityisesti sementin) ilmastopäästöt (Eriksson et al. 2022).

2.5.6 Ruoppausmassojen läjitys

Ruoppausmassoja voidaan läjittää joko maalle tai veteen. Järviä ruopatessa ruoppausmassat läjitetään käytännössä aina kuivalle maalle, kun taas rannikko- ja merialueiden hankkeissa ruoppausmassoja on yleisesti sijoitettu vedenalaisille läjitysalueille. (Mykkänen et al. 2005, s. 217; Ympäristöministeriö 2015, s. 20)

Maaläjityksessä ruoppausmassoja sijoitetaan esimerkiksi maankaatopaikalle (puhtaiden massojen tapauksessa) tai tavanomaisen/vaarallisen jätteen kaatopaikalle. Ruoppausmassoja on myös esimerkiksi satama- ja väylähankkeissa läjitetty ranta-alueille läjitysaltaisiin. (Ympäristöministeriö 2015, s. 20) Lisäksi maaläjitys voidaan tehdä muun muassa tekosaariin, avolouhokseen tai geotuubeissa (Tvrdý et al. 2020, s. 9). Läjitysalueen valintaan vaikuttavat muun muassa kuljetusmatkojen pituus ja ruoppausmassojen laatu, kuten haitta-aineiden pitoisuus, vesipitoisuus ja eloperäisen aineksen määrä (Mykkänen et al. 2005, s. 218). Lisäksi alueen valinnassa on huomioitava sen nykyinen käyttö,

maaperän soveltuvuus, kasvillisuus ja eläimistö sekä esimerkiksi haitta-ainepitoisten ruoppausmassojen tapauksessa niiden kaatopaikkakelpoisuus (Majuri 2003, Mykkänen et al. 2005 mukaan; Ympäristöministeriö 2015, s. 20).

Vesiläjityksessä ruoppausmassat voidaan sijoittaa joko pitkäaikaisessa käytössä oleville ja vesiläjitystä varten ylläpidetyille tai projektikohtaisille läjitysalueille. Hyvänä läjityspaikkana voidaan pitää aluetta, jolla läjitetyn massan kulkeutuminen (eroosio) on vähäistä ja jossa ei sijaitse niin sanottuja herkkiä kohteita, kuten arvokkaita luontokohteita, ammattikalastusalueita tai yleisiä uimarantoja. (Ympäristöministeriö 2015, s. 20, 48–49)

Sekä maa- että vesiläjityksessä voidaan käyttää peittämistä ja muita sedimentin ja sen sisältämien haitta-aineiden kulkeutumista/leviämistä rajoittavia rakenteita, kuten seinämiä, erilaisia pohjarakenteita ja/tai vesistön pohjassa olevia kaivettuja tai luonnollisia kuoppia. Rakenteilla rajatusta alueesta käytetään myös nimitystä CDF (*confined disposal facility*). (Detzner 2006, s. 110–111; Hakstege 2006, s. 113; Reis et al. 2007, s. 44, 50–52)

Se, mille alueille ruoppausmassoja saadaan läjittää, riippuu muun muassa ruoppausmassan haitta-ainepitoisuudesta. Jos läjitys tapahtuu vapaaseen veteen, läjityskelpoisuuden määrittämiseksi sovelletaan ruoppaus- ja läjitysohjeen (Ympäristöministeriö 2015) pitoisuustasoja haitta-aineille. Jos ruoppausmassoja sijoitetaan maa-alueelle, läjitysaltaaseen tai vesialueelle suojapenkereen taakse, voidaan läjityskelpoisuutta arvioida esimerkiksi käyttämällä liukoisuustestejä sekä PIMA-ohjearvoja, jotka on määritetty maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista annetussa valtioneuvoston asetuksessa (PIMA-asetus, 214/2007). Jos ruoppausmassoja sijoitetaan maankaatopaikalle tai tavanomaisen tai vaarallisen jätteen kaatopaikalle, on arvioitava massojen sijoituskelpoisuus. (Ympäristöministeriö 2015, s. 20-21)

Kaikki läjitysvaihtoehdot aiheuttavat vaikutuksia ympäristölle (Norén et al. 2020) ja myös yhteiskunnalle ja taloudelle, vaikkakin eri tavoin. Sopivimman sijoitus- tai hyötykäyttövaihtoehdon valinta voi johtaa ristiriitoihin eri sidosryhmien välillä johtuen tasapainottelusta muun muassa kustannuksien, ympäristövaikutuksien ja sosiaalisen hyväksyttävyyden välillä (Bates et al. 2015). Joitakin maa- ja vesiläjityksen etuja ja haittoja kestävyyden näkökulmasta on vertailtu Taulukossa 2. Taulukko ei ole täysin kattava, ja läjityksen kestävyysnäkökulmat voivat vaihdella paljon kohteesta riippuen.

Taulukko 2. *Maa- ja vesiläjityksen etuja ja haittoja kestävyyden näkökulmasta. Mukailtu lähdettä (Itkonen & Hyttinen, 2023) käyttäen.*

Maaläjitys	Vesiläjitys
+ vältetään vesiläjityksestä syntyviä haittoja vesistölle [1]	+ pienemmät kustannukset [2]
+ ruoppausmassojen (ja niiden sisältämien haitta-aineiden) tehokkaampi eristäminen vesistöstä [2]	+ vältetään maa-alueiden tilankäyttöä
+ läjitysalueen hyödyntäminen esim. virkistysalueena, viljelyssä tai elinympäristöjen parantamisessa [3]	+ mahdollisesti pienemmät ilmastovaikutukset verrattuna maaläjitykseen [11]
+ joissain tapauksissa halukkuus siirtyä pois meriläjityksestä (esim. Turun kaupunki [4])	- pohjan lajiston (mm. kasvit, pohjaeliöt) hautautuminen ja muutokset pohjan elinympäristössä; mahdollisesti pitkäaikainen [1, 6, 8, 12, 13]
- tilantarve ja vaikutukset maankäyttöön, mahdollinen maisemahaitta [1, 5, 6, 7]	- sedimentin suspendoituminen ja siitä johtuva veden sameneminen: auringonvalon väheneminen ja haitat vesieliöiden ravinnonhankinnalle ja lisääntymiselle [6, 12]
- riski haitta-aineiden vapautumisesta/leviämisestä ympäristöön ja pohjaveteen [2, 6]	- proomujen aiheuttama pohjan sekoittuminen [2, 12]
- haitta-aineiden ominaisuuksien muuttuminen epäedullisempaan suuntaan hapettumisen vuoksi; ongelma erityisesti sulfidisavien tapauksessa [2, 8]	- läjitetyn massan kulkeutuminen muille alueille [6, 8]
- eliöstön tuhoutuminen [3], haitta-aineista aiheutuvat ympäristöriskit [1]	- veteen levinneiden haitta-aineiden aiheuttama riski [2, 12]
- kasvihuonekaasujen (esim. metaani) vapautuminen läjitetystä massasta [9]	- pohjan laadun muuttuminen [6]
- kuorma-autokuljetuksen mahdollisesti suuremmat päästöt suhteessa proomukuljetuksen päästöihin [10]	- ravinteiden vapautuminen veteen [6, 12]
- korkeammat kustannukset [2, 5]	- hapen kulutus vedestä [1, 13]
- vesienhallinnan haaste [1, 7]	- kalojen karkottuminen, kudun tuhoutuminen ym. haitalliset vaikutukset kalastolle [6, 12, 13]
- NIMBY (”Not in my backyard”, ”ei minun takapihalleni”) -ilmiö [5], mahdollinen haitta-ainepitoisten ruoppausmassojen sijoittamiseen liittyvä huoli [1]	- mahdolliset haitat linnustolle [12]
- lisääntynyt liikenne, melu ja pöly [6] ja mahdollinen hajuhaitta [7]	- vaikutukset veden virtauksiin ja vesisyvyyksiin [6, 12]
	- proomukuljetuksista aiheutuva melu, vesiliikenteen lisääntyminen ym. [6, 8, 12]
	- haitat kalastukselle, esim. pyydysten likaantuminen [6, 12]
	- haitat virkistyskäytölle [6, 12]

[1] Itkonen & Hyttinen (2023); [1] Riipi (1997), s. 21–23, 59; [2] Bray et al. (1996), s. 105; [3] Turun kaupunki (2018); [4] Detzner (2006), s. 112; [5] Vahanne & Vestola (2007), s. 68; [6] Mykkänen et al. (2005), s. 218–219, 223; [7] Ympäristöministeriö (2015), s. 24, 47; [8] Gebert et al. (2019); [9] Bates et al. (2015); [10] Svensson et al. (2022); [11] Tvrdý et al. (2020), s. 7–8, 10–11; [12] Bäck & Lindholm (1999), s. 38–39

Häkkinen et al. (2020), s. 3, mukaan mereen läjittäminen ei ole siitä aiheutuvien negatiivisten vaikutusten vuoksi suositeltava vaihtoehto, jos ruoppausmassoille on olemassa muita, hyödyllisempiä käyttömuotoja. Toisaalta maaläjitysalueiden tapauksessa olisi tarve pitkäjänteiselle maankäytön suunnittelulle, jossa huomioitaisiin kaavallinen valmius usean vuoden läjityksille sekä läjitysalueen jälkikäyttömuoto; parhaimmillaan voidaan mahdollistaa monipuolisia alueen toimintoja (Tvrdý et al. 2020, s. 13).

2.5.7 Ruoppausmassojen hyötykäyttö

Ruoppausmassoja on mahdollista käyttää erilaisissa hyötykäyttökohteissa niin rakentamisessa, ympäristön parantamisessa kuin maataloudessa ja tuotteiden, kuten betonin ja tiilien, valmistuksessa. Esimerkkejä rakentamisen hyötykäyttökohteista ovat tulvien suojelussa käytettyjen rantavallien rakenteet, aallonmurtajat, rantatäytöt, maisemoinnit sekä teiden tai puistojen rakenteet. Rakentamisessa voidaan hyödyntää myös geotekstiilituubeja, jolloin on mahdollista käyttää myös haitta-ainepitoisia ruoppausmassoja. Ympäristön suojelussa taas ruoppausmassoja voidaan käyttää muun muassa kosteikkoalueiden parantamisessa tai jätemaiden ja kaivosalueiden haitallisten aineiden kulkeutumisen estämisessä. (Harrington & Smith 2013; Häkkinen et al. 2020, s. 44)

Suomessa hyödynnettävät ruoppausmassat on pitkälti käsitelty stabiloimalla ja hyödynnetty esimerkiksi satamahankkeissa tai muissa maarakennuskohteissa (Häkkinen et al. 2020, s. 3). Ruoppausmassoilla on voitu esimerkiksi täyttää vesialueita satama-alueen laajentamiseksi, ja myös haitta-ainepitoisia ruoppausmassoja on voitu hyödyntää stabiloituina satamarakenteissa (Ympäristöministeriö 2015, s. 20). Häkkisen et al. (2020), s. 56, mukaan ruoppausmassoja voitaisiin Suomessa hyödyntää nykyistä laajemmin myös raaka-aineena ja muissa hyötykäyttökohteissa, kuten viherrakentamisessa.

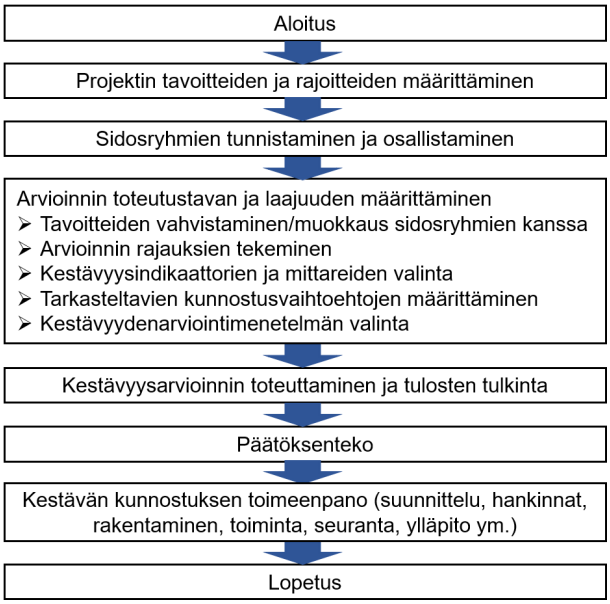
Ruoppausmassojen hyötykäytöllä voidaan vähentää neitseellisten materiaalien käyttöä ja edistää kestävää kehitystä. Sopivia käyttökohteita voi kuitenkin olla vaikeaa löytää, ja lisäksi lainsäädännön rajoitukset ja ruoppausmassoihin liittyvät kielteiset asenteet voivat rajoittaa hyötykäyttöä. (CEDA 2010; Laboyrie et al. 2018b, s. 153). Ruoppausmassoja hyödyntäessä on huomioitava muun muassa mahdolliset haitta-aineet ja muut laatutekijät, kuten raekokojakauma (Harrington & Smith 2013; Häkkinen et al. 2020, s. 44).

3. KESTÄVYYDEN ARVIOINTI

Ympäristöä koskevaan päätöksentekoon sisältyy usein epävarmaa ja puutteellista tietoa. Lisäksi eri sidosryhmillä on usein erilaisia intressejä, ja päätösten mahdolliset vaikutukset voivat ulottua pitkälle tulevaisuuteen. (Hokkanen et al. 2000) Kestävyysarvioinnissa tasapainotellaan haluttujen ja ei-haluttujen vaikutusten välillä, jotka eivät myöskään välttämättä jakaudu tasaisesti, ja joudutaan pohtimaan erilaisiin arvoihin ja prioriteetteihin liittyviä kysymyksiä (McNally et al. 2020). Tässä luvussa on kerrottu kestävyysarvioinnin piirteistä, vaiheista ja epävarmuuksista, arvioinnissa käytettävistä indikaattoreista ja erilaisista arviointimenetelmistä ja -työkaluista.

3.1 Kestävyyden arvioinnista yleisesti

Kestävyysarviointia on Suomessa ohjeistettu muun muassa PIMA-kunnostuksen kontekstissa (Ympäristöministeriö 2014; Pyy et al. 2017; Laitinen et al. 2022). Kestävyysarviointi on laajempi käsite kuin yksittäinen arviointimenetelmä tai -työkalu: kyseessä on prosessi, johon sisältyy muun muassa arvioinnin reunaehtojen määritteleminen, vuorovaikutus olennaisten sidosryhmien kanssa, merkityksellisien vaihtoehtojen arviointi ja päätöksenteko käytettävissä olevan tiedon pohjalta (Kuva 1). (Laitinen et al. 2022, s. 36) Iteratiivisuus on yksi kestävyysarvioinnin keskeisistä piirteistä. Arviointia voidaan iteroida esimerkiksi sidosryhmien osallistamisen tai arviointiprosessin aikana esiin tulevien kehittämistarpeiden pohjalta. (SuRF-UK 2020a, s. 8)



Kuva 1. *Kestävän PIMA-kunnostuksen arvioinnin, päätöksenteon ja toimeenpanon vaiheet. Muokattu lähteestä (ISO 18504, 2017)*

Mitä aikaisemmassa projektivaiheessa kestävyys otetaan huomioon, sitä paremmin kokonaiskestävyyteen voidaan vaikuttaa (SuRF-UK 2010, s. 17–18; Fitzpatrick 2019). Sisällyttämällä kestävyysarviointi osaksi päätöksentekoprosessia mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, mahdollisuuksien mukaan jo maankäytön ja rakentamisen suunnittelussa, voidaan mahdollistaa laajan menetelmävalikoiman tarkastelu, tarjota parhaat edellytykset luonnonvarojen kestävälle käytölle ja lisätä toiminnan kustannustehokkuutta (Ympäristöministeriö 2014, s. 146; Pyy et al. 2017, s. 16). Kestävyysarviointityökaluja voidaan kuitenkin käyttää päätöksenteon tukemisen lisäksi myös muun muassa vaikutusten ennakoinnissa, kestävyyden toteutumisen kuvaamisessa/monitoroinnissa ja sidosryhmäviestinnässä (NICOLE 2012a, s. 1).

Kestävyysarviointeihin voi liittyä paljonkin epävarmuutta. Epävarmuutta arviointiin voi aiheutua muun muassa siitä, miten kestävän kehityksen käsite ja sen rajaukset määritellään; kestävyysarviointimenetelmiin ja -työkaluihin sisältyvästä subjektiivisuudesta; ja mallintamisen epävarmuuksista ja kykenemättömyydestä jäljitellä todellista maailmaa (Ciuffo et al. 2012, s. 14–15). Kestävyysarvioinnit ovat yleensä subjektiivisia. Subjektiivisuus voi korostua arvioitaessa ei-mitattavissa olevia tekijöitä, kuten erilaisia sosiaaliseen hyväksyttävyyteen liittyviä tekijöitä, tai jos esimerkiksi ympäristöön kohdistuvia vaikutuksia muutetaan rahallisiksi arvoiksi. Eri henkilöt ja sidosryhmät voivat arvioida vaikutuksia ja niiden tärkeyttä eri tavalla. (SuRF-UK 2010, s. 31, 53)

Arvioinnin huolellinen valmistelu ja määrittely siten, että arviointitapa soveltuu tarkasteltavalle kohteelle/hankkeelle, on tärkeää arvioinnin hyödyllisyyden, läpinäkyvyyden, resilienssin ja vakuuttavuuden kannalta (SuRF-UK 2020a, s. 6). Läpinäkyvyys ja sidosryhmien osallistaminen arviointiin on tärkeää kompromissien saavuttamiseksi sekä kestävän ja hyväksyttävän ratkaisun löytämiseksi (Apitz et al. 2011, s. 31). Kestävyyden arviointiprosessin tulisi myös olla hyvin dokumentoitu, ja arviointi tulisi pyrkiä perustamaan tietoon ja tieteeseen. Tämä on tarpeen erityisesti päätöksenteon kannalta, jos tehtyjä päätöksiä ja niiden perusteita joudutaan myöhemmin tarkastelemaan uudelleen. (Laitinen et al. 2022, s. 36) Muita hyvän kestävyysarviointiprosessin piirteitä dokumentaation, läpinäkyvyyden ja sidosryhmien osallistamisen lisäksi ovat muun muassa toistettavuus (prosessia voidaan käyttää luotettavasti eri kohteissa, projekteissa ja vaiheissa) sekä todennettavuus (esimerkiksi valitun kunnostusmenetelmän toimivuutta voidaan verrata niihin ennakko-odotuksiin, joiden perusteella menetelmä valittiin). Lisäksi arvioinnin tulisi olla monimutkaisuuden tasoltaan sopiva: joissain tapauksissa yksinkertainen arviointi on riittävä vahvan päätöksen saavuttamiseksi. (Bardos et al. 2011, s. 87) Kestävyysarvioinnin tasoista on kerrottu tarkemmin luvussa 3.3.

Epävarmuuksien ja subjektiivisuuden vuoksi kestävän kunnostuksen foorumi, Sustainable Remediation Forum eli SuRF (SuRF-UK 2010, s. 31) suosittelee herkkyysanalyysin tekemistä osana kestävyysarviointia. Herkkyysanalyysin avulla voidaan tarkastella, miten muutokset lähtötiedoissa tai oletuksissa muuttavat arvioinnista saatavia tuloksia, ja arvioida, voivatko arviointiin liittyvät epävarmuudet vaikuttaa arvioinnin perusteella tehtäviin päätöksiin ratkaisevalla tavalla (SuRF-UK 2010, s. 31; Apitz et al. 2011, s. 10). Lisäksi herkkyysanalyysien avulla voidaan huomata, mitkä arviointikriteerit vaikuttavat eniten tuloksiin, jolloin nämä näkökulmat voidaan ottaa tarkempaan tarkasteluun (SuRF-UK 2010, s. 31). Herkkyysanalyysin avulla voidaan esimerkiksi nostaa esiin riskejä ja seurauksia, joita kunnostuksen epäonnistumiseen voisi liittyä, analysoida useita eri lopputulemia, ja/tai sallia useiden henkilöiden näkemysten tarkastelu ennen lopullista päätöksentekoa (Postle et al. 1999, s. 95). Epävarmuuksia, jotka liittyvät esimerkiksi syötettyjen tietojen/indikaattorien saamiin arvoihin, ja niiden vaikutusta tuloksiin taas on tarkasteltu mm. Monte Carlo-simuloinnin avulla (Ciuffo et al. 2012, s. 17; Wu et al. 2022).

3.2 Kestävyyden indikaattorit

Kestävyysarvioinnissa vaihtoehtojen vertailuun voidaan käyttää erilaisia kestävyysindikaattoreita. Kestävyysindikaattorilla tarkoitetaan jotakin mitattavissa tai muulla tavalla vertailtavissa olevaa, tunnusomaista ympäristö-, sosiaalista tai taloudellista vaikutusta. (Pyy et al. 2017, s. 16) Mitattavissa olevasta indikaattorista, kuten kierrätetyn maan määrästä, voidaan käyttää myös käsitettä mittari (*sustainability metric*). Indikaattorit edustavat kestävyyden kriteerejä (*sustainability criterion*), joita taas käytetään päätöksenteossa. (NICOLE 2012b, s. 1) SuRF (Bardos et al. 2009, s. 7; SuRF-UK 2010, s. 28) on määritellyt kullekin kestävän kehityksen osa-alueelle kuusi kestävyysindikaattorikategoriaa Taulukon 3 mukaisesti.

Taulukko 3. *PIMA-kunnostushankkeiden kestävyyden indikaattorikategorioita. (SuRF-UK 2010, s. 28; suomennos: Ympäristöministeriö 2014, s. 137)*

Ympäristö	Sosiaaliset	Taloudelliset
Vaikutukset ilmaan	Vaikutukset ihmisten hyvinvointiin ja turvallisuuteen	Suorat kustannukset ja hyödyt
Vaikutukset maaperään	Eettisyys ja oikeudenmukaisuus	Epäsuorat kustannukset ja hyödyt
Vaikutukset veteen	Vaikutukset naapurustolle ja alueellisesti	Työllistäminen ja pääoman kasvu
Vaikutukset ekologiaan	Yhteisön osallistaminen ja tyytyväisyys	Omavaraisuus
Luonnonvarojen käyttö ja jätteiden tuotto	Yhdenmukaisuus poliittisten tavoitteiden kanssa	Elinikä ja projektin riskit
Vaikutukset maisemaan ja muu häiritsevyys	Luotettavuus ja epävarmuus	Projektin joustavuus

Arvioinnissa käytettävien indikaattorien/kriteerien tulisi edustaa kunnostuksen kestävyystavoitteita ja olla relevantteja päätöksenteon kannalta (ISO 18504, 2017; Apitz et al. 2011, s. 12). Niiden tulee myös olla muun muassa riittävän kattavia vaihtoehtojen vertailemiseksi, mutta toisaalta myös päällekkäisyyksiä tulisi välttää (Apitz et al. 2011, s. 12).

Kestävyyttä ei voida pelkistää yksittäisten indikaattorien tasolle tai kuvata yksittäisten mittareiden, kuten hiilijalanjäljen, kautta (Laurent et al. 2012; SuRF-UK 2020a, s. 6). Kestävyysarvioinnit ovat kohde- ja projektikohtaisia, ja eivätkä tarkasteltavat indikaattorit välttämättä ole mitattavissa vaan riippuvat pitkälti sidosryhmien tai asiantuntijoiden mielipiteistä. Myöskään eri kohteiden/hankkeiden kestävyysarvioinnit eivät usein ole suoraan verrattavissa. (Bardos et al. 2011, s. 87; SuRF-UK 2020a, s. 5–6)

3.3 Kestävyyden arviointimenetelmät ja -työkalut

Erilaisia sedimenttihankkeiden kestävyyteen tai sen osa-alueisiin liittyviä tekijöitä voidaan jäsennellä monimutkaisuudeltaan eritasoisilla arviointimenetelmillä (McNally et al. 2020), joista eräitä on käsitelty tässä luvussa. Lisäksi tässä luvussa on käsitelty näitä arviointimenetelmiä hyödyntäviä erilaisia työkaluja. Luvuissa 3.3.2 ja 3.3.3 on tarkasteltu tarkemmin kahta työkalua, SURE:a ja SiteWisea, koska niitä on käytetty myöhemmin tämän työn tutkimusosiossa. Lisäksi luvussa tarkastellaan kirjallisuusesimerkkejä sedimentteihin liittyvistä kestävyysarvioinneista.

3.3.1 Yleistä arvioinnin tasoista, menetelmistä ja työkaluista

Kestävyysarviointeja voidaan tehdä monella eri tasolla riippuen muun muassa lähtötietojen saatavuudesta ja kohteen monimutkaisuudesta (englanniksi *tiered approach,* vapaasti suomennettuna tasottainen lähestymistapa) (SuRF-UK 2010, s. 21; Holland et al. 2011, s. 17; McNally et al. 2020). SuRF-UK jaottelee kestävyysarvioinnit monimutkaisuudeltaan kolmelle eri tasolle (Taulukko 4): kvalitatiivisiin eli laadullisiin, semikvantitatiivisiin sekä kvantitatiivisiin eli määrällisiin/laskennallisiin arviointeihin. Päätöksenteon tulisi perustua yksinkertaisimmalle kestävyysarvioinnin tasolle, joka tarjoaa riittävän vankkaa ja hyväksyttävää tietoa päätöksenteon tueksi. (SuRF-UK 2010, s. 21–22) Monimutkaisemmalle tasolle tulisi siirtyä vain, jos se on päätöksenteon kannalta tarpeellista (SuRF-UK 2020a, s. 18). Mitä monimutkaisemmalla kestävyysarvioinnin tasolla liikutaan, sitä todennäköisemmin saadaan tarkempia tuloksia, mutta lähtötietoa tarvitaan enemmän ja myös arvioinnin kustannukset ja työmäärä ovat suurempia (SuRF-UK 2010, s. 21–22).

Taulukko 4. *Kunnostuksen kestävyysarvioinnin tasot, niiden soveltuvuus erilaisiin kohteisiin ja esimerkkejä eritasoisista arviointimenetelmistä. (Muokattu lähteestä Holland et al. 2011, s. 18-19)*

	Taso 1	**Taso 2**	**Taso 3**
Kuvaus	Kvalitatiivinen Yksinkertainen: perustuu arvioitavan hankkeen merkittävimpiin kestävyysnäkökulmiin	Semikvantitatiivinen Yksityiskohtaisempi: keskittyy muutamaan kohdekohtaiseen aihealueeseen/indikaattoriin täydennyksenä tason 1 arviointeihin	Kvantitatiivinen Yksityiskohtainen: kohdekohtainen ja perusteellinen tarkastelu käytettävistä menetelmistä, prosesseista ja tekniikoista
Soveltuvuus	Pienemmät kohteet, joissa on rajallinen aikataulu, budjetti ja resurssit; joissa riskit ovat pieniä tai kohde on yksinkertainen; *ja* jotka eivät todennäköisesti hyötyisi monimutkaisemmasta arvioinnista	Kohtalaisen monimutkaiset kohteet *tai* kohteet, joissa on tarve syvällisemmälle sidosryhmien huomioimiselle ja osallistumiselle	Kohteet, jotka ovat huomattavan monimutkaisia; joissa sidosryhmien huomioimisen ja osallistumisen tarve voi olla huomattavan suuri; *ja* joista on saatavilla tarvittavia tietoja
Esimerkkejä menetelmistä	Tarkastuslistat Parhaat käytännöt (*Best Management Practices*) Alan ohjeistukset Arviointimatriisit Luokittelut	Taulukkopohjainen arviointi Pisteytykseen ja painokertoimiin perustuvat menetelmät Yksinkertainen kustannus-hyöty-analyysi Altistumissimulaatiot Päästölaskelmat	Elinkaariarviointi Monimutkainen kustannus-hyöty-analyysi Sijoitetun pääoman sosiaalisen tuoton laskenta

Yksinkertaisimmillaan kestävyysarvioinnin voi toteuttaa kvalitatiivisen lähestymistavan avulla, kuten tarkastuslistojen avulla, sidosryhmien välisten keskustelujen kautta, sanallisesti kuvaillen tai asettelemalla arvioitavat vaihtoehdot järjestykseen parhaimmasta huonoimpaan kunkin tarkastellun kestävyysindikaattorin osalta ottamatta kantaa siihen, kuinka suuria erot vaihtoehtojen välillä ovat (SuRF-UK 2010, s. 21; SuRF-UK 2020a, s. 20). Kvalitatiivinen arviointi soveltuu paremmin pienempiin tai yksinkertaisempiin hankkeisiin (ISO 18594, 2017). Sen avulla on mahdollista tarkastella laajaa indikaattorivalikoimaa (SuRF-UK 2020, s. 18), mutta heikkoutena on mahdollinen tulosten subjektiivisuus, suurempi arvioinnin epävarmuus ja yksityiskohtaisuuden puuttuminen (ISO 18594, 2017; McNally et al. 2020). Kvalitatiivisella arvioinnilla ei välttämättä saada nostettua esille kaikkia tärkeitä eroavaisuuksia tarkasteltujen vaihtoehtojen välillä, ja monimutkaisemmat vertailut, kuten eri ruoppausmenetelmien tai haitta-aineen eri tavoitetasojen vertailut, voivat vaatia tarkempaa kvantitatiivista tarkastelua (Fitzpatrick 2019; McNally et al. 2020).

Kestävyysarvioinnin seuraava taso on analyyttisempi, semikvantitatiivinen arvio, jossa voidaan käyttää esimerkiksi pisteytyksiin ja painokertoimiin perustuvia menetelmiä (SuRF-UK 2010, s. 21; SuRF-UK 2020a, s. 20). Semikvantitatiiviset arvioinnit antavat lukemia, mutta niistä puuttuu usein tarkkuutta (Fitzpatrick 2019).

Kolmannen tason kestävyysarvioinneissa käytetään monimutkaisempia kvantitatiivisia analyyseja, kuten elinkaariarviointeja tai vaikutusten rahamääräistä arviointia kustannus-

hyötyanalyysillä (SuRF-UK 2010, s. 21; SuRF-UK 2020a, s. 20). Kvantitatiivisen arvioinnin etuna voidaan pitää sitä, että numeroita voi olla helpompi ymmärtää, verrata ja kommunikoida kuin kvalitatiivisia arvioita, jolloin myös arvioinnista saatavat tulokset voivat mahdollisesti olla vähemmän kiistanalaisia (ISO 18504, 2017). Toisaalta kvantitatiivinen arviointi on tyypillisesti kalliimpaa, työläämpää ja hitaampaa kuin kvalitatiivinen arviointi (SuRF-UK 2010, s. 21; ISO 18504, 2017; SuRF-UK 2020a, s. 37). Yksityiskohtaisempi arviointi ei myöskään välttämättä tuota luotettavampia tuloksia kvalitatiiviseen arviointiin verrattuna (Smith & Kerrison 2013; SuRF-UK 2020a, s. 37). Lisäksi Beames et al. (2014) mukaan kvantitatiiviset arviotkaan eivät välttämättä ole täysin objektiivisia, sillä laskennassa käytetyt rajaukset voivat vaikuttaa tarkasteltujen indikaattoreiden, kuten energiankulutuksen tai hiilijalanjäljen, saamiin arvoihin. Joitakin indikaattoreita voi myös olla vaikea arvioida kvantitatiivisesti (ISO 18504, 2017).

Kvantitatiivista dataa, jota voidaan käyttää ympäristö-, sosiaalisten ja taloudellisten vaikutusten arvioinnissa, ovat esimerkiksi arviot syntyvien päästöjen, syntyvän jätteen ja käytettyjen raaka-aineiden määrästä, kuljetusten määrästä, arviot ihmisille ja eliöstölle aiheutuvista riskeistä, ja arviot kustannuksista ja hankkeen kestosta (SuRF 2011; Apitz et al. 2017; Braun et al. 2021). Myös paikkatietojärjestelmiä (GIS, *geographic information system*) on hyödynnetty toiminnasta aiheutuvien häiriöiden kvantitatiivisessa arvioinnissa, esimerkiksi vertailemalla virkistyskäyttöalueiden, infrastruktuurin sekä vesistön ja ranta-alueiden elinympäristöjen päällekkäisyyksiä kunnostettavien alueiden kanssa (Apitz et al. 2017). Ympäristöön ja talouteen liittyviä indikaattoreita voi olla helpompi arvioida kvantitatiivisesti kuin sosiaalisia indikaattoreita (McNally et al. 2020; Braun et al. 2021).

SuRF on koonnut *Metrics Toolbox* -nimisen koosteen kunnostuksen kestävyyden arvioimiseen ja mittaamiseen sopivista mittareista, joita voidaan käyttää kunnostuksen eri vaiheissa (Butler et al. 2011). Mittareita voisi mahdollisesti hyödyntää myös sedimenttihankkeille, vaikkakin kestävyysnäkökulmat voivat olla osittain eri hankkeesta riippuen.

Kestävyysarviointiin on olemassa useita erilaisia analysointimenetelmiä, joita on käytetty PIMA-kunnostuksissa sekä pilaantumattomien ja pilaantuneiden sedimenttien kestävyysarvioinneissa (luku 3.4). Näitä ovat muun muassa elinkaarianalyysit (*Life Cycle Assessment*, LCA) ja jalanjälkianalyysit, monikriteerianalyysit (*Multi-Criteria Analysis*, MCA, tai *Multi-Criteria Decision Analysis*, MCDA) sekä kustannus-hyöty- tai kustannus-tehokkuusanalyysit (SuRF-UK 2010; McNally 2020).

LCA:n avulla voidaan arvioida tuotteen, prosessin tai palvelun elinkaaren aikaisia ympäristövaikutuksia. Arviointi voi kattaa koko elinkaaren raaka-aineiden valmistuksesta

jätteen käsittelyyn tai myös rajatumman osan elinkaaresta. (Thorn et al. 2011) LCA voi olla verrattain kallista ja vaatii suuren määrän dataa, mikä voi rajoittaa sen käyttöä hankkeissa (National Research Council 2011, s. 61; McNally et al. 2020). Lisäksi rajausten tekeminen voi olla haastavaa (National Research Council 2011, s. 61). LCA voi kuitenkin olla hyödyllinen esimerkiksi ruoppausmassan läjityspaikan valinnassa, erityisesti jos läjityspaikat ovat kiistanalaisia, hankkeessa edellytetään laajamittaisempaa ympäristövaikutusten arviointia ja/tai läjitysvaihtoehtojen elinkaaren aikaiset toiminnot eroavat toisistaan huomattavasti (Bates et al. 2015).

Jalanjälkianalyysin avulla voidaan tarkastella ympäristöindikaattoreita, kuten kasvihuonekaasupäästöjä, resurssien kulutusta tai syntyvän jätteen määrää laskennallisesti. Tietyillä jalanjälkityökaluilla, kuten SiteWisella, on mahdollista arvioida ympäristöindikaattorien lisäksi muun muassa työntekijöiden onnettomuusriskejä. (McNally et al. 2020) Jalanjälkianalyysi ei ole menetelmänä yhtä laaja ja tarkka kuin LCA. Jalanjälkianalyysityökaluja on kuitenkin vapaasti saatavilla, minkä vuoksi se voi sopia yksinkertaisemmille projekteille hyvin. (Favara et al. 2011, s. 44; McNally et al. 2020) On kuitenkin hyvä huomioida, että esimerkiksi ympäristöä koskevassa jalanjälkianalyysissa ei huomioida kestävyyden muita osa-alueita, sosiaalista ja taloudellista kestävyyttä (McNally et al. 2020).

Monikriteerianalyysi (käytetään myös muun muassa suomennosta ”monitavoitteinen päätösanalyysi”, Marttunen et al. 2008, s. 8) on tyypillinen päätöksenteon tukena käytetty, jäsennelty menetelmä vaihtoehtojen vertailuun. MCA:ssa vaihtoehdoista aiheutuvia vaikutuksia, kuten vaikutuksia liikenteeseen, pitkäaikaisiin riskeihin ja energiankulutukseen, arvioidaan ja pisteytetään niiden suuruuden perusteella, ja lisäksi vaikutuksille voidaan antaa painokertoimia sen perusteella, kuinka tärkeäksi ne nähdään. (SuRF-UK 2010, s. 51) MCA-menetelmiä on useita, ja ne eroavat muun muassa sen suhteen, miten preferenssejä eri tavoitteiden välillä vertaillaan. Koska MCA:ssa yleensä tehdään yhteistyötä sidosryhmien kanssa tavoitteiden ja vaihtoehtojen jäsentämiseksi, voi prosessi lisätä suunnitelman läpinäkyvyyttä ja hyväksyttävyyttä. (Marttunen et al. 2008, s. 12, 69)

Kustannus-hyötyanalyysissa kustannuksia ja hyötyjä vertaillaan muuttamalla ne rahallisiksi arvoiksi. Tavoitteena on käyttää yhteisiä yksiköitä erilaisten vaikutusten, kuten ihmisten terveyteen, ympäristöön ja maankäyttöön liittyvien vaikutusten ja sidosryhmäkysymysten arviointiin. Haasteena kuitenkin on, miten ja mitä vaikutuksia voidaan muuntaa rahallisiksi arvoiksi. Arvioinnissa voidaan päätyä yhdistelemään kvantitatiivisia ja kvalitatiivisia menetelmiä. Kustannus-hyötyanalyysin kaltainen menetelmä on kustannus-tehokkuusanalyysi, jossa kustannukset lasketaan tavanomaisella tavalla ja hyödyt pisteytetään erikseen, ja hyötyjen summa jaetaan kustannuksilla. (SuRF-UK 2010, s. 50) Muun muassa Vahanne & Vestola (2007), s. 69–72, on esittänyt sedimenttien

käsittelyvaihtoehtojen vertailuun melko yksinkertaisen tarkastelumallin/työkalun, jossa tarkastellaan vaihtoehtojen (kvalitatiivisesti) arvioituja hyötyjä tai vaikutuksia suhteessa kokonaiskustannuksiin.

Kestävyysarvioinnin apuna voidaan käyttää erilaisia valmiita arviointityökaluja, joita on kehitetty useita muun muassa PIMA-hankkeille (muutamia koottu Taulukkoon 5). Eri työkalut painottavat kestävyyden osa-alueita eri tavoin (Huysegoms & Cappuyns 2017).

Taulukko 5. *Joidenkin kestävyysarviointityökalujen indikaattorivalikoiman kattavuus suhteessa SuRF-UK:n (2011) kestävyysindikaattorikategorioihin. Taulukossa 0 = työkalu ei sisällä lainkaan indikaattorikategoriaan kuuluvia indikaattoreita, 1 = työkalu sisältää joitakin kategoriaan kuuluvia indikaattoreita ja 2 = työkalu sisältää kaikki kategoriaan kuuluvat indikaattorit. Muokattu lähteistä (Huysegoms & Cappuyns 2017; Nihtilä 2016).*

Työkalun nimi	Lähestymistapa (Nihtilä 2016 mukaan)	Indikaattorivalikoiman kattavuus (Huysegoms & Cappuyns 2017)														
		Ympäristö					Sosiaaliset					Taloudelliset				
		Ilma	Maaperä	Vesi	Ekologia	Resurssit & jätteet	Terveys & turvallisuus	Arvot & tasa-arvo	Naapurusto	Yhteisö & osallistaminen	Varmuus & näyttö	Suorat kustannukset & hyödyt	Epäsuorat kustannukset & hyödyt	Työllisyys	Aiheutetut kustannukset & hyödyt	Elinkaari & joustavuus
DESYRE	Monikriteerianalyysi	2	2	1	0	0	2	0	0	1	1	2	0	0	0	1
PIRTU	Monikriteerianalyysi	2	1	1	1	1	2	0	1	0	0	1	1	0	0	0
GoldSet	Monikriteerianalyysi	1	2	1	2	2	2	1	2	1	1	2	1	2	1	1
REC	Monikriteeri-, elinkaarianalyysi	2	2	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	2
SCORE	Monikriteerianalyysi	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	1	0	2
SiteWise	Jalanjälkianalyysi	2	0	0	0	2	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1
SRT	Elinkaarianalyysi	2	2	1	0	1	1	0	0	0	1	2	0	0	0	1

Useimmista taulukossa olevista työkaluista ei löydetty julkaisuja käytöstä nimenomaan sedimenttien kestävyysarvioinnissa, joten niiden soveltuvuus tähän tarkoitukseen on epävarmaa. Taulukossa olevien työkalujen lisäksi muun muassa ruoppausmassojen loppusijoituksen ja hyötykäytön kestävyyden ja ympäristövaikutusten arviointiin on kehitetty työkaluja. Tällainen työkalu on esimerkiksi US EPA:n (2021) ruoppausmassojen päätöksentekotyökalu (*Dredged Material Decision Tool,* DMDT). Lisäksi skotlantilainen Strathclyden yliopisto on julkaissut BROADSEAT (*Beneficial Reuse Of Any Dredged Sediment Environmental Assessment Tool*) -työkalun, jonka avulla voi verrata ruoppausmassan hyötykäyttövaihtoehdon etuja ja haittoja suhteessa perinteisemmin käytettyyn ruoppausmassan sijoitustapaan (Lord & Torrance 2021). Sedimenttihankkeiden kestävyyden arvioinnissa on käytetty muitakin arviointityökaluja (muun muassa SEEI+BeST, ”*Social, Environmental, & Economic Impact + Benefit Sustainability Tool*”, ja AqSRT, ”*AECOM Qualitative Sustainable Remediation Tool*”) (Fitzpatrick 2019), jotka eivät kuitenkaan tiettävästi ole vapaasti saatavilla. Lisäksi PIMA-hankkeiden kestävyyden

arviointiin on Suomessa kehitetty vapaasti saatavilla oleva KESY-työkalu (Pirkanmaan ELY-keskus 2023), jossa on huomioitu ympäristö-, taloudellisia-, sosiaalisia- ja terveysnäkökulmia. Tätä työkalua on käytetty myös sedimentin kunnostuksen kestävyysarviointiin, joskin ekologisen riskin huomioiminen koettiin työkalussa rajoittuneeksi (Itkonen & Hyttinen 2023, s. 36–37).

Kestävyysarvioinneissa vähemmän tärkeää on, mitä yksittäistä työkalua arviointiin käytetään. Tärkeämpää on, että arviointiprosessi on selkeä ja hyvin dokumentoitu, kestävyysnäkökulmia on tarkasteltu eri sidosryhmien näkökulmista, ja että käytetty lähtötieto ja tehdyt oletukset ovat perusteltuja. Kestävyysarviointityökalujen tarkoituksena on tukea kestävyysarviointeja ja päätöksentekoa, eikä niinkään toimia itse kestävyysarviointina. (SuRF-UK 2010, s. 29) Toisaalta Beames et al. (2014) mukaan arviointityökalujen sisältämät indikaattorit, indikaattorien mittarit sekä painotuksen periaatteet vaihtelevat, millä voi olla vaikutusta myös työkaluista saataviin tuloksiin.

3.3.2 SURE-monikriteerianalyysityökalu

Ramboll SURE on kestävän kunnostuksen suunnitelmien arviointia, raportointia ja niistä viestimistä varten kehitetty digitaalinen alusta (Ramboll 2021a), ja toinen tämän työn tutkimusosiossa tarkastelluista kestävyydenarviointityökaluista. Työkalu on kehitetty Suomessa ISO 18504:2017-standardin mukaisesti (Laitinen et al. 2022, s. 42).

SURE voidaan menetelmällisesti luokitella monikriteerianalyysiksi (Ramboll 2021b). Indikaattorit on jaettu kolmeen pääkategoriaan (ympäristö, yhteiskunta ja talous), ja jokaisen pääkategorian alla on viisi alakategoriaa. Yhteensä erilaisia kestävyysindikaattoreita on työkalussa 73. (Ramboll 2021a) Työkaluun valitut indikaattorit perustuvat SuRF-UK:n (2020b) indikaattorikokoelmiin kunnostushankkeen kestävyysarvioinneille. Lisäksi on mahdollista lisätä omia indikaattoreita. SURE:ssa indikaattorien vertailuun käytetään semikvantitatiivista lähestymistapaa (Ramboll 2022a).

Aluksi projekti luodaan syöttämällä työkaluun projektitiedot ja asettamalla tarvittavat rajaukset. Projektille voidaan tässä vaiheessa määritellä tavoitteet, kestävyysarvioinnin käyttötarkoitukset, vertailtavat vaihtoehdot, vertailussa käytettävät menetelmät, projektin sidosryhmät sekä miten kestävyysarvioinnin epävarmuudet tunnistetaan ja miten niiden arvioidaan vaikuttavan arvioinnin lopputulokseen. Lisäksi rajauksessa määritellään alueelliset, ajalliset ja elinkaaren reunaehdot: tehdäänkö arviointi siis globaalista vai paikallisesta näkökulmasta, minkä aikavälin vaikutuksia tarkastellaan, ja mitkä elinkaaren vaiheet ja niiden prosessit arviointiin sisällytetään? (Ramboll 2021a; Ramboll 2022a)

Tämän jälkeen valitaan kunnostusvaihtoehtojen vertailussa käytettävät, projektin kannalta olennaisimmat indikaattorit. Lisäksi valituille indikaattoreille annetaan painotuskerroin asteikolla 1–5, jossa viisi kuvastaa suurinta tärkeyttä muihin indikaattoreihin verrattuna. Suositeltavaa on myös antaa perustelu valituille painokertoimille. Eri kunnostusvaihtoehtoja verrataan pisteyttämällä valitut indikaattorit myös asteikolla 1–5, jossa viisi on paras ja yksi huonoin lukema ympäristö-, sosiaalisten tai taloudellisten vaikutusten kannalta. Esimerkiksi suuria kasvihuonekaasupäästöjä aiheuttaville vaihtoehdoille annetaan pienet pisteet niitä koskevan indikaattorin osalta. Ohjeistuksen mukaan pisteytyksen tulisi olla suhteellista niin, että vaihtoehdoille annetaan samat pisteet, jos niiden väliset erot ovat marginaalisia. (Ramboll 2021a; Ramboll 2022a)

SURE tuottaa automaattisesti arvioinnin pohjalta yhteenvedon tuloksista ympyräkaavioiden ja palkkikaavioiden muodossa. Tuloksista voidaan tarkastella muun muassa kunkin kestävyyden pääkategorian saamaa painoarvoa sekä eri vaihtoehtojen saamia kokonaispistemääriä. Tulosten saamisen jälkeen voidaan korjata arviointia, lähettää arviointi sidosryhmäläisille tarkistettavaksi ja kommentoitavaksi tai jatkaa SURE:n luoman raportin julkaisemiseen. (Ramboll 2021a; Ramboll 2022a) Julkaistuja PIMA-kestävyysarviointeja, joissa SURE:a on käytetty, ovat mm. Ramboll (2022b) ja Concawe (2023), s. 45–52.

3.3.3 SiteWise-jalanjälkianalyysityökalu

SiteWise on kvantitatiivinen kunnostusvaihtoehtojen ympäristöjalanjäljen arviointiin kehitetty Excel-pohjainen kestävyydenarviointityökalu, ja toinen tutkimusosiossa tarkastelluista työkaluista. Työkalu on Yhdysvaltain laivaston, maavoimien, USACE:n (*U. S. Army Corps of Engineers*) sekä Battelle-instituutin yhteistyössä kehittämä ja on vapaasti saatavilla. (Moore & Sirabian 2018, s. 7) Työkalun uusimmassa päivityksessä lisättiin myös sedimenttikohtaisia toimintoja ja materiaaleja, eli työkalulla on mahdollista arvioida myös muun muassa imu- ja kauharuoppauksen, sedimenttien peittämisen ja silttiverhojen käytön aiheuttamia vaikutuksia (McNally 2015). Jalanjälkianalyysina SiteWise soveltuu tason 2 tai 3 arviointiin (McNally et al. 2020).

SiteWisessa jokainen kunnostusvaihtoehto voidaan aluksi jaotella komponentteihin esimerkiksi kunnostusmenetelmään kuuluvien eri toimenpiteiden tai hankkeen eri vaiheiden mukaan. SiteWise luo oman laskentatiedoston jokaiselle komponentille ja laskee aluksi ympäristöjalanjäljen jokaiselle komponentille erikseen. Tämän jälkeen eri komponenttien jalanjäljet lisätään yhteen kunnostusvaihtoehdon kokonaisjalanjäljen arvioimiseksi. Laskenta on jaettu osiin kestävyysarvioinnin päällekkäisyyksien vähentämiseksi ja jotta

voitaisiin paremmin tunnistaa niitä kunnostuksen osatekijöitä, joilla on suurin merkitys ympäristövaikutusten kannalta. (Moore & Sirabian 2018, s. 13)

SiteWisen sisältämiä kestävyysmittareita ovat kasvihuonekaasupäästöt, energiankäyttö, uusiutuvan sekä uusiutumattoman sähkön käyttö, ilmapäästöt (rikin oksidit, typen oksidit, pienhiukkaset), veden käyttö, resurssien käyttö ja onnettomuusriskit. Lisäksi työkaluun voi kunkin komponentin kohdalle syöttää arvioita kokonaiskustannuksista ja kestosta. Laskennassa tarvittavia lähtötietoja ovat muun muassa toiminnassa tarvittavat materiaalit ja niiden tuotanto; materiaalien, kaluston ja henkilöstön kuljetukset; paikan päällä tapahtuva toiminta, kuten kaluston käyttö; ja jätteiden käsittely. Työkalu sisältää jonkin verran oletusarvoja, mutta käyttäjä voi myös syöttää niiden tilalle omia arvojaan. (Moore & Sirabian 2018, s. 13, 21, 32) Esimerkiksi moni työkalun käyttämistä päästökertoimista on yhdysvaltalaisista lähteistä. Nämä voi halutessaan korvata suomalaisilla tai eurooppalaisilla arvoilla.

Tapaustutkimuksia SiteWisen käytöstä sedimentin kunnostuksen kestävyysarvioinnissa on erityisesti yhdysvaltalaisista kohteista (mm. Bullard et al. 2015, s. 26–39). SiteWisea on käytetty myös osana laajempaa sedimentin kestävyysarviointia esimerkiksi ilmapäästöjä, energiankulutusta ja työturvallisuutta koskevien indikaattorien mittaamisessa (mm. Tetra Tech Inc. 2013, liite F; McNally et al. 2017).

3.4 Sedimenttien kestävyysarviointeja kirjallisuudessa

Sedimenttien ja ruoppausmassojen kunnostuksen, käsittelyn ja loppusijoitus/hyötykäyttövaihtoehtojen kestävyysnäkökulmiin liittyen on tehty useita arviointeja erilaisilla menetelmillä ja työkaluilla, joita ovat muun muassa edellä käsitellyt MC(D)A ja LCA (Taulukko 6). Toisaalta on hyvä huomata, että esimerkiksi jalanjälkianalyysi tai pelkkä LCA itsessään ei välttämättä edusta vielä kaikkia kestävyyden osa-alueita. Joissain kestävyysarvioinneissa on myös käytetty useita eri menetelmiä (muun muassa Zheng et al. 2019, Fitzpatrick et al. 2017) kestävyyteen liittyvien eri osa-alueiden huomioimiseksi.

Taulukko 6. *Sedimenttien ja ruoppausmassojen kunnostamisesta, käsittelystä ja loppusijoituksesta/hyötykäytöstä tehtyjä kestävyyteen liittyviä arviointeja.*

Kohteen sijainti	**Konteksti/kohteen kuvaus**	**Menetelmä/työkalu**	**Lähde**
Saksa	Ruoppausmassojen loppusijoitus- ja hyötykäyttövaihtoehtojen vertailu; Ruoppausmassa vaihtelevasti haitta-ainepitoista ja peräisin uudis-, kunnossapito- ja ympäristöruoppauksista.	MCDA	Scheffler et al. (2014)
Connecticut, New York & Rhode Island, USA	Ruoppausmassojen loppusijoitusvaihtoehtojen vertailu	LCA, MCDA	Bates et al. (2015); Collier et al. (2014)
Italia	Pilaantuneiden sataman ruoppausmassojen käsittelymenetelmien ympäristövaikutuksien vertailu	LCA	Pasciucco et al. (2021)
Ruotsi	Vertailu lievästi haitta-ainepitoisen ruoppausmassan kaatopaikkasijoittamisen ja maanparannuksessa hyötykäytön ympäristövaikutuksista	LCA	Ferrans et al. (2022)
Norja	Vuonon pilaantuneen sedimentin kunnostusvaihtoehtojen (eri laajuiset peittämisratkaisut) vertailu päätöksenteon tukemiseksi	MCDA (hyödyntäen mm. LCA:sta saatuja tuloksia)	Sparrevik et al. (2012)
Maryland, USA	Jokisuualueen pilaantuneen sedimentin kunnostusvaihtoehtojen vertailu	Kvalitatiivinen arviointi, MCDA, jalanjälkianalyysi (SiteWise), riskiarvioinnit ym.	Tetra Tech inc. (2013)
Kalifornia, USA	Rannanläheisten pilaantuneiden sedimenttien kunnostusvaihtoehtojen vertailu	Jalanjälkianalyysi (SiteWise)	Battelle (2014), Bullard et al. (2015) mukaan
Havaiji, USA	Avoveden pilaantuneiden sedimenttien kunnostusvaihtoehtojen vertailu	Jalanjälkianalyysi (SiteWise)	AECOM (2015), Bullard et al. (2015) mukaan
Oregon, USA	Pilaantuneiden jokisedimenttien kunnostusvaihtoehtojen vertailu; ”mega-sedimenttikohde”, kunnostettava osuus noin 16 km pitkä	Ympäristövaikutusten ja -hyötyjen analyysi (sis. mm. SiteWise- ja paikkatietoon pohjautuvan arvioinnin); siihen pohjautuva kustannus-hyötyanalyysi; alueellisten taloudellisten vaikutusten arviointi; sidosryhmien arvojen arviointi (Stakeholder Values Assessment) -MCDA	Fitzpatrick et al. (2017), Apitz et al. (2017), Harrison et al. (2017), McNally et al. (2017)
Taiwan	Jokialueen pilaantuneen sedimentin kunnostusvaihtoehtojen vertailu	Terveysriskien arviointi, kustannus-hyötyanalyysi, LCA & MCDA	Zheng et al. (2019)

Tarkasteltujen kriteerien/indikaattorien määrä voi vaihdella monikriteerianalyysiin perustuvissa kestävyysarvioinneissa paljon, esimerkiksi muutamasta (Sparrevik et al. 2012) moneen kymmeneen kriteeriin/indikaattoriin (Apitz et al. 2017). Toisaalta yksittäistä indikaattoria voitiin myös analysoida melko laajasti, esimerkiksi tarkastelemalla ympäristövaikutuksia koskevaa indikaattoria LCA:n avulla (Sparrevik et al. 2012). Taulukossa 6 LCA-arvioinneissa taas tarkasteltiin tyypillisiä elinkaariarvioinneissa esiintyviä indikaattoreita, muun muassa erilaisia ilmastonmuutokseen, luonnonvarojen käyttöön, rehevöitymiseen ja happamoitumiseen, otsonikatoon, pienhiukkaspäästöihin ja toksisuuteen liittyviä vaikutuksia (Bates et al. 2015; Pasciucco et al. 2021; Ferrans et al. 2022).

Erääksi haasteeksi ja/tai epävarmuuden lähteeksi useissa Taulukossa 6 esitetyissä kestävyysarvioinneissa, erityisesti monikriteerianalyysiin perustuvissa arvioinneissa, oli tunnistettu puutteet lähtötiedoissa tai referenssidatassa (Scheffler et al. 2014; Zheng et al. 2019), jonka seurauksena ei välttämättä pystytty tarkastelemaan joitain mahdollisia vaihtoehtoja (Scheffler et al. 2014). Myös esimerkiksi epävarmuus kunnostusvaihtoehdoilla saavutettavasta riskien vähenemästä nostettiin esille (Apitz et al. 2017).

Kvalitatiivisista kestävyysarvioinneista, jotka tarkastelisivat sedimenttikohteita, oli hankalampaa löytää julkaistuja tutkimusartikkeleita. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, etteikö kvalitatiivisia tarkasteluita kestävyysnäkökulmista tehtäisi osana joitain sedimenttihankkeita. Myös kvalitatiivinen kestävyysarviointi voi toimia joissain tapauksissa hyvänä päätöksenteon pohjana, kuten PIMA-kohteista/kunnostuksista tehdyissä kvalitatiivisissa kestävyysarvioinneissa on todettu (Smith & Kerrison 2013; Li et al. 2019).

4. MATERIAALIT JA MENETELMÄT

Tässä luvussa esitellään kohde, jota tarkastellaan kestävyysarvioinnissa. Lisäksi esitellään arvioinnissa tarkastellut kunnostusvaihtoehdot, arvioinnin toteuttaminen ja arvioinnissa käytetyt menetelmät ja oletukset.

4.1 Tarkasteltavan kohteen kuvaus: Viinikanoja ja Viinikanlahti

Viinikanoja sijaitsee Tampereen keskustan eteläpuolella Hatanpään ja Ratinan kaupunginosien välissä ja laskee Iidesjärvestä Pyhäjärven koillisosassa sijaitsevaan Viinikanlahteen (Kuva 2). Ojan läheinen Viinikanlahden ranta muodostuu pääosin vanhoista täyttöalueista. Alue on aikaisemmin toiminut lähinnä teollisuus- ja varastoalueena ja on ollut tähän asti suurelta osin Viinikan jätevedenpuhdistamon käytössä, joka poistuu käytöstä Sulkavuoren keskuspuhdistamon valmistuessa arviolta vuonna 2025. Viinikanlahden alueen asemakaava on vireillä, ja tavoitteena on vapauttaa alue asuin- ja virkistyskäyttöön. Lisäksi osana alueen rakentumista on suunniteltu vesistötäyttöjä puhdistamon edustalle. (Tampereen kaupunki 2019; Sitowise 2020) Vireillä olevassa asemakaavassa rantavyöhyke on kaavoitettu yleiseksi puistoksi, jossa sijaitsisi muun muassa uimaranta, leikkipaikka sekä vesiurheiluun ja harrastamiseen kehitettävä soutu- ja melontakeskus. Lisäksi alueelle on kaavoitettu muitakin julkisia palveluita, muun muassa koulu. (Tampereen kaupunki 2022)

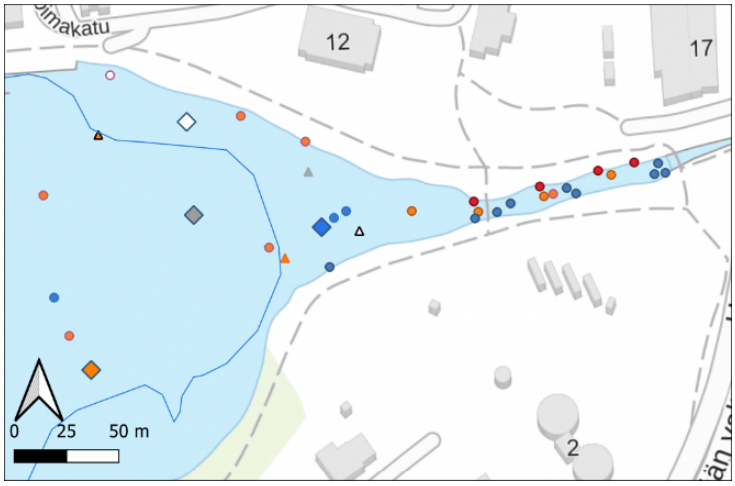
Kuva 2. *Ilmakuva Viinikanlahden ja Viinikanojan alueelta. Muokattu lähteestä (Ortoilmakuva, Maanmittauslaitos, n. d.).*

Viinikanojan ja Viinikanlahden valuma-alueella on historiallisesti sijainnut paljon teollisuutta, kuten romuttamotoimintaa, tekstiili-, muovi-, kenkä-, nahka- ja metalliteollisuutta sekä kondensaattoritehdas. Tehtaiden jätevesiä on aikoinaan laskettu vesistöihin, ja lisäksi haitta-aineita arvellaan kantautuneen Viinikanojan kautta alueelle myös muun muassa vanhalta Nekalan kaatopaikalta. Sedimenttien pilaantumisen merkittävin aiheuttaja on kuitenkin todennäköisesti ollut Hatanpäällä 1960–1980-luvuilla toiminut kondensaattoritehdas, jonka epäillään laskeneen jätevesiä käsittelemättöminä Viinikanojaan. (Sitowise 2020; Tampereen kaupunki 2022)

Viinikanlahden ja Viinikanojan sedimenteissä on todettu erityisesti kohonneita PCB-yhdisteiden pitoisuuksia sekä myös muita haitta-aineita, kuten tributyylitinaa, öljyhiilivetyjä, dioksiineja, PAH-yhdisteitä sekä metalleja. Viinikanlahden sedimentin haitta-ainepitoisuuksista on tehty useita selvityksiä, muun muassa Sitowise Oy:n toteuttaman Viiinikanlahden sedimentin haitta-ainepitoisuuksien ekologisten riskien arvioinnin (2019 ja 2022) yhteydessä. Viinikanlahden tutkimuksista saaduissa tuloksissa on paikallista vaihtelua, mikä kuvaa alueen virtausten, kerrostumisen, eroosion sekä kuljetuksen yhteyttä haitta-aineiden esiintymiseen. Esimerkiksi Hatanpään tutkimuksissa todettiin lähinnä muutaman metallin kynnysarvoylityksiä, kun taas muissa selvityksissä mitattiin muun muassa juurikin PCB:n kynnys- ja ohjearvojen ylityksiä. (Sitowise 2020; Sitowise 2022) Viinikanojan sedimenttiä tutkittiin omana osa-alueenaan vuoden 2019 tutkimuksissa, jolloin näytteitä otettiin ojasta kolmesta pisteestä. Lisäksi vuosina 2021 ja 2022 Viinikanojan alueella tutkittiin sedimenttiä ottamalla kokoomanäytteitä kahdelta alueelta, Hatanpään valtatien länsipuolelta (Pyhäjärven puolelta) sekä tien itäpuolelta (Viinikanojan uoman puoleinen alue) ojan keskilinjan tienoilta. Pyhäjärven puoleisesta osiosta myös tutkittiin PCB:n pitoisuuksia rannan tuntumasta ojan pohjoiselta ja eteläiseltä puolelta. Viinikanojan kokoomanäytteiden tuloksia on koottu Taulukkoon 7, ja eri tutkimuksista saatuja tuloksia Viinikanlahden ja Viinikanojan alueen korkeimmista todetuista pitoisuuksia eri pisteissä on koottu Kuvaan 3.

Taulukko 7. *PCB-pitoisuuksia Viinikanojan vuosina 2021–2022 tutkituista kokoomanäytteistä. Pitoisuudet ovat normalisoimattomia ja kuvaavat pitoisuutta kuiva-aineessa. Harmaalla väritetyt pitoisuudet ylittävät PIMA-asetuksessa (214/2007) määritellyn PCB:n kynnysarvon, keltaisella väritetyt alemman ohjearvon, punaisella väritetyt ylemmän ohjearvon ja sinisellä väritetyt Ympäristöministeriön (2019) oppaan mukaisen vaarallisen jätteen ohjeellisen raja-arvon.*

		Ojan keskilinja, Pyhäjärven puolella **mg/kg**	Ojan eteläinen ranta, Pyhäjärven puolella **mg/kg**	Ojan pohjoinen ranta, Pyhäjärven puolella **mg/kg**	Ojan keskilinja, Viinikanojan uoman puoleinen alue **mg/kg**
Syvyys m	**0,00–0,10**	2,9	51	0,77	0,11
	0,10–0,30	48	46	7,3	0,084
	0,30-	200	0,5	0,24	



Kuva 3. *Eri hankkeissa tehdyissä näytteenotoissa todettuja PCB:n pitoisuuksia Viinikanojan ja Viinikanlahden alueella. Kuvassa esitetyt pitoisuudet kuvaavat korkeinta kussakin pisteessä määritettyä pitoisuutta, ja syvyys, josta pitoisuus on määritetty, voi vaihdella. Harmaalla väritetyissä pisteissä korkein määritetty pitoisuus ylittää PIMA-asetuksessa (214/2007) määritellyn PCB:n kynnysarvon, oranssilla väritetyissä alemman ohjearvon, punaisella väritetyissä ylemmän ohjearvon ja sinisellä väritetyissä Ympäristöministeriön (2019) oppaan mukaisen vaarallisen jätteen ohjeellisen raja-arvon. Sinisellä viivalla on rajattu noin 6 m vesisyvyystaso. (Pohjakartan lähde: Taustakarttarasteri, Maanmittauslaitos)*

Korkeita PCB-pitoisuuksia on todettu erityisesti Viinikanojan Pyhäjärven puoleisessa päässä sekä ojan delta-alueella (Kuva 3). Ojan alueen on arvioitu olevan keskimäärin voimakkaimmin pilaantunut. Saatavilla olevan tiedon perusteella sekä ojan että lahden sedimentissä korkeimmat PCB-pitoisuudet esiintyvät pintakerrosta alemmissa kerroksissa. Toisaalta kuten Taulukosta 7 nähdään, ojan eteläisen rannan kokoomanäytteessä todettiin hyvin korkeita PCB-pitoisuuksia jo pinnassa.

Sedimentin kulkeutumiseen vaikuttaa paitsi Viinikanojan virtaus ja virtauksen mukanaan tuoma aines, myös Tammerkoskesta tuleva virtaus: Pyhäjärveen laskiessaan Tammerkoski jakautuu kahteen haaraan, ja itäinen osa virtaa Viinikanlahtea kohti ja kuljettaa ainesta rauhalliseen lahdenpohjukkaan. On mahdollista, että rantaan kaavaillut täytöt muuttavat veden virtausta alueella jonkin verran, jolla voi olla erilaisia vaikutuksia haitta-aineiden vapautumisen ja kulkeutumisen kannalta. (Sitowise 2020; Sitowise 2022) Pirkanmaan ympäristökeskuksen vuonna 2007 julkaistussa raportissa (Frisk et al. 2007), s. 58 arvioitiin, että PCB-yhdisteitä kulkeutui edelleenkin Viinikanlahdelta Pyhäjärven pohjoisosaan Viinikanlahden ja Nokianvirran välisille alueille. Tällöin (huomaa lähteen ikä) arvioitiin myös kalojen dioksiini- ja PCB-pitoisuuksien olevan myrkyllisyysarvion mukaan koholla, mutta alittavan elintarvikkeille asetetut raja-arvot (Frisk et al. 2007, s. 58).

PCB-yhdisteet ovat ryhmä synteettisiä öljymäisiä organoklooriyhdisteitä, ja ne ovat hitaasti hajoavia ja erittäin pysyviä ympäristössä. Vesiolosuhteissa PCB-yhdisteet sitoutuvat orgaaniseen ainekseen ja sedimenttiin ja kulkeutuvat pääosin niiden mukana, ja osa PCB:stä sedimentoituu pysyvästi pohjasedimenttiin. PCB-yhdisteiden akuutti myrkyllisyys on alhainen, mutta pidemmällä altistusajalla vaikutukset voimistuvat. PCB rikastuu ravintoketjussa ja kertyy varsinkin vesieliöihin. Nisäkkäillä mahdollisia terveysvaikutuksia ovat muun muassa lisääntymis- ja kehityshäiriöt ja haitalliset aineenvaihdunnan muutokset. PCB-yhdisteet myös luokitellaan ihmiselle syöpävaarallisiksi aineiksi. (Frisk et al. 2007, s. 41; Tuomisto et al. 2011, s. 4, 35)

Viinikanojan PCB-pitoisuuksien ei arvioida nykyisessä tai tiedossa olevassa toiminnassa aiheuttavan terveysriskejä. Toistuva altistus voi kuitenkin aiheuttaa myös terveysriskiä. Lisäksi on arvioitu, että PCB voi kuitenkin aiheuttaa ja on aiheuttanut tavanomaista selvästi korkeampaa altistusta pohjaeliöille ja kaloille sekä voi rikastua ravintoketjussa. On myös pidetty mahdollisena riskinä, että erittäin PCB-pitoista sedimenttiä voisi levitä Pyhäjärveen esimerkiksi rankkasateiden tai alueella suoritettavien kaivutöiden myötä.

Viinikanlahden riskinarvioiden (Sitowise 2020; Sitowise 2022) perusteella haitta-aineiden ei arvioitu aiheuttavan merkittäviä riskejä nykyisessä tai tiedossa olevassa toiminnassa. Riskinarvioissa arvioitiin, että lieviä tai kohtuullisia riskejä voisi alueella aiheutua sedimentin suspendoitumisesta esimerkiksi ruoppausten, täyttöjen ja muun vesistörakentamisen seurauksena ja haitta-aineiden uudelleenvapautumisesta. Tällöin merkittävimpiä altistujia olisivat lähinnä pohjaeliöt ja -kalat. Myös alueella tapahtuvia rinnevalumia tarkasteltiin mahdollisena sedimentin suspension aiheuttajana. Riskinarviossa todettiin kuitenkin myös, että korkeimpien haitta-ainepitoisuuksien alueille ei voida riskitarkastelun perusteella osoittaa täysin riskittömästi toimintoja, joissa ihmiset ovat toistuvasti kosketuksissa sedimentin kanssa, kuten uimapaikkoja.

Alueen kunnostuksessa olisi tarkoitus poistaa PCB:n kulkeutumisriski ojan alueelta ja vähentää kulkeutumisriskiä merkittävästi Pyhäjärven puoleisella delta-alueella. Kunnostusta on perusteltu niiden riskien hallinnalla, joita alueen rakennus- ja täyttötöistä sekä luonnonolosuhteista aiheutuva mahdollinen sedimentin syrjäytyminen voisi aiheuttaa. Kunnostus nähdään mahdollisuutena poistaa pysyvää haitta-ainetta vesistökierrosta ja siten parantaa vesistön tilaa. Lisäksi on arvioitu, että kunnostuksen avulla voitaisiin hallita pilaantumaan liittyviä psykologisia riskejä, ja pilaantuneiden sedimenttien puhdistuksella katsotaan myös olevan positiivisia imagovaikutuksia.

4.2 Tarkasteltavien kunnostusvaihtoehtojen kuvaus

Viinikanojan ja Viinikanlahden kestävyysarvioinnissa arvioitavat, laajuudeltaan erilaiset kunnostusvaihtoehdot (Taulukko 8) valittiin asiantuntija-arvioon perustuen. Joitakin kunnostusvaihtoehtoja rajattiin pois: esimerkiksi Viinikanojassa in situ -peittäminen ilman ruoppausta ei olisi toteuttamiskelpoinen ratkaisu matalan vesisyvyyden takia. Järven puoleisten osioiden tapauksessa peittäminen voisi olla mahdollinen ratkaisu, mutta tällöin haasteena on arvioida, miten vesistön virtaukset vaikuttaisivat peitteen pysyvyyteen. Jotkin in situ -käsittelyvaihtoehdot, kuten fytoremediaatio, myös rajautuivat pois teknisen toteuttamiskelpoisuuden ja siihen liittyvien epävarmuuksien perusteella. Tarkasteltavien vaihtoehtojen määrän rajaamiseksi myöskään joitain kunnostusmenetelmien yhdistelmiä (esimerkiksi osa alueesta kunnostettaisiin in situ-menetelmillä ja osa alueesta ruoppauksella/kaivulla) ei sisällytetty arviointiin, vaikka ne voisivatkin olla toteuttamiskelpoisia ratkaisuja.

Taulukko 8. *Tarkastellut Viinikanojan ja Viinikanlahden kunnostusvaihtoehdot ja niiden kuvaukset.*

Kunnostusvaihtoehto	**Kuvaus**
0-vaihtoehto	Pilaantunut sedimentti jätetään paikalleen, ei toimenpiteitä
In situ -kunnostus	In situ -kunnostus (esimerkiksi PCB-piikit)
Ojan kunnostus	Viinikanojan katkaiseminen siltojen kohdalta ponttiseinillä, veden ohipumppaus ja sedimentin poistaminen kaivamalla. Tämän jälkeen alue peitetään pilaantumattomalla aineksella.
Ojan ja lahden kunnostus	Ojan kunnostus edellä kuvaillulla tavalla sekä lisäksi ojan suualueen (Viinikanlahti) kunnostus ruoppauksella

0-vaihtoehdossa sedimenttejä ei kunnosteta, vaan pilaantunut sedimentti jätetään paikalleen ja tilanne säilyy nykyisenkaltaisena. Optimitilanteessa pilaantunut sedimentti vähitellen peittyisi puhtaampien ainesten alle. Ojan osalta peittyminen on kuitenkin arvioitu epätodennäköiseksi matalan vesisyvyyden vuoksi. 0-vaihtoehto edellyttäisi pidempiaikaista ympäristön tilan monitorointia ja haitta-aineiden aiheuttamien riskien tarkastelua myös tulevaisuudessa.

In situ -kunnostuksessa haitta-aineiden pitoisuuksia sedimentissä pyritään vähentämään poistamatta sedimenttiä. Mahdollinen in situ -kunnostusmenetelmä olisi esimerkiksi PCB-piikkien käyttö. PCB-piikit (ecoSPEARS) on pysyvillä haitta-aineilla, kuten PCB:llä, pilaantuneiden sedimenttien puhdistukseen tarkoitettu menetelmä, jossa sedimenttiin upotettavat, muovista valmistetut ja liuotinta sisältävät piikit absorboivat haitta-aineita ympäröivästä sedimentistä (ecoSPEARS Inc. 2023). Tarkastelussa oletettin, että tässä vaihtoehdossa sekä Viinikanoja että ojan suualue kunnostettaisiin tällä menetelmällä.

Toisaalta arvioinnissa oletettiin myös, että PCB-piikit eivät välttämättä sovellu kaikille alueille sedimentin koostumuksen vuoksi, ja että niillä ei välttämättä pystyttäisi puhdistamaan yhtä syviä sedimenttikerroksia kuin kaivulla/ruoppauksella. Myös jotkin muut in situ -kunnostusmenetelmät voisivat olla mahdollisia, kuten aktiivihiilen lisääminen haitta-aineiden biosaatavuuden vähentämiseksi (Nybom 2015), mutta työn rajaamiseksi tässä keskitytään vain yhteen mahdolliseen in situ -kunnostusmenetelmään. Yhteistä monille in situ -menetelmille on, että ne voisivat tarjota vähän ympäristöä häiritsevän ja kustannuksiltaan mahdollisesti ruoppausta halvemman vaihtoehdon (riippuen käytetystä menetelmästä), mutta toisaalta menetelmien toimivuuteen ja siten mahdollisesti myös niiden hyväksyttävyyteen liittyy epävarmuuksia.

Ojan kunnostus -vaihtoehdossa voimakkaimmin pilaantunut alue Viinikanojassa kunnostettaisiin poistamalla pilaantuneet sedimentit. On arvioitu, että toteuttamiskelpoisin tapa ojan pilaantuneiden sedimenttien poistamiseen olisi katkaista vesiyhteys ojan ylittävien kahden sillan kohdilta teräsponttiseinärakenteilla, ja vesi pumpattaisiin katkaistun alueen ohitse. Sedimentti voitaisiin tällöin poistaa kaivamalla ”kuivalla” maalla. Vahvasti pilaantunut (oletusarvoisesti PIMA-asetuksen ylemmän ohjearvon ylittävä) kaivettu massa toimitettaisiin poltettavaksi. Ojan kaivamisen jälkeen kunnostettu osa peitettäisiin lopuksi pilaantumattomalla maa-aineksella enintään nykyisen pohjan tasoon saakka. Perusteluna kaivetun massan poltolle on, että jätelaki (646/2011) ja Euroopan Unionin pysyviä orgaanisia yhdisteitä koskeva asetus (2019/1021) voivat rajoittaa voimakkaasti PCB-pitoisen jätteen loppukäsittelyä, mikä voi olla ongelma esimerkiksi massan stabiloinnin osalta. Muut ex situ-kunnostusmenetelmät, kuten pesu tai elektrokineettiset menetelmät, taas rajattiin pois käsiteltävän massamäärän suuruudesta sekä käsittelymenetelmiin tehokkuuteen liittyvistä epävarmuuksista ja kustannuksista johtuen. Jos taas oja ruopattaisiin ilman ohipumppausta ja ojan kuivausta, liittyisi kunnostukseen suurempi riski haitta-aineiden leviämisestä ojan virtauksen hankaloittaessa silttiverhojen käyttöä. Lisäksi ruoppauksessa ojan alittava infrastruktuuri ja vesipitoisempien ruoppausmassojen hallinta voisivat aiheuttaa haasteita. Näistä syistä ojan ruoppaus ilman ohipumppausta ja kuivausta rajattiin pois tarkastelusta. Myös ojan ruoppausta jäädyttämällä sedimentti harkittiin, mutta suuren massamäärän, veden virtauksen ja sedimentin vaihtelevan raekoon arvioitiin rajoittavan tämän vaihtoehdon teknistä toteuttamiskelpoisuutta.

Ojan ja lahden kunnostus -vaihtoehdossa toteutettaisiin sekä voimakkaammin pilaantuneen ojan kunnostus samalla tavalla kuin edellä kuvatussa ”ojan kunnostus”-vaihtoehdossa, että myös keskimäärin lievemmin pilaantuneen Viinikanlahdella sijaitsevan ojan suualueen kunnostus ruoppauksella noin 6 metrin vesisyvyyteen saakka. Tämän alueen ruoppaus on mahdollista toteuttaa joko kauharuoppauksena tai imuruoppauksena, jossa

ruoppausmassa kuivattaisiin esimerkiksi geotuubeissa. Kestävyystarkasteluissa oletettiin, että menetelmänä käytettäisiin imuruoppausta, koska massojen hallinta nähtiin tällä menetelmällä helpompana. Lisäksi oletettiin, että Viinikanlahden suualueelta ruopattavassa massassa keskimääräinen haitta-aineen pitoisuus ei olisi niin korkea, että massoja luokiteltaisiin vaaralliseksi jätteeksi.

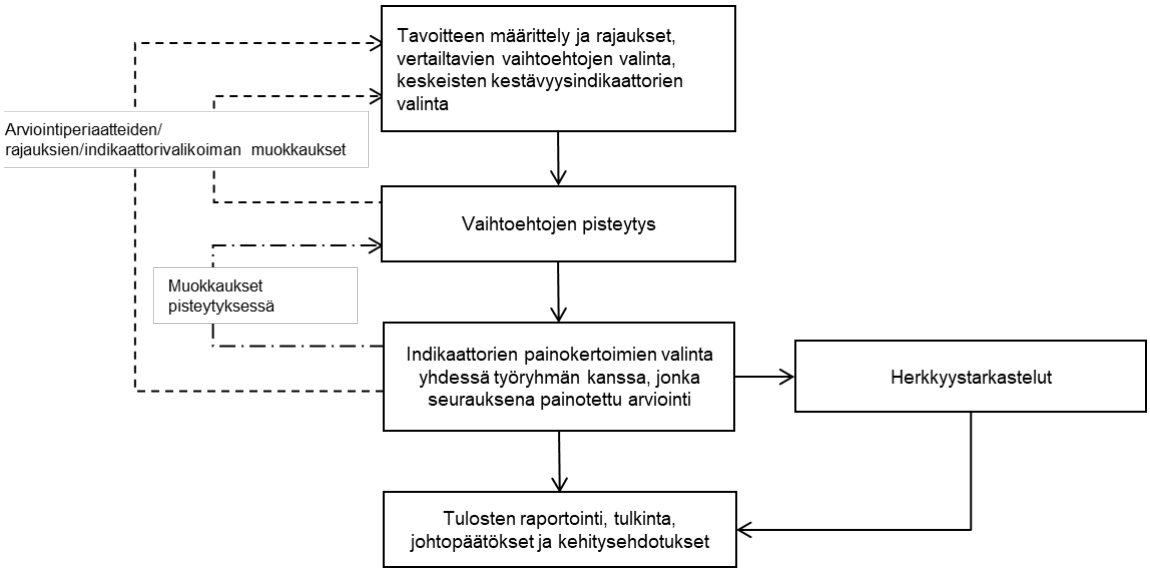
4.3 Kohteen arviointi kahdella kestävyydenarviointityökalulla

Viinikanojan ja Viinikanlahden kunnostusvaihtoehtoja on arvioitu kahdella eri kestävyysarviointityökalulla, monikriteerianalyysiä hyödyntävällä SURE:lla sekä SiteWise-jalanjälkianalyysityökalulla. Tässä luvussa on käsitelty arvioinnin toteutusta ja käytettyjä oletuksia kummallakin työkalulla.

4.3.1 SURE

SURE valittiin työssä tarkasteltavaksi työkaluksi, koska samankaltaisia vaihtoehtojen semikvantitatiiviseen pisteytykseen ja painokertoimien valintaan perustuvia kestävyysarviointeja on Suomessa tehty aikaisemmin sedimenttihankkeille (muun muassa Itkonen & Hyttinen 2023, s. 39–44), ja työkalu sisälsi kattavasti erilaisia ympäristö-, sosiaalisia ja taloudellisia indikaattoreita. Lisäksi työkalu oli vapaasti saatavilla ja suhteellisen uusi.

SURE-työkalulla tehtävä kestävyysarviointi aloitettiin tavoitteiden ja rajausten määrittelyllä sekä vertailtavien vaihtoehtojen ja tarkasteltavien kestävyysindikaattorien valinnalla (Kuva 4). Näihin tehtiin kuitenkin myös muokkauksia arvioinnin edetessä. Kestävyysarvioinnin tavoitteeksi määriteltiin sen arvioiminen, missä laajuudessa tarkasteltu kunnostus kannattaisi kestävyyden näkökulmasta toteuttaa.



Kuva 4. *Kuvaus kestävyysarviointiprosessin toteuttamisesta SURE-työkalulla tässä työssä. Katkoviivalliset nuolet kuvaavat edellisiin arvioinnin vaiheisiin palaamista ja muokkauksia/iterointia arvioinnin aikana esiintulleiden kehittämistarpeiden sekä kestävyysarviointiin osallistuneiden henkilöiden antamien muokkausehdotusten perusteella. (Mukaillen SuRF-UK 2020a, s. 9; Ramboll 2021a)*

Pääasiallisen arvioijan lisäksi arviointiin osallistui kunnostuksen suunnittelijoina toimivia konsultteja, joilta saatiin näkemyksiä muun muassa tavoitteen määrittelyyn, rajauksiin, vertailtavien vaihtoehtojen ja indikaattorien valintaan sekä indikaattorien pisteytykseen ja tulosten käsittelyyn sekä yleisesti palautetta kestävyysarvioinnista. Lisäksi arviointia käytiin kahdessa palaverissa läpi työryhmän kanssa, johon sisältyi edellä mainittujen kunnostuksen suunnittelijoiden lisäksi kaksi tilaajan edustajaa. Ensimmäisessä näistä palavereista tilaajan edustajat antoivat kestävyysarvioinnin pisteytyksistä palautetta. Toisessa palaverissa valittiin yhdessä indikaattorien painokertoimet, josta on kerrottu lisää myöhemmin.

Arvioinnin alueellinen rajaus keskittyi lähialueille, erityisesti Viinikanlahden vesialueelle, lähellä sijaitseville kaupunkialueille ja laajemmin Tampereelle. Kaikkien ympäristö-, sosiaalisten ja taloudellisten vaikutusten arviointi tätä laajemmalla mittakaavalla olisi ollut hankalaa tarvittavan tiedon puuttuessa, ja laajan alueen tarkastelu olisi voinut vähentää pienelle alueelle kohdistuvien vaikutuksien merkittävyyttä. Toisaalta osa indikaattoreista oli luonteeltaan sellaisia, että niihin liittyvät vaikutukset koskevat myös laajempaa aluetta, kuten kasvihuonekaasupäästöt. Tarkkaa ajallista rajausta arvioinnissa ei ole: Alun perin karkeaksi ajalliseksi rajaukseksi päätettiin noin kymmenen vuotta, koska tässä ajassa kunnostus todennäköisesti ehdittäisiin toteuttaa ja kunnostuksen vaikutuksista ehdittäisiin myöskin ehkä palautua. Kuitenkin arviointiprosessin aikana tarkkailtavan ajanjakson tarkka määrittely koettiin haastavaksi, ja joidenkin indikaattorien, kuten ”sukupolvien välinen oikeudenmukaisuus”-indikaattorin kohdalla 10 vuotta ei olisi myöskään

riittänyt aikaväliksi. Työssä useimpien indikaattorien arviointi toteutettiin niin, että osaa indikaattoreista tarkasteltiin ”lyhyellä” aikavälillä (muun muassa työnaikaiset vaikutukset), ja osaa taas ”pitkällä” aikavälillä (Liite A).

Elinkaaren rajaukseen sisällytettiin kunnostusta varten tarvittava rakentaminen ja itse kunnostus sekä niistä aiheutuvat työnaikaset vaikutukset, ja kunnostuksen jälkeiset vaikutukset ja tarvittava tarkkailu. Kunnostamista edeltävät tutkimukset ja esimerkiksi kaluston valmistus jätettiin pois tarkastelusta.

Kestävyysindikaattorien valintaan osallistui kohteen tuntevia asiantuntijoita. Osa SURE:n valmiista indikaattoreista päätettiin jättää pois tarkastelusta. Lisäksi arviointiin lisättiin useita omia indikaattoreita, muun muassa erilaisille jätteille, koska ruoppauksissa arvioitiin syntyvän sekä vaarallista jätettä että haitta-ainepitoisuudeltaan alhaista massaa, jotka käsiteltäisiin eri tavoilla. Lisäksi joitakin SURE:n indikaattoreita yhdisteltiin uusiksi indikaattoreiksi arvioinnin selkeyttämisen ja päällekkäisyyksien välttämisen vuoksi. Lopullinen indikaattorien määrä oli 41 (Taulukko 9). Perustelut indikaattorien sisällyttämiselle tai poisjättämiselle on koottu liitteeseen A.

Taulukko 9. *Valitut kestävyysindikaattorit SURE-työkalulla tehtävälle Viinikanojan hankkeen kestävyysarvioinnille.*

YMPÄRISTÖ		YHTEISKUNTA		TALOUS	
Päästöt ilmaan	Kasvihuonekaasut	**Ihmisten terveys ja turvallisuus**	Pitkäaikaisten riskien hallinta	**Suorat talousvaikutukset**	Suorat kustannukset ja hyödyt
Maaperän (sedimentin) olosuhteet	Sedimentin laatu		Suorat riskit		Muut kustannukset
	Eroosio		Riskienhallinta	**Epäsuorat talousvaikutukset**	Vahinkojen mahdollisuus
Pohja- ja pintavedet	Lakisääteiset velvoitteet		Psykologiset vaikutukset		Maine
	Kunnostuksen aikaiset vaikutukset veden laatuun	**Arvot ja yhdenvertaisuus**	Sukupolvien välinen oikeudenmukaisuus	**Työllisyys**	Työpaikat
	Haitta-ainekuormituksen väheneminen pitkällä aikavälillä		Sidosryhmien hyväksyntä		Osaaminen
Ekologia	Kunnostuksen aikaiset ekologiset vaikutukset	**Paikallisyhteisö**	Lyhytaikaiset vaikutukset toimintaan ja palveluihin	**Taloudelliset mahdollisuudet**	Innovaatiot ja hyödyt teknologiantoimittajalle
	Ekologiset vaikutukset pitkällä aikavälillä		Pitkäaikaiset vaikutukset toimintaan ja palveluihin	**Projektin elinkaari ja joustavuus**	Onnistumisen todennäköisyys
Luonnonvarat ja jätteet	Työnaikaiset vaikutukset maankäyttöön/maisemaan	**Yhteisöt ja osallistaminen**	Viestintä		Muuttuneisiin olosuhteisiin sopeutuminen
	Energia ja polttoaineet		Alueelliset suunnitelmat		Muuttuneeseen sääntelyyn sopeutuminen
	Neitseelliset raaka-aineet		Yhdenmukaisuus poliittisten tavoitteiden kanssa		Ilmastonmuutokseen sopeutuminen
	Syntyvät (ei-vaaralliset) jätteet	**Epävarmuudet ja käytettävissä oleva tieto**	Tietojen käyttökelpoisuus		Taloudellinen joustavuus
	Syntyvät vaaralliset jätteet		Epävarmuudet		Valvonta/tarkkailu
	Veden käyttö ja käsittely		Lopputuloksen varmentaminen ja kunnostuskriteerit		

SURE-työkalussa arviointivaiheessa indikaattoreille annetaan pisteitä välillä 1–5 (Ramboll 2022a). Pisteytysperiaatteita päätettäessä pohdittiin, mihin eri kunnostusvaihtoehdoista syntyviä vaikutuksia verrattaisiin pisteitä annettaessa. Lopullisessa arviointitavassa, jonka koettiin noudattelevan SURE:n ohjeistusta, kunnostusvaihtoehdoille annettiin pisteitä niin, että piste 5 annettiin aina sille kunnostusvaihtoehdolle, jolla arvioitiin olevan suurimmat positiiviset vaikutukset tai pienimmät negatiiviset vaikutukset verrattuna muihin kunnostusvaihtoehtoihin. Vastaavasti piste 1 annettiin sille kunnostusvaihtoehdolle, jolla arvioitiin olevan suurimmat negatiiviset vaikutukset tai pienimmät positiiviset vaikutukset verrattuna muihin kunnostusvaihtoehtoihin. Muut kunnostusvaihtoehdot pisteytettiin vaikutuksiltaan ”huonoimman” ja ”parhaimman” vaihtoehdon väliin, ja jos kunnostusvaihtoehtojen vaikutusten arvioitiin olevan lähellä toisiaan suhteessa muihin vaihtoehtoihin, annettiin niille samat pisteet. Annetut lukemat olivat kokonaislukuja. Arvioinnissa piste 5 tai 1 ei tarkoita, että vaihtoehdosta aiheutuvat vaikutukset olisivat ideaalisia tai huonoimpia mahdollisia. Esimerkiksi vaikka kunnostusvaihtoehdolle olisi annettu paras pisteytys vesistön pitkäaikaisten haitta-ainekuormituksen vähenemisen osalta, ei se tarkoita, etteikö voisi olla olemassa ideaalivaihtoehtoa, jossa vesistön pitkäaikainen haitta-ainekuormitus vähenisi vielä enemmän. Perustelu käytetylle pisteytystavalle oli, että vaihtoehtojen pisteyttäminen suhteessa toisiinsa käyttäen tämäntyylistä niin sanottua lokaalia mitta-asteikkoa (ks. esim. DCLG 2009, s. 42) nähtiin yksinkertaisempana, selkeämpänä ja vähemmän työläänä kuin jos asteikon ääripäät olisi määritelty jollakin muulla tavalla (kuten niin sanottua ”globaalia” mitta-asteikkoa käyttäen, ks. DCLG 2009, s. 42).

Indikaattorien pisteytykset perustuivat kvalitatiiviseen arviointiin, koska tietoa ei joko ollut tarpeeksi kvantitatiiviseen arviointiin tai luotettavan kvantitatiivisen arvion tekemiseksi olisi vaadittu lisätutkimuksia. Tarkoituksena ei ollut luoda absoluuttisia arvoja eri vaihtoehtojen kestävyydelle, vaan esittää karkeasti eri vaihtoehtojen vaikutuksia suhteessa toisiinsa. Indikaattorien arviointi pohjautui pitkälti näkemyksiin, joita kunnostusvaihtoehdoista oli, ja arvioinnissa jouduttiin tekemään paljon olettamuksia. Toisaalta arvioinnin läpinäkyvyyttä on pyritty edistämään dokumentoimalla pisteytyksen perusteluja (liitteet A ja B). Arvioinnissa esimerkiksi oletettiin, että mitä enemmän haitta-aineita poistetaan, sitä enemmän vähennettäisiin niistä aiheutuvaa kuormitusta vesistöön sekä eliöstölle ja ihmisille haitta-aineista aiheutuvia riskejä, ja sitä paremmin voitaisiin myös edistää esimerkiksi tulevaisuuden alueenkäytön suunnitelmia. Lisäksi arvioinnissa oletettiin muun muassa, että sedimentin poistoon perustuvilla menetelmillä voidaan poistaa tehokkaammin haitta-aineita kuin in situ -kunnostuksella, ja että laajemmassa kunnostuksessa (”ojan ja lahden kunnostus”) voitaisiin poistaa enemmän ja laajemmin haitta-aineita

sedimentistä kuin pelkän ojan kaivussa. Toisaalta mitä laajempi kunnostus on, sitä suuremmiksi arvioinnissa oletettiin kunnostuksesta aiheutuvat työnaikaiset vaikutukset (työnaikaiset riskit, häiriöt ja niin edelleen). Tarkemmat kuvaukset indikaattorien arviointiperusteista ja pisteytyksissä käytetyistä oletuksista on koottu liitteeseen B.

Painokertoimien valinta toteutettiin siten, että aiemmin kuvaillulle suunnittelijoista ja tilaajan edustajista koostuvalle muutaman hengen työryhmälle lähetettiin aluksi kysely, johon henkilöt saivat täyttää omia ehdotuksiaan indikaattorien painokertoimiksi. Painokertoimet valittiin asteikolta 0–5 sen perusteella, kuinka tärkeäksi indikaattori nähtiin: asteikolla 0 = ”jätetään huomiotta”, 1 = ”ei tärkeä”, 2 = ”jossain määrin tärkeä”, 3 = ”tärkeä”, 4 = ”hyvin tärkeä” ja 5 = ”erittäin tärkeä”. Kyselyyn sai halutessaan kirjoittaa perusteluja annetuille painokertoimille. Kyselyn täyttivät pääasiallisen arvioijan lisäksi kaksi suunnittelijaa ja yksi tilaajan edustaja. Kyselyssä ehdotetut painokertoimet koottiin ja niistä laskettiin keskiarvo, ja lisäksi laskettiin suurimman ja pienimmän annetun painokertoimen välinen erotus sen havainnollistamiseksi, minkä indikaattorien painokertoimien osalta oli eniten erimielisyyttä henkilöiden välillä ja minkä indikaattorien painokertoimien osalta vähiten. Kyselyssä saatujen painokerrointen perusteella kestävyysarvioinnin tekijä laati ehdotuksen kunkin indikaattorin painokertoimeksi. Tämän jälkeen painokerroinkyselystä laadittua koostetta sekä ehdotettuja painokertoimia käytiin työryhmän kanssa yhdessä kokouksessa läpi, jossa päätettiin lopulliset painokertoimet.

Painokertoimien valinnassa pyrittiin huomioimaan myös se, kuinka luotettavasti indikaattoria pystyttiin arvioimaan (Apitz et al. 2017), sekä mahdolliset indikaattorien väliset päällekkäisyydet (SuRF-UK 2020b, s. 16). Lisäksi MCA:ssa painokertoimien valinnassa tulisi indikaattorien arvioidun tärkeyden lisäksi huomioida myös se, että eri indikaattoreita koskevat vaikutukset ja vaihtoehtojen väliset eroavaisuudet niissä eivät ole keskenään samansuuruiset (Marttunen et al. 2008, s. 25; DCLG 2009, s. 63). Tällöin esimerkiksi niille indikaattoreille, joissa vaihtoehtojen väliset eroavaisuudet ovat pienet, tulisi antaa pieni painokerroin, vaikka indikaattori nähtäisiinkin tärkeänä (DCLG 2009, s. 63). Läpinäkyvyyden vuoksi kuitenkin todettakoon, että vaihtoehtojen eroavaisuudet jäivät painokertoimien antamisessa pienemmälle huomiolle, ja indikaattorien arviointiasteikkoa myös muutettiin vielä painokertoimien valinnan jälkeen.

Valitut painokertoimet ja niiden perustelut on esitetty liitteessä B. Ympäristöindikaattoreista suurimmat painokertoimet (4 tai 5) annettiin indikaattoreille, jotka kuvasivat muun muassa sedimentin laatua ja kulkeutumista, pitkäaikaisia ja kunnostuksen aikaisia vesistövaikutuksia, sekä pitkän aikavälin ekologisia vaikutuksia. Sosiaalisista indikaattoreista suurimmat painokertoimet annettiin indikaattoreille, jotka kuvasivat muun muassa pitkäaikaisten terveysriskien hallintaa, pitkäaikaisia vaikutuksia yhteisön toimintaan ja

palveluihin, sekä indikaattoreille, jotka liittyivät epävarmuuksiin ja käytettävissä olevaan tietoon. Taloudellisista indikaattoreista suurimmat painokertoimet annettiin suoria talousvaikutuksia koskeville indikaattoreille sekä muun muassa ”hyötyjen kesto ja ajoitus”-indikaattorille (joka jätettiin myöhemmin tarkastelusta pois) ja ”onnistumisen todennäköisyys” -indikaattorille. Painokertoimia valittaessa pitkäaikaiset vaikutukset arvioitiin usein lyhytaikaisia vaikutuksia tärkeämmiksi. Eniten vaihtelevuutta työryhmäläisten antamissa painokertoimissa oli sosiaalisissa ja taloudellisissa indikaattoreissa ja vähiten ympäristöön liittyvissä indikaattoreissa.

Valitut indikaattorit ja niiden saamat pisteytykset ja painokertoimet syötettiin SURE-työkaluun. SURE laskee tulokset automaattisesti, ja sen käyttämiä laskentaperiaatteita on kuvattu tarkemmin liitteessä C. Kestävyysarvioinnin tuloksissa pisteet on esitetty prosenttiosuutena korkeimmasta mahdollisesta pistemäärästä (Ramboll 2022a).

Osana kestävyysarviointiprosessia tehtiin lisäksi herkkyystarkasteluja, joiden tavoitteena oli tarkastella lähtöoletuksiin tehtävien muutosten vaikutusta tuloksiin (SuRF-UK 2010, s. 31. Monikriteerianalyysin herkkyystarkastelun voi toteuttaa monella eri tavalla, muun muassa muuttamalla indikaattorien saamia pisteytyksiä, muuttamalla kustannuksia, muuttamalla indikaattorikategorioiden välisiä tai sisäisiä painotuksia, ja/tai muuttamalla kunnostuksen aikaisten ja kunnostuksen jälkeisten vaikutusten painotuksia (Postle et al. 1999, s. 104). Tässä työssä tehdyssä kestävyysarvioinnissa oli oletettu, että kunnostuksen (erityisesti ojan kaivun ja lahden ruoppauksen) tavoitteet saavutettaisiin, eli kunnostuksella voitaisiin poistaa tehokkaasti haitta-aineita sedimentistä ja siten huomattavasti parantaa vesistön tilaa. Kunnostusruoppauksen tehokkuuteen kuitenkin liittyy epävarmuutta ja riskejä muun muassa resuspensiosta ja sedimenttiin ja erityisesti pintasedimenttiin jäävistä haitta-aineista johtuen (muun muassa Bridges et al. 2008, s. 2; käsitelty tarkemmin luvussa 2.5.3), ja epävarmuuksia liittyy myös PCB-piikkeihin. Tämän vuoksi tehtiin kaksi herkkyystarkastelua, joissa niille indikaattoreille, joiden arvioitiin kuvastavan kunnostuksesta/haitta-aineiden poistamisesta saatavia positiivisia vaikutuksia, annettiin pienempi painokerroin suhteessa alkuperäisen arvioinnin painokertoimiin. Toisessa herkkyystarkastelussa näiden indikaattorien (Taulukko 10) painokertoimet olivat 25 % pienempiä suhteessa alkuperäiseen arviointiin, ja toisessa herkkyystarkastelussa 50 % pienempiä suhteessa alkuperäiseen arviointiin. On hyvä huomata, että herkkyystarkasteluiden ei ole tarkoitus kuvata todellista tilannetta, jossa ”kunnostuksen hyödyt olisivat 25 tai 50 % pienempiä”. Jos kävisi niin, että kunnostustavoitteita ei saavutettaisi, eivät kaikki vaikutukset välttämättä muuttuisi samassa suhteessa, vaan esimerkiksi vaikutus sosiaaliseen hyväksyttävyyteen saattaisi olla eri kuin vaikutus sedimentin laatuun. Edellä kuvailtujen herkkyystarkasteluiden lisäksi haluttiin tehdä tarkastelu, jossa lyhytaikaisten

vaikutusten merkitystä vähennettiin. Tässä tarkastelussa niiden indikaattoreiden, joiden arvioitiin kuvastavan lyhytaikaisia/kunnostuksen aikaisia vaikutuksia (Taulukko 10), painokertoimia pienennettiin 50 % suhteessa alkuperäisen arvioinnin painokertoimiin. Lyhytaikaisiin vaikutuksiin ei kuitenkaan laskettu esimerkiksi niitä indikaattoreita, jotka käsittelivät menetelmän epävarmuuksia, käytettävissä olevaa tietoa ja menetelmän joustavuutta.

Taulukko 10. *Indikaattorit, joiden painokertoimia eri herkkyystarkasteluissa muutettiin.*

Herkkyystarkastelu 1: Kunnostuksen hyötyihin liittyvien indikaattorien painokertoimia pienennetty 25 %	**Herkkyystarkastelu 2: Kunnostuksen hyötyihin liittyvien indikaattorien painokertoimia pienennetty 50 %**	**Herkkyystarkastelu 3: Pitkäaikaisia vaikutuksia kuvaavia indikaattoreita korostettu vähentämällä lyhytaikaisten vaikutusten merkitystä**
Indikaattorit, joiden painokerroin muutettiin kertoimella x0,75: - Sedimentin laatu - Eroosio - Lakisääteiset velvoitteet - Vesistön haitta-ainekuormituksen väheneminen pitkällä aikavälillä - Ekologiset vaikutukset pitkällä aikavälillä - Pitkäaikaisten riskien hallinta - Sukupolvien välinen oikeudenmukaisuus - Sidosryhmien hyväksyntä - Pitkäaikaiset vaikutukset yhteisön toimintaan ja palveluihin - Alueelliset suunnitelmat - Epävarmuudet - Kunnostuskriteerit ja lopputuloksen varmentaminen - Yhdenmukaisuus poliittisten tavoitteiden kanssa - Maine - Onnistumisen todennäköisyys - Muuttuneeseen sääntelyyn sopeutuminen - Ilmastonmuutokseen sopeutuminen - Valvonta	Indikaattorit, joiden painokerroin muutettiin kertoimella x0,5: - Sedimentin laatu - Eroosio - Lakisääteiset velvoitteet - Vesistön haitta-ainekuormituksen väheneminen pitkällä aikavälillä - Ekologiset vaikutukset pitkällä aikavälillä - Pitkäaikaisten riskien hallinta - Sukupolvien välinen oikeudenmukaisuus - Sidosryhmien hyväksyntä - Pitkäaikaiset vaikutukset yhteisön toimintaan ja palveluihin - Alueelliset suunnitelmat - Epävarmuudet - Kunnostuskriteerit ja lopputuloksen varmentaminen - Yhdenmukaisuus poliittisten tavoitteiden kanssa - Maine - Onnistumisen todennäköisyys - Muuttuneeseen sääntelyyn sopeutuminen - Ilmastonmuutokseen sopeutuminen - Valvonta	Indikaattorit, joiden painokerroin muutettiin kertoimella x0,5: - Kunnostuksen aikaiset vaikutukset veden laatuun - Kunnostuksen aikaiset ekologiset vaikutukset - Työnaikaiset vaikutukset maankäyttö/maisemaan - Energia ja polttoaineet - Neitseelliset raaka-aineet - Syntyvät (ei-vaaralliset) jätteet - Syntyvät vaaralliset jätteet - Veden käyttö ja käsittely - Suorat riskit - Riskienhallinta - Psykologiset vaikutukset - Lyhytaikaiset vaikutukset yhteisön toimintaan ja palveluihin - Viestintä - Suorat kustannukset ja hyödyt - Muut kustannukset - Vahinkojen mahdollisuus - Työpaikat

Kuvailtujen herkkyystarkasteluiden lisäksi tarkasteltiin, miten saatavat tulokset muuttuvat, jos jokin indikaattorikategoria poistetaan kokonaan. Indikaattorikategoriat käytiin läpi yksitellen niin, että kaikille kunkin indikaattorikategorian indikaattoreille annettiin painokertoimeksi 0. Tämän tarkastelun tavoitteena oli tarkastella, millä indikaattorikategorioilla on suhteellisesti suurin vaikutus arvioinnin tuloksiin ja erityisesti siihen, miten tarkastellut kunnostusvaihtoehdot asettautuvat tulosten perusteella järjestykseen.

Kestävyydenarviointiprosessissa kestävyysarviointiin tehtiin useita muokkauksia. Muutoksia tehtiin muun muassa indikaattorivalikoimaan. Esimerkiksi joitakin indikaattoreita yhdisteltiin selkeyden parantamiseksi, ja joitakin indikaattoreita poistettiin, kun todettiin myöhemmin, että ne eivät sovellu tarkasteltuun kohteeseen tai ole muuten merkityksellisiä. Muun muassa ”ruoppausmassojen hyötykäyttö” -indikaattori alun perin lisättiin omana indikaattorina työkaluun, koska sen koettiin soveltuvan sedimenttihankkeisiin yleisesti, mutta myöhemmin poistettiin, koska ruoppausmassojen hyötykäyttöä ei nähty kohteessa erityisen realistisena. Myös esimerkiksi ”Hyötyjen kesto ja ajoitus” -indikaattori, jolle oli työryhmän kesken annettu painokerroin 4, päätettiin myöhemmin jättää tarkastelusta pois, koska kesto ja ajoitus nähtiin kahtena erillisenä asiana ja arvioitiin, että kumpaakin oli jo käsitelty muiden indikaattorien kohdalla. Myös arviointiskaalaa ja pisteytyksen periaatteita muutettiin useaan kertaan. Muutoksia tehtiin jälkikäteen paljon myös indikaattorikohtaisiin pisteytyksiin ja jonkin verran myös arvioinnin rajauksiin.

4.3.2 SiteWise

Kuten SURE, myös SiteWise on ilmainen, vapaasti saatavilla oleva työkalu, ja sen arvioitiin soveltuvan myös sedimentin kunnostuksen kvantitatiiviseen arviointiin. Työkalua haluttiin tässä tapauksessa käyttää erityisesti kunnostusvaihtoehtojen hiilijalanjäljen laskemiseen, ja muita ohjelman laskemia parametrejä ei tässä työssä tarkastella. Arvioinnissa käytettäviä aineistoja olivat muun muassa arvioitavan sedimenttihankkeen sisäiset tiedot, työkalun sisältämät tiedot, jotka ovat peräisin useista eri lähteistä, sekä aiheeseen liittyvät aikaisemmin tehdyt tutkimukset ja raportit.

Viinikanojan kunnostusvaihtoehtojen tapauksessa SiteWisea hyödynnettiin vain ”ojan kunnostus”- ja ”ojan ja lahden kunnostus” -vaihtoehtojen arvioinnissa. Perusteluna tälle on, että 0-vaihtoehdon ja in situ -kunnostuksen päästöjen oletettiin olevan arviointitarkkuuden puitteissa pieniä suhteessa ex situ -kunnostuksesta aiheutuviin vaikutuksiin. 0-vaihtoehdossa päästöjä voi aiheutua esimerkiksi lisääntyneestä tarkkailuista ja näytteenotoista, ja in situ -kunnostuksessa myös esimerkiksi materiaalien, kuten PCB-piikkien, kuljetuksista ja asennuksista sekä raaka-aineiden tuotannosta. Näiden vaikutusten arviointi kuitenkin vaatisi yksityiskohtaisempaa tietoa kuin tällä hetkellä on saatavilla.

SiteWisessa arvioitavat kunnostusvaihtoehdot jaetaan komponentteihin, ja työkalu laskee vaikutukset komponenteittain (Moore & Sirabian 2018, s. 13). Kumpikin tarkasteltavista kunnostusvaihtoehdoista jaettiin kolmeen komponenttiin kunnostusprosessin eri vaiheiden mukaan, jotka nimettiin ”Kunnostusta edeltävä toiminta”, ”Kunnostuksen aikainen toiminta” ja ”Jätteiden käsittely”. Taulukkoon 11 on koottu mitä laskennassa otettiin huomioon kunkin komponentin osalta. Huomioitavaa on, että kaikki ”Ojan kunnostus”-vaihtoehdon tapauksessa huomioitu toiminta on huomioitu myös ”Ojan ja lahden kunnostus”-vaihtoehdossa. Eri vaiheissa käytettyjä oletuksia ja niihin liittyviä laskuja on koottu liitteeseen D.

Taulukko 11. *SiteWise-laskennassa huomioitu toiminta.*

”Ojan kunnostus” -vaihtoehdon tapauksessa huomioitu toiminta	
Kunnostusta edeltävä toiminta	- Kuormauspaikka (louhe, sen kuljetus paluumatkoineen, rakentaminen) - Ponttiseinän kuljetus paikan päälle, asennuksessa tarvittava silttiverho - Veden ohipumppaus (koko kunnostuksen aikainen ohipumppaus huomioitu tässä)
Kunnostuksen aikainen toiminta	- Ojan kaivu: kaivinkoneen käyttö ja kaivetun massan siirtely paikan päällä - Peitemateriaali, sen kuljetus paluumatkoineen ja peitteen asennus kaivinkoneella (maalta, ei lautalta)
Jätteiden käsittely	- Ojasta kaivetun massan kuljetus polttolaitokselle, ei sisällä paluumatkoja - Massan polttamisesta syntyvät päästöt
”Ojan ja lahden kunnostus”-vaihtoehdon tapauksessa huomioitu toiminta, ”ojan kunnostus” -vaihtoehdossa huomioidun toiminnan lisäksi	
Kunnostusta edeltävä toiminta	- Isompi kuormauspaikka kuin pelkän ojan kunnostuksessa - Geotuubikentän rakentaminen, rakentamisessa käytettävät materiaalit ja niiden kuljetus paluumatkoineen
Kunnostuksen aikainen toiminta	- Viinikanlahden suualueen ruoppaus: kaluston käyttö (imuruoppauskalusto ja ruoppauksessa käytettävä alus) - ruoppauksessa tarvittavat silttiverhot - ruoppausmassan siirto kuljetukseen geotuubeista
Jätteiden käsittely	- Viinikanlahden ruoppausmassan kuljetus vastaanottopaikkaan (ei paluumatkoja) - Ruoppausmassan kaatopaikkasijoitus ja orgaanisen aineksen hajoamisesta syntyvät päästöt

Arvioinneissa ei otettu huomioon muun muassa henkilöstön ja kaluston kuljetuksia tai muitakaan kuljetuksia, joita ei ole mainittu Taulukossa 11, sekä kunnostukseen liittyvää tarkkailua/tutkimuksia: näiden arviointi olisi edellyttänyt yksityiskohtaisempaa tietoa kuin tällä hetkellä on saatavilla, ja lisäksi niiden vaikutuksen kokonaispäästöihin oletettiin olevan pieni. Lisäksi arvioinnin yksinkertaistamiseksi pois on jätetty muun muassa ojan ohittavan putken materiaalit ja sen asentamista varten mahdollisesti tarvittava rakentaminen, kuten pohjan tasoittaminen, sekä kaikki sellainen kaluston käyttö/rakentaminen sekä materiaalit, joita ei ole mainittu Taulukossa 11 (muun muassa mahdollinen massojen siirtely loppusijoituspaikassa, ponttiseinän ja silttiverhojen asennukset, geotuubikentän ojien kaivu ja virtauksensäätöpato, sekä geotuubikuivauksessa käytetyt polymeerit).

Myöskään teräsponttiseinään tarvittavia materiaaleja ei huomioitu, koska oletettiin, että ponttiseinä on uudelleenkäytettävä. Myöskään geotuubimateriaaleja ei ole huomioitu epävarmuuksista johtuen ja laskennan yksinkertaistamiseksi. Imuruoppauksessa ei ole erikseen huomioitu pumppauksen tarvetta, koska on oletettu, että se on sisällytetty työkalun laskelmiin.

Ruoppausmassan/kaivetun sedimentin loppukäsittelyn ja -sijoituksen tapauksessa on myöskin jouduttu tekemään paljon yksinkertaistuksia johtuen SiteWisen rajoituksista, ja koska ruoppausmassan loppusijoitukseen liittyvistä yksityiskohdista ja varsinaisista käsittelyprosesseista on tässä suunnitteluvaiheessa melko vähän tietoa. Muun muassa ruoppausmassan vesien käsittely on jätetty pois: Ojan kaivun tapauksessa on oletettu, että erillistä vesienkäsittelyä/kuivatusta paikan päällä ei tarvita, vaikka todellisuudessa sedimenttiä saatettaisiinkin joutua käsittelemään jonkin verran polttolaitoksella ennen polttoprosessia. Lahden suualueen kunnostuksen tapauksessa puolestaan on oletettu, että geotuubeista tuleva vesi johdetaan takaisin vesistöön. Lisäksi ruoppausmassan kuljetuksien tapauksessa ei ole huomioitu paluumatkoja (toisin kuin rakennusmateriaalien kuljetuksissa) SiteWisen ominaisuuksista johtuen. Jätteen käsittelyssä ei ole myökään huomioitu silttiverhojen ja geotuubimateriaalin hävittämistä, koska niistä syntyvä jätteen määrä on pieni suhteessa ruoppausmassaan.

Ojasta kaivetun massan käsittely polttamalla haluttiin ottaa mukaan hiilijalanjälkitarkasteluun, koska ruoppausmassan lämpökäsittelytekniikat ovat tyypillisesti energiaintensiivisiä. Energiankulutus riippuu muun muassa ruoppausmassan vesipitoisuudesta. (de Weirdt 2006, s. 84–85) SiteWise ei sisällä erityistä kohtaa jätteen poltosta syntyvien päästöjen arvioimiseksi, joten ojasta kaivetun massan poltosta syntyvät päästöt on arvioitu perustuen Fortumin Riihimäen vaarallisen jätteen polttolaitoksen raportoituihin ilmaan kohdistuviin päästöihin ja laitoksella käsiteltyjen jätteiden kokonaismäärään (Fortum Waste Solutions Oy 2023, s. 6, 13) ja syötetty työkalussa kohtaan ”other known emissions”. Tämä arvio on erittäin suuntaa antava, eikä välttämättä päde juuri tälle jätejakeelle tai ota huomioon sedimentin korkeaa vesipitoisuutta. Lisäksi ei ole tarkkaa tietoa siitä, mihin Fortumin arviot päästöistä perustuvat. Mahdollista ruoppausmassan käsittelyä ennen polttoa ei ole huomioitu, vaikka lämpökäsittelytekniikat yleensä edellyttävät jonkinlaista sedimentin esikäsittelyä (de Weirdt 2006, s. 84). Myöskään poltosta syntyvien kaasujen käsittelyn päästöjä ei ole huomioitu, ja rajauksen ulkopuolelle on myös jätetty poltosta syntyvien tuhkien, kuonan ja muiden jätteiden jatkokäsittely/loppusijoitus. Arvioinnissa ei ole myöskään huomioitu poltosta saatavaa lämmön ja sähkön tuotantoa (Fortum 2024).

Viinikanlahden imuruopatun ruoppausmassan tapauksessa on oletettu, että ruoppausmassa ei vaatisi käsittelyä geotuubikuivatuksen jälkeen ja toimitettaisiin suoraan loppusijoituspaikkaan. Näiden ruoppausmassojen loppusijoituksessa on huomioitu kuljetuksista syntyvien päästöjen lisäksi kaatopaikkasijoituksesta syntyvät päästöt. SiteWise sisältää päästökertoimia ei-vaarallisen ja vaarallisen jätteen kaatopaikalle, ja Viinikanlahden ruoppausmassan oletettiin olevan ei-vaarallista. Lisäksi työkaluun voi lisätä erikseen arvioidut metaanipäästöt. Tutkimuksissa (muun muassa Gebert et al. 2019; Kox et al. 2021; Paranaíba et al. 2023) ruoppausmassan hajoamisesta syntyvät kaasupäästöt vaihtelevat jonkin verran. Tässä työssä laskennassa oletettiin, että kasvihuonekaasupäästöjä syntyisi esimerkiksi 1 t CO_2-e (hiilidioksidiekvivalenttia) tuhatta märkäpainokiloa kohden. Koska tarkkaa arviota mahdollisista ruoppausmassan orgaanisen aineksen hajoamisesta syntyvistä päästöistä ei tässä laskennassa voida tehdä, päästöjä arvioitiin herkkyystarkasteluissa käyttäen eri oletuksia orgaanisen aineksen hajoamisesta syntyville päästöille: 1. oletusta, että ruoppausmassa olisi inerttiä, eli että ruoppausmassan orgaanisen aineksen hajoamisesta ei syntyisi päästöjä; 2. oletusta, että syntyvät päästöt olisivat 5 t CO_2-e tuhatta märkäpainokiloa kohden; ja oletusta, että syntyvät päästöt olisivat 10 t CO_2-e tuhatta märkäpainokiloa kohden. Oletettavasti ainakin osa hajoamisesta tapahtuisi jo ennen kaatopaikkasijoitusta geotuubikuivatuksessa, mutta hajoamisen ajankohdalla ei ole tässä oletettu olevan merkitystä arvioinnin kannalta.

Laskuissa käytettiin pääosin SiteWisen valmiita päästökertoimia. Suuri osa näistä päästökertoimista ei oletettavasti ole eurooppalaisia, mutta niiden oletettiin olevan riittävän lähellä eurooppalaisia ja suomalaisia päästökertoimia, että vaikutus tuloksiin ei olisi merkittävä. Kuitenkin työkalun käyttämät arvot kasvihuonekaasujen lämmityspotentiaaleille muutettiin vastaamaan Hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin (Intergovernmental Panel on Climate Change) eli IPCC:n (2014) lämmityspotentiaaliarvoja.

5. TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

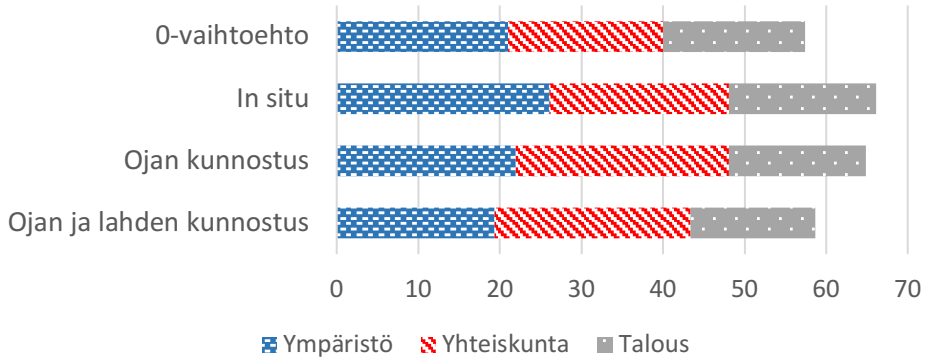
Tässä luvussa on esitelty Viinikanojan ja Viinikanlahden kunnostuksen kestävyysarvioinneissa saadut tulokset, niihin liittyvät epävarmuudet ja tulosten pohdinta. Lisäksi luvussa pohditaan yleisemmällä tasolla joitain sedimenttihankkeisiin liittyviä kestävyysnäkökulmia ja kestävyysarvioinnissa huomioitavia asioita, sekä esitellään arvioinnin aikana esiintulleita huomioita tarkasteltujen kestävyysarviointityökalujen vahvuuksista, heikkouksista ja soveltuvuudesta sedimenttihankkeille.

5.1 Viinikanojan ja Viinikanlahden kunnostuksen kestävyysarviointi

Tässä luvussa tarkastellaan ensiksi, miten kohteen kunnostusvaihtoehdot ja niihin liittyvät edut ja haitat vertautuivat SURE-monikriteerianalyysityökalulla tehdyssä kestävyystarkastelussa, jonka jälkeen on tarkasteltu kahden kunnostusvaihtoehdon SiteWise-työkalulla arvioitua hiilijalanjälkeä. Lisäksi on esitelty epävarmuuden lähteitä, jotka ovat voineet vaikuttaa tuloksiin.

5.1.1 Ympäristö-, sosiaalisten ja taloudellisten näkökulmien vertailu SURE-työkalulla ja sen epävarmuudet

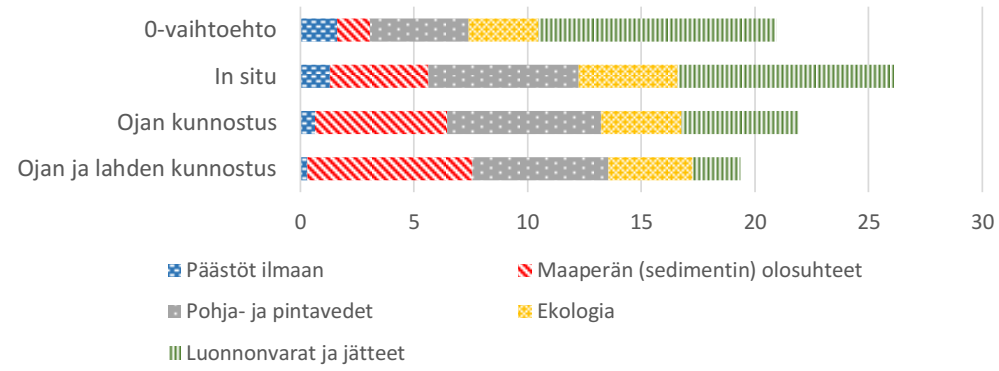
SURE-työkalulla tehdyssä kestävyysarvioinnissa suurimmat pisteet saivat in situ- ja ojan kunnostus -vaihtoehdot (Kuva 5). ”Ojan ja lahden kunnostus” -vaihtoehto sijoittui pistemäärältään kolmanneksi ja 0-vaihtoehto viimeiseksi, tosin eroavaisuus näiden vaihtoehtojen saamissa pisteissä oli pieni. Suuremmat pisteet kuvaavat sitä, että tätä indikaattorivalikoimaa, painotuksia ja oletuksia käyttäen vaihtoehdolla arvioitiin olevan enemmän positiivisia vaikutuksia tai vähemmän negatiivisia vaikutuksia kuin muilla vaihtoehdoilla, ja pienemmät pisteet taas sitä, että tätä indikaattorivalikoimaa, painotuksia ja oletuksia käyttäen vaihtoehdolla arvioitiin olevan vähemmän positiivisia vaikutuksia tai enemmän negatiivisia vaikutuksia kuin muilla. Arvioinnin pisteet eivät edusta mitään todellista kestävyyden yksikköä, vaan arvioijan näkemyksiä. Kun tekstissä on todettu, että vaikutuksen arvioitiin olevan jotakin, tarkoittaa se, että kyseessä on arvioijan näkemys yhdistettynä muilta kohteen tuntevilta henkilöiltä saatuihin näkemyksiin, kuten luvussa 4.3.1 kestävyysarviointiprosessin toteutuksesta kuvattiin. Arvioinnissa on tunnistettu joitakin puutteita ja epävarmuuden lähteitä, joita on kuvattu tarkemmin myöhemmin tässä luvussa, ja tämän vuoksi arvioinnissa saatujen tarkkojen pisteytyksien sijaan keskeisempää sisältöä on niiden taustalla tapahtunut vaihtoehtojen etujen ja haittojen vertailu.



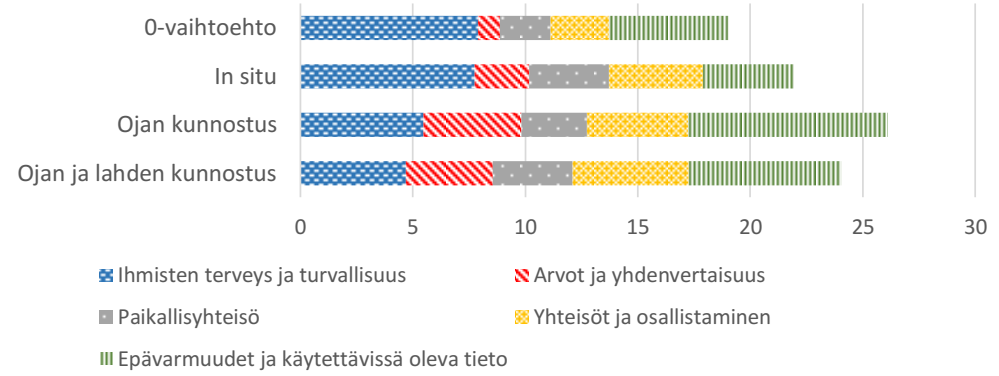
Kuva 5. *SURE-työkalulla tehdyn kestävyysarvioinnin kokonaispistemäärät eri kunnostusvaihtoehdoille.*

Tarkastelussa ympäristö-osa-alueella suurimmat pisteet sai in situ -kunnostus ja pienimmät laajin kunnostusvaihtoehto (Kuva 6, A). Yhteiskunta-osa-alueelta suurimmat pisteet sai ”ojan kunnostus”-vaihtoehto ja pienimmät 0-vaihtoehto (Kuva 6, B). Talous-osa-alueelta suurimmat pisteet taas sai in situ -kunnostus ja pienimmät laajin kunnostusvaihtoehto (Kuva 6, C). Toisaalta Kuvien 5 ja 6 esitystavasta huolimatta kestävyyden eri osa-alueet eivät ole toisistaan erillisiä, eivätkä yhteen osa-alueeseen liittyvät haitat välttämättä ole ”korvattavissa” toisella osa-alueella saavutettavilla hyödyillä (McNally et al. 2020) (niin sanottu ”heikon kestävän kehityksen malli”, Neumayer 1999, Giddings et al. 2002 mukaan, käsitelty luvussa 2.5).

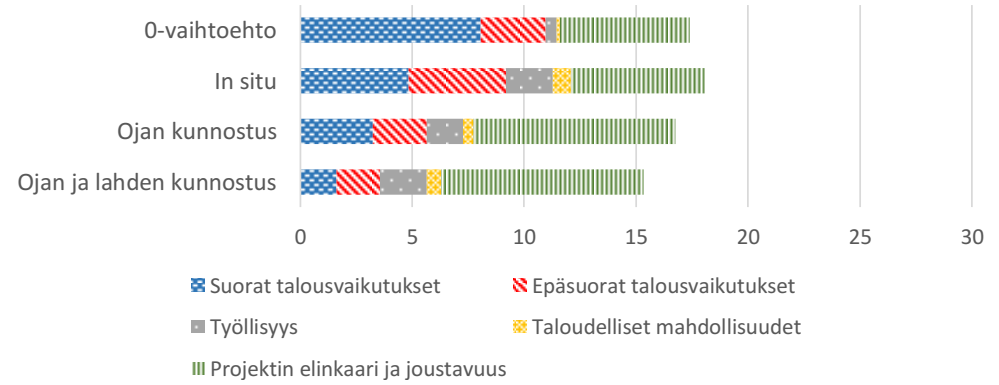
A.



B.



C.



Kuva 6. *SURE-työkalulla tehdyn kestävyysarvioinnin pisteiden jakautuminen indikaattorikategorioittain A. ympäristö-, B. yhteiskunta- ja C. talous-osa-alueella.*

Indikaattorikategorioiden pisteet riippuvat vahvasti siitä, mitä lyhytaikaisia tai pitkäaikaisia vaikutuksia käsitteleviä indikaattoreita niiden alle on sisällytetty sekä siitä, mitkä painokertoimet kategorian indikaattoreille on annettu. Kuvaa 6 tarkastellessa esimerkiksi melko yllättävä tulos voi olla, että ”ihmisten terveys ja turvallisuus”-kategorian alla 0-vaihtoehto sai suurimmat pisteet ja laajin kunnostusvaihtoehto pienimmät pisteet. Tämä selittyy sillä, että kyseisen kategorian alle sisällytettiin enemmän työnaikaisia

vaikutuksia, kuten kunnostuksesta aiheutuvia riskejä ja mahdollisia pelkoja, kuvaavia indikaattoreita kuin pitkäaikaisia vaikutuksia kuvaavia indikaattoreita (Liite A). Yllättävänä tuloksena voidaan myös pitää sitä, että ”projektin elinkaari ja joustavuus” -kategoriassa kaivuun/ruoppaukseen perustuvat vaihtoehdot saivat suuremmat pisteet kuin 0-vaihtoehto tai in situ -kunnostus, vaikka kaivuun/ruoppauksen joustavuutta rajoittavat muun muassa menetelmien kalleus ja tarvittavat suojarakenteet. Tässä indikaattorikategoriassa nämä vaihtoehdot saivat kuitenkin suuria pisteitä indikaattoreista, jotka käsittelivät pitkäaikaisen valvonnan/tarkkailun tarvetta, arvioitua onnistumisen todennäköisyyttä ja menetelmien joustavuutta ilmastonmuutoksen tai muuttuvan sääntelyn tapauksessa.

Joillain indikaattorikategorioilla oli myös suurempi vaikutus tuloksiin kuin toisilla, mikä huomattiin myös herkkyystarkastelussa, jossa tarkasteltiin miten saatavat tulokset muuttuvat, jos jokin indikaattorikategoria poistetaan kokonaan. Useimpien indikaattorikategorioiden tapauksessa niiden poistaminen vaikutti kunnostusvaihtoehtojen järjestykseen tuloksissa, esimerkiksi siten, että kaksi kunnostusvaihtoehtoa vaihtoivat järjestyksessä paikkaa. Tämä selittyy osittain sillä, että 0-vaihtoehdon ja ”ojan ja lahden kunnostus” -vaihtoehdon, sekä in situ - ja ”ojan kunnostus”-vaihtoehtojen saamat lopulliset pisteytykset olivat tuloksissa melko lähellä toisiaan. Joidenkin indikaattorikategorioiden poistaminen taas ei muuttanut kunnostusvaihtoehtojen järjestystä, mikä selittyy sillä, että joidenkin indikaattorikategorioiden alla oli vähemmän indikaattoreita ja joitain indikaattoreita painotettiin vähemmän kuin toisia. Esimerkiksi ilmapäästöjä, työllisyyttä ja taloudellisia mahdollisuuksia koskevien indikaattorien painotus oli arvioinnissa pieni. Toisaalta taas ekologisten indikaattorien poistaminen ei juurikaan muuttanut kunnostusvaihtoehtojen järjestystä lopullisissa pisteissä siksi, että lyhytaikaisia ja pitkäaikaisia vaikutuksia käsitteleviä indikaattoreita painotettiin lähes yhtä paljon, jolloin suuria eroavaisuuksia esimerkiksi laajan kunnostuksen ja 0-vaihtoehdon välillä ei tuloksissa näy.

Kestävyystarkastelussa arvioitiin 0-vaihtoehdon keskeiseksi eduksi se, että vältetään kunnostuksesta aiheutuvia mahdollisia haittoja ja riskejä: Ympäristön kannalta etuja ovat esimerkiksi, että ei tuoteta kuivatusta, kuljetusta ja käsittelyä vaativia haitta-ainepitoisia jätteitä ja vältetään työnaikaista sedimentin ja sen sisältämien haitta-aineiden resuspensiota sekä häiriöitä ja haittoja luonnolle (Kuva 6, A). Sosiaalisen kestävyyden kannalta 0-vaihtoehdon eduiksi taas arvioitiin muun muassa, että ei aiheuteta työnaikaisia riskejä ihmisten terveydelle ja turvallisuudelle tai pelkoa haitta-aineiden leviämisestä kunnostuksen yhteydessä (Kuva 6, B). Lisäksi 0-vaihtoehdon arvioitiin olevan tyypillinen vaihtoehto sedimenttien kunnostuksessa. Taloudellisesta näkökulmasta tarkasteltuna kyseessä olisi oletettavasti myös suorilta kustannuksiltaan pienin vaihtoehto (Kuva 6, C). Toisaalta 0-vaihtoehdon tapauksessa haitta-aineet jäisivät sedimenttiin, ja on riskinä,

että haitta-aineet pääsisivät tulevaisuudessa leviämään laajemmalle ihmistoiminnan, esimerkiksi rakennustöiden, tai luonnollisten olosuhteiden aiheuttaman sedimentin resuspension ja eroosion vuoksi (US EPA 2005, s. 106). Vaikka nykytilassa voimakkaimmin pilaantuneet sedimentit eivät ole pintakerroksessa, on siinä silti kohonneita PCB-pitoisuuksia. Erityisesti ojan eteläosassa on myös pintasedimentissä todettu korkeita pitoisuuksia PCB:tä. Lisäksi pilaantuman paikalleen jättämiseen voi liittyä kysymys oikeudenmukaisuudesta tulevien sukupolvien kannalta (SuRF-UK 2020b, s. 32) sekä mahdollisesta imagohaitasta. Vaihtoehto myös oletettavasti vaatisi pitkäkestoista tarkkailua.

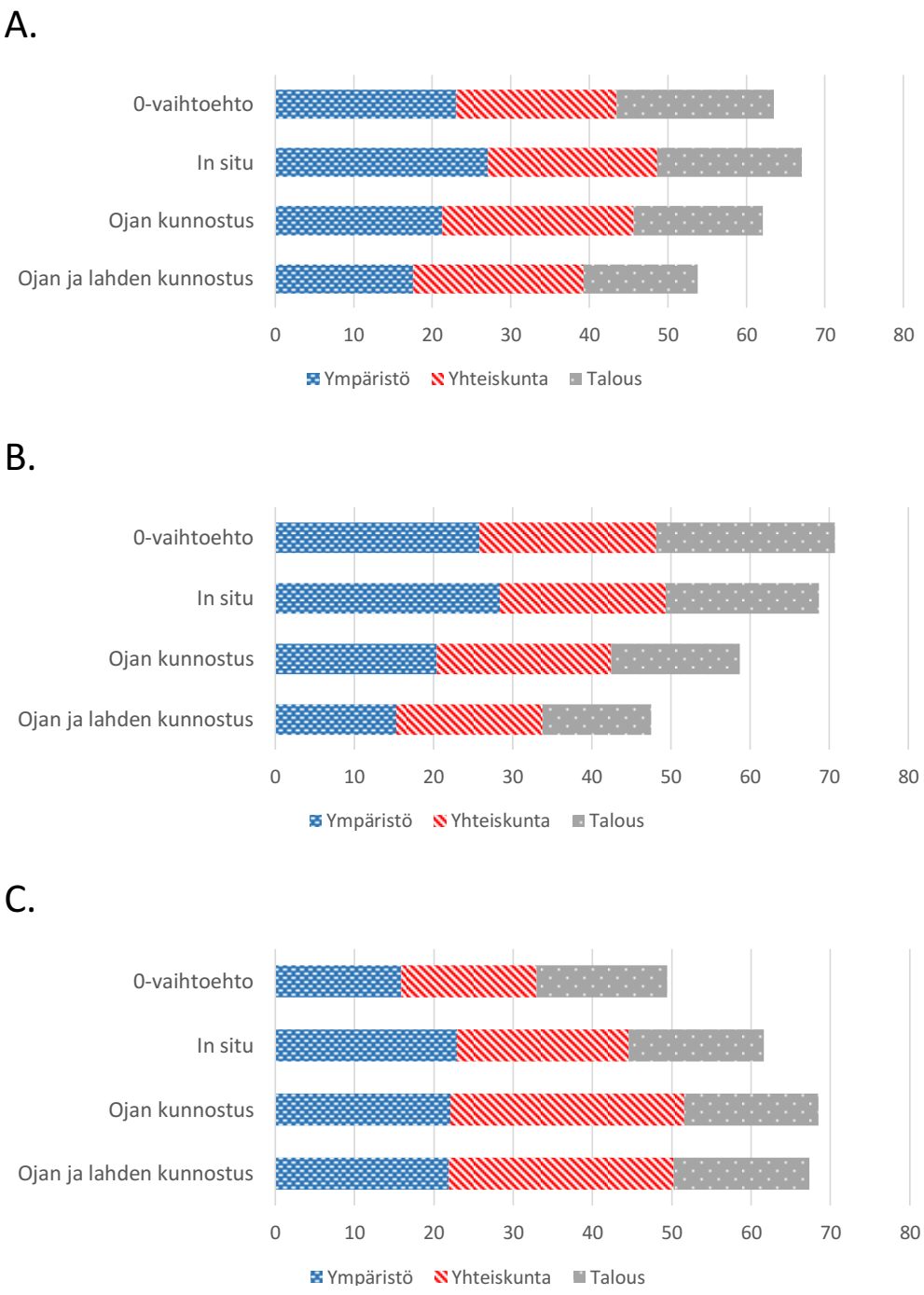
In situ -kunnostus pärjäsi kestävyysarvioinnissa hieman muita paremmin. Tämä kuvastaa sitä, että jos in situ -kunnostuksessa onnistutaan, voidaan sekä poistaa vesiympäristöstä PCB:tä, hallita siitä aiheutuvia riskejä ja muun muassa edistää alueen käyttöä tulevaisuudessa, että välttää monia ruoppauksen ja kaivun mahdollisia työnaikaisia riskejä ja haittavaikutuksia. Esimerkiksi haitta-aineiden resuspensio ja erilaiset ympäristöön kohdistuvat häiriöt arvioitiin vähäisemmiksi kuin sedimentin poistoon perustuvilla menetelmillä. In situ -kunnostuksessa myös tarvittavien raaka-aineiden, energian ja syntyvien jätteiden määrä olisi pienempi. Vaihtoehdon keskeinen haittapuoli kuitenkin on, että esimerkiksi PCB-piikkien käytöstä ei ole aikaisempaa kokemusta Suomesta, ja soveltuvuus ja puhdistustulos tässä kohteessa on epävarmaa. Menetelmän käyttö saattaisikin edellyttää pilottitutkimusta. In situ -kunnostusta oli myös haastavaa pisteyttää lähtötietojen puutteen vuoksi, joten tuloksiin voi liittyä paljon epävarmuutta. Esimerkiksi menetelmän kustannuksista ei ollut tietoa.

”Ojan kunnostus”-vaihtoehdon keskeiseksi eduksi arvioitiin, että jos kunnostuksessa onnistutaan, kaivulla voitaisiin poistaa pysyvästi ja tehokkaasti haitta-aineita Viinikanojan sedimentistä, sekä hallita ojan PCB-kuormitusta vesistöön ja riskejä, joita alueen rakennustöistä sekä luonnonolosuhteista aiheutuva mahdollinen sedimentin eroosio ja liikkeellelähtö voisi aiheuttaa. Lisäksi ”ojan kunnostus”-vaihtoehdon eduksi arvioitiin, että menetelmään liittyisi vähemmän epävarmuutta kuin 0-vaihtoehtoon, in situ -kunnostukseen ja laajempaan ruoppausvaihtoehtoon (Kuva 6, B), ja että onnistumisen todennäköisyys olisi suurin (Kuva 6, C). Vaihtoehdon arvioitiin olevan myös sosiaalisesti hyväksyttävin, ja ojan syventämisestä voi myös olla hyötyä tulvanhallinnan kannalta. Toisaalta Viinikanlahden puolelle jäisi tässä vaihtoehdossa haitta-ainepitoisia sedimenttejä. Lisäksi verrattuna 0-vaihtoehtoon ja in situ -kunnostukseen, kaivulla arvioitiin olevan suurempia työnaikaisia haittoja luonnolle (muun muassa ojan kuivatus, melu, pohjan elinympäristön väliaikainen tuhoutuminen), ja suurempi työnaikainen riski haitta-aineiden leviämisestä, esimerkiksi ponttiseinää asennettaessa tai tapauksessa, jossa vettä jouduttaisiin kunnostuksen aikana laskemaan ojaan. Sedimentin poisto aiheuttaa lisäksi suuria

kustannuksia (muun muassa jätteiden vastaanottokustannukset), ja myös riski ojan alittavan infran vahingoittumiseen on huomioitava. Ojan kaivusta aiheutuvat negatiiviset sosiaaliset vaikutukset taas voisivat liittyä työnaikaisten riskien lisäksi muun muassa kunnostuksesta aiheutuviin häiriöihin ja pelkoon haitta-aineiden leviämisestä kunnostuksen yhteydessä.

Laajemmassa kunnostuksessa, jossa ojan kaivun lisäksi ruopattaisiin lahden suualueen massoja, vaikutusten on arvioitu olevan suurilta osin samankaltaisia kuin ”ojan kunnostus”-vaihtoehdossa, mutta suurempia ja/tai laaja-alaisempia. Jos ”ojan ja lahden kunnostus”-vaihtoehdon tavoitteissa onnistuttaisiin, voitaisiin poistaa enemmän ja laajemmin haitta-aineita sedimentistä kuin pelkän ojan kaivussa, ja siten mahdollisesti paremmin hallita erilaisia pitkäaikaisia riskejä ja edistää esimerkiksi tulevaisuuden alueenkäytön mahdollisuuksia. Toisaalta myös työnaikaisten riskien ja sedimentin poistamiseen liittyvien negatiivisten vaikutusten (syntyvät jätteet, työnaikaiset haitat luonnolle, kunnostukseen liittyvät häiriöt ja pelot, kustannukset ja niin edelleen) arvioitiin olevan suurempia kuin pelkän ojan kunnostuksen tai in situ -kunnostuksen tapauksessa.

Edellä kuvailluista kunnostusvaihtoehtojen arvioiduista eduista ja haitoista voidaan havaita, että erääksi keskeiseksi kysymykseksi kestävyysarvioinnissa nousi, miten lyhytaikaisia ja pitkäaikaisia vaikutuksia tasapainotetaan. Jotta arviointiin liittyvän epävarmuuden ja painotuksen subjektiivisuuden merkitystä tuloksiin saatiin selvitettyä, herkkyystarkasteluissa tarkasteltiin muun muassa sitä, miten tulokset muuttuvat, jos kunnostuksella ei saavutettaisikaan suuria pitkäaikaisia hyötyjä, tai jos haluttaisiin pienentää lyhytaikaisia vaikutuksia kuvaavien indikaattoreiden merkitystä arvioinnissa. Jos kunnostuksen hyötyihin liittyvien indikaattorien painokertoimia pienennettiin 25 % (Kuva 7, A), in situ -kunnostus sijoittui tuloksissa järjestyksessä ensimmäiseksi, 0-vaihtoehto ja ”ojan kunnostus”-vaihtoehto lähes samantasoisiksi, ja laajin kunnostusvaihtoehto (”ojan ja lahden kunnostus”) viimeiseksi. Jos taas kyseisten indikaattorien painokertoimia pienennettiin 50 %, 0-vaihtoehto sijoittui parhaaksi (Kuva 7, B). Näistä kahdesta herkkyystarkastelusta saatuja tuloksia voidaan pitää odotettuina, sillä kun kunnostuksesta saatavien hyötyjen merkittävyyttä vähennetään, korostuvat kunnostuksesta aiheutuvat haitat. Herkkyystarkastelussa, jossa kunnostuksen lyhytaikaisia vaikutuksia kuvaavien indikaattorien painokertoimia pienennettiin 50 %:lla, ”ojan kunnostus”- ja ”ojan ja lahden kunnostus”-vaihtoehdot taas saivat suurimmat pisteet (Kuva 7, C).



Kuva 7. *SURE-työkalulla tehdyn kestävyysarvioinnin kokonaispistemäärät eri kunnostusvaihtoehdoille herkkyystarkasteluissa: A. kunnostuksen (pääosin pitkän aikavälin) hyötyihin liittyvien indikaattorien painokertoimia on pienennetty 25 %, B. kunnostuksen (pääosin pitkän aikavälin) hyötyihin liittyvien indikaattorien painokertoimia on pienennetty 50 % ja C. kunnostuksen lyhytaikaisiin vaikutuksiin liittyvien indikaattorien painokertoimia on pienennetty 50 %.*

Nämä herkkyystarkastelut kuvastavat sitä, että arvioinnissa 0-vaihtoehto ja in situ -vaihtoehto saivat keskimäärin parempia pisteytyksiä lyhytaikaisia vaikutuksia kuvastavien indikaattorien osalta kuin sedimentin poistamiseen perustuvat vaihtoehdot, ja että toisaalta taas sedimentin poistamiseen perustuvien vaihtoehtojen pitkäaikaisten hyötyjen arvioitiin tässä tarkastelussa olevan keskimäärin suurempia kuin 0-vaihtoehdon ja in situ -

kunnostuksen. Toisaalta pitkäaikaisiin vaikutuksiin voi liittyä enemmän epävarmuutta kuin lyhytaikaisiin vaikutuksiin.

Lisäksi tässä työssä tehdyt eri herkkyystarkastelut osoittavat, että tämän kestävyysarvioinnin tulokset ovat melko riippuvaisia siitä, mitä kestävyysnäkökulmia arvioinnissa huomioidaan ja miten niitä painotetaan. Se, mitä eri ihmiset ja sidosryhmät näkevät tärkeänä, voi vaihdella muun muassa poliittisista-, organisatorisista- tai yhtiön tavoitteitten mukaan (SuRF-UK 2010, s. 53). Myös yksittäisen sidosryhmän sisällä näkemykset voivat vaihdella. Tässä työssä mielipiteitä painokertoimiin kyseltiin vain kunnostusta suunnittelevan ja työn tilanneen tahon edustajilta. Erilaisia tapoja painottaa asioita olisi voitu arvioida tai kysellä esimerkiksi alueen asukkaiden, virkistyskäyttäjien ja viranomaisten näkökulmasta (esimerkkinä tästä Collier et al. 2014 ja Apitz et al. 2017), jolloin olisi mahdollisesti saatu paremmin tuotua esiin erilaiset kunnostukseen tai kunnostamatta jättämiseen liittyvät mielipiteet ja eri sidosryhmien tarpeet.

Kestävyysarvioinnin indikaattorien valintaa tehdessä on tärkeää välttää indikaattorien päällekkäisyyksiä ja vaikutusten laskentaa kahteen kertaan (SuRF-UK 2011, s. 6). Arviointiprosessin aikana huomattiin, että osa indikaattoreista liittyi vahvasti toisiinsa, jolloin osittain samoja vaikutuksia on voitu huomioida arvioinnissa useaan kertaan. Arvioinnissa myös huomattiin, että yksittäisenkin indikaattorin sisällyttäminen tai poistaminen saattoi vaikuttaa tuloksiin. Eräitä mahdollisia päällekkäisyyksiä indikaattoreiden välillä on tunnistettu liitteessä A. Lisäksi vaikka arvioinnissa pyrittiin siihen, että kestävyyden eri osa-alueiden välillä indikaattoreita olisi suunnilleen sama määrä, joidenkin indikaattorikategorioiden alla oli enemmän indikaattoreita kuin toisten: esimerkiksi taloudellisista indikaattoreista ”projektin elinkaari ja joustavuus”-kategorian alla oli kuusi indikaattoria, kun taas ”suorat talousvaikutukset”-kategorian alla oli kaksi indikaattoria. Yleisestikin indikaattorien suuri määrä teki arvioinnista haastavampaa.

Indikaattorien pisteytyksessä käytettiin arviointiperiaatetta, jossa kunkin indikaattorin kohdalla piste 5 annettiin tarkastelluista vaihtoehdoista ”parhaaksi” arvioidulle vaihtoehdolle ja piste 1 ”huonoimmaksi” arvioidulle vaihtoehdolle. Tämän pisteytystapa voi antaa osittain väärän käsityksen vaikutusten suuruuksista: Vaikka kunnostusvaihtoehto olisi saanut pisteeksi 5, se ei tarkoita, että kunnostusvaihtoehdolla välttämättä saavutettaisiin suuria positiivisia vaikutuksia, vaan pelkästään sitä, että kyseisen vaihtoehdon positiivisten vaikutusten arvioitiin olevan suurempia tai negatiivisten vaikutusten pienempiä kuin muissa kunnostusvaihtoehdoissa. Vaihtoehtoisesti voitaisiin käyttää asteikkoa, jossa ääripäät kuvastaisivat parasta ja huonointa yleisesti saavutettavissa olevaa suoriutumistasoa tietyn indikaattorin tapauksessa (DCLG 2009, s. 42).

Myös painokertoimissa olisi mahdollisesti voitu huomioida paremmin jo menetelmäkuvauksessa (luku 4.3.1) todettu asia, että eri indikaattoreita koskevat vaikutukset ja vaihtoehtojen väliset eroavaisuudet niissä eivät ole keskenään samansuuruiset (Marttunen et al. 2008, s. 25; DCLG 2009, s. 63). Voi olla, että tässä työssä painokertoimien valinnassa korostui jonkin verran enemmän se, miten tärkeinä eri vaikutuksia pidettiin.

Joidenkin indikaattorien tapauksessa vaikutuksia oli vaikeampi arvioida kuin toisten. Sekä kunnostusmenetelmien tehokkuuteen ja jäljelle jääviin haitta-ainepitoisuuksiin (esimerkiksi kunnostusruoppauksissa, Bridges et al. 2008 s. 2–3, 23–25) että pilaantuneiden sedimenttien paikalleen jättämisen pitkän aikavälin riskeihin tai niiden vähenemiseen (US EPA 2005, s. 106) liittyy epävarmuutta. Myös esimerkiksi kunnostuksen tai kunnostamatta jättämisen sosiaalisten vaikutusten arviointi luotettavalla tavalla on vaikeaa. Esimerkiksi Kymijoen pilaantuneiden sedimenttien kunnostamista koskevassa ympäristövaikutusten arvioinnissa (Kaakkois-Suomen ELY-keskus 2011, s. 106), jossa tutkittiin myös kunnostuksen vaikutuksia ihmisten elinoloihin ja viihtyvyyteen, on todettu, että sosiaalisten vaikutusten arvioinnissa korostuvat asiantuntija-arviot, jotka taas ovat väistämättä jossain määrin alttiita subjektiivisuudelle. Toisaalta eri ihmiset voivat myös kokea vaikutukset eri tavalla eri ajankohtina (Kaakkois-Suomen ELY-keskus 2011, s. 106). Vaikutuksiin liittyvästä tiedon puutteesta johtuen tässä työssä tehdyssä arvioinnissa jouduttiin tekemään paljon oletuksia. Arvioinnissa annetut pisteytykset perustuivat pitkälti mielikuviin, joita eri kunnostusvaihtoehdoista aiheutuvista vaikutuksista oli. Ongelmana käytetyssä pisteytystavassa on, että yksi arvioija voi esimerkiksi arvioida jonkin vaikutuksen olevan suuruudeltaan 2/5 ja toinen arvioija voi arvioida sen olevan suuruudeltaan 4/5 (SuRF-UK 2010, s. 53). Lisäksi koska pisteytys toteutettiin kokonaislukuja käyttäen, eivät kunnostusvaihtoehtojen vaikutukset ole välttämättä oikeassa suhteessa toisiinsa nähden.

Tutkimuksessa ilmeni myös muita puutteita tai epävarmuustekijöitä. Esimerkiksi joidenkin indikaattorien arviointiperiaatteita muutettiin ja joitakin indikaattoreita poistettiin sen jälkeen, kun niiden painokertoimet oli jo päätetty asiantuntijatyöryhmän kesken, minkä lisäksi kestävyysarviointiin tehtiin muokkauksia myös saatujen tulosten perusteella. Toisekseen epävarmuutta saattaa aiheutua myös arvioinnin rajauksista. On mahdollista, että erilaisilla maantieteellisillä, ajallisilla tai elinkaaren rajauksilla voitaisiin saada erilaisia tuloksia. Lisäksi kunnostusvaihtoehtojen tarkastelussa olisi myös mahdollisesti voitu ottaa vielä paremmin huomioon Viinikanlahden asemakaavassa suunniteltujen täyttötöiden vaikutus haitta-ainepitoisten sedimenttien kulkeutumiseen.

Pelkästään tämän arvioinnin pohjalta ei voida todeta jotakin kunnostusvaihtoehdoista yksiselitteisesti kestäväksi tai ei-kestäväksi, tai että kestävyyttä ei voitaisi kunkin

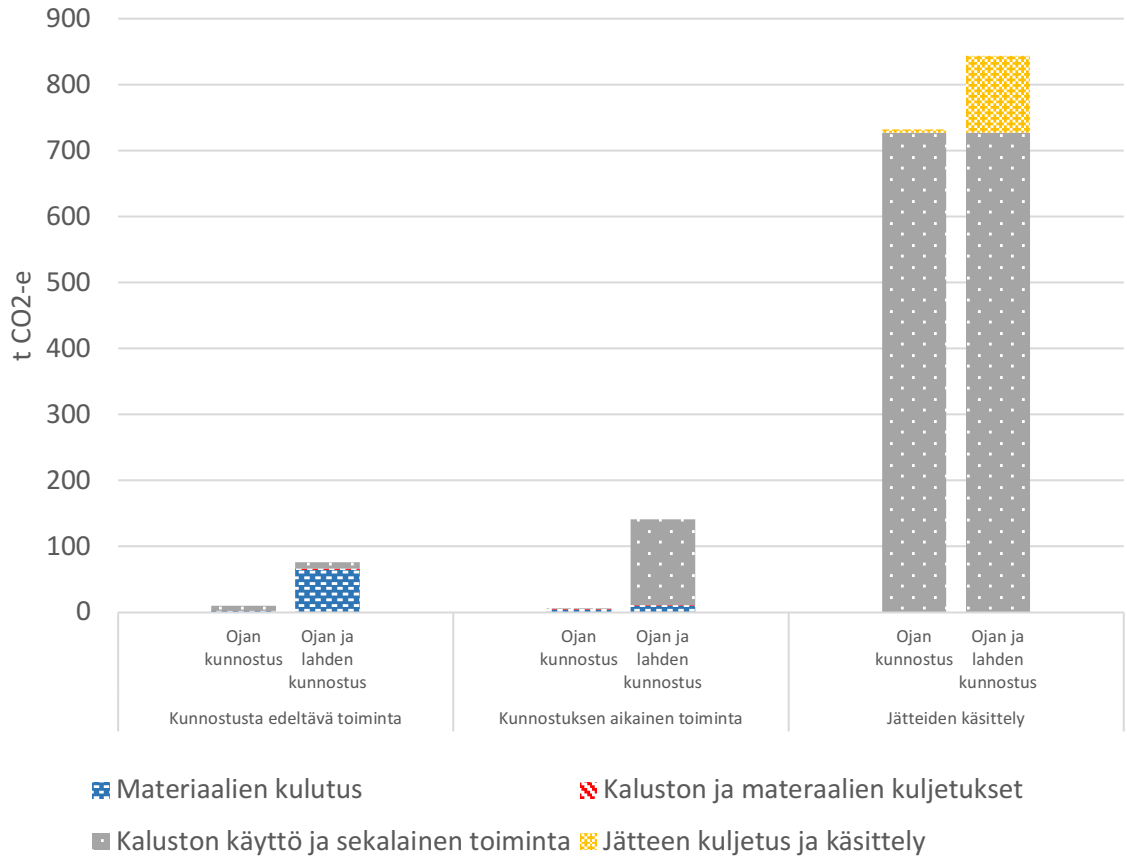
vaihtoehdon osalta parantaa. Esimerkiksi vaikka ”ojan kunnostus” -vaihtoehto sai arvioinnissa suuret pisteet, ruoppausmassan poltto voidaan nähdä epäkestävänä (Gomes et al. 2013). Toisaalta tässä tapauksessa muita ex situ -käsittelymenetelmiä ei nähty realistisina tekniseen toteuttamiskelpoisuuteen liittyvien kysymysten ja lainsäädännön asettamien vaatimusten vuoksi. Lisäksi tämän arvioinnin perusteella ei voida vetää yksiselitteisiä johtopäätöksiä siitä, mitkä ovat keskeisimmät kestävyysnäkökulmat Viinikanojan ja Viinikanlahden kunnostuksessa, koska kuten tuloksista ja herkkyystarkasteluista nähdään, vastaus tähän kysymykseen riippuu siitä, mitä näkökulmia halutaan pohtia ja mitä painottaa. Eräänä keskeisenä kestävyyteen vaikuttavana näkökulmana tämäntyylisessä kohteessa voidaan kuitenkin pitää, miten haitta-aineiden leviämisestä aiheutuvia riskejä hallitaan työn aikana ja pitkällä aikavälillä.

Epävarmuudet huomioiden vaikuttaisi siltä, että Viinikanojan kunnostus kannattaa toteuttaa muun muassa PCB:n kulkeutumisriskin poistamiseksi. Laajemman kunnostuksen (”ojan ja lahden kunnostus”-vaihtoehto) osalta täytyy vielä tehdä lisätutkimuksia ja tarkastella vaikutuksia yksityiskohtaisemmin mahdollisten haitallisten vaikutusten minimoimiseksi ja pitkän aikavälin hyötyjen maksimoimiseksi. Vaikka kyseinen vaihtoehto ei saanut tässä arvioinnissa erityisen hyviä pisteitä, tämä ei tarkoita, että laajempaa kunnostusta ei voitaisi toteuttaa kestävällä tavalla, jos kunnostukseen liittyvät negatiiviset vaikutukset ja riskit hallitaan hyvin. Kunnostettavan alueen rajauksen varmentuessa voitaisiin tarkemmin tarkastella myös erilaisten tekniikoiden yhdistelmää. Lisäksi vaikka in situ -kunnostus vertautui hyvin tarkasteluissa, menetelmään liittyvien epävarmuuksien vuoksi tarkempi teknisen soveltuvuuden sekä etujen ja haittojen tarkastelu on tarpeen, jos menetelmää päätetään käyttää. Yleisesti eroavaisuudet vaihtoehtojen saamissa pisteissä eivät olleet tässä tarkastelussa valtavan suuria.

Jos kestävyyttä haluttaisiin tarkastella tarkemmalla tasolla kuin tässä työssä käytetyllä menetelmällä, voitaisiin tehdä esimerkiksi syvällisempi monikriteerianalyysi, johon voisi sisällyttää enemmän mitattavissa olevia indikaattoreita. Lisäksi voitaisiin esimerkiksi tehdä kartoitusta tai tarkempaa analyysia eri sidosryhmien prioriteeteista, arvoista ja näkemyksistä (esimerkiksi Apitz et al. 2017). Muita mahdollisia yksityiskohtaisemman tason kestävyysarviointimenetelmiä ovat muun muassa elinkaarianalyysit ja monimutkaisemmat kustannus-hyötyanalyysit (luku 3.3). Ennen monimutkaisemmalle kestävyysarvioinnin tasolle siirtymistä tulisi kuitenkin myös pohtia, saavutetaanko tarkemmalla tarkastelulla välttämättä päätöksenteon kannalta parempia tuloksia (SuRF-UK 2020a, s. 18).

5.1.2 Viinikanojan kaivun ja Viinikanlahden ruoppauksen CO_2e-päästöjen arviointi SiteWise-työkalulla

SURE-työkalulla tehdyssä arvioinnissa ”ojan kunnostus”- ja ”ojan ja lahden kunnostus”-vaihtoehtojen hiilijalanjälkien oletettiin olevan selvästi suurempia kuin 0-vaihtoehdon ja in situ -kunnostuksen hiilijalanjälkien. SiteWise-työkalulla tarkasteltiin näiden kahden sedimentin ex situ -kunnostukseen perustuvan vaihtoehdon hiilijalanjälkeä. Laskennasta saatujen tulosten (Kuva 8) mukaan kummassakin vaihtoehdossa suurin osa syntyvistä CO_2-e-päästöistä syntyisi jätteen käsittelyssä, tarkemmin sanottuna ojan voimakkaammin pilaantuneen sedimentin poltosta (Kuvassa 8 poltto sisältyy kategorian ”kaluston käyttö ja sekalainen toiminta” alle). Tarkempia tuloksia on koottu liitteeseen E.



Kuva 8. *CO_2-e-päästöjen (tonnia) jakautuminen kunnostusvaihtoehdoissa ja niiden eri osavaiheissa SiteWise-laskennan perusteella.*

Ojan kunnostamisesta aiheutuisi saatujen tulosten perusteella päästöjä yhteensä noin 750 t CO_2-e. Kyseessä on kuitenkin arvio, johon ei sisälly kaikkia mahdollisia päästölähteitä. Tuloksena saatu lukema vastaa noin 78 suomalaisen vuosittaisia päästöjä (päästökertoimen lähde: Sitra 2018). Tulosten perusteella poltosta aiheutuviin päästöihin verrattuna kunnostusta edeltävästä toiminnasta sekä varsinaisesta kunnostuksen aikaisesta toiminnasta aiheutuvat päästöt ovat pienet, kuten Kuvasta 8 nähdään.

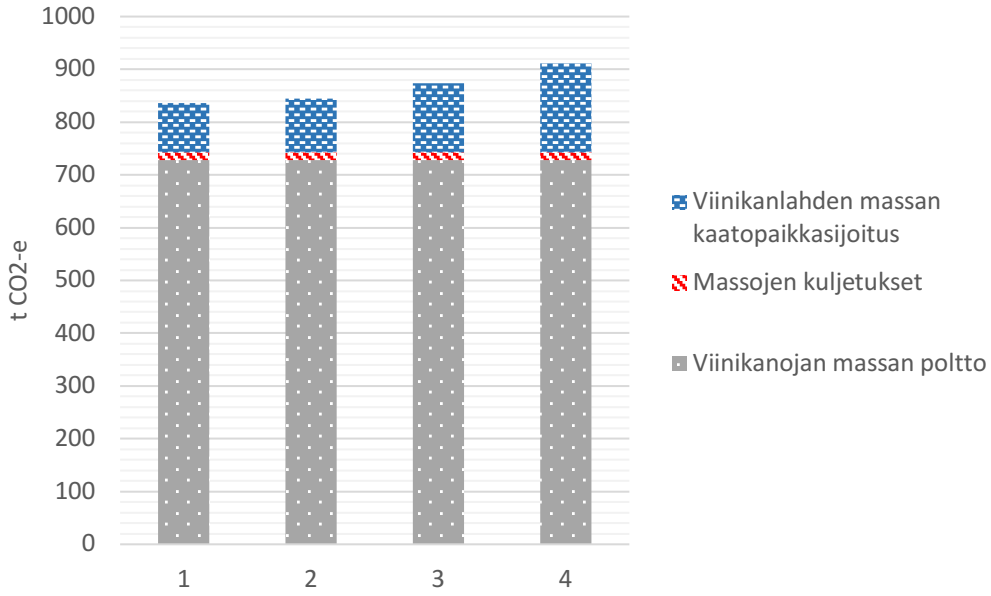
Kunnostusta edeltävässä toiminnassa eniten päästöjä aiheutuu tulosten perustella muun muassa raaka-aineista ja kaluston käytöstä, kuten ojan ohipumppauksesta. Kunnostusvaiheessa päästöjä aiheutuu erityisesti raaka-aineista (peittämisessä käytetty hiekka) sekä jonkin verran myös muun muassa kaluston käytöstä ja peitemateriaalin kuljetuksesta.

Kunnostusvaihtoehdon, jossa kunnostettaisiin sekä oja että lahti, hiilijalanjäljeksi saatiin tämän laskennan perusteella noin 1060 t CO_2-e. Lukema vastaa noin 110 suomalaisen vuosittaisia päästöjä (päästökertoimen lähde: Sitra 2018). Myös tässä kunnostusvaihtoehdossa suurin osa päästöistä aiheutuisi tulosten perusteella jätteiden käsittely -vaiheesta ja edelleen sedimentin polttamisesta, vaikka poltettavan sedimentin määrä ei ”ojan ja lahden kunnostus” -vaihtoehdossa ole suurempi kuin ”ojan kunnostus” -vaihtoehdossa. Lisäksi jätteenkäsittelyn päästöjä lisää Viinikanlahden ruoppausmassan kaatopaikkasijoitus. Tässä kunnostusvaihtoehdossa näkyy myös pelkän ojan kunnostamista koskevaa vaihtoehtoa selvemmin kunnostusta varten tarvittavasta rakentamisesta aiheutuvat sekä varsinaisen kunnostuksen aikana aiheutuvat päästöt (Kuva 8), vaikka nämä ovatkin huomattavasti jätteenkäsittelyn päästöjä pienemmät. Kunnostusta edeltävässä toiminnassa päästöistä suurin osa aiheutuu raaka-aineista ja jonkin verran myös kaluston (muun muassa rakentamiskaluston ja pumppujen) käytöstä. Varsinaisessa kunnostuksen aikaisessa toiminnassa päästöjä aiheutuu tulosten perusteella suurimmaksi osaksi kaluston, tarkemmin sanottuna ruoppausta avustavan aluksen, käytöstä ja jonkin verran myös raaka-aineista (silttiverhoista ja peitemateriaalista).

Tuloksena saatu hiilijalanjälki ”Ojan ja lahden kunnostus”-vaihtoehdolle on noin 1,4-kertainen verrattuna ”Ojan kunnostus”-vaihtoehtoon. Ero on melko pieni ottaen huomioon, että laskennassa oletettiin Viinikanlahden suualueelta ruopattavan sedimentin määrän olevan in situ -tilavuudeltaan kymmenkertainen ojasta kaivettavan sedimentin määrään verrattuna. Hiilijalanjälkien suhteellisen pieni ero selittyy lasketuilla poltosta aiheutuvilla päästöillä, jotka olivat suurin päästölähde kummassakin vaihtoehdossa ja yhtä suuret kummassakin vaihtoehdossa, sillä laskennassa oletettiin, että Viinikanlahden suualueelta ruopattavia sedimenttejä ei jouduttaisi polttamaan. Kunnostamista edeltävästä toiminnasta ja kunnostuksen aikaisesta toiminnasta aiheutuvat päästöt (tarkemmin Liitteessä E) taas ovat tulosten perusteella monikymmenkertaiset ”Ojan ja lahden kunnostus”-vaihtoehdossa ”Ojan kunnostus”-vaihtoehtoon verrattuna, vaikka ovatkin edelleen melko pienet suhteessa jätteenkäsittelystä aiheutuviin päästöihin.

Arvioinnissa haluttiin myös tarkastella Viinikanlahden suualueelta ruopatun, kaatopaikalle sijoitettavan massan orgaanisen aineksen hajoamisesta syntyvien kaasupäästöjen vaikutusta kokonaispäästöihin. Koska kaasuntuotantoa tässä tapauksessa ei pystytty

arvioimaan kohdekohtaisesti, herkkyystarkasteluissa tarkasteltiin, miten eri oletuksien käyttäminen kaasuntuotannolle vaikuttaisi tuloksiin. Kuvassa 9 on esitetty eri kaasuntuontantoskenaarioiden vaikutusta jätteenkäsittelyn päästöihin.



Kuva 9. *Kaasuntuotannon eri oletuksien vaikutus jätteenkäsittelyn päästöt -osiosta saataviin tuloksiin ”ojan ja lahden kunnostus” -vaihtoehdon tapauksessa. Oletukset orgaanisen aineksen hajoamisesta aiheutuvalle kaasuntuotannolle: 1. 0 t CO_2-e tuhatta märkäpainokiloa kohden, 2. 1 t CO_2-e tuhatta märkäpainokiloa kohden, 3. 5 CO_2-e tuhatta märkäpainokiloa kohden ja 4. 10 CO_2-e tuhatta märkäpainokiloa kohden. Kuvassa orgaanisen aineksen hajoamisesta syntyvät päästöt sisältyvät ”Viinikanlahden massan kaatopaikkasijoitus”-osion alle, johon sisältyvät myös muut kaatopaikkasijoituksesta aiheutuvat päästöt.*

Herkkyystarkastelussa suurimmat ja pienimmät päästöt aiheuttavien kaasuntuotantoskenaarioiden välinen erotus oli tulosten perusteella noin 75 t CO_2-e. Kuvasta 9 katsottuna ja jätteen poltosta aiheutuvat suuret päästöt huomioiden tämä erotus ei vaikuta kovinkaan suurelta. Toisaalta 75 t CO_2-e vastaa suuruudeltaan niitä päästöjä, joita tulosten perusteella aiheutuu ”ojan ja lahden kunnostus”-vaihtoehdossa käytetyistä rakennus-, peite- ja silttiverhomateriaaleista, eli eroa voidaan pitää melko merkittävänä. Jotta orgaanisen aineksen hajoamisesta syntyviä kasvihuonekaasupäästöjä voitaisiin arvioida tarkemmin, tarvittaisiin kuitenkin jatkotutkimuksia Suomen olosuhteissa.

Epävarmuutta tuloksiin aiheuttaa muun muassa se, että tässä työssä käytetyt lähtöarvot olivat alustavia. Todellisuudessa esimerkiksi käytettävien raaka-aineiden ja ruopattavan/kaivettavan massan sekä poltettavaksi päätyvän massan määrät voivat olla hyvinkin erilaisia. Myöskään esimerkiksi pumppauksessa käytetty kalusto ja pumppauksen kesto eivät välttämättä vastaa todellisuutta. Luotettavampia tuloksia olisi voitu mahdollisesti saada myöhemmässä suunnitteluvaiheessa, jolloin lähtötietoa on paremmin saatavilla.

Myös laskennassa tehdyt rajaukset aiheuttavat epävarmuutta tuloksiin. Esimerkiksi kaikkea kaluston käyttöä ja kuljetuksia, kuten paluumatkoja jätteen kuljetuksessa, ei huomioitu, minkä vuoksi tuloksena saadut kaluston käytöstä ja kuljetuksista aiheutuvat päästöt voivat olla todellisuutta pienempiä. Jotkin osat kunnostusprosessista, kuten kunnostusta edeltävä, sen aikainen ja sen jälkeinen tarkkailu rajattiin pois kokonaan.

Jätteen poltosta aiheutuviin päästöihin liittyy erityisesti epävarmuutta. Toisin kuin esimerkiksi raaka-aineiden käytöstä, kuljetuksista tai kaluston käytöstä syntyvät päästöt, jätteiden polton päästöt laskettiin omia, SiteWise-työkalun ulkopuolisia oletuksia käyttäen. Jätteen poltosta aiheutuvat päästöt on laskettu perustuen Fortumin Waste Solutions:in (2023) raportoimiin korkealämpötilapolton ilmaan kohdistuviin kokonaispäästöihin, ja on epävarmaa, millä laskentaperiaatteilla nämä päästöt on laskettu ja mitä niihin sisältyy. Päästöihin ei välttämättä esimerkiksi sisälly poltossa käytettyjen raaka-aineiden valmistuksesta aiheutuvia päästöjä.

Myös työkalun käyttämät päästökertoimet voivat hieman vaikuttaa tuloksiin: SiteWise esimerkiksi käyttää soralle päästökerrointa 0,017 kg CO_2-e/kg (Moore & Sirabian 2018, s. B-3), mutta esimerkiksi SYKE:n ja Väyläviraston InfraCO2-päästötietokannassa (SYKE 2023) luonnonsoran (0/16) päästökerroin on 0,004 kg CO_2-e/kg ja kalliomurskeen (0/32) 0,006 kg CO_2-e/kg. Lisäksi pientä epävarmuutta voi aiheutua yksikkömuunnoksista ja pyöristyksistä.

Tässä työssä tuloksena saadut poltosta aiheutuvat päästöt vaikuttaisivat olevan samaa suuruusluokkaa PIMA-hankkeista tehdyistä elinkaari- ja jalanjälkilaskelmista saatujen tulosten kanssa, esimerkiksi Busset et al. (2012) tekemien laskelmien kanssa, jossa arvioitiin PCB:llä pilaantuneen maan polton päästöjä käytettäessä maakaasua polttoaineena. Lisäksi kuten tässä työssä tehdyssä laskelmassa, myös Busset et al. (2012) tekemässä arviossa suurin osa (94 %) maan polttoa sisältävän kunnostusskenaarion ilmastonlämmitysvaikutuksesta aiheutui nimenomaan polttovaiheesta. Toisaalta taas Hu et al. (2011) elinkaariarvioinnissa, jossa arvioitiin PCB-pitoisen maan poltosta syntyviä päästöjä, tuloksina saadut päästölukemat olivat huomattavasti pienempiä, mikä saattaa selittyä tarkastellun tekniikan eroavaisuuksilla. Laskelmia sedimentin poltosta aiheutuvista päästöistä ei löydetty kirjallisuudesta; sedimentin polton päästöt saattavat kuitenkin poiketa jossain määrin maan polttamisen päästöistä, sillä alhainen kiintoainepitoisuus lisää energiankulutusta (Reis et al. 2007, s. 95).

Muita sedimentin kunnostuksen jalanjälkianalyysejä, joissa SiteWiseä on käytetty, ovat muun muassa Battelle (2014), Bullard et al. (2015) mukaan ja AECOM (2015), Bullard et al. (2015) mukaan. Näissä vertailuissa tarkastellut kohteet ja kunnostusvaihtoehdot

ovat kuitenkin erilaisia keskenään ja tähän tutkimukseen verrattuna, joten tutkimuksista saatavia tuloksia ei oikeastaan voida pitää vertailukelpoisina. Kummassakaan jalanjälkianalyysissä ei esimerkiksi analysoitu polton päästöjä kuten tässä työssä tehdyssä arvioinnissa, ja tässä työssä tehdyssä arvioinnissa taas ei arvioitu esimerkiksi näytteenotoista aiheutuvia päästöjä. Battelle:n (2014) tarkastelussa, Bullard et al. (2015) mukaan monitoroitu luontainen puhdistaminen sisältäen valvonnan oli SiteWisen tulosten perusteella kasvihuonekaasupäästöiltään suurempi verrattuna vaihtoehtoihin, jotka sisälsivät sedimentin kaivuuta ja/tai peittämistä, johtuen suuresta tarkkailun määrästä. AECOM:in tarkastelussa (2015), Bullard et al. (2015) mukaan taas ohut peittäminen oli päästöiltään pienempi kuin kohdennettua ruoppaamista, peittämistä ja monitoroitua luontaista puhdistamista sisältävä vaihtoehto, jossa päästöjä aiheutui tulosten perusteella erityisesti muun muassa ruoppauskaluston käytöstä, kaatopaikkasijoittamisesta ja massojen siirrosta.

Ylipäätään laskentaan liittyvien epävarmuuksien ja tiedon puutteen vuoksi tässä työssä tehdyn laskennan tarkoitus ei ole antaa todellisia lukemia kunnostuksessa syntyvistä päästöistä, eikä tuloksia tulisi käyttää siihen tarkoitukseen. Kuitenkin vaikka tässä työssä saatuihin tuloksiin on syytä suhtautua kriittisesti, voidaan niiden avulla saada suuntaa antavaa tietoa siitä, mistä tarkastellun hankkeen kaltaisessa pilaantuneen sedimentin kunnostuksessa päästöt koostuvat. Näiden tulosten perusteella näyttäisi siltä, että poltettavaksi päätyvän massan määrän minimoimisella voi olla suuri vaikutus syntyviin päästöihin. Toisaalta Viinikanojan kunnostuksen tapauksessa voidaan myös ajatella, että jos kaikki poltettavaksi toimitettava sedimentti on voimakkaasti haitta-ainepitoista, niin tämän massan poistaminen vesiympäristöstä on kunnostuksen lähtökohtainen tavoite, vaikka tällöin syntyykin hiilidioksidipäästöjä. Toisaalta päästöjä voitaisiin mahdollisesti vähentää, jos osa massasta voitaisiin käsitellä vaihtoehtoisella menetelmällä polton sijaan.

Yleisesti Bullard et al. (2015), s. 8 toteaa, että ruoppauksen ympäristöjalanjälkeä voidaan vähentää keskittymällä niille alueille ja syvyyksille, joilta saavutettavat kunnostushyödyt ovat suurimpia. Ruoppausmassan määrän minimoimisella voidaan kasvihuonekaasujen vähentämisen lisäksi saavuttaa muitakin etuja kestävyyden näkökulmasta, sillä tällöin todennäköisesti vähennetään myös muun muassa ekosysteemiin kohdistuvia työnaikaisia vaikutuksia, työtapaturmien riskiä, jätteen määrää ja kuljetuksista aiheutuvia häiriövaikutuksia lähialueelle. (Bullard et al. 2015, s. 8–9, 11) Sedimentin kunnostuksen päästöjä voidaan vähentää lisäksi muun muassa käyttämällä vähemmän energiaintensiivisiä kunnostusmenetelmiä alueilla, joilla sedimentin poistaminen ei ole vaadittua. Päästöjä voidaan vähentää myös muun muassa vähentämällä kulutettavien materiaalien määrää,

optimoimalla kaluston käyttöä energian käytön vähentämiseksi ja minimoimalla kaluston, jätteen ja henkilöstön kuljetuksien määrää. (Bullard et al. 2015, liite A).

5.2 Sedimenttien kestävyysnäkökulmien pohdinta

Eräs tässä työssä tehdyssä kestävyysarvioinnissa esiinnoussut kysymys on, miten kunnostettava alue tulisi rajata. Voimakkaimmin pilaantuneita alueita on erityisesti Viinikanojassa ja lisäksi joillakin Viinikanlahden alueilla, ja lisäksi lievemmin pilaantuneita alueita on laajemmalla Viinikanlahden alueella. Kunnostuksesta aiheutuvien potentiaalisten riskien minimoimisen vuoksi voidaan kuitenkin vielä tarvita erityisesti Viinikanlahden alueiden osalta lisätarkasteluja kunnostuksen rajauksesta. Myöskin alueiden kunnostamatta jättämiseen liittyvät omat haittapuolensa.

Ylipäätään pilaantuneiden sedimenttien kunnostuksessa esiin voi nousta kysymys, onko kestävämpää kunnostaa vain korkeimpien haitta-ainepitoisuuksien alueet (ns. ”*hot spot*”-alueet) vai myös laajemmat, lievemmin pilaantuneet alueet, ja miten nämä eri alueet määritellään. Olsen et al. (2019), s. 56–58 mukaan Norjassa tehdyissä pilottiprojekteissa, joissa tarkasteltiin useita eri sedimentin kunnostusmenetelmiä, näyttävät, että ”on tärkeää, että sedimentin kunnostuksessa ei keskitytä liikaa hot spot -alueisiin”. Kunnostuksen hyöty voi tällöin jäädä vähäiseksi, ellei voida varmistaa, että alue toimii haitta-aineiden lähteenä eli pilaantuman leviämisen riski alueelta muualle vesistöön on suuri (Olsen et al 2019, s. 58). Ruoppaus taas ei toisaalta välttämättä ole paras menetelmä laajempien, lievemmin pilaantuneiden alueiden kunnostamiseen: esimerkiksi ITRC (2014) ohjeistaa, että sedimentin poisto on tehokasta haitta-aineiden lähteenä toimivien, rajattujen hot spot -alueiden kunnostamisessa, mutta voi olla vähemmän tehokasta ja soveltuvaa alueilla, joilla haitta-aineet ovat levinneet laajemmalle tai joissa levinneisyyden laajuus on epävarmaa. Bridges et al. (2008), s. 38 mukaan ”voidaan olettaa, että se, kuinka paljon voimakkaimmin pilaantuneiden sedimenttien poistamisella voidaan vähentää riskejä, vaihtelee kohteesta riippuen; joissakin kohteissa lievempi mutta laajemmalle levinnyt pilaantuma hot spot -alueiden ulkopuolella voi vaikuttaa kokonaisriskiin enemmän kuin hot spot -alueet itsessään”. Ruopattavan massan minimoimisella voidaan toisaalta vähentää esimerkiksi kunnostuksesta aiheutuvia häiriöitä, ekologisia vaikutuksia ja jätteenkäsittelyn tarvetta (Bullard et al. 2015, s. 8–9). Toisaalta jos kunnostuksen seurauksena ympäristöön jää haitta-aineita, voi se vähentää kunnostuksen hyväksyttävyyttä (National Research Council 2007, s. 3). Toisaalta taas voi olla tapauksia, joissa laaja ruoppaus on aiheuttanut enemmän vastustusta kuin rajoitetumpi kunnostus.

Tässä työssä tehdyissä kestävyysarvioinneissa on keskitytty pilaantuneiden sedimenttien kunnostukseen, mutta kunnostukset muodostavat vain pienen osan

sedimenttihankkeista Suomessa (Olsen et al. 2019, s. 55). Hankkeissa, joissa sedimenttiä ruopataan esimerkiksi satamien tai vesiväylien vesisyvyyden ylläpitämiseksi tai vesistörakentamisen vuoksi, keskeisimmät kestävyysnäkökulmat saattavat olla erilaisia kuin kunnostuksissa (joissa niissäkin kestävyysnäkökulmat voivat vaihdella kohteesta riippuen). Laboyrie et al. (2018c), s. 266-267 mainitsemia käytännön keinoja vaikuttaa ruoppausten ympäristövaikutuksiin ovat muun muassa suunnitteluprosessin uudistaminen, vaihtoehtoisen ruoppauskaluston valinta ja ruoppausmassojen hallinta- ja sijoitusstrategioiden uudelleenarviointi. Ruoppausmassojen hyötykäyttö on nähty yhtenä keskeisimmistä mahdollisuuksista lisätä ruoppaushankkeiden kestävyyttä (Laboyrie et al. 2018c, s. 266–267). Ei-kunnostushankkeen kestävyysarvioinnissa erääksi keskeiseksi kysymykseksi kokonaiskestävyyden kannalta saattaisikin nousta esimerkiksi se, miten tai mihin ruoppausmassoja voidaan ylipäätään hyötykäyttää tai läjittää, mikä taas riippuu muun muassa ruoppausmassan haitta-ainepitoisuuksista ja muista ominaisuuksista (luku 2.5.7). Ei-kunnostushankkeissa syntyvien ruoppausmassojen loppusijoitukseen/hyötykäyttöön liittyvistä keskeisimmistä kokonaiskestävyyteen vaikuttavista näkökulmista tarvittaisiin kuitenkin lisää tutkimuksia.

Kaikista sedimentin ruoppaus-, käsittely- ja sijoitustavoista aiheutuu ympäristövaikutuksia ja sosiaalisia- sekä taloudellisia vaikutuksia, joista eräitä on koottu Taulukkoon 12. Kuten aikaisemmin on todettu, niin se, mitkä ovat käsittelystä aiheutuvat keskeisimmät vaikutukset, voi vaihdella paljon kohteesta, hankkeesta ja sen tavoitteista riippuen. Keskeisimpiin kestävyysnäkökulmiin voi vaikuttaa myös muun muassa se, kuinka pitkäaikaisia tai peruuttamattomia eri vaikutukset ovat, tai se, voidaanko vaikutuksia jollain tapaa kompensoida. Lisäksi esimerkiksi Taulukkoon 12 kootuista vaikutuksista osa koskettaa lähinnä vain pilaantuneita sedimenttejä, kuten haitta-aineista aiheutuviin terveys- ja ympäristöriskeihin liittyvät näkökulmat. Toisaalta pilaantuneita sedimenttejä voidaan joutua käsittelemään kunnostushankkeiden lisäksi myös ei-kunnostushankkeissa.

Taulukko 12. *Eräitä ympäristö-, sosiaalisia ja taloudellisia näkökulmia liittyen sedimenttien ruoppaukseen, käsittelyyn ja loppusijoittamiseen/hyötykäyttöön. Listaus perustuu osittain SuRF-UK:n indikaattorilistaukseen (SuRF-UK 2020b; SuRF-UK 2011). Listaus ei ole täysin kattava.*

Ympäristö	Sosiaaliset	Taloudelliset
- Päästöt ilmaan (mm. kaluston käyttö, raaka-aineiden valmistus ja ruoppausmassasta vapautuvat päästöt) [1, 2, 3] - Energiankulutus, veden kulutus, kemikaalien käyttö, raaka-aineiden käyttö [1, 2] - Ruoppausmassojen kuivatus ja vesienkäsittely [4, 5] - Jätteen määrä [1, 6] - Ruoppausmassan hyötykäyttö: neitseellisten raaka-aineiden korvaaminen [5] - Vaikutus sedimentin fysikaaliseen, kemialliseen ja biologiseen laatuun ja prosesseihin [7, 8] - Vaikutus pintaveden laatuun (mm. sameneminen, ravinteiden vapautuminen) [1, 7, 8, 9] - Vaikutukset pohjavesiin [1, 10] - Haitta-aineista aiheutuvat ympäristöriskit; kunnostuksissa riski haitta-aineiden vapautumisesta vs. hyöty haitta-aineiden poistamisesta [1, 7, 9] - Haitta-aineiden jäännöspitoisuudet [9, 11] - Elinympäristöjen muutokset [1] (esim. pohjan elinympäristön tuhoutuminen, vaikutukset rannan tai kuivatus/läjitysalueen elinympäristöön ym.) [7, 12] - Vaikutukset kaloille, pohjaeliöille, vesikasveille, linnuille ja muille eliöille [1, 7, 8] - Sedimentin eroosio [1] - Vaikutus sedimentaatioon, vesisyvyyksiin ja veden virtaukseen [1, 7, 8] - Tulvanhallinta, virtaustilan/veden vaihtuvuuden parantaminen [1, 8, 12] - Tilantarve ja vaikutukset maisemaan (esim. kuivatuksessa ja läjityksessä) [1, 8] - Ruoppausmassan hyötykäyttö elinympäristöjen parantamiseen [10]	- Haitta-aineista aiheutuvat terveysriskit [1, 6, 7, 12] - Työturvallisuus, työnaikaiset riskit terveydelle [1, 6, 11, 12] - Haitat/hyödyt vesistön virkistyskäytölle: esimerkiksi virkistyskäyttömahdollisuuksien parantaminen ja toisaalta työnaikaiset veden samentumisesta, alueiden rajaamisesta ym. aiheutuvat haitat [1, 7, 12] - Haitat/hyödyt kalastukselle [7, 8] - Haitat/hyödyt alueenkäytölle ja palveluille [1, 7, 8, 12] - Häiriötekijät: melu, pöly, haju, liikenne [1, 7, 8] - Vaikutukset rakennettuun ympäristöön ja arkeologisiin (esimerkiksi vedenalaisiin) kohteisiin [1, 12, 13] - Haitta-aineista aiheutuva huoli (ennen työtä, työn aikana ja sen jälkeen) [1, 7, 14] - Mielikuvat liittyen sedimentin ruoppaus-, käsittely-, loppusijoitus- ja hyötykäyttövaihtoehtoihin, ratkaisun hyväksyttävyys [7, 11, 12] - Kunnostusratkaisun pysyvyys [7, 12] - NIMBY (”Not in my backyard”, ”ei minun takapihalleni”) - Viestintä ja sidosryhmien mahdollisuus osallistua päätöksentekoon [1, 12] - Oikeudenmukaisuus, tasapuolisuus ja eettisyys (mm. eri sidosryhmien tai tulevien sukupolvien näkökulmasta) [1, 12] - Kunnostamisvastuuseen ja vastuiden jakautumiseen liittyvät kysymykset [1] - Yhdenmukaisuus lainsäädännön kanssa [1] - Alueellinen suunnittelu [1] - Menetelmiin/tekniikoihin liittyvät epävarmuudet ja käytössä oleva tieto [1, 7, 11]	- Suorat kustannukset: mm. kaluston käyttö, raaka-aineet, kuljetukset, jätteen vastaanoton kustannukset ym. [1, 7, 11] - Suunnitteluun, valvontaan ym. liittyvät kustannukset [1, 7] - Luvituksesta aiheutuvat kustannukset [1] - Pitkän aikavälin kustannukset, esim. haitta-aineisiin tai rakenteeseen liittyvä tarkkailu [1, 7, 12, 15] - Pilottitutkimuksien tarve [7] - Saatavilla olevat tuet kunnostuksiin [16] - Kaluston, materiaalien/raaka-aineiden ja asiantuntijoiden saatavuus [6, 7] - Sopivien läjitysalueiden saatavuus [7] - Vahingoista aiheutuvat kustannukset [1] ja mahdolliset korvaukset vesialueen käyttäjille - Satamien/väylien parantamisesta saatavat hyödyt, virkistyskäytön parantaminen, turismin edistäminen, tulvanhallinta ym. [1, 7, 12] - Alueen arvonnousu tai -lasku [1, 7, 12] - Pilaantuneen sedimentin kunnostuksessa mm. kalan syöntiä koskevien rajoitteiden ja muiden alueen käyttöä koskevien rajoituksien poistuminen (tai pysyminen) [1, 7] - muut taloudelliset mahdollisuudet: mm. ruoppausmassojen hyötykäytön taloudelliset mahdollisuudet, hyötykäyttöön liittyvä kysyntä [17] - työllistäminen tai työpaikkojen häviäminen, erilaisiin tekniikoihin liittyvän osaamisen kehittäminen [1, 12, 18] - mainehyöty tai -haitta [1]

[1] SuRF-UK (2020b), liite 1 & SuRF-UK (2011), s. 10–12; [2] Bullard et al. (2015); [3] Kox et al. 2021, [4] Reible & Lanczos 2006, s. 1, [5] Häkkinen et al. 2020, s. 36–37, 54,[6] McNally et al. (2017), [7] US EPA 2005, [8] Vahanne & Vestola 2007, s. 68, [9] Bridges et al. 2008, [10] Bray et al. (1996), s. 105, [11] Reis et al. (2007), [12] Apitz et al. (2017), [13] Ympäristöministeriö (2015), s. 25-27 [14] Kaakkois-Suomen ELY-keskus (2011), s. 100–106, [15] Williams et al. (2020), [16] Pirkanmaan ELY-keskus (2020), [17] Harrington & Smith 2017, [18] Harrison et al. 2017

Sedimentin ruoppauksesta, käsittelystä ja loppusijoituksesta aiheutuvat erilaiset ympäristölliset, sosiaaliset ja taloudelliset vaikutukset eivät välttämättä kohdistu tasapuolisesti eri sidosryhmiin, ja eri sidosryhmät saattavat painottaa eri tavoin sitä, mitkä asiat nähdään tärkeinä (SEA & AECOM 2016, s. v, Apitz et al. 2017). Kiinnostava aihe jatkoselvityksien kannalta voisikin olla esimerkiksi, miten eri sidosryhmät valitsisivat painokertoimet sedimenttihankkeen kestävyysarvioinnissa Suomen ympäristössä. Kiinnostavaa olisi myös, miten eri sidosryhmien arvot poikkeavat verrattaessa esimerkiksi pilaantuneen sedimentin kunnostushanketta koskevaa kestävyysarviointia ja uudis- tai ylläpitoruoppauksessa syntyvän ruoppausmassan läjitysvaihtoehtojen kestävyysarviointia. Sidosryhmien osallistuminen arviointiprosessiin ja päätöksentekoon voidaan nähdä tärkeänä osana kestävyysarviointia (Sala et al. 2015; Laitinen et al. 2022, s. 36), vaikka tässä työssä osallistaminen toteutettiinkin melko suppealla tavalla. Esimerkiksi Collier et al. (2014) tekemässä ruoppausmassaa koskevassa päätösanalyysissä erilaisten sidosryhmien arvoja, näkemyksiä ja tapoja painottaa päätöksenteon kriteerejä selvitettiin ryhmäkeskusteluiden ja yksilöhaastatteluiden avulla. Myös esimerkiksi Plant et al. (2017) on tarkastellut eri sidosryhmien PIMA-kunnostuksen tavoitteisiin liittyviä arvoja ja miten ne vaikuttavat päätöksentekoon. Tämän tutkimuksen mukaan arvot voivat myös muuttua kunnostuksen päätöksentekoprosessin edetessä (Plant et al. 2017).

On viitteitä siitä, että sidosryhmien osallistamisen avulla voidaan edistää pysyvämpien päätöksien tekemistä, mutta siihen liittyy myös riskinsä (Reed 2008; Lawer 2019), joita ei käsitellä tässä tarkemmin. Eräs mahdollinen jatkotutkimusaihe voisi edellä mainittujen lisäksi olla, missä sedimenttihankkeen vaiheissa voitaisiin parhaimmalla tavalla huomioida esimerkiksi alueen käyttäjien näkökulmia.

5.3 Kestävyysarviointityökalujen soveltuvuus, vahvuudet ja heikkoudet ja kestävyysarvioinnin pohdinta

Tässä luvussa on aluksi esitelty SURE-kestävyysarviointityökalun ja työkalun käyttämien, SuRF-UK:n laatimien indikaattorien soveltuvuutta sedimenttihankkeille, vahvuuksia ja heikkouksia, jonka jälkeen on vastaavasti käsitelty SiteWise-työkalun vahvuuksia, heikkouksia ja soveltuvuutta sedimenttihankkeille. Luvussa on hieman myös pohdittu yleisemällä tasolla huomioita, joita nousi esiin työssä toteutetun kestävyysarvioinnin aikana, sekä kestävyysarvioinnin tarkoitusta.

5.3.1 SURE:n ja SuRF-UK-indikaattoreiden soveltuvuus sedimenteille, vahvuudet ja heikkoudet

SURE:n vahvuuksia on, että työkalu on vapaasti saatavilla ja maksuton. Työkaluun lisäksi sisältyy kattavasti erilaisia kestävyysindikaattoreita, ja se vaikuttaisi olevan melko joustava erilaisten kunnostushankkeiden vertailussa.

Työkalun avulla ei voi laskea kvantitatiivisia kestävyyden mittareita, kuten päästöjä, vaan käyttäjä itse antaa arvoja indikaattoreille. Tämänkaltainen kestävyydenarviointimenetelmä toisaalta sallii arvioinnin silloinkin, kun todellisia kunnostusvaihtoehtoja kuvaavia lukuja ei vielä ole saatavissa, esimerkiksi projektin alkuvaiheessa. Tällöin kuitenkin pisteytystyylistä riippuen riskinä voi olla, että arvioijan omat näkemykset saattavat vaikuttaa arvioon ja arvioinnin luotettavuuteen ja hyväksyttävyyteen (SuRF-UK 2010, s. 53). Lisäksi monimutkaisempia kunnostusvaihtoehtoja, joilla eroavaisuudet ovat hienovaraisempia, voi olla vaikeampi verrata keskenään kuin kvantitatiivisempien analyysien tapauksessa (Fitzpatrick 2019). Toisaalta SURE:ssakin pisteytyksen pohjana voidaan käyttää kvantitatiivisia arvioita (tästä esimerkkinä Ramboll 2022b:ssa esitetty kestävyysarviointi), joka voi myös tehdä arvioinnista läpinäkyvämpää, ja työkalun käyttämää MCA-menetelmää voidaan tukea esimerkiksi elinkaarianalyysillä tai kustannus-hyötyanalyysillä (Ramboll 2021a).

Tässä työssä tehdyssä kestävyystarkastelussa jonkin verran haasteita aiheutui arviointiasteikon skaalan määrittämisestä ja eri kunnostusvaihtoehdoille annettujen pisteytyksien suhteuttamisessa käytettyjen periaatteiden määrittelystä, ja pisteytysperiaatteita muutettiinkin useaan kertaan arvioinnin aikana. Vaikka toisaalta työkalun käyttämä asteikko 1–5 on yksinkertainen, arvioinnissa epäselvyyttä aiheutti, miten eri kunnostusvaihtoehdoista aiheutuvat vaikutukset tuli asettaa asteikolle: esimerkiksi miten asteikon ääripäät tuli määritellä, ja mihin vaikutuksia verrataan. SURE toisaalta antaa arvioijalle itselleen vapautta asetella arvioinnin periaatteet ja lähestymistavan kohteelle sopivaksi, johon myös SuRF-UK (2020a), s. 6 ohjeistaa. Toisaalta monikriteerianalyysiä, indikaattorien pisteytystä ja painokertoimien valintaa koskevat kysymykset eivät välttämättä ole selkeitä aiheeseen vähemmän perehtyneelle henkilölle. SURE:n ohjeistus voisikin ehkä ollakin hieman selkeämpää pisteytysperiaatteiden kuvauksen osalta.

SURE:ssa käytetyt indikaattorit perustuvat SuRF-UK:n indikaattorilistaukseen (SuRF-UK 2011 ja SuRF-UK 2020b), johon sisältyy indikaattoreita laajasti useasta eri ympäristöllisestä, sosiaalisesta sekä taloudellisesta kategoriasta. SuRF-UK:n indikaattorilistaus ja SURE-työkalu sallivat myös omien indikaattorien lisäämisen. Sedimentit on mainittu useiden SuRF-UK:n indikaattoreiden kohdalla, ja listaukseen perustuvia indikaattoreita

on osittain käytetty muun muassa Apitz et al. (2017) ja Hou et al. (2014) laatimissa sedimenttien kunnostuksen kestävyysarvioinneissa. Tässä työssä tehdyssä arvioinnissa koettiinkin, että indikaattorien kattavuuden ja yleisluontoisuuden vuoksi myös sedimentin kunnostushankkeen arviointi onnistui työkalulla. Joidenkin indikaattorien nimet ja kuvaukset tuntuivat viittaavan hieman enemmän PIMA-hankkeisiin kuin sedimentteihin, joten SURE-työkalun käytettävyyden kannalta voisi olla hyvä, jos valmiiden indikaattorien nimiä ja kuvauksia pystyisi muokkaamaan sen sijaan, että on luotava kokonaan uusi indikaattori. Jätteisiin liittyviä indikaattoreita olisi toivottu lisää, koska sedimenttihankkeissa suurien käsiteltävien massamäärien vuoksi voivat jätteet ja niiden käsittely olla keskeisessä asemassa kestävyyden näkökulmasta. Lisäksi esimerkki indikaattorista, jota voitaisiin tarkastella omana erillisenä indikaattorinaan sedimenttihankkeessa (ja miksei maa-alueen hankkeessakin) voisi olla ruopatun/kaivetun massan hyötykäyttö. Toisaalta kestävyysarviointia tehdessä on myös hyvä kiinnittää huomiota siihen, että indikaattoreita ei valita liikaa, sillä tässä työssä valitun 41 indikaattorin arviointi koettiin työläänä ja arviointia hankaloittavana tekijänä.

Eräs huomioitava asia SuRF-UK:n (2020b) indikaattorilistauksessa - ja siten myös SURE-työkalussa - on, että indikaattoreita on eri määrä indikaattorikategorioiden ja kestävyyden osa-alueiden alla. Esimerkiksi ympäristö-osa-alueen alla indikaattoreita on yhteensä 28, kun taas yhteiskunta-osa-alueen alla indikaattoreita on 21. Arvioijan/arvioijien olisi hyvä huomioida tämä asia joko indikaattoreita tai painokertoimia valitessaan. Mahdollinen kehitysehdotus SURE:lle olisi, että indikaattorien epätasapaino huomioitaisiin joko laskentaperiaatteissa tai arvioinnin ohjeistuksessa.

Osa indikaattoreista koettiin tässä työssä tehdyssä arvioinnissa vaikeahkoiksi tulkita ja arvioida, kuten ”onnistumisen todennäköisyys”, joka riippuu siitä, miten onnistuminen määritellään. Kaikkien indikaattoreiden tapauksessa ei ollut myöskään aivan selkeää, koskiko indikaattori lyhytaikaisia vai pitkäaikaisia vaikutuksia. Kunnostuksessa lyhyen aikavälin vaikutukset voivat olla negatiivisia mutta pitkällä aikavälillä positiivisia, ja näiden erottelu eri indikaattoreiksi saattaisi selkeyttää arviointia. Toisaalta myös tässä tapauksessa sopiva ratkaisu indikaattorien valintaan voi vaihdella erilaisissa hankkeissa, sillä myös se, mitä aikaväliä tarkastellaan, riippuu arvioinnin kontekstista. Jotkin indikaattorit koettiin myös keskenään jossain määrin päällekkäisiksi/ristikkäisiksi, minkä vuoksi indikaattoreita päädyttiin tässä työssä tehdyssä arvioinnissa yhdistelemään. SuRF-UK:n (2020b) indikaattorilistauksessa indikaattorien väliset ristikkäisyydet on myös tiedostettu, ja ohjeistuksessa on todettu, että se, mitkä indikaattorit koetaan päällekkäisinä, voi myöskin riippua siitä, mitä eri sidosryhmät näkevät tärkeänä.

SuRF-UK:n (2020b, s. 16) indikaattorien arviointiperiaatteiden ohjeistuksessa on tarkoituksella pyritty välttämään yksityiskohtaisia esimerkkejä, jotta arvioijat tekisivät indikaattorien arvioinnista omia kohde- ja projektikohtaisia johtopäätöksiä. Toisaalta voi olla, että tarkemmin rajattu ja määritelty indikaattorilistaus olisi helpompi arvioijalle. Tällöin arvioinnissa kuitenkin saattaisi mahdollisesti jäädä helpommin huomioimatta joitakin kestävyysnäkökulmia, ja indikaattorilistausta saattaisi olla vaikeampi soveltaa erilaisiin kohteisiin.

Tässä työssä SURE-työkalua ja SuRF-UK:n indikaattoreita käytettiin vain sedimentin kunnostushankkeen tarkasteluun. Kokemusta työkalun toimivuudesta ei-kunnostushankkeessa, kuten uudis- tai ylläpitoruoppauksessa, ei siis saatu. Voi olla, että suuri osa SuRF:n indikaattoreista voi sopia myös ei-kunnostushankkeille. Toisaalta indikaattorivalikoima on luotu nimenomaan kunnostushankkeille, ja jotkin näkökulmat arvioitaessa ei-kunnostushanketta voivat olla melko erilaisia verrattuna kunnostushankkeisiin. Monikriteerianalyysiin/pisteytykseen ja painokertoimiin perustuvia menetelmiä on käytetty muidenkin kuin kunnostushankkeiden arvioinnissa (mm. Collier et al. 2014; Scheffler et al. 2014), eli menetelmän itsessään voidaan arvioida sopivan myös ei-kunnostushankkeille.

5.3.2 SiteWise-jalanjälkianalyysin soveltuvuus sedimenteille, vahvuudet ja heikkoudet

Verrattuna moniin muihin kvantitatiivisiin laskentatyökaluihin, SiteWisen keskeinen etu on se, että työkalu on vapaasti saatavilla. Lisäksi etuna esimerkiksi LCA-työkaluihin verrattuna on se, että työkalu on suunniteltu nimenomaan kunnostushankkeisiin ja siihen on sisällytetty myös sedimentteihin liittyviä osioita. Työkalun hyvänä puolena koettiin myös se, että kunnostusprosessin voi jakaa osiin haluamallaan tavalla: tämä lisää työkalun joustavuutta ja tällöin voidaan esimerkiksi tarvittaessa tarkastella jonkin yksittäisen kunnostuksen osa-alueen päästöjä tarkemmin.

Työkalu voi mahdollisesti soveltua hyvin kunnostuskohteisiin, joissa vaihtoehdoista on hyvin tietoa saatavilla ja halutaan saada tarkempaa, kvantitatiivista tietoa esimerkiksi päästöistä. On kuitenkin hyvä huomata, että SiteWise käsittelee vain suppeaa osaa kestävyydestä, keskittyen lähinnä yksittäisiin ympäristövaikutuksiin (tämä havaittavissa myös Huysegoms & Cappuyns, 2017, tarkastelusta). Esimerkiksi riskien vähenemää ei huomioida työkalussa. SiteWisen kaltainen jalanjälkianalyysityökalu voi lisäksi olla melko raskaskäyttöinen kunnostushankkeen alkuvaiheen arvioinnissa, kun mahdollisia harkittavia kunnostusvaihtoehtoja on vielä useita ja tarkkaa tietoa esimerkiksi massamääristä ja kaluston käytöstä ei ole vielä runsaasti saatavilla. Tällöin voidaan myös joutua tekemään paljon yksinkertaistuksia, mikä voi vaikuttaa myös tulosten luotettavuuteen.

Kaivusta ja ruoppauksesta, raaka-aineiden valmistuksesta ja kuljetuksista aiheutuvien päästöjen arvioimisen koettiin onnistuvan työkalulla melko hyvin. Vaikka tässä tarkastelussa ei arvioitu in situ -kunnostuksen ja 0-vaihtoehdon/monitoroidun luontaisen puhdistumisen päästöjä lähtötietojen puutteesta johtuen, myös niiden päästöjä olisi jossain määrin mahdollista arvioida työkalulla, mistä on ohjeistettu Bullard et al. (2015) raportissa. Joitakin kunnostuksia koskevia osioita tuntui toistaiseksi olevan työkalussa hieman puutteellisemmin, mikä saattaa rajoittaa työkalun käyttöä joissakin kohteissa. Esimerkiksi jätteiden, kuten ruoppausmassojen, hyötykäyttöä ei ole toistaiseksi sisällytetty työkaluun, vaikka tällä voitaisiin säästää neitseellisiä raaka-aineita ja siten mahdollisesti myös päästöjä. Kaikkia puhdistusmenetelmiä ei myöskään ole sisällytetty työkaluun, kuten työssä tarkasteltua polttoa, vaikka toisaalta SiteWiseen on mahdollista myös syöttää manuaalisesti kunnostuksesta syntyviä päästöjä, jos ne tiedetään. Joitakin materiaaleja, kuten kierrätysmateriaaleja ja geotekstiilejä, vaikuttaisi myöskin puuttuvan työkalun valmiiksi sisältämistä materiaaleista. Näitä on kuitenkin mahdollista lisätä itse esimerkiksi avoimista päästötietokannoista saatavien tietojen avulla.

Työkalussa valmiina olevat päästökertoimet ovat oletettavasti ainakin osittain yhdysvaltalaisista lähteistä, mikä on syytä huomioida tuloksia tarkastellessa. Myös yksikkömuunnokset metrisen järjestelmän ja yhdysvaltalaisten mittayksikköjen välillä voivat hankaloittaa käyttöä hieman. Joihinkin työkalun sisältämiin päästökertoiin liittyi hieman epäselvyyksiä: esimerkiksi kaatopaikkasijoituksen päästökertoimissa (Moore & Sirabian 2018, s. B-20) ei oltu kerrottu, mitä kaikkia päästölähteitä kertoimen laskennassa on käytetty. Toisaalta työkalussa on myös mahdollista muokata päästökertoimia. Kaikki laskentaperiaatteet ja työkalun käyttämät oletukset eivät myöskään olleet aina täysin selkeitä. Työkalua käyttäessä huomattiin muun muassa, että jätteiden kuljetuksien tapauksessa ei voitu valita ottaa huomioon myös paluumatkoja, kuten kaluston kuljetuksissa.

Työkalu voisi mahdollisesti soveltua jossain määrin myös uudis- ja kunnossapitoruoppausten arviointiin, sillä työkalulla on mahdollista arvioida muun muassa ruoppauksen, sedimentin siirtelyn, kuljetuksien, silttiverhojen ja maarakennuskaluston käytön ympäristöjalanjälkeä. Toisaalta työkalu on suunniteltu kunnostuksille, joten ei-kunnostushankkeessa voi olla hyvä varmistaa, soveltuvatko työkalun oletukset ja päästökertoimet tarkasteltuun hankkeeseen. Lisäksi esimerkiksi jätteiden kuljetuksia koskevassa osiossa ei voinut valita kuljetusvaihtoehdoksi proomukuljetusta, ja vesiläjityksen päästöjen arviointi saattaa olla työkalulla haastavaa. Vesiläjitys ei luultavasti olisikaan kunnostushankkeessa usein tarkoituksenmukaista, mikä saattaa olla syy, miksi sitä ei ole sisällytetty erikseen työkaluun.

5.3.3 Yhteenveto tarkastelluista kestävyysarviointityökaluista ja kestävyysarviointiin liittyvä pohdinta

Sekä SURE:n että SiteWisen vahvuuksia vahvuuksia ovat, että työkalut ovat vapaasti saatavilla ja maksuttomia. Muutoin työkalut ovat kuitenkin menetelmiltään erilaisia, tarkastelevat eri asioita ja eroavat siis myös soveltuvuudeltaan, vahvuuksiltaan ja heikkouksiltaan (Taulukko 13). Työkalujen eroavaisuuksien vuoksi niistä saatuja tuloksia ei myöskään voida välttämättä pitää keskenään vertailukelpoisina.

Taulukko 13. *Yhteenveto työn aikana tehdyistä havainnoista SURE:n ja SiteWisen soveltuvuuteen sedimenttihankkeille, työkalujen sisältämiin indikaattoreihin/mittareihin, vahvuuksiin ja heikkouksiin/kehittämistarpeisiin liittyen.*

	SURE	**SiteWise**
Soveltuvuus	Sedimentin kunnostusvaihtoehtojen etujen ja haittojen vertailu Semikvantitatiivinen, perustuu monikriteerianalyysiin [1] Ei välttämättä edellytä suurta määrää tarkkaa lähtötietoa, eli voidaan hyödyntää jo melko aikaisessa suunnitteluvaiheessa, mutta tällöin vertailuun voi liittyä enemmän epävarmuutta. Voidaan myös käyttää yhdistettynä kvantitatiivisiin tarkasteluihin [2].	Sedimentin kunnostusvaihtoehtojen (ja mahdollisesti joiltain osin muidenkin sedimenttihankkeiden) ympäristöjalanjäljen arviointi Kvantitatiivinen, tason 2 tai 3 kestävyysarviointi (ympäristö-osa-alue) [4] Hankkeet, joista kohtalaisesti/paljon lähtötietoa
Indikaattorit/mittarit	Indikaattoreita ympäristö-, yhteiskunta- ja talous-osa-alueilta, noudattaa SuRF-UK:n indikaattorilistausta [3] Indikaattorit arvioijan valittavissa	CO_2-e, typen ja rikin oksidit, pienhiukkaset, veden, energiankulutus, työtapaturmariskit, (kaatopaikan tilankäyttö, pintamaan käyttö, kustannukset) [5]
Vahvuudet	Vapaasti saatavilla Laaja indikaattorivalikoima, omien indikaattorien lisääminen mahdollista Joustavuus Sidosryhmien osallistaminen, systemaattinen vaihtoehtoihin liittyvien hyötyjen ja haittojen vertailu	Vapaasti saatavilla Keskittyminen kunnostuksiin Sisältää sedimentteihin keskittyviä laskentaosioita, käytetty myös kirjallisuudessa sedimentin kunnostuksen kestävyystarkasteluissa [6, 7, 8] Modulaarisuus Päästökertoimet muokattavissa
Heikkoudet/ kehittämistarpeet	Pisteytykseen ja painokertoimiin liittyvät epävarmuudet/subjektiivisuus Indikaattorien valintaan ja pisteytysperiaatteisiin liittyvät haasteet Indikaattorien kuvaukset eivät aina yksiselitteisiä: mm. tulisiko tarkastella työnaikaisia vai pitkäaikaisia vaikutuksia	Tarkastelee rajallista osaa kestävyydestä Joidenkin kunnostusmenetelmien/ materiaalien puuttuminen Osittain yhdysvaltalaiset päästökertoimet Käyttää yhdysvaltalaisia yksiköitä Raskaahkot Excel-tiedostot

[1] Ramboll (2021b); [2] Ramboll 2021a); [3] SuRF-UK (2020b); [4] McNally et al. (2020); [5] Moore & Sirabian (2018); [6] McNally et al. (2017); [7] Battelle (2014), Bullard et al. (2015) mukaan; [8] AECOM (2015), Bullard et al. (2015) mukaan

Työssä tehtyjen kestävyystarkastelujen perusteella kumpikin työkalu soveltui pilaantuneen sedimentin kunnostuksen arviointiin. Työkalujen soveltuvuudesta pilaantumatto-

man sedimentin käsittelyyn liittyen ei tässä tutkimuksessa saatu, mutta voi olla, että pilaantumattoman sedimentin hankkeessa käytettävät ruoppaus-, käsittely- ja loppusijoitusmenetelmät sekä kestävyysnäkökulmat ja siten esimerkiksi tarkasteltavat indikaattorit voivat olla jossain määrin erilaisia kuin mitä tarkasteltuihin työkaluihin on sisällytetty. Toisaalta monikriteerianalyysi- ja jalanjälkianalyysimenetelmät voivat itsessään soveltua myös muiden kuin sedimentin kunnostushankkeiden kestävyyden arviointiin.

Ylipäätään tässä työssä on käsitelty pitkälti ohjeistusta, joka perustuu kunnostushankkeiden kestävyyden arviointiin (muun muassa SuRF-UK:n ohjeistukset). Tämä johtuu siitä, että valmiita ohjeistuksia esimerkiksi kunnossapito- ja uudisruoppausten tai pilaantumattomien vaikutti olevan vähemmän saatavilla. Toisaalta muun muassa SedNet on laatinut ohjeistusta sedimenttien ja ruoppausmassojen kestävyysnäkökulmien huomiointiin (muun muassa Bortone & Palumbo 2006). Koska ei-kunnostushankkeissa volyymit voivat olla hyvin suuria, olisi myös näissä hankkeissa kokonaiskestävyyden arviointi tärkeää.

Tässä työssä saadut kokemukset korostavat huolellisen pohjatyön tekemistä ennen varsinaisen arvioinnin aloittamista. Esimerkiksi monikriteerianalyysin tapauksessa pisteytyksessä käytetyt periaatteet, kuten arvioinnissa käytetyt vertailukohdat, niiden määrittely ja perustelut, pisteytyksen skaala, tarkasteltujen kestävyysindikaattorien määrä/tarpeellisuus ja keskinäiset suhteet toisiinsa (esimerkiksi mahdolliset päällekkäisyydet) sekä painokertoimien valintaperustelut ja painotusmenetelmät on syytä käydä huolellisesti läpi, mieluusti yhdessä sidosryhmäläisten kanssa. Tässä työssä SURE-työkalulla tehdyssä arvioinnissa kaikkia edellä mainittuja näkökulmia ei huomattu ottaa huomioon kestävyysarvioinnin alkuvaiheessa, minkä seurauksena arviointiin jouduttiin tekemään useita laajojakin muokkauksia työn edetessä. Huolellisella pohjatyöllä ja arvioinnin asettelulla voidaan välttää myöhempien muokkauksien tarvetta ja siten työmäärää, ja toisaalta edistää arvioinnin läpinäkyvyyttä. Jos esimerkiksi vaikutuksia arvioidaan kvalitatiivisesti, ja arvioinnissa ei ole jo alussa selkeästi määritelty, mitä tarkoittaa ”lievä vaikutus” tai ”suuri vaikutus”, tai millä perusteella indikaattoreita arvioidaan, voi arvioija tiedostamattaankin sisällyttää kestävyysarviointiin omia mielipiteitään tarkasteltujen vaihtoehtojen paremmuudesta tai huonommuudesta. Yleisesti jos arviointi pohjautuu arvioijan mielipiteisiin, voi kestävyysarvioinnin hyväksyttävyys kärsiä (SuRF-UK 2010, s. 53). Kuitenkaan myöskään kvantitatiivisessa arvioinnissa, kuten tässä työssä tehdyssä SiteWise-arvioinnissa, ei tule vähätellä arvioinnin huolellisen pohjustuksen merkitystä. Esimerkiksi arvioinnissa tehdyt rajaukset voivat vaikuttaa laskennan tuloksiin (Beames et al. 2014).

Tässä työssä SURE-työkalulla tehdyssä kestävyysarvioinnissa koettiin, että varsinaisia tuloksena saatuja pisteytyksiä keskeisempää oli, että eri kunnostusmenetelmien hyötyjä ja haittoja saatiin vertailtua systemaattisella tavalla. Kestävyysarvioinnista saadussa palautteessa myös tapa, jolla kestävyysnäkökulmista ja niiden painotuksista keskusteltiin yhdessä, koettiin positiivisena. Kestävyysarvioinnissa nousi keskeiseksi huomioksi myös se, että eri arvojen painottaminen voi johtaa erilaisiin tuloksiin, minkä vuoksi erilaisten näkökulmien huomioon ottaminen on tärkeää. Yleisesti päätösanalyysiprosessiin, johon myös SURE:n käyttämä arviointimenetelmä lukeutuu, liittyen Marttunen et al. (2008), s. 9 esittääkin, että päätösanalyysin tavoitteena ei ole antaa yhtä ”oikeaa” ratkaisua, vaan avustaa paremman käsityksen muodostumista eri vaihtoehdoista ja niiden vaikutuksia sekä sitä, miten eri sidosryhmät ne kokevat; analyysin tuottamia numeroita tärkeämpää on sen tuoma oppimisprosessi (Marttunen et al. 2008, s. 9). Vastaavasti vaikka SiteWise-jalanjälkianalyysityökalun tuottamiin lukemiin eri kunnostusvaihtoehtojen päästöille tulisi suhtautua riittävällä kriittisyydellä johtuen arviointiin liittyneistä epävarmuuksista, arvioinnin koettiin olleen hyödyllinen siten, että se auttoi hahmottamaan, mitkä kunnostuksen osa-alueet voisivat olla merkittävimpiä päästöjen muodostumisen kannalta.

Kestävyysarvioinnit, joihin eri kestävyyden osa-alueet on kattavasti sisällytettynä, voivat esimerkiksi kunnostushankkeessa auttaa huomioimaan muitakin päätöksenteon kannalta tärkeitä asioita kuin terveysriskejä sekä tasapainottamaan positiivisia ja negatiivisia vaikutuksia (Anderson et al. 2018). Toisaalta kestävyysarviointimenetelmien ja -työkalujen tarkoituksena on tukea päätöksentekoa, ei tuottaa varsinaista päätöstä, ja lopullinen vastuu päätöksestä kuuluu päätöksentekijöille (SuRF-UK 2010, s. 12). Kestävyysarviointi ei myöskään esimerkiksi korvaa riskinarviointia kunnostusta koskevassa päätöksenteossa (SuRF-UK 2020a, s. 2).

Lisätutkimuksen kannalta olisi mielenkiintoista tietää, miten kestävyysarvioinneista saatuja tuloksia on hyödynnetty käytännön hankkeissa, erityisesti hankkeissa, joissa ruopataan, käsitellään tai loppusijoitetaan/hyötykäytetään sedimenttiä; mitä hyötyjä kestävyysarviointiprosessin läpikäymisellä on saavutettu verrattuna hankkeisiin, joissa kestävyysarviointia ei tehty; ja kuinka usein päätöksenteossa on päädytty siihen ratkaisuun, joka on pärjännyt kestävyysarvioinnissa parhaiten. Esimerkiksi MCDA on tyypillinen kestävyysarvioinneissa käytetty arviointimenetelmä, mutta muun muassa Andersson et al. (2012) esittelemissä poliittisissa päätöksentekotapauksissa MCDA:n tuloksia ei päädytty käyttämään lopullisessa päätöksenteossa (tosin kyseisissä tapauksissa menetelmää ei varsinaisesti käytetty kestävyyden arviointiin). Toisaalta taas esimerkiksi Scheffler et al. (2014) mukaan MCDA:han perustuneesta kestävyysarvioinnista oli hyötyä päätöksenteon tukemisessa. Jotta kestävyysarviointien hyödyllisyyttä voitaisiin arvioida,

kiinnostava aihe jatkoselvityksille voisi myöskin olla, miten kokonaiskestävyyden toteutumista sedimenttihankkeissa voidaan parhaiten mitata - tai voidaanko ylipäätään mitata.

6. JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä työssä tarkasteltiin, millaisia erilaisia kestävyyteen liittyviä vaikutuksia sedimenttien ruoppauksella, käsittelyllä ja loppusijoituksella tai hyötykäytöllä voi olla, mitä kestävyyden arviointiin vaikuttavia eroavaisuuksia sedimenttihankkeilla on verrattuna esimerkiksi PIMA-hankkeisiin, ja minkälaisilla menetelmillä ja työkaluilla sedimenttihankkeiden kestävyyttä voidaan arvioida. Lisäksi pohdittiin arviointimenetelmiin ja -työkaluihin liittyviä etuja ja haittoja, ja työssä tehtiin kahdella eri työkalulla kestävyysarviointi pilaantuneen sedimentin kunnostusvaihtoehtojen tarkastelemiseksi.

Sedimentti on tärkeä osa vesiekosysteemiä, mutta voi toisaalta toimia myös sekä haitta-aineiden nieluna että lähteenä. Sedimenttihankkeilla on joitain eroavaisuuksia verrattuna maa-alueiden hankkeisiin: muun muassa massamäärät voivat olla huomattavasti suurempia, usein haasteena on kuivatusvesien hallinta, ja lisäksi vesistöympäristössä vaikutukset, kuten sameneminen, voivat ulottua hyvinkin laajalle alueelle. Myös riskiketjut eliöihin ja ihmiseen voivat olla lyhyitä. Suomessa sedimenttien pilaantuneisuuden ja kunnostustarpeen arviointiin ei myöskään ole olemassa samalla tavalla ohjeistusta kuin pilaantuneiden maiden tapauksessa. Sedimenttejä ei Suomessa yleensä ruopata niiden kunnostamiseksi, vaan esimerkiksi satamien ja vesiväylien rakentamiseksi ja ylläpitämiseksi, vaikka tällöinkin sedimentin mahdolliset haitta-aineet voivat rajoittaa käsittely-, loppusijoitus- tai hyötykäyttötapoja.

Kaikki sedimentin ruoppaus-, käsittely-, sijoitus- ja hyötykäyttötavat aiheuttavat erilaisia, usein sekä positiivisia että negatiivisia vaikutuksia ympäristöön, yhteiskuntaan ja talouteen. Sedimenttihankkeisiin, kuten moniin muihinkin ympäristöä koskeviin hankkeisiin, voi liittyä paljon epävarmuutta ja eriäviä näkemyksiä, ja se, mitkä kestävyyteen liittyvät näkökulmat ovat kussakin hankkeessa tärkeimpiä, riippuu paljon muun muassa kohteen ominaisuuksista sekä eri sidosryhmien tavoitteista ja arvoista. Kestävyysarviointi voi olla hyödyllinen työkalu eri näkökulmien huomioimiseen päätöksenteossa ja kestävyyteen vaikuttavien näkökulmien tunnistamiseen. Toisaalta kestävyysarvioinnin subjektiivisuus, kohdekohtaisuus ja epävarmuudet on tärkeää huomioida päätöksenteossa.

Ennen varsinaista kestävyysarvioinnin tekemistä on tärkeää määrittää arvioinnin tavoitteet ja rajaukset, tarkasteltavat kestävyyskriteerit/indikaattorit ja niiden pisteytyksessä ja mahdollisessa painotuksessa käytettävät menetelmät ja periaatteet huolellisesti. Myös arvioinnin läpinäkyvyys ja selkeä ja johdonmukainen dokumentointi on erittäin tärkeää. Lisäksi kestävyysarvioinnissa vuorovaikutuksesta sidosryhmien kanssa voi olla paljon

hyötyä, ja vaikka tässä työssä tehdyssä kestävyysarvioinnissa sidosryhmien osallistaminen oli melko suppeaa, koettiin sen hyödyttäneen eri henkilöiden näkemysten esilletuomisessa ja punnitsemisessa.

Kestävyyttä voidaan arvioida kvalitatiivisesti, semikvantitatiivisesti tai kvantitatiivisesti riippuen muun muassa kohteen ja hankkeen tarpeista, monimutkaisuudesta ja saatavilla olevan tiedon määrästä. Esimerkkejä menetelmistä, joita on kirjallisuudessa käytetty erilaisten sedimenttihankkeiden kestävyyden tai sen osa-alueiden arviointiin, ovat MC(D)A, LCA, jalanjälkianalyysi ja kustannus-hyötyanalyysi. Kunnostushankkeiden kestävyysarviointiin on olemassa melko paljon ohjeistusta ja valmiita, osittain eri asioita painottavia työkaluja. Lisäksi muun muassa ruoppausmassojen läjitys- ja hyötykäyttövaihtoehtojen vertailuun on kehitetty työkaluja.

Pilaantuneen sedimentin kunnostusvaihtoehtoja tarkasteltiin tässä työssä monikriteerianalyysiin pohjautuvalla SURE-kestävyysarviointityökalulla sekä SiteWise-jalanjälkilaskentatyökalulla. Sekä SURE että SiteWise soveltuivat pilaantuneen sedimentin kunnostuksen arviointiin, mutta eri asioiden tarkasteluun: SiteWise-arviointi ei jalanjälkianalyysina edusta kattavasti kaikkia kestävyyden osa-alueita, mutta työkalu voi soveltua hyvin esimerkiksi kunnostuksen päästöjen arviointiin, kunhan lähtötietoa on riittävästi. SURE:ssa taas kestävyysindikaattoreita oli laajemmin kestävyyden eri osa-alueilta, jolloin sen avulla voidaan paremmin vertailla monenlaisia kunnostusvaihtoehtoihin liittyviä etuja ja haittoja, eikä pisteytystapa välttämättä edellytä tarkkojen lukujen syöttämistä työkaluun. Indikaattorien valinta tasapainoisella tavalla ja pisteytys- ja painotusperiaatteiden määrittäminen oli kuitenkin haastavaa, ja arviointiin voi liittyä enemmän subjektiivisuutta kuin kvantitatiiviseen arviointiin.

Viinikanojan painotetussa SURE-työkalulla tehdyssä arvioinnissa 0-vaihtoehdon ja in situ -kunnostuksen eduiksi nähtiin muun muassa vähäisemmät työnaikaiset negatiiviset vaikutukset ja riskit verrattuna sedimentin poistoon perustuviin menetelmiin. Kuitenkin näihin menetelmiin myös arvioitiin liittyvän enemmän epävarmuutta kuin sedimentin poistoon perustuviin vaihtoehtoihin, joiden eduiksi taas arvioitiin muun muassa tehokkaampi haitta-aineiden poistaminen vesistöstä. Toisaalta kunnostusruoppauksissa keskeinen kysymys on, miten välttää työnaikainen haitta-aineiden leviäminen laajemmalle vesistöön ja miten käsitellä ja loppusijoittaa suuria määriä haitta-ainepitoisia ja vesipitoisia massoja. Vaikka kestävyysarviointi voi toimia työkaluna näiden kysymysten pohdintaan, on huomioitava, että kestävyysarviointiin liittyy epävarmuutta ja subjektiivisuutta johtuen muun muassa indikaattorivalikoimasta, indikaattorien pisteytysperiaatteista ja valituista painokertoimista. Erilaisilla oletuksilla ja painotuksilla voidaan saada erilaisia tuloksia. Tässä työssä tehdyn arvioinnin aikana huomattiin muun muassa, että indi-

kaattorit eivät olleet aivan tasapainossa keskenään ja että päällekkäisyyttä indikaattorien välillä saattoi esiintyä. Tuloksiin vaikutti paljon myös muun muassa se, miten kunnostusvaihtoehtojen lyhytaikaisia ja pitkäaikaisia vaikutuksia painotettiin suhteessa toisiinsa. Kaikissa kestävyysarvioinneissa tulokset eivät kuitenkaan välttämättä ole yhtä vahvasti riippuvaisia käytetyistä indikaattoreista tai painotuksista kuin tässä työssä tehdyssä arvioinnissa. Kuitenkin arvioinnissa tuloksena saatuja pisteytyksiä tärkeämpänä voidaan nähdä taustalla tapahtunut systemaattinen vaihtoehtojen etujen ja haittojen vertailu. Epävarmuustekijät huomioiden arvioinnin perusteella Viinikanojan kunnostus kannattaa toteuttaa PCB:n kulkeutumisriskin poistamiseksi, mutta laajemman Viinikanlahden alueen kunnostuksen osalta täytyy vielä tehdä lisätutkimuksia ja tarkastella vaikutuksia yksityiskohtaisemmin mahdollisten haitallisten vaikutusten minimoimiseksi ja pitkän aikavälin hyötyjen maksimoimiseksi.

SiteWisella tehdyssä jalanjälkianalyysissä tarkasteltiin kahta eri laajuista vaihtoehtoa, joissa toisessa poistettaisiin pelkästään ojan alueelta voimakkaimmin pilaantuneita sedimenttejä, ja toisessa poistettaisiin sedimenttejä ojan lisäksi myös lahden alueelta ruoppaamalla. Tulosten perusteella kummassakin tarkastellussa kunnostusvaihtoehdossa suurimmat päästöt aiheutuisivat jätteenkäsittelystä, erityisesti ojan voimakkaasti pilaantuneiden massojen poltosta. Lisäksi jonkin verran päästöjä syntyi erityisesti laajemmassa kunnostusvaihtoehdossa muun muassa raaka-aineiden/materiaalien käytöstä, kaluston käytöstä ja ruoppausmassan kaatopaikkasijoittamisesta. Näihin tuloksiin liittyy epävarmuutta johtuen tarkastelussa tehdyistä rajauksista, lähtötietojen puutteista ja esimerkiksi poltosta aiheutuvien päästöjen laskennassa tehdyistä oletuksista.

Jatkotutkimuksien kannalta kiinnostava selvityskohde olisi, miten eri sidosryhmät arvottavat kestävyysnäkökulmia erityyppisissä sedimenttihankkeissa Suomen ympäristössä ja millä tavalla eri arvoja voitaisiin huomioida päätöksenteossa. Lisäksi mahdollinen jatkotutkimusaihe olisi, millaisia konkreettisia hyötyjä eri hankkeissa tehdyistä kestävyysarvioinneista on saatu; onko kestävyyttä koskevia tavoitteita saavutettu, ja kuinka paikkansapitäviä kestävyysarvioinneissa tehdyt oletukset ovat olleet; ja miten kokonaiskestävyyden toteutumista voidaan parhaiten mitata sedimenttihankkeissa.

LÄHTEET

AECOM, 2015. Final Feasibility Study, Pearl Harbor Sediment, Joint Base Pearl Harbor-Hickam, Oahu, Hawaii. Prepared for NAVFAC Pacific.

Alajoki, H., Bilaletdin, Ä., Honkanen, S., Isid, D., Kara, P., Kerkkä, V., Lindqvist, P., Liukkonen, H., Mäkynen, A., Niemelä, M., Nenonen, N., Pelkonen, P., Syvälä, R., Taskinen, S., Vainonen, A., 2022. Pirkanmaan vesienhoidon toimenpideohjelma vuosille 2022–2027. Pirkanmaan elinkeino-liikenne- ja ympäristökeskus. Raportteja 12/2022. 207 s. + liitt. 44 s.

Anderson, R., Norrman, J., Back, P.-E., Söderqvist, T., Rosén, L., 2018. What's the point? The contribution of a sustainability view in contaminated site remediation. The Science of the total environment, vol. 630, s. 103–116.

Andersson, A., Grönlund, Å., Åström, J., 2012. "You can't make this a science!" — Analyzing decision support systems in political contexts. Government Information Quarterly, Social Media in Government - Selections from the 12th Annual International Conference on Digital Government Research (dg.o2011), vol. 29, s. 543–552.

Apitz, S.E., 1998. Streamlining contaminated sediment management: The use of advanced sediment characterization — Preliminary results. Water Science and Technology, vol. 37, s. 435-442.

Apitz, S.E., 2012. Conceptualizing the role of sediment in sustaining ecosystem services: Sediment-ecosystem regional assessment (SEcoRA). Science of The Total Environment, Ecosystem Functions, Ecosystem Services and Biodiversity in Ecological Risk Assessment, Vol. 415, s. 9–30.

Apitz, S., 2019. Background on sustainability - terms, potential uses, recent state of the practice. International Conference on Remediation and Management of Contaminated Sediments.

Apitz, S.E., Brils, J., Marcomini, A., Critto, A., Agostini, P., Micheletti, C., Pippa, R., Scanferla, P., Zuin, S., Lánczos, T., Dercová, K., Kočan, A., Petrík, J., Hucko, P., Kusnir, P., 2006a. Approaches and Frameworks for Managing Contaminated Sediments - A European Perspective, in: Reible, D., Lanczos, T. (Eds.), Assessment and Remediation of Contaminated Sediments, Nato Science Series: IV: Earth and Environmental Sciences. Springer Netherlands, Dordrecht, s. 5–82. 246 s.

Apitz, S.E., Elliott, M., Fountain, M., Galloway, T.S., 2006b. European Environmental Management: Moving to an Ecosystem Approach. Integrated Environmental Assessment and Management, vol. 2, s. 80–85.

Apitz, S.E., Fitzpatrick, A.G., McNally, A., Harrison, D., Coughlin, C., Edwards, D.A., 2017. Stakeholder value-linked sustainability assessment: Evaluating remedial alternatives for the Portland Harbor Superfund Site, Portland, Oregon, USA. Integrated Environmental Assessment and Management, vol. 14, s. 43–62.

Apitz, S.E., Vivian, C., Edwards, R., Bardos, P., 2011. Guidance for the Decision Framework for Assessing Options for the Disposal and Treatment of Contaminated Dredged Material, Cefas contract report ME5403 Module 18.

Apitz, S., White, S., 2003. A conceptual framework for river-basin-scale sediment management. Journal of Soils and Sediments, vol. 3, s. 132–138.

Barcelo, D. & Petrovic, M. (2006) Sediment Quality and Impact Assessment of Pollutants. 1st edition. San Diego: Elsevier Science & Technology. 348 s.

Bardos, P., Attila, L., Willenbrock, N., 2009. A Review of Published Sustainability Indicator Sets: How applicable are they to contaminated land remediation indicator-set development? CL:AIRE Contaminated Land: Applications In Real Environments, SuRF Sustainable Remediation Forum UK. 16 s. + liitt. 110 s.

Bardos, P., Bone, B., Boyle, R., Ellis, D., Evans, F., Harries, N.D., Smith, J.W.N., 2011. Applying sustainable development principles to contaminated land management using the SuRF-UK framework. Remediation Journal, vol. 21, s. 77–100.

Bardos, P., Nathanail, J., Nathanail, P., 2007. Contaminated Land Management Ready Reference. EPP Publications, London.

Bates, M.E., Fox-Lent, C., Seymour, L., Wender, B.A., Linkov, I., 2015. Life cycle assessment for dredged sediment placement strategies. Science of The Total Environment, vol. 511, s. 309–318.

Battelle, 2014. Final Remedial Investigation and Feasibility Study Report for Investigation Area K, Former Mare Island Naval Shipyard, Vallejo, California. Prepared for BRAC PMO West.

Beames, A., Broekx, S., Lookman, R., Touchant, K., Seuntjens, P., 2014. Sustainability appraisal tools for soil and groundwater remediation: How is the choice of remediation alternative influenced by different sets of sustainability indicators and tool structures? Science of The Total Environment, vol. 470–471, s. 954–966.

Bond, A.J., Morrison-Saunders, A., 2011. Re-evaluating Sustainability Assessment: Aligning the vision and the practice. Environmental Impact Assessment Review, vol. 31, s. 1–7.

Bortone, G. & Palumbo, L. (2006) Sustainable Management of Sediment Resources - Sediment and Dredged Material Treatment. 1st ed. Elsevier. 223 s.

Bortone, G., 2006. Sediment Treatment — a General Introduction, in: Bortone, G., Palumbo, L. (Eds.), Sustainable Management of Sediment Resources - Sediment and Dredged Material Treatment. Elsevier Science & Technology, Oxford, United Kingdom, s. 1-10, 223 s.

Braun, A.B., Visentin, C., William da Silva Trentin, A., Thomé, A., 2021. List of relevant sustainability indicators in remediation processes and their validation by stakeholders. Journal of Cleaner Production, vol. 317, 128440.

Bray, R.N., Bates, A.D., Land, J.M., 1996. 5 - Disposal of Dredged Material, in: Bray, R.N., Bates, A.D., Land, J.M. (Eds.), Dredging (Second Edition). Butterworth-Heinemann, Oxford, s. 89–111. 418 s. + liitt. 16 s.

Bremle, G., Larsson, P., Hammar, T., Helgée, A., Troedsson, B., 1998. PCB in a River System During Sediment Remediation. Water, Air and Soil Pollution, vol. 107, s. 237–250.

Bridges, T.S., Ells, S., Hayes, D., Mount, D., Nadeau, S.C., Palermo, M.R., Patmont, C., Schroeder, P., 2008. The Four Rs of Environmental Dredging: Resuspension, Release, Residual, and Risk. US Army Corps of Engineers. Engineer Research and Development Center. ERDC/EL TR-08-4. 64 s.

Brower, J., Cecchine, G., 2002. 3. Bioavailability in Sediments, in: Handbook on Sediment Quality. Water Environment Federation (WEF), Alexandria, VA, s. 99-137. 372 s.

Bullard, A., Wensink, R., Moore, S., 2015. Sustainable Sediment Remediation. Technical Report TR-NAVFAC EXWC-EV-1515. Battelle & NAVFAC Naval Facilities Engineering Command. 51 s. + liitt. 4 s.

Busset, G., Sangely, M., Montrejaud-Vignoles, M., Thannberger, L., Sablayrolles, C., 2012. Life cycle assessment of polychlorinated biphenyl contaminated soil remediation processes. The international journal of life cycle assessment, vol. 17, 325–336.

Butler, P.B., Larsen-Hallock, L., Lewis, R., Glenn, C., Armstead, R., 2011. Metrics for integrating sustainability evaluations into remediation projects. Remediation (New York, N.Y.), vol. 21, s. 81–87.

Bäck, S., Lindholm, T., 1999. Vesi- ja rantaluonnon monimuotoisuuden säilyttäminen - Selvitys vesiensuojelun tavoiteohjelmaa vuotta 2005 varten. Suomen ympäristö 364. Suomen ympäristökeskus, Oy Edita Ab. Helsinki. 84 s.

CEDA, 2010. Dredged material as a resource: Options and constraints. A CEDA Information Paper. 3 s. Saatavissa: https://dredging.org/documents/ceda/downloads/publications-2010-6-ceda_information-paper-dredgedmaterialasaresource.pdf

CIS (Common Implementation Strategy), 2022. Common implementation strategy for the water framework directive (2000(60/EC). Integrated sediment management guidelines and good practices in the context of the water framework directive, Draft. ECOSTAT. 148 s. + liitt. 78 s.

Ciuffo, B., Miola, A., Punzo, V., Sala, S., 2012. Dealing with uncertainty in sustainability assessment: report on the application of different sensitivity analysis techniques to fieldspecific simulation models. EUR 25166 EN. Luxembourg (Luxembourg): Publications Office of the European Union; 2012. JRC68035. 80 s.

Collier, Z.A., Bates, M.E., Wood, M.D., Linkov, I., 2014. Stakeholder engagement in dredged material management decisions. Science of The Total Environment, vol. 496, s. 248–256.

Concawe, 2023. Concawe Bulletin: Sustainable Remediation of a Former Vehicle Maintenance Facility for Mixed Use Development. CL:AIRE. In: Sweeney, R., Harries, N., & Bardos, P., Case Studies and Analysis of Sustainable Remediation Techniques and Technologies. Report no. 11/23, Concawe, Brussels. s. 45-52. 43 s. + liitt. 73 s.

DCLG (Department for Communities and Local Government), 2009. Multi-criteria analysis manual for making government policy. Crown copyright. 111 s. + liitt. 54 s. Saatavissa: https://www.gov.uk/government/publications/multi-criteria-analysis-manual-for-making-government-policy

Dede, P., Sazakli, E. & Leotsinidis, M., 2018. Dredges' management: Comparison of regulatory frameworks, legal gaps and recommendations, Global NEST Journal, Vol. 20, s. 88-95.

Detzner, H.-D., 2006. Confined upland disposal, in: Bortone, P., Palumbo, L., Hakstege, A.L. (Eds.), Sustainable Management of Sediment Resources - Sediment and Dredged Material Treatment. Elsevier Science & Technology, Oxford, United Kingdom. s. 110-113. 223 s.

Detzner, H.-D., Hakstege, A.L., Hamer, K., Pallemans, I., 2006. Overview on treatment and disposal options, in: Bortone, P., Palumbo, L. (Eds.), Sustainable Management of Sediment Resources - Sediment and Dredged Material Treatment. Elsevier Science & Technology, Oxford, United Kingdom, s. 59–67. 223 s.

de Weirdt, W., 2006. Thermal desorption, in: Bortone, P., Palumbo, L., Hakstege, A.L. (Eds.), Sustainable Management of Sediment Resources - Sediment and Dredged Material Treatment. Elsevier Science & Technology, Oxford, United Kingdom, s. 84-86. 223 s.

ecoSPEARS Inc., 2023. ecoSPEARS. Saatavissa (viitattu 7.7.2023): https://www.ecospears.com/ecospears

Elliott, M., 2002. The role of the DPSIR approach and conceptual models in marine environmental management: an example for offshore wind power. Marine Pollution Bulletin, vol. 44, s. iii–vii.

Engler, R.M., 2002. 1. An Introduction to Sediments, in: Handbook on Sediment Quality. Water Environment Federation (WEF), Alexandria, VA, s. 1-5. 372 s.

Eriksson, J.-E., Karvonen, J., Kronberg, T., Salminen, J., 2022. Ruoppausmassan stabilointi uusiosideaineilla - Hiilijalanjäljen, lujuuden ja kustannusten tarkastelu Matalahden kenttäkokeessa. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 31/2022. Suomen ympäristökeskus. 39 s. + liitt. 3 s.

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2019/1021, annettu 20 päivänä kesäkuuta 2019, pysyvistä orgaanisista yhdisteistä (uudelleenlaadittu) (ETA:n kannalta merkityksellinen teksti). Saatavissa: https://op.europa.eu/fi/web/eu-law-in-force/bibliographic-details/-/elif-publication/f8fff4c0-9712-11e9-9369-01aa75ed71a1

Favara, P.J., Krieger, T.M., Boughton, B., Fisher, A.S., Bhargava, M., 2011. Guidance for performing footprint analyses and life-cycle assessments for the remediation industry. Remediation (New York, N.Y.), Vol. 21, s. 39–79.

Ferrans, L., Nilsson, A., Schmieder, F., Pal, D., Rahmati-Abkenar, M., Marques, M., Hogland, W., 2022. Life Cycle Assessment of Management Scenarios for Dredged Sediments: Environmental Impacts Caused during Landfilling and Soil Conditioning. Sustainability, vol. 14, 13139.

Fitzpatrick, A., 2019. Sustainability tools, frameworks and guidance - a review. International Conference on Remediation and Management of Contaminated Sediments.

Fitzpatrick, A.G., Apitz, S.E., Harrison, D., Ruffle, B., Edwards, D.A., 2017. The Portland Harbor Superfund Site Sustainability Project: Introduction. Integrated Environmental Assessment and Management, vol. 14, s. 17–21.

Fortum, 2024. Riihimäen tuotantolaitos. Saatavissa (viitattu 25.3.2024): https://www.fortum.fi/yrityksille-ja-yhteisoille/kierratys-ja-jatepalvelut/yhteystiedot-ja-toimipaikat/riihimaen-tuotantolaitos

Fortum Waste Solutions Oy, 2023. Riihimäen laitosalue vuosiraportti 2022. 24 s. + liitt. 6 s. Saatavissa: https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/VUOSIRAPORTTI%202022%20liitteineen%2C%20Fortum%20Riihim%C3%A4en%20VJ%20ja%20ja%20polttolaitokset%20%286%29.pdf

Frisk, T., Bilaletdin, Ä., Kaipainen, H., Paananen, A., Peltonen, A., 2007. Pyhäjärven kunnostustarpeen selvitys. Pirkanmaan ympäristökeskuksen raportteja 03/2007. Pirkanmaan ympäristökeskus, Tampere. 65 s. Saatavissa: https://core.ac.uk/reader/19207180

Förstner, U., 2002a. SEDIMENTS AND SOILS: INTEGRATED PROCESS STUDIES, in: Burden, F.R., Foerstner, U., McKelvie, I.D., Guenther, A. (Eds.), Environmental Monitoring Handbook. McGraw-Hill Education.

Förstner, U., 2002b. INTRODUCTION TO SOILS AND SEDIMENTS, in: Burden, F.R., Förstner, U., McKelvie, I.D., Guenther, A. (Eds.), Environmental Monitoring Handbook. McGraw-Hill Education.

Förstner, U., Flemming, H.-C., Frimmel, F.H., Gust, G., Jirka, G.H., von der Kammer, F., Larsen, O., Markofsky, M., Meyer-Reil, L.-A., Niessner, R., Westrich, B., Worch, E., Zielke, W., 2007. Sediment- and Pollutant-Related Processes - Interdisciplinary Approach, in: Westrich, B., Förstner, U. (Eds.), Sediment Dynamics and Pollutant Mobility in Rivers: An Interdisciplinary Approach, Environmental Science and Engineering. Springer, Berlin, Heidelberg, s. 15-34. 430 s.

Förstner, U., Owens, P.N., 2007. Introduction, in: Westrich, B., Förstner, U. (Eds.), Sediment Dynamics and Pollutant Mobility in Rivers: An Interdisciplinary Approach, Environmental Science and Engineering. Springer, Berlin, Heidelberg, s. 1-15. 430 s.

Gebert, J., Knoblauch, C., Gröngröft, A., 2019. Gas production from dredged sediment. Waste management (Elmsford), vol. 85, s. 82–89.

Giddings, B., Hopwood, B., O'Brien, G., 2002. Environment, economy and society: fitting them together into sustainable development. Sust. Dev. vol. 10, s. 187–196.

Gomes, H.I., Dias-Ferreira, C., Ribeiro, A.B., 2013. Overview of in situ and ex situ remediation technologies for PCB-contaminated soils and sediments and obstacles for full-scale application. Science of The Total Environment, vol. 445–446, s. 237–260.

Hacking, T., Guthrie, P., 2008. A framework for clarifying the meaning of Triple Bottom-Line, Integrated, and Sustainability Assessment. Environmental Impact Assessment Review, vol. 28, s. 73–89.

Hakstege, A.L., 2006. Sub-aquatic confined disposal, in: Bortone, P., Palumbo, L., Hakstege, A.L. (Eds.), Sustainable Management of Sediment Resources - Sediment and Dredged Material Treatment. Elsevier Science & Technology, Oxford, United Kingdom. s. 113-118. 223 s.

Hamer, K., Arevalo, E., Deibel, I., Hakstege, A.L., 2006. Assessment of Treatment and Disposal Options, in: Bortone, P., Palumbo, L., Hakstege, A.L. (Eds.), Sustainable Management of Sediment Resources - Sediment and Dredged Material Treatment Elsevier Science & Technology, Oxford, United Kingdom. s. 133-159. 223 s.

Hanhijärvi, J., 2006. Kestävästi rannikolla - Suomen rannikkostrategia. Suomen ympäristö 15/2006. Ympäristöministeriö. Edita Prima Oy, Helsinki. 60 s. Saatavissa: http://hdl.handle.net/10138/38757

Hardi, P., Zdan T., 1997. Assessing Sustainable Development. International Institute for Sustainable Development. Winnipeg.

Harrington, J., Smith, G., 2013. Guidance on the Beneficial Use of Dredged Material in Ireland. Cork Institute of Technology. 87 s. + liitt. 5 s. Saatavissa: https://www.epa.ie/publications/research/small--scale-studies/Beneficial-Use-of-Dredging-Material.pdf

Harrison, D., Coughlin, C., Hogan, D., Edwards, D.A., Smith, B.C., 2017. Regional economic impact assessment: Evaluating remedial alternatives for the Portland Harbor Superfund Site, Portland, Oregon, USA. Integrated Environmental Assessment and Management, vol. 14, s. 32–42.

Hauge, A., Hamer, K., 2006. Physical in situ techniques: Capping of contaminated sediments, in: Bortone, P., Palumbo, L., Hakstege, A.L. (Eds.), Sustainable Management of Sediment Resources - Sediment and Dredged Material Treatment. Elsevier Science & Technology, Oxford, United Kingdom. s. 74-76. 223 s.

Heise, S. (2007). Sediment Risk Management and Communication: Sustainable Management of Sediment Resources (SEDNET), Volume 3 (1st ed.). Elsevier Science & Technology. 292 s.

HELCOM, 2015. HELCOM Guidelines for Management of Dredged Material at Sea. 17 s + liitt. 26 s. Saatavissa: https://helcom.fi/wp-content/uploads/2016/11/HELCOM-Guidelines-for-Management-of-Dredged-Material-at-Sea.pdf

HELCOM, 2022. Depositing of dredged material in the Baltic Sea. 34 s. Saatavissa: https://helcom.fi/wp-content/uploads/2022/08/BSEFS-on-depositing-of-dredged-material-2020_final.pdf

HELCOM, 2023. Dredging. Saatavissa (viitattu 28.4.2023): https://helcom.fi/action-areas/industrial-municipal-releases/dredging/

Hokkanen, J., Lahdelma, R., Salminen, P., 2000. Multicriteria decision support in a technology competition for cleaning polluted soil in Helsinki. Journal of Environmental Management, vol. 60, s. 339–348.

Holland, K.S., Lewis, R.E., Tipton, K., Karnis, S., Dona, C., Petrovskis, E., Bull, L.P., Taege, D., Hook, C., 2011. Framework for integrating sustainability into remediation projects. Remediation, vol. 21, s. 7–38.

Hou, D., Al-Tabbaa, A., Guthrie, P., Hellings, J., Gu, Q., 2014. Using a hybrid LCA method to evaluate the sustainability of sediment remediation at the London Olympic Park. Journal of cleaner production, vol. 83, s. 87–95.

Hu, X., Zhu, J., Ding, Q., 2011. Environmental life-cycle comparisons of two polychlorinated biphenyl remediation technologies: Incineration and base catalyzed decomposition. Journal of Hazardous Materials, vol. 191, s. 258–268.

Huysegoms, L., Cappuyns, V., 2017. Critical review of decision support tools for sustainability assessment of site remediation options. Journal of Environmental Management, vol. 196, s. 278–296.

Hyötyläinen, T., Karels, A., Oikari, A., 2002. Assessment of bioavailability and effects of chemicals due to remediation actions with caging mussels (Anodonta anatina) at a creosote-contaminated lake sediment site. Water Research, vol. 36, s. 4497–4504.

Häkkinen, J., Pyy, O., Salminen, J., 2020. Selvitys kansainvälisistä käytännöistä ruoppausmassojen hallinnassa ja hyödyntämisessä. CircVol-projektin taustaselvitys. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 43/2020. Suomen ympäristökeskus. 61 s. + liitt. 2. s.

Häkkinen, J., Immonen, M., Junttila, V., Leppänen, M., Pyy, O., 2022. Sedimenttien pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi ja sääntely - Kansainvälisiä käytäntöjä. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 26/2022. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 102 s. + liitt. 24 s.

IPCC, 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R. K. & Meyer, L.A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. 112 s. + liitt. 39 s.

ISO 18504:2017 Soil quality - Sustainable remediation.

Itkonen, A., Hyttinen, O., 2023. Sedimenttien kunnostustoimenpiteiden kestävyyden arviointi - SEDKE (ohjeluonnos). Sitowise Oy. 84 s. Saatavissa: https://maaperakuntoon.fi/documents/114921275/147734649/SEDKE_raportti_+luonnos_2023.pdf/44b88e37-306a-5d7d-bdd7-b60583ffb0a1/SEDKE_raportti_+luonnos_2023.pdf?t=1686732093427

ITRC (Interstate Technology & Regulatory Council), 2014. Contaminated Sediments Remediation: Remedy Selection for Contaminated Sediments (CS-2) - 6. Removal by Dredging and Excavation. Interstate Technology & Regulatory Council, Contaminated Sediments Team. Washington, D.C. Saatavissa (viitattu 7.2.2024): https://projects.itrcweb.org/contseds_remedy-selection/#6%20REMOVAL%20Including%20DREDGING.htm

Jaakkonen, S., 2011. Sisävesien pilaantuneet sedimentit, Suomen ympäristökeskuksen raportteja 11/2011. Suomen ympäristökeskus. 49 s. Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/46856cf5-4b51-4287-aea1-c71dbe59127a/content

Jätelaki 646/2011. Saatavissa: https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110646

Kaakkois-Suomen ELY-keskus, 2011. Kymijoen pilaantuneiden sedimenttien kunnostus välillä Kuusaansaari-Keltti - Ympäristövaikutusten arviointiselostus. 133 s. Saatavissa: https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/Kymijoen_YVAselostus_suomi.pdf

Karvonen, A., Taina, T., Gustafsson, J., Mannio, J., Mehtonen, J., Nystén, T., Ruoppa, M., Sainio, P., Siimes, K., Silvo, K., Tuominen, S., Verta, M., Vuori, K.-M., Äystö, L., 2012. Vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista annettujen säädösten soveltaminen: Kuvaus hyvistä menettelytavoista. Ympäristöministeriön raportteja 15/2012. Ympäristöministeriö. 149 s. Saatavissa: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10138/41474/YMra_15_2012.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Kox, M., Klimkowska, A., Kauffman, J.B., Tonneijck, F., Stefan, J., 2021. Ripening of dredged sediment: Study of greenhouse gas emissions. Terra et Aqua. Saatavissa: https://www.iadc-dredging.com/article/greenhouse-gas-emissions-dredged-sediment/

Laboyrie, H.P., Van Koningsveld, M., Aarninkhof, S.G.J., Van Parys, M., Lee, M., Jensen, A., Csiti, A., Kolman, R., 2018a. Integrating dredging in sustainable development, in: Dredging for Sustainable Infrastructure. CEDA/IADC, The Hague, the Netherlands. 312 s.

Laboyrie, P., Van Koningsveld, M., Aarninkhof, S.G.J., Van Parys, M., Jensen, A., Csiti, A., Kolman, R., 2018b. Dredged material management, in: Dredging for Sustainable Infrastructure. CEDA/IADC, Hague. 312 s.

Laboyrie, H.P., Van Koningsveld, M., Aarninkhof, S.G.J., Van Parys, M., Lee, M., Jensen, A., Csiti, A., Kolman, R., 2018c. Synopsis, in: Dredging for Sustainable Infrastructure. CEDA/IADC, The Hague, the Netherlands. 312 s.

Laitinen, J. (Toim), Kilponen, V., Kettunen, A., Virta, O., Pöyry, E., Tengvall, J., Nousiainen, A., Itkonen, A., 2022. Kestävän kunnostamisen parhaat käytännöt. Opas 5/2022. Pirkanmaan ELY-keskus. 65 s. Saatavissa: https://www.doria.fi/handle/10024/184559

Laurent, A., Stig I O., & Hauschild, M. Z., 2012. Limitations of Carbon Footprint as Indicator of Environmental Sustainability. Environmental science & technology, vol. 46. s. 4100–4108.

Lawer, E.T., 2019. Examining stakeholder participation and conflicts associated with large scale infrastructure projects: the case of Tema port expansion project, Ghana. Maritime policy and management, vol. 6, s. 735–756.

Lawson, C.R., 2008. Geotextile containment for hydraulic and environmental engineering. Geosynthetics International, vol. 15, s. 384–427.

Lehr, J.H., Hyman, M., Gass, T., Seevers, W.J., 2002. Handbook of complex environmental remediation problems, First edition. ed, McGraw-Hill's AccessEngineering. McGraw-Hill, New York.

Li, X., Bardos, P., Cundy, A.B., Harder, M.K., Doick, K.J., Norrman, J., Williams, S., Chen, W., 2019. Using a conceptual site model for assessing the sustainability of brownfield regeneration for a soft reuse: A case study of Port Sunlight River Park (U.K.). Science of The Total Environment, vol. 652, s. 810–821.

Long, E.R., Macdonald, D.D., Smith, S.L., Calder, F.D., 1995. Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. Environmental Management, vol. 19, s. 81–97.

Lord, R.A., Torrance, K., 2021. Beneficial Reuse Of Any Dredged Sediment Environmental Assessment Tool (BROADSEAT). University of Strathclyde. Saatavissa (viitattu 20.9.2023): https://pureportal.strath.ac.uk/en/datasets/broadseat-beneficial-reuse-of-any-dredged-sediment-environmental-

Maanmittauslaitos, n.d. Karttapaikka - Ortoilmakuva. Saatavissa (viitattu 23.2.2024): https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/tiedostopalvelu/ortoilmakuva

Maanmittauslaitos. Karttapaikka – Taustakartta (rasteri). Saatavissa: h https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/tiedostopalvelu/taustakartta_rasteri?lang=fi

Magar, V.S., 2001. Natural Recovery of Contaminated Sediments. J. Environ. Eng., vol. 127, s. 473–474.

Magar, V.S., Johnson, G.W., Brenner, R.C., Quensen, J.F., Foote, E.A., Durell, G., Ickes, J.A., Peven-McCarthy, C., 2005. Long-Term Recovery of PCB-Contaminated Sediments at the Lake Hartwell Superfund Site: PCB Dechlorination. 1. End-Member Characterization. Environ. Sci. Technol., vol. 39, s. 3538–3547.

Magar, V.S., Wenning, R.J., 2006. The role of monitored natural recovery in sediment remediation: Monitored Natural Recovery of Sediments. Integr Environ Assess Manag, vol. 2, s. 66–74.

Majuri, H., 2003. Ruoppaus ja säädökset. Ympäristö ja terveys 34 (2), s. 8-11.

Mannio, J., Kankaanpää, H., Ikäheimonen, T., Koivisto, P., Vallius, H., Vähä, E., Junttila, V., Kiviranta, H., 2018. Vaarallisten ja haitallisten aineiden pitoisuudet ja niiden muutokset, in: Korpinen, S., Laamanen, M., Suomela, J., Paavilainen, P., Lahtinen, T., Ekebom, J. (Eds.), Suomen meriympäristön tila 2018. SYKEn julkaisuja 4. Suomen ympäristökeskus. 248 s. Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/handle/10138/274086

Marttunen, M., Mustajoki, J., Verta, O.-M., Hämäläinen, R.P., 2008. Monitavoitearviointi vuorovaikutteisessa ympäristösuunnittelussa – Menetelmä ja sen soveltamisesimerkkejä vesistöjen käytössä ja hoidossa. Suomen ympäristö 11/2008. Suomen ympäristökeskus. 65 s + liitt. 6 s. Saatavissa: http://hdl.handle.net/10138/38341

McNally, A.D., 2015. SiteWise Version 3.1 Now Available!, Sustainable Remediation Forum. Saatavissa (viitattu 29.5.2023): https://www.sustainableremediation.org/news/2015/5/27/sitewise-version-31-now-available.html

McNally, A.D., Fitzpatrick, A.G., Mirchandani, S., Salmon, M., Edwards, D.A., 2017. CERCLA-linked environmental impact and benefit analysis: Evaluating remedial alternatives for the Portland Harbor Superfund Site, Portland, Oregon, USA. Integrated Environmental Assessment and Management, vol. 14, s. 22–31.

McNally, A.D., Fitzpatrick, A.G., Harrison, D., Busey, A., Apitz, S.E., 2020. Tiered approach to sustainability analysis in sediment remediation decision making. Remediation, vol. 31, s. 29–44.

Mehtonen, J., Vähä, E., Räike, A., Rytkönen, J., Häkkinen, J., Haapasaari, H., Äystö, L., 2018. Vaarallisten ja haitallisten aineiden kuormitus, in: Korpinen, S., Laamanen, M., Suomela, J., Paavilainen, P., Lahtinen, T., Ekebom, J. (Eds.), Suomen meriympäristön tila 2018. SYKEn julkaisuja 4. Suomen ympäristökeskus. 248 s. Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/handle/10138/274086

Mohan, R.K., Brown, M.P., Barnes, C.R., 2000. Design criteria and theoretical basis for capping contaminated marine sediments. Applied Ocean Research, vol. 22, s. 85–93.

Moore, S., Sirabian, R., 2018. SiteWise™ Version 3.2 User Guide. UG-0000-ENV. Battelle. 43 s + liitt. 52 s.

Mulligan, C.N., Yong, R.N., Gibbs, B.F., 2001. An evaluation of technologies for the heavy metal remediation of dredged sediments. Journal of Hazardous Materials, vol. 85, s. 145–163.

Mykkänen, E., Viinikkala, J., Ulvi, T., 2005. Ruoppaus, in: Ulvi, T., Lakso, E. (Eds.), Järvien kunnostus. Edita - Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 336 s. Saatavissa: http://hdl.handle.net/10138/41746

NASA, 2012. In-Situ Remediation of PCB-Contaminated Sediments using Polymeric Absorption System. Saatavissa: https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20120010674/downloads/20120010674.pdf

National Research Council, 1997. Contaminated Sediments in Ports and Waterways: Cleanup Strategies and Technologies. National Academies Press, Washington, D.C. 194 s. + liitt. 123 s.

National Research Council, 2007. Sediment Dredging at Superfund Megasites: Assessing the Effectiveness. National Academies Press, Washington, D.C. 285 s. + liitt. 31 s.

National Research Council, 2011. Sustainability and the U.S. EPA. National Academies Press, Washington, D.C. 138 s. + liitt. 24 s.

Neumayer, E., 1999. Weak Versus Strong Sustainability: Exploring the Limits of Two Opposing Paradigms. Edward Elgar, Cheltenham. 328 s.

NICOLE, 2012a. Sustainability assessment tools, Road Map for Sustainable Remediation, Nicole Sustainable Remediation Work Group 2012 Report. Saatavissa: https://nicole.org/wp-content/uploads/2023/06/Sustainable-Remediation-Roadmap.pdf

NICOLE, 2012b. Sustainable remediation indicators, Road Map for Sustainable Remediation, Nicole Sustainable Remediation Work Group 2012 Report. Saatavissa: https://nicole.org/wp-content/uploads/2023/06/Sustainable-Remediation-Roadmap.pdf

Nihtilä, M., 2017. Pilaantuneiden maa-alueiden riskienhallinnan kestävyysarviointi ja siihen käytettävät menetelmät. Biotekniikan ja kemian tekniikan laitos, Aalto-yliopisto. 88 s. + liitt. 28 s. Saatavissa: https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/24691

Norén, A., Karlfeldt Fedje, K., Strömvall, A.-M., Rauch, S., Andersson-Sköld, Y., 2020. Integrated assessment of management strategies for metal-contaminated dredged sediments – What are the best approaches for ports, marinas and waterways? Science of The Total Environment, vol. 716, 135510.

Nybom, I., 2015. Activated Carbon Amendments for Sediment Remediation: Reduction of aquatic and biota concentrations of PCBs, and secondary effects on Lumbriculus variegatus and Chironomus riparius. Dissertations in Forestry and Natural Sciences No 200. University of Eastern Finland, Joensuu, Finland. 91 s.

Olsen, M., Petersen, K., Lehoux, A., Leppänen, M., Schaanning, M., Snowball, I., Øxnevad, S., Lund, E., 2019. Contaminated Sediments: Review of solutions for protecting aquatic environments, TemaNord 2019:514. Nordic Council of Ministers. 81 s.

Owens, P. N. (eds.), 2008. Sediment Management at the River Basin Scale. 1st ed. Amsterdam. Elsevier. 281 s.

Pajunen, H., 2004. Järvisedimentit kuiva-aineen ja hiilen varastona, Tutkimusraportti 160. Geologian tutkimuskeskus, Espoo. 308 s + liitt. 6 s. Saatavissa: https://tupa.gtk.fi/julkaisu/tutkimusraportti/tr_160.pdf

Paranaíba, J.R., Struik, Q., Erdociain, M., van Dijk, G., Smolders, A.J.P., van der Knaap, J., Veraart, A.J., Kosten, S., 2023. CO2, CH4, and N2O emissions from dredged material exposed to drying and zeolite addition under field and laboratory conditions. Environmental Pollution, vol. 337, 122627.

Pasciucco, F., Pecorini, I., Di Gregorio, S., Pilato, F., Iannelli, R., 2021. Recovery Strategies of Contaminated Marine Sediments: A Life Cycle Assessment. Sustainability, vol. 13, 8520.

Penttinen, R., 2001. Maaperän ja pohjaveden kunnostus - Yleisimpien menetelmien esittely. Suomen ympäristökeskuksen moniste 227. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 51 s. Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40841/SYKEmo_227.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Pirkanmaan ELY-keskus, 2020. Valtion tuki alueiden pilaantuneisuuden selvittämiseen ja pilaantuneiden alueiden puhdistamiseen - opas lainsäädännön soveltamiseen. Opas 3/2020. https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/177660/Opas_3_2020.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Pirkanmaan ELY-keskus, 2021. Suonenjoella valmistui Onkilammen lyijypitoisen sedimentin puhdistussuunnitelma. Maaperä kuntoon. Saatavissa (viitattu 2.5.2023): https://maaperakuntoon.fi/-/suonenjoella-valmistui-onkilammen-lyijypitoisen-sedimentin-puhdistussuunnitelma

Pirkanmaan ELY-keskus, 2023. Kestävyyden arviointi. Maaperä kuntoon. Saatavissa (viitattu 24.11.2023): https://maaperakuntoon.fi/kestavyyden-arviointi

Plant, R., Boydell, S., Prior, J., Chong, J., Lederwasch, A., 2017. From liability to opportunity: An institutional approach towards value-based land remediation. Environment and planning. C, Politics and space, vol. 35, s. 197–220.

Postle, M., Fenn, T., Grosso, A., Steeds, J., 1999. Cost-Benefit Analysis for Remediation of Land Contamination. Environment Agency, Rio House, Waterside Drive, Aztec West, Almondsbury, Bristol. 238 s. + liitt. 14 s.

Pyy, O., Tikkanen, S., Reinikainen, J., Nihtilä, M., Sorvari, J., 2017. Pilaantuneiden maa-alueiden kestävät riskinhallintakeinot, Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 25/2017. Valtioneuvoston kanslia. 76 s. + liitt. 32 s.

Ramboll, 2021a. SURE By Ramboll. Saatavissa: https://sure.ramboll.com/Home/HomePage

Ramboll, 2021b. SURE By Ramboll – Johdanto. Saatavissa: https://sure.ramboll.com/Reports/Introductory_Guidance_FI.pdf

Ramboll, 2022a. SURE by Ramboll - Pikaohje. Saatavissa: https://sure.ramboll.com/Reports/QuickStartGuide_FI.pdf

Ramboll, 2022b. Remediation options assessment - Captains flat lead management plan. 46 s. + liitt. 37 s. Saatavissa: https://roads-waterways.transport.nsw.gov.au/projects/01documents/captains-flat/captains-flat-detection-of-elevated-lead-levels-remediation-options-assessment-2022-11.pdf

Reed, M.S., 2008. Stakeholder participation for environmental management: A literature review. Biological Conservation, vol. 141, s. 2417–2431.

Reible, D., Lánczos, T., 2006. Introduction, in: Reible, D., Lanczos, T. (Eds.), Assessment and Remediation of Contaminated Sediments, Nato Science Series: IV: Earth and Environmental Sciences. Springer Netherlands, Dordrecht, s. 1–4. 246 s.

Reimann, L., Vafeidis, A.T., Honsel, L.E., 2023. Population development as a driver of coastal risk: Current trends and future pathways. Cambridge Prisms: Coastal Futures, vol. 1, e14.

Reis, E., Lodolo, A., Miertus, S., 2007. Survey of Sediment Remediation Technologies. International Centre for Science and High Technology. 124 s. Saatavissa: https://clu-in.org/download/contaminantfocus/sediments/survey-of-sediment-remediation-tech.pdf

Renholds, J., 1998. In Situ Treatment of Contaminated Sediments. Saatavissa: https://clu-in.org/products/intern/renhold.htm

Riipi, T., 1997. Ruoppaus- ja läjitystekniikoiden valinta maalajien ominaisuuksien ja ympäristövaikutuksien perusteella, VTT Tiedotteita - Meddelanden - Research Notes 1853. VTT, Espoo. 66 s. + liitt. 40 s.

Sala, S., Ciuffo, B., Nijkamp, P., 2015. A systemic framework for sustainability assessment. Ecological Economics, vol. 119, s. 314–325.

Scheffler, A., Roth, T., Ahlf, W., 2014. Sustainable decision making under uncertainty: a case study in dredged material management. Environmental Sciences Europe, vol. 26, s. 7.

Schipper, C.A., Vreugdenhil, H., de Jong, M.P.C., 2017. A sustainability assessment of ports and port-city plans: Comparing ambitions with achievements. Transportation Research Part D: Transport and Environment, vol. 57, s. 84–111.

SEA & AECOM, 2016. Portland Harbor Sustainability Project, evaluation of EPA Portland Harbor Superfund Site remedial alternatives, social analysis report. Prepared by SEA Environmental Decisions, Ltd. and AECOM for the Portland Harbor Superfund Site Sustainability Project. Little Hadham (UK). 125 s. + 188 s.

SedNet, 2004. The opinion of SedNet on environmentally, socially and economically viable sediment management. The SedNet Strategy Paper. European Sediment Research Network. 13 s. Saatavissa: https://sednet.org/download/SedNet_strategic_paper_2004.pdf

Silvo, K., Hämäläinen, M.-L., Forsius, K., Jouttijärvi, T., Lapinlampi, T., Santala, E., Kaukoranta, E., Rekolainen, S., Granlund, K., Ekholm, P., Räike, A., Kenttämies, K., Nikander, A., Grönroos, J., Rönkä, E., 2002. Päästöt vesiin 1990-2000. Vesiensuojelun tavoitteiden väliarviointi. Suomen ympäristökeskus. 55 s. + liitt. 13 s.

Sitowise, 2020. Sedimentin haitta-ainepitoisuuksien riskinarviointi. Sitowise Oy & Tampereen kaupunki. 92 s. + liitt. 16 s. Saatavissa: http://ekstrat.tampere.fi/ytoteto/aka/nahtavillaolevat/8755/selvitykset/8755_sedimentin_haittaaineiden_paivitetty_ymparistoriskinarvio_2022.pdf

Sitowise, 2022. Viinikanlahden sedimentin haitta-aineiden päivitetty ympäristöriskinarvio. Ympäristöriskinarvion päivitys vuoden 2022 tutkimustulosten perusteella. Sitowise Oy & Tampereen kaupunki. 19 s. + liitt. 114 s. Saatavissa: http://ekstrat.tampere.fi/ytoteto/aka/nahtavillaolevat/8755/selvitykset/8755_sedimentin_haittaaineiden_paivitetty_ymparistoriskinarvio_2022.pdf

Sitra, 2018. Keskivertosuomalaisen hiilijalanjälki. Sitra. Saatavissa (viitattu 9.1.2024): https://www.sitra.fi/artikkelit/keskivertosuomalaisen-hiilijalanjalki/

Smith, J.W.N., Kerrison, G., 2013. Benchmarking of Decision-Support Tools Used for Tiered Sustainable Remediation Appraisal. Water, Air and Soil Pollution, vol. 224, s. 1–11.

Sparrevik, M., Barton, D.N., Bates, M.E., Linkov, I., 2012. Use of Stochastic Multi-Criteria Decision Analysis to Support Sustainable Management of Contaminated Sediments. Environ. Sci. Technol., vol. 46, s. 1326–1334.

Staniszewska, M., Boniecka, H., 2018. Dangerous compounds in the dredged material from the sea – Assessment of the current approach to the evaluation of contaminations based on the data from the Polish coastal zone (the Baltic Sea). Marine Pollution Bulletin, vol. 130, s. 324–334.

SuRF, 2011. SURF Metrics Toolbox – Remedy Selection. Saatavissa: https://www.sustainableremediation.org/surf/Tools/SURF+Metrics+Toolbox_Remedy+Selection_1.1.pdf

SuRF-UK, 2010. A Framework for Assessing the Sustainability of Soil and Groundwater Remediation. Contaminated Land: Applications in Real Environments (CL:AIRE). 43 s. + liitt. 10 s.

SuRF-UK, 2011. Annex 1: The SuRF-UK Indicator Set for Sustainable Remediation Assessment. CL:AIRE. 9 s. + liitt. 3 s.

SuRF-UK, 2020a. Supplementary Report 1 of the SuRF-UK Framework: A General Approach to Sustainability Assessment for Use in Achieving Sustainable Remediation. Contaminated Land: Applications in Real Environments (CL:AIRE). 25 s. + liitt. 15 s.

SuRF-UK, 2020b. Supplementary Report 2 of the SuRF-UK Framework: Selection of Indicators/Criteria for Use in Sustainability Assessment for Achieving Sustainable Remediation. Contaminated Land: Applications in Real Environments (CL:AIRE). 21 s. + liitt. 9 s.

Svensson, N., Norén, A., Modin, O., Karlfeldt Fedje, K., Rauch, S., Strömvall, A.-M., Andersson-Sköld, Y., 2022. Integrated cost and environmental impact assessment of management options for dredged sediment. Waste Management, vol. 138, s. 30–40.

SYKE, 2023. Infrarakentamisen päästötietokanta. Saatavissa (viitattu 17.1.2024): https://co2data.fi/infra/

Tampereen kaupunginhallitus, 2023. Tampereen keskusta 2040 - kehittämisohjelma 2023-2040. 26 s. + liitt. 25 s. Saatavissa: https://www.tampere.fi/sites/default/files/2023-06/tampere_keskustan_kehitysohjelma_2040liitteet_digi_saavutettava_02.pdf

Tampereen kaupunki, 2019. Asemakaavan muutoksen osallistumis- ja arviointisuunnitelma. XXII (Hatanpää), XIII (Ratina), Viinikanlahden alue, asemakaava nro 8755. Saatavissa: http://ekstrat.tampere.fi/ytoteto/aka/nahtavillaolevat/8755/oas/8755_o_a_s_tark_221124.pdf

Tampereen kaupunki, 2022. XXII (Hatanpää), XIII (Ratina), Viinikanlahden alue. Asemakaavan selostus. Kaavaluonnos 21.11.2022. 50 s. Saatavissa: http://ekstrat.tampere.fi/ytoteto/aka/nahtavillaolevat/8755/luonnos/8755_luonnos_kaavakuvaus_20221124.pdf

Tetra Tech, Inc., 2013. Feasibility Study for the Remediation of Sediments Adjacent to Lockheed Martin Middle River Complex Middle River, Maryland. 250 s. + liitt. 282 s. Saatavissa: https://www.lockheedmartin.com/content/dam/lockheed-martin/eo/documents/remediation/middle-river/SedimentFeasibilityStudy071513.docx.pdf

Thorn, M.J., Kraus, J.L., Parker, D.R., 2011. Life-cycle assessment as a sustainability management tool: Strengths, weaknesses, and other considerations. Environmental Quality Management, vol. 20, s. 1–10.

Tuomisto, J., Vartiainen, T., Tuomisto, J.T., 2011. Dioksiinit ja PCB-yhdisteet: synopsis. THL - Raportti 23/2011. Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. 57 s. Saatavissa: https://www.julkari.fi/handle/10024/79884

Turun kaupunki, 2018. Turun Satama Oy:n esitys meriläjityksestä luopumisesta. 10659-2018. Saatavissa: https://ah.turku.fi/kh/2018/1002021x/3778934.htm

Tvrdý, J., Vähäkäkelä, M., Takalo, M., Keskinen, M., 2020. Ruoppausmassojen kestävät läjitysvaihtoehdot - esiselvitys 26.2.2020. Merialuesuunnittelu.

UN General Assembly, 1987. Report of the world commission on environment and development: Our common future. 285 s. + liitt. 15 s. Saatavissa: https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf

US EPA, 1993. Selecting Remediation Techniques For Contaminated Sediment. Office of Water - Office of Science and Technology - Standards and Applied Science Division & Office of Research and Development - Risk Reduction Engineering Laboratory. 139 s. + liitt. 86 s.

US EPA, 2002. Contaminated Sediment Remediation Guidance for Hazardous Waste Sites. United States Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste and Emergency Response. Report nr OSWER 9355.0–85.

US EPA, 2005. Contaminated Sediment Remediation Guidance for Hazardous Waste Sites (No. OSWER 9355.0-85). United States Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste and Emergency Response. 221 s. + liitt. 15 s.

US EPA, 2021. Dredged Material Decision Tool (DMDT). The United States Environmental Protection Agency's Center for Computational Toxicology and Exposure. Saatavissa: https://doi.org/10.23645/epacomptox.14428328.v1

Vahanne, P., Vestola, E. (Eds.), 2007. TBT-BAT Manual. Organotinapitoisten sedimenttien ruoppaus ja käsittely. Menettelytapaohje. VTT Tiedotteita - Research Notes 2371. VTT, Espoo. 76 s. + liitt. 3 s. Saatavissa: https://publications.vtt.fi/pdf/tiedotteet/2007/T2371.pdf

Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista 214/2007. Saatavissa: https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2007/20070214

van Dessel, G., Cnudde, T., 2006. Natural dewatering, in: Bortone, P., Palumbo, L., Hakstege, A.L. (Eds.), Sustainable Management of Sediment Resources - Sediment and Dredged Material Treatment. Elsevier Science & Technology, Oxford, United Kingdom. s. 79-81. 223 s.

Wall, D.H., Bardgett, R., Covich, A., Snelgrove, P., 2004. The Need for Understanding How Biodiversity and Ecosystem Functioning Affect Ecosystem Services in Soils and Sediments, in: Wall, D.H. (Ed.), Sustaining Biodiversity and Ecosystem Services in Soils and Sediments. Island Press, Berlin, Germany. s. 1-12. 298 s.

West Midlands Round Table, 2000. Quality of Life: The Future Starts Here. West Midlands Round Table for Sustainable Development. Solihull.

Williams, K., Margeson, K., Paczuski, S., Clarke, R., Auker, K., and Hoffman, J., 2020. Beneficial Use of Dredged Material Decision Tool. U.S. Environmental Protection Agency, Duluth, MN EPA/600/R20/409. 79 s.

Wu, J., Yanna, X., Yinxin, G., Wenchao, Y., 2022. A sustainability assessment-based methodology for the prioritization of contaminated site risk management options. Environmental Science and Pollution Research, vol. 29, s. 7503–7513.

Ympäristöministeriö, 2014. Pilaantuneen maa-alueen riskinarviointi ja kestävä riskinhallinta. Ympäristöhallinnon ohjeita 6/2014. Helsinki. 235 s. Saatavissa: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10138/136564

Ympäristöministeriö, 2015. Sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohje. Ympäristöhallinnon ohjeita 1/2015. Helsinki. 55 s. + liitt. 17 s. Saatavissa: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10138/154833

Ympäristöministeriö, 2019. Jätteen luokittelu vaaralliseksi jätteeksi - päivitetty opas. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:2. 118 s. + liitt. 65 s. Saatavissa: http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-001-9

Zagula, S.J., Beltinger, E.W., 1993. Developing a remediation strategy for contaminated sediments: selecting, removal, treatment, disposal and re-use alternatives, in: Proceedings of the 48th Purdue Industrial Waste Conference, in: Developing a Remediation Strategy for Contaminated Sediments: Selecting, Removal, Treatment, Disposal and Re-Use Alternatives, in: Proceedings of the

48th Purdue Industrial Waste Conference. Presented at the 48th Purdue Industrial Waste Conference, Lewis Publishers, Chelsea, MI.

Zhang, Y., Labianca, C., Chen, L., De Gisi, S., Notarnicola, M., Guo, B., Sun, J., Ding, S., Wang, L., 2021. Sustainable ex-situ remediation of contaminated sediment: A review. Environmental Pollution, vol. /287, 117333.

Zheng, Z.-J., Lin, M.-Y., Chiueh, P.-T., Lo, S.-L., 2019. Framework for determining optimal strategy for sustainable remediation of contaminated sediment: A case study in Northern Taiwan. Science of The Total Environment, vol. 654, s. 822–831.

LIITE A: SURE-TYÖKALULLA TEHDYSSÄ KESTÄVYYSARVIOINNISSA KÄYTETTYJEN INDIKAATTORIEN KUVAUKSET JA POISJÄTETYT INDIKAATTORIT

INDIKAATTORIT JA NIIDEN ARVIOINTIPERUSTEET **(Indikaattorit pohjautuvat SuRF-UK (2020b) indikaattorilistaukseen)**

	Kuvaus	Joitain mahdollisia ristikkäisyyksiä/päällekkäisyyksiä muiden indikaattorien kanssa	Tarkasteluaikaväli
YMPÄRISTÖ			
Päästöt ilmaan:			
Kasvihuonekaasut	Kunnostuksesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt	Mm. "Energia ja polttoaineet"	Pitkä
Maaperän (sedimentin) olosuhteet:			
Sedimentin laatu	Arvio perustuu lähinnä haitta-aineen vähenemään sedimentissä kokonaisuudessaan Viinikanlahden ja Viinikanojan alueella.	Mm. "Eroosio", "Lakisääteiset velvoitteet", "(Vesistön) haitta-ainekuormituksen väheneminen pitkällä aikavälillä", "Ekologiset vaikutukset pitkällä aikavälillä", "Pitkäaikaisten riskien hallinta", "Psykologiset vaikutukset", "Ilmastonmuuutokseen sopeutuminen", "Valvonta" jne.	Pitkä
Eroosio	Kunnostusmenetelmän vaikutus erityisesti haitta-ainepitoisen sedimentin kulkeutumiseen (pitkällä aikavälillä)	Mm. "Sedimentin laatu", "vesistön haitta-ainekuormituksen väheneminen pitkällä aikavälillä"	Pitkä
Pohja- ja pintavedet:			
Lakisääteiset velvoitteet	Missä määrin eri vaihtoehdot täyttävät lakisääteiset/viranomaisten asettamat velvoitteet koskien pohja- ja pintavesiä?	Mm. "Sidosryhmien hyväksyntä"	Pitkä
Kunnostuksen aikaiset vaikutukset veden laatuun	Vaihtoehtojen vaikutukset veden laatuun kunnostuksen aikana (esim. resuspensiosta aiheutuva veden samentuminen/haitta-aineen leviäminen, ja kuinka kauan kunnostuksen aikaiset vaikutukset kestävät)	Mm. "Kunnostuksen aikaiset ekologiset vaikutukset", "suorat riskit"	Lyhyt (kunnostuksen aikainen)
(Vesistön) haitta-ainekuormituksen väheneminen pitkällä aikavälillä	Kuinka paljon eri vaihtoehtojen arvioidaan lisäävän/vähentävän haitta-aineen vapautumista veteen/kulkeutumista vedessä pitkällä aikavälillä. (Oletettu, että mitä vähemmän haitta-ainetta sedimentissä, erityisesti pinnassa, sitä vähemmän sitä on vedessä. Todellisuus ei ehkä ole näin suoraviivasta, koska kulkeutuvuuteen vaikuttaa monet eri tekijät. Lisäksi jos kunnostuksen seurauksena pintasedimentteihin päätyy pilaantunutta ainesta, voi se lisätä kuormitusta.)	Mm. "Sedimentin laatu", "Ekologiset vaikutukset pitkällä aikavälillä", "Pitkäaikaisten riskien hallinta"	Pitkä
Ekologia:			
Kunnostuksen aikaiset ekologiset vaikutukset	Kunnostuksen aikaiset haitat/hyödyt ekosysteemille (kaloille, linnuille, kasveille, pohjaeläimille, saukoille, jne. ja laajemmin elinympäristölle). Esimerkiksi veden samentuminen, alkuperäisen sedimentin poistaminen, ekologisen yhteyden katkeaminen, melu jne.	Mm. "Kunnostuksen aikaiset vaikutukset veden laatuun"	Lyhyt (kunnostuksen aikainen)
Ekologiset vaikutukset pitkällä aikavälillä	Pitkän aikavälin haitat/hyödyt ekosysteemille (kaloille, linnuille, kasveille, pohjaeläimille, saukoille, jne. ja laajemmin elinympäristölle). Tarkasteltu toistaiseksi lähinnä ekologisen riskin vähenemisen kannalta.	Mm. "Sedimentin laatu", "Eroosio", "(Vesistön) haitta-ainekuormituksen väheneminen pitkällä aikavälillä"	Pitkä
Luonnonvarat ja jätteet:			
Työnaikaiset vaikutukset maankäyttöön/maisemaan	Arvioitu pääosin tilantarvetta ja vaikutusta maisemaan kunnostuksen aikana. Pitkäaikaisia vaikutuksia alueen käyttöön on arvioitu yhteiskunnallisten indikaattorien (mm. "pitkäaikaiset vaikutukset yhteisön toimintaan ja palveluihin", "alueelliset suunnitelmat") alla.	Mm. "Lyhytaikaiset vaikutukset yhteisön toimintaan ja palveluihin"	Lyhyt (kunnostuksen aikainen)
Energia ja polttoaineet	Kaluston ja kuljetuksien energian/polttoaineiden kulutus	Mm. "Kasvihuonekaasut"	Lyhyt (kunnostuksen aikainen)
Neitseelliset raaka-aineet	Kunnostusta varten tarvittavat raaka-aineet, mm. maarakentaminen, ojan peittäminen, silttiverhot jne.	Mm. "Kasvihuonekaasut"	Lyhyt (kunnostuksen aikainen)
Syntyvät (ei-vaaralliset) jätteet	Syntyvän ei-vaarallisen jätteen määrä		Lyhyt (kunnostuksen aikainen)
Syntyvät vaaralliset jätteet	Syntyvän vaarallisen/voimakkaasti haitta-ainepitoisen jätteen määrä		Lyhyt (kunnostuksen aikainen)
Veden käyttö ja käsittely	Arvioitu vesienhallinnan määrä (erityisesti kuivatusvedet)		Lyhyt (kunnostuksen aikainen)
YHTEISKUNTA			
Ihmisten terveys ja turvallisuus:			
Pitkäaikaisten riskien hallinta	Karkea arvio terveysriskien vähenemisestä pitkällä aikavälillä. Perustuu lähinnä haitta-aineen vähenemään sedimentissä, terveysriskien todellisen vähenemän arvioimiseksi täytyisi tehdä tarkempi riskinarviointi.	Mm. "Sedimentin laatu", "(Vesistön) haitta-ainekuormituksen väheneminen pitkällä aikavälillä", "Pitkäaikaiset vaikutukset yhteisön toimintaan ja palveluihin"	Pitkä
Suorat riskit	Kunnostuksen aikainen työntekijöiden ja asukkaiden altistuminen haitta-aineille (esim. pölyn, veden, ruopatun massan kautta), sekä kalustosta/kuljetuksista aiheutuvat onnettomuus/työturvallisuusriskit. Karkea arvio.	Mm. "Riskienhallinta", altistumisreittien osalta mm. "Kunnostuksen aikaiset vaikutukset veden laatuun"	Lyhyt (kunnostuksen aikainen)
Riskienhallinta	Kuinka suurin tarve työnaikaiselle riskienhallinnalle (esim. päästöjen, haitta-aineiden leviämisen ja/tai onnettomuuksien riskit), ja kuinka hyvin kunnostusvaihtoehtoihin liittyvät riskit tunnetaan/osataan hallita	Mm. "Suorat riskit", "Kunnostuksen aikaiset vaikutukset veden laatuun", "epävarmuudet", "vahinkojen mahdollisuus"	Lyhyt (kunnostuksen aikainen)
Psykologiset vaikutukset	Haitta-aineisiin ja niiden leviämiseen liittyvä pelko kunnostuksen aikana	Mm. "sidosryhmien hyväksyntä", "Viestintä", "Maine"	Lyhyt (kunnostuksen aikainen)
Arvot ja yhdenvertaisuus:			
Sukupolvien välinen oikeudenmukaisuus	Siirretäänkö jotain ongelmia tuleville sukupolville (esim. jätetäänkö pilaantuma paikalleen, tai aiheuttaako kunnostus sukupolville ongelmia ratkaistavaksi)	Mm. "Sidosryhmien hyväksyntä"	Pitkä
Sidosryhmien hyväksyntä	Kunnostusvaihtoehtojen hyväksyttävyys, eli kuinka helppo sidosryhmien (asukkaat, kaupunki, viranomaiset jne.) on hyväksyä eri vaihtoehdot, tai liittyykö vaihtoehtoihin jotain kiistanalaisuutta?	Mm. "Psykologiset vaikutukset", "Lakisääteiset velvoitteet", "Viestintä", "Maine", jne.	Pitkä
Paikallisyhteisö:			
Lyhytaikaiset vaikutukset yhteisön toimintaan ja palveluihin	Lyhytaikaiset vaikutukset alueen käyttöön (virkistyskäyttöalueiden sulkeminen ja sen kesto, veden samentumisen laajuus), sekä kunnostuksesta aiheutuvat häiriöt asukkaille/alueen käyttäjille (melu, pöly, hajut jne. ja niiden kesto.)	Mm. "Kunnostuksen aikaiset vaikutukset veden laatuun", "Kunnostuksen aikaiset ekologiset vaikutukset", "Työnaikaiset vaikutukset maankäyttöön/maisemaan", "sidosryhmien hyväksyntä"	Lyhyt (kunnostuksen aikainen)
Pitkäaikaiset vaikutukset yhteisön toimintaan ja palveluihin	Pitkäaikaiset vaikutukset alueen käyttöön, esim. uusien käyttömuotojen mahdollistaminen	Mm. "Sedimentin laatu", "(Vesistön) haitta-ainekuormituksen väheneminen pitkällä aikavälillä", "Pitkäaikaisten riskien hallinta", "Alueelliset suunnitelmat"	Pitkä
Yhteisöt ja osallistaminen:			
Viestintä	Kuinka helppoa/vaikeaa kunnostusvaihtoehdosta on viestiä yhteisölle? Kunnostusvaihtoehtoihin liittyvien päätösten läpinäkyvyys	Mm. "Psykologiset vaikutukset", "Sidosryhmien hyväksyntä"	Lyhyt
Alueelliset suunnitelmat	Vaihtoehtojen yhteensopivuus kaavoituksen/alueellisten suunnitelmien kanssa	Mm. "Pitkäaikaiset vaikutukset yhteisön toimintaan ja palveluihin", "Yhdenmukaisuus poliittisten tavoitteiden kanssa"	Pitkä
Epävarmuudet ja käytettävissä oleva tieto:			
Tietojen käyttökelpoisuus	Eri kunnostusvaihtoehdoista käytettävissä olevan tiedon/aikaisemman kokemuksen määrä ja sen luotettavuus		Lyhyt (vaikuttaa kunnostuksen suunnitteluun)
Epävarmuudet	Arvio vaihtoehtoihin liittyvien epävarmuuksien suuruuksista. Esim. epävarmuus menetelmän soveltuvuuteen, puhdistustehokkuuteen, kunnostuksesta aiheutuviin päästöihin, ruopattavan aineksen määrään jne. liittyen, ja erityisesti esim. haitta-aineen kulkeutumiseen liittyvät epävarmuudet.	Mm. "Kunnostuskriteerit ja lopputuloksen varmentaminen"	Lyhyt+pitkä
Kunnostuskriteerit ja lopputuloksen varmentaminen	Arvio, kuinka selkeästi kunnostuskriteerit voidaan määritellä kunkin vaihtoehdon kohdalla, kuinka luotettavasti voidaan todentaa, onko ne saavutettu, ja kuinka paljon seurantaa tarvitaan kunnostuskriteerien saavuttamisen todentamiseksi.	Mm. "Epävarmuudet"	Lyhyt+pitkä
Yhdenmukaisuus poliittisten tavoitteiden kanssa:			
Yhdenmukaisuus poliittisten tavoitteiden kanssa	Yhdenmukaisuus poliittisten tavoitteiden kanssa (esim. alueenkäyttö ja laajemmin ympäristöä, yhteiskuntaa ja taloutta koskevat poliittiset tavoitteet).	Mm. "Alueelliset suunnitelmat"	Lyhyt+pitkä
TALOUS			
Suorat talousvaikutukset:			
Suorat kustannukset ja hyödyt	Kunnostuksesta aiheutuvat suorat kustannukset: kaluston käyttö, materiaalit, jätteen käsittely yms. (ja suorat taloudelliset tuotot/hyödyt, joita ei tässä oletettu olevan.)		Lyhyt
Muut kustannukset	Mm. monitoroinnin ja työn valvonnan kustannukset, lupamenettelyihin yms. liittyvät kustannukset, suunnittelun kustannukset		Pääosin lyhyt, myös ehkä pitkä
Epäsuorat talousvaikutukset:			
Vahinkojen mahdollisuus	Riski vahingoista (esim. vuodot, putkirikot, vääränlainen jätteenkäsittely) johtuville ylimääräisille kustannuksille eri kunnostusvaihtoehdoissa. Eli ylipäätään kuinka suuri riski on kalliille vahingoille.	Mm. "Riskienhallinta"	Lyhyt
Maine	Mahdollinen haitta/hyöty erityisesti kaupungin maineelle	Mm. "Psykologiset vaikutukset", "Sidosryhmien hyväksyntä", "Lyhytaikaiset vaikutukset yhteisön toimintaan ja palveluihin", "Pitkäaikaiset vaikutukset yhteisön toimintaan ja palveluihin", "Sukupolvien välinen oikeudenmukaisuus"	Pitkä
Työllisyys:			
Työpaikat	Arvio eri kunnostusvaihtoehtojen työllistävästä vaikutuksesta		Lyhyt
Osaaminen	Kuinka paljon kunnostusvaihtoehto lisää sedimenttien kunnostukseen liittyvää osaamista	Mm. "Innovaatiot ja osaaminen/hyödyt teknologiantoimittajalle"	Pitkä
Taloudelliset mahdollisuudet:			
Innovaatiot ja osaaminen/hyödyt teknologiantoimittajalle	Arvio, kuinka uusi/innovatiivinen menetelmä on kyseessä, ja kuinka paljon vaihtoehdon avulla voidaan edistää uuden tekniikan kehittämistä ja käyttöönottoa/uusiin tekniikkoihin liittyvää osaamista	Mm. "Osaaminen"	Pitkä
Projektin elinkaari ja joustavuus:			
Onnistumisen todennäköisyys	Kuinka todennäköisenä pidetään, että kunnostusvaihtoehdon avulla voidaan parantaa järven tilaa? Kuinka haavoittuvaisia eri vaihtoehdot ovat mahdollisille ongelmille (mm. sopimuksiin, ympäristöön, yhteisöön, hankintoihin ja tekniikkaan liittyvät riskit)? (Tämän indikaattorin arvioinnissa on ollut erityisen haastavaa arvioida, miten onnistuminen määritellään ja miten eri vaihtoehtoja pisteytetään).	Mm. "Sedimentin laatu", "(Vesistön) haitta-ainekuormituksen väheneminen pitkällä aikavälillä", "Tietojen käyttökelpoisuus", "Epävarmuudet", "Kunnostuskriteerit ja lopputuloksen varmentaminen", "Muuttuneisiin olosuhteisiin sopeutuminen" jne.	Lyhyt+pitkä
Muuttuneisiin olosuhteisiin sopeutuminen	Kunnostusvaihtoehdon joustavuus esim. jos löydetään uusia pilaantumia, kohteen olosuhteet tai kunnostuksen aikataulu vaihtelevat.	Mm. "Taloudellinen joustavuus"	Lähinnä kunnostuksen aikainen
Muuttuneeseen sääntelyyn sopeutuminen	Kunnostuvaihtoehdon sopeutuvuus mahdollisten lainsäädännön tai sen soveltamisen muutoksien tapauksessa, esim. jos asetetaan ohjeistusta sedimentin pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioimiselle	Mm. "Sedimentin laatu", "Yhdenmukaisuus poliittisten tavoitteiden kanssa"	Pitkä
Ilmastonmuutokseen sopeutuminen	Kunnostusvaihtoehdon toimivuus ja riskialttius esim. veden pinnan vaihdellessa sekä rankka-sateiden ja kuivuuden tapauksessa. Esim. haitta-aineiden leviämiseen liittyvien riskien hallinta ja myös mm. tulvanhallinta.	Mm."Sedimentin laatu"	Pitkä
Taloudellinen joustavuus	Kuinka joustavia eri vaihtoehdot ovat kustannusten heilahtelulle? Onko kunnostus esim. riippuvainen yhdestä teknologiantoimittajasta?	Mm. "Muuttuneisiin olosuhteisiin sopeutuminen"	Lähinnä kunnostuksen aikainen
Valvonta	Suhteellinen pitkäkestoisen tarkkailun tarve eri kunnostusvaihtoehdoissa	Mm. "(Vesistön) haitta-ainekuormituksen väheneminen pitkällä aikavälillä"	Pitkä

POISJÄTETYT INDIKAATTORIT	(Indikaattorit pohjautuvat SuRF-UK (2020b) indikaattorilistaukseen)
	Arviontiperustelut
YMPÄRISTÖ	
Päästöt ilmaan:	
Happosateet	Ilmapäästöjä aiheutuu muun muassa massojen ja kaluston kuljetuksista, mutta muita kuin CO2e-päästöjä ei nähdä tässä erityisen olennaisina.
Alailmakehän ilmanlaatu	Pölyn aiheuttamia vaikutuksia alueen ihmisille on sisällytetty indikaattoriin "lyhytaikaiset vaikutukset yhteisön toimintaan ja palveluihin". Ilmanlaadun ekologisia vaikutuksia ei tässä ole arvioitu erityisen merkittäviksi.
Otsonikatoa aiheuttavat aineet	Ilmapäästöjä aiheutuu muun muassa massojen ja kaluston kuljetuksista, mutta muita kuin CO2e-päästöjä ei nähdä tässä erityisen olennaisina.
Maaperän (sedimentin) olosuhteet:	
Maaperän toiminnallisuus	Sedimentin kemiallisen tilan paraneminen arvioitu "sedimentin laatu"-kohdassa. Muita sedimentin toiminnallisuuteen liittyviä tekijöitä (ravinteet, rakenne yms.) ei ole haluttu ottaa mukaan arvioon.
Vesiolosuhteet	Ei arvioida vaikuttavan merkittävästi pintavesien imeytymiseen, pohjavesien liikkeisiin yms.
Maan rakenne	Sedimentin kemiallisen tilan paraneminen arvioitu "sedimentin laatu"-kohdassa. Oletettu, että ruoppauksen jäljiltä jää samantyyppistä sedimenttiä kuin on aikaisemmin ollut. Saattaa vaikuttaa sedimentin kerrostumiseen jonkin verran, mutta oletettavasti ei merkittävästi
Maanalaiset rakenteet	Ei arvioida olevan vaikutusta maanalaisten rakenteiden toimivuuteen/kestävyyteen/sijoitteluun. Työnaikaisessa suunnittelussa huomioitava
Geotekniset ominaisuudet	Geotekniset ominaisuudet eivät ole tässä kohteessa keskeisiä (ei esimerkiksi sisällä vesistörakentamista).
Geologiset suojelukohteet	Ei tiedettävästi geologisia suojelukohteita
Pohja- ja pintavedet:	
Veden käyttö	Ei käytetä juomavetenä eikä tiettävästi kasteluvetenä. Samentuminen voi väliaikaisesti estää virkistyskäytön, mutta tämä huomioitu sosiaalisissa indikaattoreissa
Biologinen ja kemiallinen toiminnallisuus	Sisällytetty indikaattoreihin "Kunnostuksen aikaset vaikutukset veden laatuun" ja "Haitta-ainekuormituksen väheneminen pitkällä/tarkastellulla aikavälillä"
Aineiden kulkeutuminen	Sisällytetty indikaattoreihin "Kunnostuksen aikaset vaikutukset veden laatuun" ja "Haitta-ainekuormituksen väheneminen pitkällä/tarkastellulla aikavälillä"
Rannikkovedet	Tämä nähtiin päällekkäisenä muiden indikaattorien kanssa Viinikanojan tapauksessa. Indikaattori myöskin saattaa liittyä enemmänkin merien rannikkoalueisiin.
Vedenotto	Lähialueella ei vedenottamoita
Vesien kulkeutuminen	Ei arvioida vaikuttavan pohjaveden kulkeutumiseen. Kunnostuksen ei oletettu myöskään merkittävästi muuttavan vesisyvyyttä järven puolella; ojan puolella maltillinen syventäminen mahdollista vesitilavuuskapasiteetin ja tulvanhallinnan parantamiseksi, tulvanhallintanäkökulma huomioitu "ilmastonmuutokseen sopeutuminen"-indikaattorin alla.
Vesienhallinnan synergiaedut	Merkittäviä synergiaetuja ei tunnistettu/mahdolliset synergiaedut voidaan huomioida muiden indikaattorien yhteydessä
Rannikonhoito	Ojan kunnostuksella voitaisiin edistää tulvanhallintaa, mutta tulvanhallinta päätettiin sisällyttää "ilmastonmuutokseen sopeutuminen"-indikaattorin alle
Ekologia:	
Kasvit, eläimet ja ravintoketjut	Myöhemmin näkökulmien perusteella ekologiset indikaattorit päätettiin sisällyttää kahden indikaattorin alle (lyhyen ja pitkän aikavälin vaikutukset).
Muutokset ekosysteemeissä	Myöhemmin näkökulmien perusteella ekologiset indikaattorit päätettiin sisällyttää kahden indikaattorin alle (lyhyen ja pitkän aikavälin vaikutukset).
Häiriöt	Myöhemmin näkökulmien perusteella ekologiset indikaattorit päätettiin sisällyttää kahden indikaattorin alle (lyhyen ja pitkän aikavälin vaikutukset).
Kaluston vaikutukset	Tämän indikaattorin on arvioitu olevan jossain määrin päällekkäinen "häiriöt"-indikaattorin kanssa
Luonnonvarat ja jätteet:	
Ruoppausmassojen hyötykäyttö	Tämä indikaattori jätettiin myöhempien sidosryhmäläisten näkemysten pohjalta pois, koska ruoppausmassojen hyötykäyttöä ei nähdä realistisena tässä hankkeessa.
YHTEISKUNTA	
Ihmisten terveys ja turvallisuus:	
Vaikutukset ihmisten terveyteen	Tämän indikaattorin pohjalta luotu uusi indikaattori, "Psykologiset vaikutukset"
Arvot ja yhdenvertaisuus:	
Saastuttaja maksaa -periaate	Käytännössä hankala toteuttaa sedimenttihankkeissa, eikä toteudu missään vaihtoehdossa tässä hankkeessa, joten jätetty pois.
Tasapuolisuus	Tässä ei arvioitu olevan hirveästi eroja vaihtoehtojen välillä, ja vaikea arvioida, joten jätettiin pois
Toiminnan eettisyys	Ei oikein voida tässä vaiheessa arvioida kunnostuksen toteuttajan eettisyysnäkökulmia, ja muutenkin vaikea arvioida? Jätetty pois
Paikallisyhteisö:	
Lähiympäristön viihtyisyys	Sidosryhmäläisten näkemysten pohjalta tämä indikaattori sisällytettiin myöhemmin indikaattorin "Lyhytaikaiset vaikutukset yhteisön toimintaan ja palveluihin" alle.
Laajemmat muutokset	Sisällytetty muihin "Paikallisyhteistö"-kategorian alla oleviin indikaattoreihin
Rakennettu ympäristö	Ei tiedettävästi merkittäviä arkeologisia kohteita, kunnostustoimenpiteet keskittyvät vesialueille, ja Viinikanojan uomaa on muokattu paljon vuosikymmenien aikana
Palvelut	Sisällytetty muihin "Paikallisyhteistö"-kategorian alla oleviin indikaattoreihin
Yhteisöt ja osallistaminen:	
Yhteisöjen toiminta ja palvelut	Sisällytetty muihin "Paikallisyhteistö"-kategorian alla oleviin indikaattoreihin
Paikalliskulttuuri	Sisällytetty muihin "Paikallisyhteistö"-kategorian alla oleviin indikaattoreihin
Epävarmuudet ja käytettävissä oleva tieto:	
Lopputuloksen varmentaminen	Myöhempien näkemysten pohjalta "lopputuloksen varmentaminen" ja "kunnostuskriteerit" päätettiin yhdistää yhdeksi indikaattoriksi.
Kunnostuskriteerit	Myöhempien näkemysten pohjalta "lopputuloksen varmentaminen" ja "kunnostuskriteerit" päätettiin yhdistää yhdeksi indikaattoriksi.
TALOUS	
Suorat talousvaikutukset:	
Alueen arvonnousu	Ei ole oletettu, että arvo nousisi merkittävästi kunnostuksen myötä
Vastuut	Ei ehkä relevantti tässä tapauksessa. Kunnostusvastuita ei muutenkaan sedimenteillä ole yhtä tarkasti säännelty kuin esim. piman tapauksessa.
Epäsuorat talousvaikutukset:	
Vaihtoehtoiskustannukset	Indikaattori epäselvä/hankalasti ymmärrettävä, joten jätettiin pois
Kiinteistöjen arvo	Vaikutus luultavasti vähäinen tässä hankkeessa (ei esim. arvioida aiheutuvan merkittäviä hajuhaittoja)
Paikallistalous	Itse kunnostuksen vaikutusta ei arvioitu merkittäväksi (vaikka taas esim. kaavan toteutumisella voisi olla paljonkin vaikutusta). Kunnostuksen vaikutusta olisi myös vaikea arvioida, joten indikaattori jätettiin pois.
Vaikutukset verokertymään	Itse kunnostuksen vaikutusta ei arvioitu merkittäväksi (vaikka taas esim. kaavan toteutumisella voisi olla paljonkin vaikutusta). Kunnostuksen vaikutusta olisi myös vaikea arvioida, joten indikaattori jätettiin pois.
Työllisyys:	
Työllisyysaste	Työllistävän toiminnan määrä on pieni
Koulutusmahdollisuudet	Tämä nähtiin jossain määrin päällekkäisenä "osaaminen"-indikaattorin kanssa, ei nähty tarpeellisena esittää omana indikaattorinaan
Taloudelliset mahdollisuudet:	
Investoinnit alueelle	Ei nähdä relevanttina tässä hankkeessa
Hyödyt teknologiantoimittajille	Myöhempien näkemysten pohjalta yhdistetty yhden indikaattorin alle ("innovaatiot ja hyödyt teknologiantoimittajalle")
Innovaatiot ja osaaminen	Myöhempien näkemysten pohjalta yhdistetty yhden indikaattorin alle ("innovaatiot ja hyödyt teknologiantoimittajalle")
Projektin elinkaari ja joustavuus:	
Hyötyjen kesto ja ajoitus	Jätetty pois, koska kunnostuksen kestoon ja eri ratkaisujen pitkäkestoisuuteen liittyvät kestävyysnäkökulmat näkyvät jo muiden indikaattorien kohdalla

LIITE B: PERUSTELUT INDIKAATTORIEN PISTEYTYKSILLE JA VALITUILLE PAINOKERTOIMILLE SURE-TYÖKALULLA TEHDYSSÄ KESTÄVYYSARVIOINNISSA

INDIKAATTORIEN ARVIOINTIPERUSTEET

Vaihtoehtojen kuvaukset:
0-vaihtoehto: Pilaantunut sedimentti jätetään paikalleen, ei toimenpiteitä
In situ: In situ -kunnostus (esim. pcb-piikit)
Ojan kunnostus: Pelkästään Viinikanojan kunnostus kaivulla
Ojan ja lahden kunnostus: Ojan kaivu sekä ojan suualueen ruoppaus

	Arviointiasteikko 1…5				Arviointiperustelut
	0-vaihtoehto	In situ	Ojan kunnostus	Ojan ja lahden kunnostus	
YMPÄRISTÖ					
Päästöt ilmaan:					
Kasvihuonekaasut	5	4	2	1	**0-vaihtoehto:** Oletuksena, että 0-vaihtoehto ei lisää kasvihuonekaasupäästöjä nykyisestä **In situ:** Oletuksena että päästöt (esim. materiaaleista ja kuljetuksista aiheutuvat) ovat pienet verrattuna ruoppauksiin. Tähän toisaalta liittyy paljon epävarmuutta, koska riittävää tietoa päästöjen arvioimiseksi ei ollut. **Ojan kunnostus & Ojan ja lahden kunnostus:** Arvioitu, että mitä enemmän massaa joudutaan kuljettamaan ja käsittelemään, sitä suuremmat päästöt.
Maaperän (sedimentin) olosuhteet:					
Sedimentin laatu	1	3	4	5	**0-vaihtoehto:** Annettu pieni pisteytys, koska haitta-aineita ei poisteta sedimentistä **In situ:** Esim. PCB-piikeille on raportoitu melko korkeita poistotehokkuuksia (mm. NASA 2012). Toisaalta in situ-menetelmien tehokkuuteen liittyy paljon epävarmuutta, ja on arvioitu, että menetelmää voida välttämättä käyttää kaikilla alueilla/ei välttämättä saa poistettua haitta-aineita yhtä syvältä. **Ojan kunnostus & Ojan ja lahden kunnostus:** On oletettu, että mitä enemmän (haitta-ainepitoista) massaa poistetaan, sitä enemmän parannetaan sedimentin laatua. Todellisuus ei välttämättä kuitenkaan ole näin suoraviivainen mm. sedimentin resuspensiosta ja jäännöspitoisuuksista johtuen.
Eroosio	1	3	4	5	**0-vaihtoehto:** Oletettu, että pilaantuman paikalleen jättäminen voisi aiheuttaa riskin sille, että esimerkiksi tulvatilanteen seurauksena haitta-ainepitoista materiaalia kulkeutuu Pyhäjärven puolelle. **In situ:** In situ-kunnostuksen ei oleteta lisäävän eroosiota lyhyellä aikavälillä, toisin kuin ruoppauksen. Toisaalta esim. PCB-piikit eivät välttämättä sovellu kaikille ojan alueille, ja ojassa eroosio on oletettavasti melko voimakasta. **Ojan kunnostus & Ojan ja lahden kunnostus:** Ruoppauksella/kaivulla arvioitu, että lyhyellä aikavälillä eroosio lisääntyy, pitkällä aikavälillä vähenee. Todellisuudessa siis vaikutus ei ole täysin positiivinen, mutta koska ruoppauksessa/kaivussa oletettavasti poistetaan eniten haitta-aineita, niin sille on annettu suurimmat pisteet. "Ojan kunnostus" ja "ojan ja lahden kunnostus"-vaihtoehtojen välillä ei kuitenkaan arvioitu olevan suurta eroa.
Pohja- ja pintavedet:					
Lakisääteiset velvoitteet	1	3	5	4	Kunnostukselle ei ole annettu viranomaisvelvoitetta/laista tulevia velvoitteita. Kunnostuksen voidaan toisaalta arvioida liittyvän Pirkanmaan vesienhoidon toimenpideohjelman (Alajoki et al. 2022) tavoitteeseen Pyhäjärven vesiympäristön parantamisesta. Arvioitu siten, että ne vaihtoehdot, joissa haitta-aineita poistetaan vesistöstä saavat paremmat pisteet kuin 0-vaihtoehto. "Ojan ja lahden kunnostus"-vaihtoehdolle annettu hieman pienemmät pisteet kuin "ojan kunnostus"-vaihtoehdolle johtuen kunnostuksen aiheuttamasta suuremmasta haitta-aineiden leviämisen riskistä.
Kunnostuksen aikaiset vaikutukset veden laatuun	5	5	3	1	**0-vaihtoehto:** Ei aiheuteta kunnostuksenaikaista haitta-aineiden leviämistä **In situ:** Oletettu, että haitta-aineet eivät kunnostuksen aikana juurikaan leviä veteen. **Ojan kunnostus:** Veden laatuun voi vaikuttaa mm. ponttiseinän asennus ja mahdolliset työnaikaiset päästöt **Ojan ja lahden kunnostus:** Vaikutuksia veden laatuun voi aiheutua sekä ojan kaivusta että lahden ruoppaamisesta (sekä kuivatusvesistä). Oletettavasti tällöin resuspension määrä olisi huomattavasti suurempi "ojan kunnostus"-vaihtoehtoon verrattuna.
Haitta-ainekuormituksen väheneminen pitkällä aikavälillä	1	3	4	5	**0-vaihtoehto:** Tässä oletettu, että mitä vähemmän PCB:tä sedimentissä on, sitä vähemmän kuormitusta vesistöön kohdistuu. Todellisuus ei ehkä ole näin suoraviivasta, koska kulkeutuvuuteen vaikuttaa monet eri tekijät. 0-vaihtoehdossakin voi vähitellen kasautua puhtaampia sedimenttejä pilaantuneiden päälle, jolloin kuormitus oletettavasti vähenee. Lisäksi jos kunnostuksen seurauksena pintasedimentteihin päätyy enemmän pilaantunutta ainesta kuin nykytilassa, voi se lisätä kuormitusta. **In situ:** Oletettu, että mitä vähemmän PCB:tä sedimentissä on, sitä vähemmän kuormitusta vesistöön kohdistuu. **Ojan kunnostus & Ojan ja lahden kunnostus:** Tässä oletettu, että mitä vähemmän PCB:tä sedimentissä on, sitä vähemmän kuormitusta vesistöön kohdistuu. Ruoppauksesta/kaivusta saatavan hyödyn perustuisi siihen, että vältetään mahdollista vapautumista veteen tulevaisuudessa (esim. tulvan seurauksena). Toisaalta nykyhetkellä ei ole mitattu huomattavia pitoisuuksia PCB:tä ojan vedessä, vaikka pitoisuudet ylittävätkin määritysrajan. Lisäksi erityisesti ruoppauksessa täytyy huomioida, että itse kunnostuskin voi aiheuttaa kuormitusta vesistöön.
Ekologia:					
Kunnostuksen aikaiset ekologiset vaikutukset	5	5	2	1	**0-vaihtoehto:** Ei aiheudu kunnostuksenaikaisia haittoja eliöstölle **In situ:** Oletettu, että mahdolliset kunnostuksenaikaiset haitat eliöstölle ovat hyvin pienet **Ojan kunnostus:** Kunnostuksenaikaista haittaa voi aiheutua mm. kalastolle, ojan eläimille ja pohjaeläimille. **Ojan ja lahden kunnostus:** Kunnostuksenaikaista haittaa voi aiheutua mm. kalastolle, ojan eläimille ja pohjaeläimille. Laajemmassa kunnostuksessa vaikutusten on oletettu olevan suurempia (mm. koska sedimenttiä poistetaan enemmän ja laajemmalta alueelta.)
Ekologiset vaikutukset pitkällä aikavälillä	1	3	4	5	**0-vaihtoehto:** Oletettu, että haitta-aineiden paikalleen jättäminen voi aiheuttaa eliöille altistumisriskin. **In situ, Ojan kunnostus & Ojan ja lahden kunnostus:** Arvioitu samaan tapaan kuin indikaattorit "sedimentin laatu" ja "haitta-ainekuormituksen väheneminen pitkällä aikavälillä"
Luonnonvarat ja jätteet:					
Työnaikaiset vaikutukset maankäyttöön (maisemaan)	5	5	3	1	**0-vaihtoehto:** Ei vaadi tilaa **In situ:** Esim. PCB-piikeillä tehtävä kunnostus ei luultavasti juurikaan veisi tilaa tai näkyisi maisemassa **Ojan kunnostus:** Ojan tapauksessa haittaa maankäytölle ja ojan maisemalle oletettavasti joidenkin kuukausien ajan. **Ojan ja lahden kunnostus:** Sama vaikutus kuin "ojan kunnostus"-vaihtoehdossa, ja lisäksi mm. geotuubikentästä aiheutuva tilankäyttö/mahdollinen maisemahaitta (Toisaalta geotuubikenttä mahdollisesti sijaitsisi alueella, jossa muutenkin rakennetaan)
Energia ja polttoaineet	5	4	2	1	**0-vaihtoehto ja in situ:** Oletettavasti energian käyttö 0-vaihtoehdossa ja in situssa on pieni verrattuna kaivuuseen/ruoppaukseen, koska kalustoa, kuljetuksia ja massojen käsittelyä tarvitaan paljon vähemmän. In situssa jonkin verran polttoaineita voidaan tarvita mm. kuljetuksiin ja kaluston käyttöön. **Ojan kunnostus:** Ojan massan poltto oletettavasti vaatisi paljon energiaa. **Ojan ja lahden kunnostus:** Ojan massan poltto oletettavasti vaatisi paljon energiaa. Lisäksi lahden ruoppaus lisää kaluston käyttöä, kuljetuksia ym.
Neitseelliset raaka-aineet	5	4	3	1	**0-vaihtoehto:** Ei neitseellisten raaka-aineiden käyttöä **In situ:** Neitseellisiä raaka-aineita tarvitaan esim. PCB-piikkien materiaaleihin, mutta toisaalta määrä on oletettavasti pieni suhteessa kaivua/ruoppausta varten tarvittavaan rakentamiseen. **Ojan kunnostus:** Mm. kunnostusta varten tarvittava rakentaminen, ojan peittäminen kaivun jälkeen **Ojan ja lahden kunnostus:** Samat raaka-aineet kuin ojan kunnostuksessa, ja lisäksi mm. geotuubikentän materiaalit.
Syntyvät (ei-vaaralliset) jätteet	5	5	3	1	**0-vaihtoehto:** Ei synny jätteitä **In situ:** Todennäköisesti esim. PCB-piikeistä syntyisi jonkin verran jätettä, mutta määrä on oletettavasti hyvin pieni suhteessa ruoppausmassojen määriin. Tehokkaampaa kun haitta-aineet on konsentroituneena eikä esim. polteta suuria määriä liejua **Ojan kunnostus & Ojan ja lahden kunnostus:** Karkea arvio kaivettavista/ruopattavista sedimenttimääristä: Ojan kaivussa 500 m3 ja lahden ruoppauksessa 5000 m3 -> huomattava ero. (Arviointikertoimet eivät kuitenkaan ole suhteutettuja toisiinsa).
Syntyvät vaaralliset jätteet	5	4	1	1	**0-vaihtoehto:** Ei synny jätteitä **In situ:** Todennäköisesti esim. PCB-piikeistä syntyisi jonkin verran jätettä, mutta määrä on oletettavasti hyvin pieni suhteessa ruoppausmassojen määriin. Tehokkaampaa kun haitta-aineet on konsentroituneena eikä esim. polteta suuria määriä liejua **Ojan kunnostus & Ojan ja lahden kunnostus:** Korkeimmat PCB-pitoisuudet ojan alueella, joten oletettu, että vaarallista jätettä ei välttämättä syntyisi huomattavasti enemmän "ojan ja lahden kunnostus"-vaihtoehdossa verrattuna "ojan kunnostus"-vaihtoehtoon. Tämän vuoksi näille vaihtoehdoille on annettu sama pisteytys.
Veden käyttö ja käsittely	5	5	3	1	**0-vaihtoehto:** Ei veden käyttöä tai käsittelyä **In situ:** Esim. jos käytettäisiin PCB-piikkejä, jouduttaisiin piikkeihin kertynyt liuos käsittelemään. Tämä kuitenkin huomioitu jätteitä käsittelevien indikaattoreiden kohdalla. **Ojan kunnostus:** Oletettu, että paikan päällä ei tarvita erikseen vesien käsittelyä/massojen kuivatusta, (mutta massaa saatettaisiin joutua käsittelemään ennen polttoa?) **Ojan ja lahden kunnostus:** Erityisesti imuruoppauksessa voi ruoppausmassan vesipitoisuus olla huomattavan korkea
YHTEISKUNTA					
Ihmisten terveys ja turvallisuus:					
Pitkäaikaisten riskien hallinta	1	3	4	5	Nykytilanteessa PCB:n ei ole arvioitu aiheuttavan akuuttia terveysriskiä. Tässä arvioinnissa on kuitenkin oletettu, että mitä enemmän haitta-ainetta poistetaan, sitä enemmän hallitaan pitkäaikaisia riskejä. (Todellisuus ei välttämättä ole näin suoraviivainen johtuen mm. resuspensiosta ja jäännöspitoisuuksista)
Suorat riskit	5	4	2	1	Oletuksena, että mitä laajempi ja pitkäkestoisempi kunnostus, sitä enemmän muodostuu riskejä esim. työntekijöille
Riskienhallinta	5	4	2	1	**0-vaihtoehto:** Ei tarvetta kunnostuksenaikaiselle riskienhallinnalle **In situ, Ojan kunnostus & Ojan ja lahden kunnostus:** Oletettu, että mitä laajempi kunnostus, sitä suurempi tarve kunnostuksenaikaiselle riskienhallinnalle.
Psykologiset vaikutukset	5	4	2	1	Arvioitu lyhyellä aikavälillä; Oletettu, että pilaantuma ei nykytilanteessa aiheuta juurikaan pelkoa. (Toisaalta voi muuttua jos esim. alueella ruvetaan rakentamaan). Oletettu, että kunnostus (erityisesti näkyvä kunnostus) voisi aiheuttaa pelkoa haitta-aineiden leviämisestä.
Arvot ja yhdenvertaisuus:					
Sukupolvien välinen oikeudenmukaisuus	1	3	4	5	Tärkeää huomioida, että se, mikä nähdään oikeudenmukaisena, perustuu paljon arvoihin. Pilaantuman paikalleen jättäminen voidaan nähdä ongelman siirtämisenä tuleville sukupolville (siksi tässä arvioinnissa on ajateltu että mitä enemmän haitta-aineita poistetaan, sen parempi), mutta toisaalta jotkin kunnostustoimenpiteistäkin aiheutuvat vaikutukset voivat mahdollisesti vaikuttaa tuleviin sukupolviin.
Sidosryhmien hyväksyntä	1	2	5	3	**0-vaihtoehto:** Arvioitu pitkällä aikavälillä. Oletettu, että pilaantuman paikalleenjättäminen voi haitata esim. Viinikanlahden kaavan hyväksyttävyyttä. **In situ:** Arvioitu pitkällä aikavälillä. Oletettu, että ei-tunnetumman menetelmän käyttöä voi olla hankalampi hyväksyä. **Ojan kunnostus & Ojan ja lahden kunnostus:** Oletettu, että voimakkaimmin pilaantuneen alueen kunnostaminen nähtäisiin pitkällä aikavälillä hyväksyttävänä (mm. kaavan kannalta). Laajemman kunnostuksen hyväksyttävyys saattaa olla epävarmempaa.
Paikallisyhteisö:					
Lyhytaikaiset vaikutukset yhteisön toimintaan ja palveluihin	5	5	3	1	**0-vaihtoehto:** Ei aiheuta häiriöitä alueen käyttäjille **In situ:** Ei oletettavasti aiheuttaisi juurikaan häiriötä alueen käyttäjille **Ojan kunnostus:** Voi aiheuttaa häiriötä mm. alueiden sulkemisen, lisääntyneen liikenteen ja melun myötä. Oletettavasti nämä vaikutukset eivät kuitenkaan olisi pitkäaikaisia (mahdollisesti joitakin kuukausia). Jos kunnostus voidaan ajoittaa talviaikaan, haitta on oletettavasti pienempi. **Ojan ja lahden kunnostus:** Voi aiheuttaa häiriötä mm. alueiden sulkemisen, veden samenemisen, lisääntyneen liikenteen ja melun myötä. Vaikutus jonkin verran pitkäkestoisempi kuin pelkän ojan kunnostuksessa.
Pitkäaikaiset vaikutukset yhteisön toimintaan ja palveluihin	1	3	3	5	**0-vaihtoehto:** Oletettu, että jos pilaantuneita alueita saadaan kunnostettua, voidaan paremmin mahdollistaa esim. alueen potentiaalinen virkistyskäyttö tulevaisuudessa (poistetaan virkistyskäytön rajoituksia). **In situ:** Oletettu, että jos pilaantuneita alueita saadaan kunnostettua, voidaan paremmin mahdollistaa esim. alueen potentiaalinen virkistyskäyttö tulevaisuudessa (poistetaan virkistyskäytön rajoituksia). On oletettu, että PCB-piikkejä voisi käyttää sekä ojan että lahden alueilla, mutta ei välttämättä kaikille eri sedimenttityypeille, ja haitta-aineita ei välttämättä saada poistettua niin syvältä. **Ojan kunnostus:** Oletettu, että jos pilaantuneita alueita saadaan kunnostettua, voidaan paremmin mahdollistaa esim. alueen potentiaalinen virkistyskäyttö tulevaisuudessa (poistetaan virkistyskäytön rajoituksia). Tämän vaihtoehdon tapauksessa ei kunnosteta lahden sedimenttejä, siksi annettu pienempi piste. **Ojan ja lahden kunnostus:** Oletettu, että jos pilaantuneita alueita saadaan kunnostettua, voidaan paremmin mahdollistaa esim. alueen potentiaalinen virkistyskäyttö tulevaisuudessa (poistetaan virkistyskäytön rajoituksia).
Yhteisöt ja osallistaminen:					
Viestintä	5	4	2	1	**0-vaihtoehto:** Tarkasteltu lyhyellä aikavälillä; tällöin tarvetta viestinnälle on oletettu olevan lähinnä niissä vaihtoehdoissa, joissa päätetään tehdä jotain nykyisestä poikkeavaa. (Toisaalta pitkällä aikavälillä 0-vaihtoehto voi vaatia enemmän viestintää, esim. kaavan toteuttamisvaiheessa). **In situ:** Tarkasteltu lyhyellä aikavälillä -> kunnostaminen vaatii viestintää. Oletettavasti vähemmän näkyvä in situ - kunnostaminen vaatisi vähemmän viestintää. **Ojan kunnostus & Ojan ja lahden kunnostus:** Tarkasteltu lyhyellä aikavälillä -> kunnostaminen vaatii viestintää. Oletettu, että mitä laajempi kunnostus, sitä enemmän viestintää vaaditaan.
Alueelliset suunnitelmat	1	3	4	5	Oletettu, että tulevaisuudessa haitta-ainepitoisuudet voivat rajoittaa alueellisten suunnitelmien toteuttamista ja kaavoitusta. Siksi arvioitu siten, että mitä laajemmin haitta-aineita saadaan poistettua, sitä suuremmat pisteet on annettu.
Yhdenmukaisuus poliittisten tavoitteiden kanssa	1	3	4	5	Arvioitu, että ojan kunnostus linjassa poliittisten tavoitteiden kanssa, Viinikanojan kunnostus mm. nostettu kärkihankekokonaisuudeksi Tampereen keskustan kehittämisohjelmaan (Tampereen kaupunginhallitus 2023). Suppeamman ja laajemman kunnostuksen eroa tämän indikaattorin osalta hankala arvioida.
Epävarmuudet ja käytettävissä oleva tieto:					
Tietojen käyttökelpoisuus/menetelmän tunnettuus	5	1	3	2	**0-vaihtoehto:** Tyypillinen vaihtoehto, johon päädytään pilaantuneiden sedimenttien tapauksessa. **In situ:** Tarkastelluista vaihtoehdoista vähiten tunnettu **Ojan kunnostus & Ojan ja lahden kunnostus:** Ruoppaus/kaivu melko hyvin tunnettuja menetelmiä. Kaikki kokemukset eivät kuitenkaan aina ole olleet positiivisia. Laajemmalle kunnostukselle annettu pienempi pisteytys.

Epävarmuudet	1	2	5	4	**0-vaihtoehto:** 0-vaihtoehtoon liittyy epävarmuutta sen suhteen, voiko pilaantuma levitä laajemmalle tulevaisuudessa. (Arvioinnissa painotettu epävarmuuksia pitkällä aikavälillä) **In situ:** In situ-kunnostuksen tehokkuuteen ja toimivuuteen ojan ja lahden olosuhteissa liittyy epävarmuutta. **Ojan kunnostus & Ojan ja lahden kunnostus:** Pilaantuman poistamiseen arvioidaan liittyvän vähiten epävarmuutta pitkällä aikavälillä. Lyhyellä aikavälillä ojan kunnostukseen liittyy epävarmuutta mm. ojan virtaaman vaihteluun liittyen, joka voi aiheuttaa tilanteen, jossa vettä jouduttaisiin päästämään kunnostettavan osuuden lävitse. Laajemmalle kunnostukselle (oja+lahti) on kuitenkin annettu huonompi arvo, koska lahden osalta kunnostustavoitteiden saavuttamiseen liittyy mahdollisesti enemmän epävarmuutta (ja epävarmuuksia mm. haitta-ainepitoisimman esiintymän laajuuteen, syvyyteen sekä silttiverhon toimivuuteen liittyen).
Kunnostuskriteerit ja lopputuloksen varmentaminen	1	3	5	4	**0-vaihtoehto & in situ:** Oletettu, että PCB-piikkien ja nykytilan osalta vaikea määritellä kunnostustavoitetta ja varmentaa sen saavuttamista. **Ojan kunnostus & Ojan ja lahden kunnostus:** Oletettu, että kaivulle/ruoppaukselle helpompi asettaa kunnostustavoitteita ja niiden todentaminen vaatisi vähemmän tarkkailua. Toisaalta kirjallisuuden (mm. Bridges et al. 2008) perusteella ruoppauksissa ei ole aina saavutettu haluttuja tavoitteita.
TALOUS					
Suorat talousvaikutukset:					
Suorat kustannukset ja hyödyt	5	3	2	1	**0-vaihtoehto:** 0-vaihtoehdon suorat kustannukset ovat oletettavasti hyvin pienet suhteessa kunnostuksen kustannuksiin. **In situ:** Esim. PCB-piikkien kustannukset saattaisivat nousta yllättävän kalliiksi. Todellista kustannusta on kuitenkin vaikea arvioida. **Ojan kunnostus & Ojan ja lahden kunnostus:** Alustavan/karkean kustannusarvion mukaan "ojan ja lahden kunnostus"-vaihtoehdon kustannukset olisivat noin kaksinkertaiset "ojan kunnostus"-vaihtoehtoon verrattuna. Todelliset kustannukset voivat vaihdella paljonkin.
Muut kustannukset	5	3	2	1	**0-vaihtoehto:** 0-vaihtoehdon tapauksessa kustannuksia voi syntyä mm. tarkkailusta. Oletettu kuitenkin, että kustannukset olisivat pienempiä kuin kunnostuksessa syntyvät tarkkailun, luvituksen ja suunnittelun kustannukset (?) **In situ:** Mm. tarkkailun, luvituksen ja suunnittelun kustannukset. PCB-piikkien osalta ei tiedetä todellisia kustannuksia. **Ojan kunnostus:** Mm. tarkkailun, luvituksen ja suunnittelun kustannukset. **Ojan ja lahden kunnostus:** Mm. tarkkailun, luvituksen ja suunnittelun kustannukset.
Epäsuorat talousvaikutukset:					
Vahinkojen mahdollisuus	5	4	2	1	**0-vaihtoehto:** Oletettu, että ei mahdollisuutta työnaikaisille vahingoille. **In situ:** In situ -kunnostukseen saattaisi liittyä joitain pieniä vahinkojen mahdollisuuksia, tosin rajallisilla tiedoilla on vaikea arvioida. Oletettu kuitenkin, että vahinkojen suuruus olisi huomattavasti pienempi kuin kaivun ja ruoppauksen tapauksessa. **Ojan kunnostus:** Riskinä mm. vahingot maanalaiselle infrastruktuurille, PCB:n pääseminen vesistöön esim. rankkasateen tapauksessa tai pumppujen pettäessä (jolloin vettä saatettaisiin joutua juoksuttamaan ojan läpi). **Ojan ja lahden kunnostus:** Ojan kunnostuksessa riskinä mm. vahingot maanalaiselle infrastruktuurille, PCB:n pääseminen vesistöön esim. rankkasateen tapauksessa tai pumppujen pettäessä (jolloin vettä saatettaisiin joutua juoksuttamaan ojan läpi). Lisäksi lahden kunnostuksessa riskinä mm. silttiverhon pettäminen ja siitä aiheutuvat vahingot, geotuubien hajoaminen ym.
Maine	1	5	3	3	Oletettu, että kunnostus onnistuessaan vaikuttaisi positiivisesti Tampereen kaupungin maineeseen. In situ voisi onnistuessaan antaa hyvää mainetta innovatiivisuudella, ruoppaus taas saatetaan nähdä myös jossain määrin negatiivisessa valossa
Työllisyys:					
Työpaikat	1	3	4	5	Oletettu, että mitä laajempi kunnostus, sitä enemmän työpaikkoja.
Osaaminen	1	5	3	4	**0-vaihtoehto:** Oletettu, että 0-vaihtoehtoon päätyminen ei lisäisi kunnostamiseen liittyvää osaamista erityisesti. **In situ:** Vähiten tunnettu tekniikka, joten sinällään voisi olla suurin mahdollisuus oppimiseen. **Ojan kunnostus:** Mahdollisuus lisätä kunnostamiseen liittyvää osaamista **Ojan ja lahden kunnostus:** Mahdollisuus lisätä kunnostamiseen liittyvää osaamista. Oletettu, että laajemmassa kunnostamisessa mahdollisuus saada enemmän kokemusta.
Taloudelliset mahdollisuudet:					
Innovaatiot ja hyödyt teknologiantoimittajalle	1	5	3	4	Arvioitu, että 0-vaihtoehto on vähiten innovatiivinen eikä tarjoa hyötyjä teknologiantoimittajalle (jota ei ole). In situ -kunnostus arvioitu tarkastelluista vaihtoehdoista innovatiivisimmaksi.
Projektin elinkaari ja joustavuus:					
Onnistumisen todennäköisyys	1	2	5	4	Tämän indikaattorin arvioinnissa on ollut erityisen haastavaa arvioida, miten onnistuminen määritellään ja miten eri vaihtoehtoja pisteytetään. Arviointi on melko subjektiivinen. **0-vaihtoehto:** Ajateltu, että 0-vaihtoehtoa ei pidetä onnistumisena. **In situ:** In situ -kunnostukseen liittyy melko paljon epävarmuutta. **Ojan kunnostus:** Ajateltu, että ojan kunnostuksessa voidaan parantaa vesistön tilaa ja kunnostuksen riskit olisivat pienempiä kuin laajemmassa kunnostuksessa. **Ojan ja lahden kunnostus:** Ajateltu, että kunnostuksessa voidaan parantaa vesistön tilaa.
Muuttuneisiin olosuhteisiin sopeutuminen	5	3	2	1	Arvioitu kunnostusvaihtoehdon joustavuutta esim. jos löydetään uusia pilaantumia, kohteen olosuhteet tai kunnostuksen aikataulu vaihtelevat. **0-vaihtoehto:** Ajateltu, että 0- vaihtoehto ei estä tulevaa kunnostusta, minkä vuoksi annettu suuret pisteet. **In situ:** PCB-piikkien joustavuutta voi rajoittaa se, että ne eivät välttämättä sovellu kaikille alueille tai sedimenttisyvyyksille. **Ojan kunnostus:** Ponttiseinä ei ehkä ole kovin joustava ratkaisu verrattuna esimerkiksi 0-vaihtoehtoon tai in situ-kunnostukseen. **Ojan ja lahden kunnostus:** Ruoppaus ei välttämättä ole menetelmänä kovin joustava (esim. silttiverhot asennettava, keskeyttäminen oletettavasti hankalaa jne.)
Muuttuneeseen sääntelyyn sopeutuminen	1	3	4	5	Oletus, että jos tulevaisuudessa tulisi sääntelyä, joka edellyttäisi sedimenttien kunnostusta, laajempi kunnostus voisi tässä tapauksessa olla parempi. Toisaalta tulevaisuuden lainsäädäntöä on hankala ennakoida.
Ilmastonmuutokseen sopeutuminen	1	3	4	5	**0-vaihtoehto:** Tulvat, kuivuus ym. voivat aiheuttaa haitta-aineiden vapautumista. **In situ:** Tulvat, kuivuus ym. voivat aiheuttaa haitta-aineiden vapautumista. Oletettu, että in situ-kunnostuksella voidaan hallita näitä riskejä, mutta ei välttämättä yhtä tehokkaasti kuin sedimentin poistolla. In situ -kunnostuksella ei myöskään voida edistää tulvanhallintaa. **Ojan kunnostus:** Tulvat, kuivuus ym. voivat aiheuttaa haitta-aineiden vapautumista. Oletettu, että ojan kunnostuksella voitaisiin vähennetään voimakkaasti pilaantuneen aineksen kulkeutumisriskiä Pyhäjärven puolelle. Lisäksi ojan kaivulla voitaisiin mahdollisesti edistää tulvanhallintaa. **Ojan ja lahden kunnostus:** Tulvat, kuivuus ym. voivat aiheuttaa haitta-aineiden vapautumista. Oletettu, että ojan kunnostuksella voitaisiin vähennetään voimakkaasti pilaantuneen aineksen kulkeutumisriskiä Pyhäjärven puolelle. Lisäksi ojan kaivulla voitaisiin mahdollisesti edistää tulvanhallintaa. Annettu suurempi pisteytys kuin "ojan kunnostus"- vaihtoehdossa, koska oletettu, että kulkeutumisriskiä voitaisiin pienentää myös lahden puolella ojan delta-alueella (jossa sijaitsee myöskin haitta-ainepitoisia sedimenttejä).
Taloudellinen joustavuus	5	2	2	1	**0-vaihtoehto:** Taloudellisesti joustavin, koska ei ole käytetty rahaa kunnostukseen. **In situ:** Esim. PCB-piikkien tapauksessa taloudellista joustavuutta rajoittaa riippuvaisuus yhdestä teknologiantoimittajasta. **Ojan kunnostus: & Ojan ja lahden kunnostus:** Oletettu, että laajemmassa kunnostuksessa myös taloudellinen joustavuus pienempi. Ojan massojen polton tapauksessa ollaan riippuvaisia yhdestä toimijasta.
Valvonta	1	1	3	5	**0-vaihtoehto & in situ:** Oletettu, että 0-vaihtoehto ja in situ-kunnostus vaatisivat pitkäaikaista tarkkailua. **Ojan kunnostus & Ojan ja lahden kunnostus:** Oletettu, että laajempi kunnostus vähentää tarkkailun tarvetta pitkällä aikavälillä.

PAINOKERTOIMIEN PERUSTELUT

Painokertoimien kuvaukset:

0 Jätetään huomiotta
1 Ei tärkeä
2 Jossain määrin tärkeä
3 Tärkeä
4 Hyvin tärkeä
5 Erittäin tärkeä

		Painokerroin lopullinen	Perustelut/pohdinta painokertoimelle
YMPÄRISTÖ			
Päästöt ilmaan:	Kasvihuonekaasut	2	Ei oleteta olevan suurta vaikutusta Tampereen kaupungin hiilineutraaliustavoitteeseen
Maaperän (sedimentin) olosuhteet:	Sedimentin laatu	5	Sedimentin laadun parantaminen kunnostuksen keskeinen tavoite
	Eroosio	4	Tulvatilanne-eroosion estäminen on tärkeää varsinkin ilmastonmuutoksen myötä. Joen pohjaan ja deltaan varastoituneiden haitta-aineiden pysyvyyden varmistaminen. Toisaalta, missä määrin päällekkäinen "sedimentin laatu"- indikaattorin kanssa?
Pohja- ja pintavedet:	Lakisääteiset velvoitteet / Lainsäädäntö	2	Kunnostus liittyy tavoitteeseen Pyhäjärven vesiympäristön parantamisesta, joka on tavallaan lainsäädäntövelvoite, mutta muuten velvoitteita ei tiedettävästi paljon ole. Tämän indikaattorin osalta oli haastavaa arvioida eroja kunnostusvaihtoehtojen välillä, ja senkin vuoksi ei haluttu antaa suurta painokerrointa.
	Kunnostuksen aikaiset vaikutukset veden laatuun	4	Tärkeää että ei aiheudu negatiivisia vaikutuksia ja että estetään pilaantuman leviäminen lyhytaikaisestikin
	Haitta-ainekuormituksen väheneminen pitkällä aikavälillä	5	Tärkeää poistaa haitta-aineita kierrosta. Ojassa havaittu vedestä määritysrajan ylittäviä pitoisuuksia PCB:tä, tutkimustietoa lahden veden pitoisuuksista ei ole paljon -> varmuusvaran jättäminen? Pitkäaikaisille vaikutuksille haluttiin antaa suurempi painokerroin pitkän aikavälin vaikutuksille.
Ekologia:	Kunnostuksen aikaiset ekologiset vaikutukset	3	Ruoppauksen/kaivun vaikutukset ekologiaan voivat melko suuria suhteessa 0-vaihtoehtoon. Toisaalta laajemmalla mittakaavalla vaikutukset eivät välttämättä erityisen suuria (?). Toisaalta Viinikanoja on luokiteltu arvokkaaksi hyönteisja kasvialueeksi ja alueella esiintyy mm. saukkoja, ja nämä tekijät tulee ottaa huomioon suunnittelussa.
	Ekologiset vaikutukset pitkällä/tarkastellulla aikavälillä	4	Kohteen haitta-ainepitoisuuksien arvioidaan aiheuttavan erityisesti ekologista riskiä, ja toisaalta pitkän aikavälin vaikutukset voidaan nähdä tärkeämpinä kuin lyhyen. Toisaalta pitkän aikavälin hyödyt voivat olla jonkin verran epävarmempia kuin lyhyen aikavälin haitat.
Luonnonvarat ja jätteet:	Työnaikaiset vaikutukset maankäyttöön/maisemaan	2	Vaikka kunnostusvaihtoehtojen erot tämän indikaattorin osalta melko selviä, kokonaisuudessaan vaikutus melko pieni, kun ottaa huomioon, että alueella tulisi muutenkin olemaan suuria rakennustyömaita.
	Energia ja polttoaineet	1	Ei nähty kovin merkittävänä asiana tässä kunnostuksessa, ja osittain huomioitu jo "kasvihuonekaasut"-indikaattorin kohdalla
	Neitseelliset raaka-aineet	2	Neitseellisten raaka-aineiden käyttö vaikuttaa mm. kasvihuonekaasupäästöihin ja kustannuksiin, mutta näille on jo omat indikaattorinsa. Jos esim. saatavuus olisi suurempi ongelma, tämä indikaattori voisi olla tärkeämpi.
	Syntyvät (ei-vaaralliset) jätteet	2	Suurin jätejae luultavasti lievästi pilaantuneet sedimentit. Jätteiden määrä vaikuttaa muihin kestävyysnäkökulmiin, kuten kasvihuonekaasupäästöihin ja kustannuksiin (toisaalta päällekkäisyys tulee myös ottaa huomioon).
	Syntyvät vaaralliset jätteet	3	Mm. ojan voimakkaasti haitta-ainepitoiset sedimentit. Painokertoimen osalta ajateltu, että vaarallinen jäte vaikuttaa mm. käsittelyvaihtoehtoihin enemmän kuin ei-vaarallinen jäte. Toisaalta: Kunnostuksen tavoitteenahan on poistaa juuri voimakkaan haitta-ainepitoista massaa vesistöstä, joten missä määrin jätteen määrää kannattaa pyrkiä vähentämään?
	Veden käyttö ja käsittely	3	Kuivatusvesien haitta-aineen pitoisuuksia tärkeää monitoroida
YHTEISKUNTA			
Ihmisten terveys ja turvallisuus:	Pitkäaikaisten riskien hallinta	4	Vaikka nykyisellä käytöllä ei arvioida aiheutuvan terveysriskiä, niin jos alueen käyttö muuttuu, niin terveysriskit voivat nousta tärkeämpään asemaan. Pitkä aikaväli nähdään tärkeämpänä kuin lyhyt aikaväli, ja pitkäaikaisten riskien hallinta on keskeinen kunnostustavoite.
	Suorat riskit	3	Vaikka riski olisi epätodennäköinen, niin sen vaikutukset voivat olla suuria (esim. suuri päästö veteen). Tällöin voitaisiin ajatella kriittisen tärkeänä lähtökohtana, että ei aiheuteta terveyshaittaa ihmisille. Lisäksi pitää huomioida mm. infran rikkoutumisesta aiheutuvat riskit. Annettu painokerroin 3, koska riskit voivat toteutuessaan olla suuria, vaikkakin niiden on arvioitu olevan epätodennäköisiä.
	Riskienhallinta	3	Riskit suuret, mutta kunnostusvaihtoehtojen riskejä voidaan hallita suunnittelussa. Riskien konkretisoitumisen todennäköisyyttä ei nähdä suurena.
	Psykologiset vaikutukset	3	Psykologisten vaikutusten hallinta toisaalta yksi keskeisistä kunnostuksen tavoitteista, mutta toisaalta voi olla osittain päällekkäinen "Sidosryhmien hyväksyntä"-indikaattorin kanssa. Lisäksi psykologisia vaikutuksia vaikea arvioida etukäteen. Huom. indikaattorin arviointiperiaatetta muutettu sen jälkeen, kun painokerroin valittiin (tämänhatkisessä arviossa tarkastellaan lyhytaikaista kunnostuksesta mahdollisesti aiheutuvaa pelkoa).
Arvot ja yhdenvertaisuus:	Sukupolvien välinen oikeudenmukaisuus	3	Kestävän kehityksen kannalta voidaan nähdä tärkeänä, että jätetään ympäristö hyvään tilaan tuleville sukupolville. Jos tiedostetaan mahdolliset tulevaisuuden riskit (mm. ilmastonmuutokseen liittyen), voidaan ajatella, että on "velvollisuus" tehdä asialle jotain.Toisaalta voidaan myös ajatella, että tilanne on jo jatkunut pitkään eikä akuuttia kunnostustarvetta ole.
	Sidosryhmien hyväksyntä	3	Jotta kunnostus voisi olla kestävää, tulisi sen olla sosiaalisesti hyväksyttävää tai edes siedettävää, ja sidosryhmien hyväksynnällä voi olla käytännössä suurikin vaikutus. Toisaalta saattaa olla jossain määrin päällekkäinen muiden indikaattorien kanssa, ja kunnostuksen hyväksyttävyyttä voi olla vaikea arvioida luotettavasti etukäteen.

Paikallisyhteisö:	Lyhytaikaiset vaikutukset yhteisön toimintaan ja palveluihin	2	Yksi reunaehto alueen rakentamisessa että alueen läpi pystyy koko ajan kulkemaan, joten lyhytaikaiset vaikutukset yhteisön toimintaan eivät välttämättä ole valtavan suuria. Toisaalta kunnostuksesta aiheutuvat pienetkin häiriöt voivat olla asukkaiden mielestä tärkeitä.
	Pitkäaikaiset vaikutukset yhteisön toimintaan ja palveluihin	4	Pitkäaikaiset vaikutukset voidaan nähdä lyhytaikaisia vaikutuksia tärkeämpinä, mutta toisaalta erot eri kunnostusmenetelmien välillä (esim. ojan kunnostuksesta saatava hyöty tämän indikaattorin osalta) eivät välttämättä ole kovin suuria? Toisaalta kunnostus voi mahdollistaa virkistyskäytön ilman huolta haitta-aineista; Jos kunnostukseen laitetaan resursseja, niin on tärkeää saada arvokkaampaa käyttöä alueelle. Asemakaavassa mm. laiturirakenne Viinikanojan läheisyydessä
Yhteisöt ja osallistaminen:	Viestintä	2	Viestintä tärkeää sosiaalisten vaikutusten kannalta, Kestävyysarvioinnin keskiössä vuorovaikutus sidosryhmien kanssa. Kunnostuksella tarkoitus parantaa ympäristön tilaa -> hyvällä viestinnällä voidaan viedä tätä viestiä eteenpäin. Toisaalta erot eri kunnostusmenetelmien välillä eivät välttämättä ole niin suuria, että kannattaa antaa suurta painokerrointa.
	Alueelliset suunnitelmat	3	Kompromissina annettiin 3, koska "pitkäaikaiset vaikutukset" indikaattorille annettiin 4. Vaikka kunnostusta ei ole edellytetty nykyisessä kaavassa, niin voi vaikuttaa tulevaisuuden kaavoitukseen. Tämä indikaattori saattaa olla jossain määrin päällekkäinen mm. "pitkäaikaiset vaikutukset yhteisön toimintaan ja palveluihin" ja "sidosryhmien hyväksyntä" kanssa, ja todellisia eroja kunnostusvaihtoehtojen välillä voi olla vaikeaa arvioida.
	Yhdenmukaisuus poliittisten tavoitteiden kanssa	3	Viinikanojan kunnostus mm. nostettu kärkihankekokonaisuudeksi Tampereen keskustan kehittämisohjelmaan. Toisaalta indikaattori on myös jossain määrin päällekkäinen indikaattorin "alueelliset suunnitelmat" kanssa.
Epävarmuudet ja käytettävissä oleva tieto:	Tietojen käyttökelpoisuus/menetelmän tunnettuus	5	Perinteisesti painotettu kestävyysarvioinneissa paljon; Kunnostusvaihtoehdosta saatavilla oleva tieto auttaa hallitsemaan erilaisia riskejä ja suunnittelemaan kunnostus kestävällä tavalla.
	Epävarmuudet	4	Perinteisesti painotettu kestävyysarvioinneissa paljon, tärkeä indikaattori kunnostuksen onnistumisen ja sen arvioimisen kannalta.
	Kunnostuskriteerit ja lopputuloksen varmentaminen	4	Tärkeä indikaattori kunnostuksen onnistumisen ja sen arvioimisen kannalta.
TALOUS			
Suorat talousvaikutukset:	Suorat kustannukset ja hyödyt	5	Kestävyyden kannalta tärkerää, että saavutetaan mahdollisimman suuri hyöty mahdollisimman pienillä kustannuksilla. Toisaalta vaikka Tampereen mittakaavassa pienet kustannukset, niin alueen koon huomioon ottaen suuret. Laitettu painokerroin 5 että saadaan kustannukset näkymään arvioinnissa (koska esim. joustavuuteen liittyviä taloudellisia indikaattoreita on monta).
	Muut kustannukset	5	Kestävyyden kannalta tärkerää, että saavutetaan mahdollisimman suuri hyöty mahdollisimman pienillä kustannuksilla. Toisaalta vaikka Tampereen mittakaavassa pienet kustannukset, niin alueen koon huomioon ottaen suuret. Laitettu painokerroin 5 että saadaan kustannukset näkymään arvioinnissa (koska esim. joustavuuteen liittyviä taloudellisia indikaattoreita on monta).
Epäsuorat talousvaikutukset:	Vahinkojen mahdollisuus	3	Ei nähdä esim. säiliöistä aiheutuvia päästöjä ym. kovin todennäköisinä. Toisaalta voidaan ajatella, että mahdollisten vahinkojen (esim. haitta-ainepäästöt) vaikutukset voisivat olla suuria toteutuessaan.
	Maine	3	Epäonnistuessaan voi aiheuttaa ikävää julkisuutta, ja toisaalta voi antaa myös positiivista mainetta, jos kunnostus onnistuu. Toisaalta tämäkin indikaattori voi olla osittain päällekkäinen mm. "sidosryhmien hyväksyntä" indikaattorin kanssa. Lisäksi todellista vaikutusta maineeseen ja eri kunnostusvaihtoehtojen välisiä eroja on melko vaikea arvioida.
Työllisyys:	Työpaikat	1	Työllisyysvaikutus luultavasti joka tapauksessa vähäinen
	Osaaminen	2	Ei ehkä tämän projektin päätöksenteon kannalta kovinkaan tärkeä indikaattori, vaikka toisaalta PCB-ongelmaa on Tampereella ja Suomessa muuallakin, ja lisäkokemus kunnostusmenetelmistä voisi hyödyttää tulevaisuuden kunnostuksia.
Taloudelliset mahdollisuudet:	Innovaatiot ja hyödyt teknologiantoimittajalle	1	Konsulttitalot, geotuubitoimittajat ja mahd. in situ -urakoitsija voisivat hyötyä, ja saataisiin myös Suomen tasolla tietoa uudenlaisesta kunnostusmenetelmästä. Toisaalta tämä ei ehkä ratkaisevassa asemassa päätöksenteon kannalta, ja uudenlaisen osaamisen kerääminen huomioitu myös "osaaminen" indikaattorin alla.
Projektin elinkaari ja joustavuus:	Hyötyjen kesto ja ajoitus	4	Hyötyjen kesto voidaan nähdä erittäin tärkeänä, ettei samaa kohdetta jouduta pian kunnostamaan uudelleen. Kunnostuksen kesto taas ehkä vähemmän tärkeä, ottaen huomioon että laajimman kunnostusvaihtoehdon kesto on arvioitu olevan "vain" noin vuosi, vaikkakin toisaalta kunnostuksen venähtäessä voi aiheutua lisäkustannuksia ja mahdollisesti mm. mainehaittaa. --> HUOM. Tämä indikaattori jätetty myöhemmin pois, koska "hyötyjen kesto" ja "hyötyjen ajoitus" nähtiin erillisinä asioina, ja arvioitiin, että niitä on tarpeeksi huomioitu jo muiden indikaattoreiden kohdalla.
	Onnistumisen todennäköisyys	4	Nähty yleensä tärkeänä kestävyysarvioinneissa. Kunnostuksen kannalta keskeistä, että kunnostuksella saavutetaan merkittävästi suuremmat hyödyt kuin haitat. Sellaista kunnostusta, joka todennäköisesti ei onnistu, ei kannata tehdä. Toisaalta "onnistuminen" ja varsinkin sen todennäköisyys voi olla vaikea määritellä.
	Muuttuneisiin olosuhteisiin sopeutuminen	2	Ei annettu kovinkaan suurta painokerrointa, koska erilaisia joustavuuteen liittyviä indikaattoreita on useita.
	Muuttuneeseen sääntelyyn sopeutuminen	2	Ei annettu suurta painokerrointa, koska erilaisia joustavuuteen liittyviä indikaattoreita on useita. Mahdollista tulevaisuuden kunnostusvelvoitetta ei ole tällä hetkellä tiedossa, ja vaikka sääntely muuttuisikin, ei 0-vaihtoehdon valitseminen tällä hetkellä oletettavasti estäisi kunnostamista tulevaisuudessa.
	Ilmastonmuutokseen sopeutuminen	3	Tärkeä asia mm. mahdollisten tulvien lisääntymisen kannalta. Jos ilmastonmuutoksen riskit realisoituvat, voi kunnostusta olla vaikeampi toteuttaa. Lisäksi kunnostuksella voidaan myös edistää tulvanhallintaa, jota ei ole arvioitu muiden indikaattorien alla. Toisaalta erilaisia joustavuuteen liittyviä indikaattoreita on useita, joten ei ole haluttu antaa suurimpia painokertoimia.
	Taloudellinen joustavuus	3	Ei haluta päätyä tilanteeseen, jolloin rahaa on käytetty paljon kunnostukseen, joka ei toiminutkaan toivotulla tavalla. Lisäksi eri kunnostusvaihtoehtoihin voi liittyä riski, että teknologiantoimittaja tms. nostaa hintoja.
	Valvonta/tarkkailu	2	Pitkän aikavälin kustannukset oletettavasti eivät yhtä suuria kuin kunnostuksen hinta, joten ei annettu erityisen suurta painokerrointa.

LIITE C: SURE-KESTÄVYYSARVIOINTITYÖKALUN TAUSTA JA MENETELMÄKUVAUS

Sitowise Oy

Vuolteenkatu 2, 33100 Tampere
Finland

KESTÄVYYSARVIOINTI

Viinikanojan ja Viinikanlahden pilaantuneiden sedimenttien kunnostus

Päivämäärä
Feb 2024

Viitenumero

Kohteen osoite
Tampere
Finland

Pääarvioija:
Iris Kallio

RAMBØLL Bright ideas. Sustainable change.

VASTUUVAPAUTUS

Tätä raporttia ja sen luvanvaraista käyttöä koskevat käyttöehdot, jotka on kerrottu SURE by Ramboll –verkkosivuilla kohdassa “Vastuuvapautuslauseke, käyttöehdot ja yksityisyyskäytäntö”. Sivusto löytyy osoitteesta http://sure.ramboll.com. Tämä raportti on luotu automaattisesti Rambolliin liittymättömän henkilön/tahon toimittamista materiaaleista. Raportti on tarjottu vain informaatiotarkoituksessa eikä sisällä Rambollin tai minkään muunkaan henkilön tai tahon suorasti tai epäsuorasti ilmaistua takausta raportin täsmällisyydestä, kokonaisuudesta, soveltuvuudesta tai muusta vastaavasta. Ramboll tai mikään muukaan hekilö tai taho ei ole velvollinen päivittämään raporttia tai mitään siinä esitettyä informaatiota tai analyysejä.

RAMBOLL LYHYESTI

Ramboll on johtava tekniikan, arkkitehtuurin ja konsulttiyritys, joka on perustettu Tanskassa vuonna 1945. Yrityksellä on maailmanlaajuisesti 16 500 työntekijää ja erityisen vahva edustus Pohjoismaissa, Yhdistyneessä kuningaskunnassa, Pohjois-Amerikassa, Manner-Euroopassa, Lähi-idässä sekä Aasian ja Tyynenmeren alueella.

Ramboll yhdistää 35 maassa olevien toimistojensa paikallisen osaamisen maailmanlaajuiseen tietämykseen tavoitteena tuottaa aidosti vaikuttavia ratkaisuja asiakkaillemme, loppukäyttäjille ja koko yhteiskunnalle. Tavoitteemme on luoda kestäviä ja pitkävaikutteisia ratkaisuja asiakkaillemme ja yhteiskunnalle. Haluamme olla johtava kestävän yhteiskunnan konsultti.

Olemme arvopohjainen yhtiö ja uskomme liiketoimintamalliin, joka perustuu luottamukselle, läpinäkyvyydelle, rehellisyydelle ja ammattimaisuudelle. Uskomme myös ihmisten omiin kykyihin ja ymmärrämme, että asiakkaille tuottamamme ratkaisut riippuvat ihmisten luovuudesta, oivaltavuudesta ja rehellisyydestä.

Ramboll edistää kestävää kehitystä ja yrityksen yhteiskuntavastuuta. Olemme olleet mukana YK:n Global Compact –yritysvastuualoitteessa vuodesta 2007 ja eettisen liiketoiminnan normit on kirjattu ohjesääntöömme.

Lisää tietoa Rambollista saat osoitteesta http://fi.ramboll.com

TAUSTA

Pilaantuneiden kohteiden kunnostamisen tarkoitus on poistaa tai pienentää ihmistne terveydelle ja/tai ympäristölle koituvia riskejä. Kunnostaminen kuitenkin tyypillisesti vaatii enegian ja materiaalien käyttöä, voi vaikuttaa ympäröiviin yhteisöihin ja olla kallista. Näistä syistä on yleisesti tunnistettu, että paikallisen ongelman poistaminen voi aiheuttaa muita paikallisia, alueellisia ja/tai maailmanlaajuisia vaikutuksia ympäristöön, yhteiskuntaan ja talouteen.

Kestävä kunnostus

Kestävän kunnostuksen käsite on lähtöisin sen tunnistamisesta, että pilaantuneen kohteen kunnostamisen tulisi olla yhteensopiva kestävän kehityksen periaatteiden kanssa ja vaikutukset ympäristöön, yhteiskuntaan ja talouteen tulisi ottaa huomioon.
Kestävän kehityksen ajatus sai alkunsa 1980-luvun lopulla ja kestävä kunnostus alkoi näkyä 2000-luun lopulla, kun ymmärrettiin riskiperustaisen maankäytön ja pilaantuneiden kohteiden kunnostamisen tarve osana maailmanlaajuista kehitystä kohti kestävyyttä. Nykyään monet virastot ja organisaatiot ympäri maailman kehittävät tai käyttävät kestävän kunnostuksen ohjeita ja käytänteitä. Näiden ohjeiden ja käytänteiden kirjo on kuitenkin laaja.
Vuonna 2017 kansainvälinen standardoimisjärjestö ISO (International Standards Organization) julkaisi standardin (ISO 18504:2017), jossa kestävä kunnostus määriteltiin seuraavasti: *"riskien poistamista ja/tai kontrollointia turvallisella ja oikea-aikaisella tavalla samalla optimoiden työstä koituvaa arvoa ympäristölle, yhteiskunnalle ja taloudelle." Standardi myös tarjoaa kehikon kestävän kunnostuksen yhteydessä käytettävälle terminologialle, joka on käytössä myös SURE by Ramboll -työkalussa.*
Pilaantuneen kohteen kunnostus ja kunnostustavoitteet perustuvat edelleen pääasiassa riskinarviolle. Kestävän kunnostuksen toimintatavat pyrkivät varmistamaan, että päätökset tehdään huolellisen harkinnan pohjalta ja että kunnostussuunnittelussa otetaan huomioon kestävän kehityksen periaatteet.

Kestävyysarviointi

Perinteisessä lähestymistavassa kunnostuksen arviointiin on keskitytty pääasiassa tehokkaaseen riskien pienentämiseen ja kustannustehokkuuteen. Sitä vastoin kestävyysarvioinnissa arvioidaan kunnostusvaihtoehtojen mahdollisia vaikutuksia kolmeen kestävyyden osa-alueeseen: ympäristö, yhteiskunta ja talous. Kestävyysarvioinnissa kunnostusvaihtoehtoja arvioidaan indikaattoreilla, joista kukin kuvastaa positiivista tai negatiivista vaikutusta hankkeen kestävyyteen. Kestävyysarvioinnin tavoite on ohjata päätöksentekoa kohti kestävämpää kolmijakoista ajattelumallia puhtaasti teknisen arvioinnin sijaan.
Kestävän kunnostuksen ISO-standardi kannattaa porrastettua lähestymistapaa pilaantuneiden kohteiden kunnostuksen kestävyysarviointiin. Porrastetussa lähestymistavassa oletusarvoiset arvioinnit ovat laadullisia tai puolilaadullisia ja monimutkaisempia määrällisiä arviointeja käytetään tarpeen tullen tarjoamaan lisätietoa arvioinnin tueksi.
On syytä huomata, että kestävyysarviointi on lähtökohtaisesti subjektiivinen prosessi, jota käytetään tiettyä päätöksentekoa varten tietyllä ajanhetkellä ja tietyssä paikassa. Näin ollen se tarvitsee tarkan reunaehtojen määrittelyn voidakseen tarjota pohjan toistettavalle ja läpinäkyvälle arviolle. Sidosryhmiä tulisi kannustaa tarjoamaan oma näkökulmansa arviointiin, jotta voidaan saavuttaa yhteisymmärrys sen tuloksista.
Lisätietoa kestävyysarvioinnista pilaantuneiden kohteiden kunnostuksessa on saatavilla esimerkiksi Yhdistyneen kuningaskunnan kestävän kunnostuksen foorumin (SuRF-UK) julkaisuista *framework for assessing the sustainability of soil and groundwater remediation* (CL:AIRE, 2010) and the *Supplementary Report 2* (CL:AIRE, 2020).

KESTÄVYYSARVIOINNIN MENETELMÄKUVAUS

Tämä kestävyysarviointi on luotu SURE by Ramboll –alustalla.

SURE by Ramboll –alustan yleiskuvaus

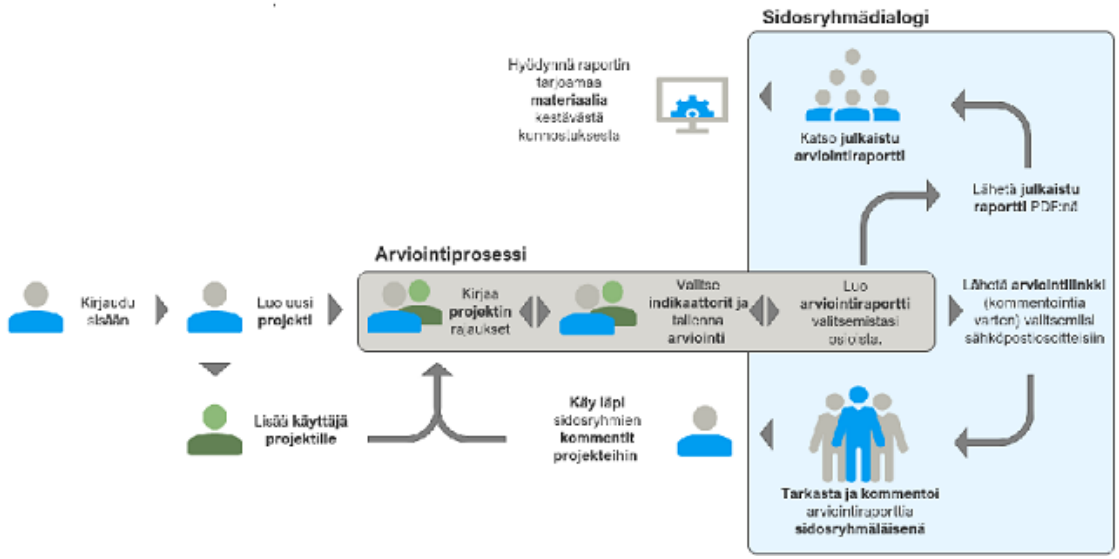
SURE by Ramboll on Rambollin kehittämä, verkossa toimiva alusta, joka on tarkoitettu kunnostuksen kestävyyden arviointiin, päätöksenteosta viestimiseen ja raportointiin. Prosessi on kolmivaiheinen.

1. **Luo kestävyysarviointi**
   Arvioija luo projektikohtaisen kestävyysarvioinnin ja määrittelee projektin reunaehdot ja arvioinnin kannalta oleelliset indikaattorit valmiista listasta. Vaihtoehtojen kestävyysvaikutukset arvioidaan ja pisteytetään. Päätöksentekoa tukevat huomiot tallennetaan arvioinnin yhteydessä.

2. **Tarkasta arvioinnin tulokset sidosryhmien kanssa**
   Arvioinnin valmistuttua tulokset jaetaan **sidosryhmille**, joilta pyydetään arvioita ja kommentteja. Arvioija käy komentit läpi ja tekee raporttiin tarvittavat muokkaukset.

3. **Tallenna ja viesti arviointiprosessista ja sen tuloksista**
   Kun yhteisymmärrys on saavutettu, arviointiprosessi ja sen tulokset tallennetaan räätälöityyn raporttiin, jossa esitetään vaihtoehtojen suoriutuminen eri indikaattoreilla, niiden vaikutukset YK:n kestävän kehityksen tavoitteisiin ja kokonaiskestävyyteen.

SURE by Ramboll -työkalun mukaisen kestävyysarvioinnin prosessi on esitetty alla olevassa kuvassa



Kestävyysarviointia ei ole tarkoitettu käytettäväksi riskinarvioinnin sijaan tai sen tapaisesti. Se ei myöskään tarjoa pohjaa riskienhallinan tavoitteiden määrittelyyn. Kestävyysarviointia tulisi käyttää apuvälineenä kestävän kunnostuksen periaatteiden tuomiseksi osaksi riskinarvioinnille perustuvaa päätöksentekoa ja kunnostussuunnittelua. Näin voidaan tukea siirtymää kohti kestäviä toimintatapoja.

Arviointimenetelmät

SURE by Ramboll perustuu lineaariseen usean kriteerin analyysiin (linear-additive multi-criteria analysis, MCA). MCA-menetelmissä yhdistetään laadullista ja määrällistä informaatiota, joiden pohjalta arvioidaan kuinka hyvin projekti täyttää määritellyt kriteerit. MCA:ssa vaihtoehtoja verrataan indikaattoreihin, jotka kuvastavat positiivista tai negatiivista vaikutusta kestävyyteen.

SURE by Ramboll tukee MCA:n onnistunutta ja toistettavissa olevaa käyttöä tarjoamalla:

1. Selkeät määritelmät ja jäsennellyn arviointiprosessin
2. Projektin ja arvionnin selkeät rajaukset
3. Tieteeseen perustuvat kestävyysindikaattorit
4. Jäsennellyn tavan osallistaa sidosryhmät

MCA:ssa arvioidaan useita ristiriitaisia kriteerejä, mikä on tyypillistä kestävyysarvioinneille. Usein kustannushyöty on yksi tärkeimmistä indikaattoreista, mutta MCA mahdollistaa vastakkaisten indikaattorien arvioinnin. Vaikutukset biodiversiteettiin tai mahdollisuudet innovaatioille ovat esimerkkejä indikaattoreista, joita on mahdollista ottaa mukaan arviointiin.

ISO 18504:2017:ssa kestävyysindikaattori määritellään seuraavasti: "*yksittäinen piirre, joka edustaa positiivista tai negatiivista kestävyysvaikutusta ja jota voidaan vertailla useiden kunnostusvaihtoehtojen ja/tai riskienhallintatoimenpiteiden kesken siten, että niiden suhteellinen suoriutuminen voidaan määrittää*". Indikaattorin täytyy olla riittävällä tavalla mitattavissa ja verrattavissa, jotta sitä voidaan käyttää arvioinnissa.

SURE by Ramboll käyttää kestävyysindikaattoreita, jotka on suunniteltu mahdollistamaan tasapainoinen arviointi kaikilla kolmella kestävyyden osa-alueella: ympäristö, yhteiskunta ja talous. SURE by Ramboll antaa käyttäjille mahdollisuuden valita valmiita indikaattorilistoja, luoda omia listoja tai lisätä omia indikaattoreita tarpeen mukaan. Tämänhetkinen indikaattorivalikoima SURE:ssa perustuu SuRF-UK:n raportissa (Supplementary Report 2, CL:AIRE, 2020) esitettyyn listaukseen, joka on laajimpia tarjolla olevia ja perustuu kestävän kunnostuksen ajankohtaisiin toimintatapoihin.

SURE by Ramboll:ssa käytettyä MCA-menetelmää voidaan tukea tarkemmilla (joskin osittaisilla) määrällisillä menetelmillä, kuten elinkaarianalyysi (Life-Cycle Analysis, LCA) tai kustannus-hyötyanalyysilla (Cost-Benefit Analysis, CBA).

Arvioinnin tulosten laskenta

Arviointiprosessi perustuu projektin reunaehtojen määrittelyn yhteydessä valittujen vaihtoehtojen arviointiin käyttäen relevantteja kestävyysindikaattoreita. Nämä indikaattorit on ryhmitelty kategorioihin, esimerkiksi päästöti ilmaan, ihmisten terveys ja turvallisuus yms. Nämä puolestaan jakautuvat kolmeen kestävyyden osa-alueeseen (ympäristö, yhteiskunta ja talous).

Aluksi jokaiselle indikaattorille määritellään painoarvo asteikolla nollasta viiteen sen mukaan, kuinka tärkeä kyseinen indiaattori on tarkasteltavassa projektissa. Indikaattorit, joille on määritelty suurempi painoarvo, vaikuttavat voimakkaammin kestävyyden kokonaispistemäärään. Kun kaikille valituille indikaattoreille on määritelty painoarvot, SURE by Ramboll laskee automaattisesti painoarvon kullekin kestävyyden osa-alueelle. Niinpä yksittäisen indikaattorin painoarvon muuttaminen muuttaa samalla ympäristön, yhteiskunnan ja talouden osa-alueiden painoarvoa.

Vertailtavat vaihtoehdot pisteytetään asteikolla nollasta viiteen sen mukaan, kuinka kestäväksi kukin vaihtoehto kyseisen indikaattorin osalta arvioidaan. Kun kaikki painoarvot ja pisteet on määritetty, laskee SURE by Ramboll automaattisesti tulosmatriisin, jossa kullekin vaihtoehdolle on laskettu painotettu pistearvo kullekin indikaattorille.:

$$\text{Indikaattorin tulospisteet} = \text{Indikaattorin painoarvo} \times \text{Indikaattorin pisteytys}$$

Standardoinnin ja vertailukelpoisuuden varmistamiseksi indikaattorien painoarvot on esitetty raportissa prosenttiosuutena kaikille indikaattoreille määriteltyjen painoarvojen summasta:

$$\text{Kestävyyden painotus (\%)} = \text{Indikaattorin painoarvo} / \Sigma\ \text{Indikaattorien painoarvot}$$

Indikaattorien pisteet on samoin esitty prosenttiosuutena suhteessa maksimipisteiden (5) summaan:

$$\text{Indikaattorin kestävyyspisteet} = \text{Tulospisteet} / \Sigma\ \text{Tulospisteiden maksimi}$$

Kestävyyden kokonaispisteet kullekin vaihtoehdolle lasketaan yksittäisten kestävyyspisteiden sumana:

$$\text{Kestävyyden kokonaispisteet} = \Sigma\ \text{Indikaattorin kestävyyspisteet}$$

Kestävyyden kokonaispisteissä 100 tarkoittaa ihanteellista vaihtoehtoa eli sellaista, joka on saanut maksimipisteet kaikista indikaattoreista.

Kestävyyspisteet lasketaan samaan tapaan kullekin kestävyyden osa-alueelle.

Kestävyyspisteytyksen laskemisen lisäksi SURE by Ramboll yhdistää arvioinnin YK:n kestävän kehityksen tavoitteisiin (United Nations Sustainable Development Goals, UN SDGs). Kullekin indikaattorille on määritelty yhteys SDG:hen asteikolla nollasta viiteen. Nolla tarkoittaa, ettei yhteyttä ole ollenkaan ja viisi, että yhteys on vahva. Nämä arvot on määritetty ennakolta siten, että ne vastaavat raportissa (CL:AIRE (2020)) hahmoteltuja yhteyksiä.

Pisteet SDG-vaikutuksille lasketaan samaan tapaan kuin kestävyyspisteet. SDG-vaikutukset pisteytetään asteikolla nollasta viiteen, missä viisi vastaa ideaalia vaihtoehtoa kyseisen SDG:n suhteen.

LIITE D: SITEWISE-ARVIOINNISSA KÄYTETYT OLETUKSET

SiteWise-laskuissa käytettyjä oletuksia

Yleisiä kertoimia:

GWP CH4	28	CO2e	IPCC (2014), muutettu SiteWiseen
GWP N2O	265	CO2e	IPCC (2014), muutettu SiteWiseen
Sedimentin in situ-tiheys	1,5	t/m3	SiteWise oletuksena käyttänyt eri päästökerrointa, mutta sitä ei ole muutettu

Oletus: Diesel-kalustolla ei hiukkassuodatusta ("particulate reduction technology")
Kaikissa kohdissa, joissa on kysytty polttoaineen tyyppiä, on valittu "Diesel" (kuljetukset, rakentamisessa ja ruoppauksessa käytettävä kalusto ym.)

KUNNOSTUSTA EDELTÄVÄ RAKENTAMINEN YM. (COMPONENT 1: REMEDIAL ACTION CONSTRUCTIONS)

MATERIAALIEN TUOTANTO (MATERIAL PRODUCTION):

Rakennusmateriaalit (Construction materials):

Kuormauspaikan materiaalit

"Ojan kunnostus": louhe (gravel)	3000	ft3
"Ojan ja lahden kunnostus": Louhe (gravel)	9000	ft3

Geotuubikenttä (pelkästään "ojan ja lahden kunnostus"-vaihtoehdossa)

HDPE-kalvo, paksuus 2 mm	4000	m2tr
Kalvon suojakerros (materiaalina "gravel")	1200	m3tr

Silttiverhomateriaalit (silt curtain materials):

Silttiverhot ponttiseinän asennuksessa	30 x 5 ft

KULJETUKSET (TRANSPORTATION):

Kaikki kuljetukset laskettu "Equipment transportation - dedicated load road"-kohdassa. Henkilökuljetuksia ei ole huomioitu.

Kuormauspaikan louheen kuljetus

Kuljetusmatka	10	km
Kuorma-auton tilavuus	20	m3

Geotuubikentän materiaalien kuljetus (pelkästään "ojan ja lahden kunnostus"-vaihtoehdossa)

Kuljetusmatka	10	km
Kuorma-auton tilavuus	20	m3
HDPE: matkojen määrä	1	
Hiekka: matkojen määrä	60	

Ponttiseinän kuljetus

(Oletuksena 20m pitkä seinä x 2 kpl, arvioitu seinän korkeus 10 m)

Ponttiseinän (teräs) pinta-ala	400	m2
Massa pinta-alaa kohden	100	kg/m2
Ponttiseinän massa	40000	kg
Kuljetusmatka	10	km
Matkojen määrä	2	

KALUSTON KÄYTTÖ (EQUIPMENT USE):

Maarakentaminen (Earthwork):

Kuormauspaikan rakentaminen

"Ojan kunnostus", kuormauspaikan materiaalit, ft3-> yd3,	111,111111	yd3
"Ojan ja lahden kunnostus", kuormauspaikan materiaalit, ft3-> yd3	333,333333	yd3
Kaluston tyyppi	puskutraktori (dozer)	

Geotuubikentän rakentaminen (pelkästään "ojan ja lahden kunnostus"-vaihtoehdossa)

Maaleikkaus (pelkkä tehtävä työ)	750	m3tr
Maapengerrys (pelkkä tehtävä työ)	750	m3tr
HDPE-kalvo, paksuus 2 mm	4000	m2tr
Kalvon suojakerros (materiaalina "gravel")	1200	m3tr
Vaadittava rakentaminen yhteensä	2708	m3tr
Vaadittava rakentaminen yhteensä, m3 -> yd3	3541,930271	yd3
Kaluston tyyppi	puskutraktori (dozer)	

Veden ohipumppaus (laskettu SiteWisessa kohdassa "Diesel and gasoline pumps")

Teho (horsepower range)	2-Stroke: 25 to 40	Viinikanojan virtaamaksi arvioitu n. 1000 m3/h
Käyttötunnit (Operating hours)	756	Oletus: 1,5 pumppua pumppaa ympärivuorokautisesti 21 päivän ajan

KUNNOSTUS (COMPONENT 2: REMEDIAL ACTION OPERATION)

MATERIAALIEN TUOTANTO (MATERIAL PRODUCTION):

Silttiverhomateriaalit (silt curtain materials):

Silttiverhot lahden ruoppaukseen, pelkästään"ojan ja lahden kunnostus"-vaihtoehdossa:		
Silttiverhon kokonaispituus	300	m
Silttiverhon keskim. leveys	7	m

Bulkkitavara (bulk material quantities):

Ojassa käytettävä peittomateriaali:		
Peitteen tilavuus	500	m3
Peitemateriaali	hiekka	

KULJETUKSET (TRANSPORTATION):

Kaikki kuljetukset laskettu "Equipment transportation - dedicated load road"-kohdassa. Henkilökuljetuksia ei ole huomioitu.

Peitteen kuljetus

Kuljetusmatka	10	km
Yhden kuorman massa	40	short tons (SiteWisen maksimi)
Matkojen määrä: Hiekan massa/yhden kuorman massa		

KALUSTON KÄYTTÖ (EQUIPMENT USE):

Maarakentaminen (Earthwork):

Ojan kaivu

Kaluston tyyppi/Equipment type	Kaivinkone	
Kaivettava massamäärä	500	m3

Ojan peittäminen (kuivalta maalta, ei lautalta)

Kaluston tyyppi	Kaivinkone	
Käytetty polttoaine	Diesel	

Ruoppaus (Sediment Dredging) (pelkästään "ojan ja lahden kunnostus"-vaihtoehdossa)

Kaluston tyyppi/Equipment type	Hydraulinen	
Käytetty polttoaine	Diesel	
Ruopattava massamäärä	5000	m3
Valittu kalustotyyppi/koko	Hydraulic Dredge Head, 15 cm	
Dredge tenders (ohjelman laskema)	1	
Dredge tender polttoaine	Diesel	
Dredge tender operointiaika (ohjelman laskema)	142	h
"Research vessels": oletettu lukumääräksi 0		

Kaivetun massan siirto paikan päällä (Sediment Management)

Sedimentin löyhtymiskerroin	1,1	Oletetaan, että kaivettaessa sedimentti löyhtyy -> kaivettu massa vie alkuperäistä enemmän tilaa. Oletettu kuitenkin myös, että tilavuuden kasvaessa massa pysyy suunnilleen samana.
Kaluston tyyppi	kaivinkone	
Käytetty polttoaine	Diesel	
Ojan massan siirtäminen	550	m3 Ojasta kaivetun massan siirto esim. lavalle ennen kuormausta
Lahden massan siirtäminen (pelkästään "ojan ja lahden kunnostus"-vaihtoehdossa)	5500	m3 Geotuubikuivatetun massan siirto kuljetukseen

JÄTTEEN KÄSITTELY (COMPONENT 3: RESIDUAL HANDLING)

Jätteen kuljetus (Residue disposal/recycling):

Ojan ruoppausmassan kuljetus

Kuorma-auton tilavuus	20	m3
Kuljetettava tilavuus	550	m3
Matkojen määrä	27,5	

Lahden kuivatetun ruoppausmassan kuljetus (pelkästään "ojan ja lahden kunnostus"-vaihtoehdossa)

Kuorma-auton tilavuus	20	m3
Sedimentin löyhtymiskerroin	1,1	
Kuljetettava tilavuus	5500	m3

Etäisyys	120	km	Matkojen määrä	275	
Yhden lastillisen paino	27,27272727	t	Etäisyys	25	km
			Yhden lastillisen paino	27,27272727	t

Ojan (voimakkaasti pilaantuneen) ruoppausmassan poltto, laskettu kohdassa "Equipment Use - Other known onsite activities":

Riihimäki: korkealämpötilapolton raportoidut päästöt v. 2022 (Lähde: Fortum Waste Solutions Oy (2023), Riihimäen laitosalue vuosiraportti 2022)

CO2	58 969,60	t/a
N2O	0,62	t/a
CH4	0,029	t/a
NOx	44,9	t/a
SO2	4,5	t/a
PM	0,0022	t/a

Riihimäki: vuodessa käsitelty jätemäärä 60963 t (Lähde: Fortum Waste Solutions Oy (2023), Riihimäen laitosalue vuosiraportti 2022)

Päästöt jätetonnia kohden			Päästöt 750 t sedimenttimäärälle		Hiilidioksi-e. muunnos	
CO2	0,967301478	t	725,4761085	t	725,4761085	t CO2 e
N2O	1,01701E-05	t	0,007627577	t	2,021308006	t CO2 e
CH4	4,75698E-07	t	0,000356774	t	0,009989666	t CO2 e
NOx	0,000736512	t	0,552384233	t		
SO2	7,38153E-05	t	0,055361449	t		
PM	3,60875E-08	t	2,70656E-05	t		

Kaatopaikkasijoitus (Landfill operations), pelkästään lahden ruoppausmassalle "ojan ja lahden kunnostus"-vaihtoehdossa:

Kaatopaikkatyyppi	non-hazardous	
Jätteen määrä	7500	t
Metaanipäästöt	laskettu 4 skenaarion avulla (alla)	

Skenaario 1

Massasta syntyvät CH4-päästöt	0	t CH4/t ww

Skenaario 2

Massasta syntyvät CO2e-päästöt	1	kg CO2e/t ww
CH4:n määrä, jos kaikki tästä metaania:	0,035714286	kg CH4/t ww
CH4 koko massalle	0,267857143	t CH4
CO2e koko massalle	7,5	t CO2e

Skenaario 3

Massasta syntyvät CO2e-päästöt	5	kg CO2e/t ww
CH4:n määrä, jos kaikki tästä metaania:	0,178571429	kg CH4/t ww
CH4 koko massalle	1,339285714	t CH4
CO2e koko massalle	37,5	t CO2e

Skenaario 4

Massasta syntyvät CO2e-päästöt	10	kg CO2e/t ww
CH4:n määrä, jos kaikki tästä metaania:	0,357142857	kg CH4/t ww
Koko massalle	2,678571429	t CH4
CO2e koko massalle	75	t CO2e

LIITE E: SITEWISE-ARVIOINNIN TULOKSIA

SiteWisesta saadut tulokset ojan kunnostuksen sekä ojan ja lahden kunnostuksen kasvihuone-kaasupäästöille

		Ojan kunnostus (t CO2 e)	Ojan ja lahden kunnostus (t CO2 e)
Kunnostusta edeltävä toiminta	Materiaalien kulutus	2,51	64,84
	Kaluston ja materiaalien kuljetukset	0,16	2,02
	Kaluston käyttö ja sekalainen toiminta	7,88	9,17
	Jätteen kuljetus ja käsittely	0	0
	Yhteensä	**10,55**	**76,02**
Kunnostuksen aikainen toiminta	Materiaalien kulutus	4,63	10,55
	Kaluston ja materiaalien kuljetukset	0,73	0,73
	Kaluston käyttö ja sekalainen toiminta	0,65	130,23
	Jätteen kuljetus ja käsittely	0	0
	Yhteensä	**6**	**141,51**
Jätteiden käsittely	Materiaalien kulutus	0	0
	Kaluston ja materiaalien kuljetukset	0	0
	Kaluston käyttö ja sekalainen toiminta	727,51	727,51
	Jätteen kuljetus ja käsittely	4,97	116,59
	Yhteensä	**732,48**	**844,09**
CO2e-päästöt yhteensä		**749,03**	**1061,62**

SiteWisesta saadut tulokset jätteenkäsittelyn päästöille käyttäen eri oletuksia orgaanisen aineksen hajoamisesta syntyville päästöille "Ojan ja lahden kunnostus"-vaihtoehdossa

	Oletus org. aineksen hajoamisesta syntyville päästöille			
	0 t CO2e / t ww	**1 t CO2e / t ww**	**5 t CO2e / t ww**	**10 t CO2e / t ww**
Viinikanojan massan poltto, t CO2 e	727,51	727,51	727,51	727,51
Viinikanlahden massan kaato-paikkasijoitus, t CO2 e	93,75	101,25	131,25	168,75
Massojen kuljetukset, t CO2 e	15,34	15,34	15,34	15,34
CO2e-päästöt yhteensä, t CO2 e	**836,60**	**844,10**	**874,10**	**911,60**