

Vastaanottaja

Työ- ja elinkeinoministeriö

Asiakirjatyyppi

Raportti

Päivämäärä

30.9.2021

UUSIOMAARAKENTAMISEN VAIKUTUKSET JA INDIKAATTORIT



UUSIOMAARAKENTAMISEN VAIKUTUKSET JA INDIKAATTORIT

Projekti **UUMA-uusiomaarakentamishankkeiden vaikutukset ja indikaattorit, esimerkiselvitys**
Projekti nro **1510059918**
Vastaanottaja **Työ- ja elinkeinoministeriö**
Asiakirjatyyppi **Raportti**
Versio **2**
Päivämäärä **30.9.2021**
Laatija **Tuuli Teittinen, Netta Skön, Pentti Lahtinen, Taavi Dettenborn, Saira Pahkakangas, Marjo Koivulahti**
Tarkastaja **Ohjausryhmä**
Hyväksyjä **Ohjausryhmä**
Kuvaus **[Text]**

Ramboll
PL 25
Itsehallintokuja 3
02601 ESPOO

P +358 20 755 611
F +358 20 755 6201
<https://fi.ramboll.com>

SISÄLTÖ

Sanasto	3
TIIVISTELMÄ	5
REFERAT	6
ABSTRACT	7
1. Johdanto	8
2. Kestävän kehityksen indikaattorit infrarakentamisessa	9
2.1 Ympäristökestävyys	9
2.2 Taloudellinen ja tekninen kestävyys	16
2.3 Sosiaalinen kestävyys	16
2.4 Indikaattorien valinta indikaattorimalliin	17
3. Indikaattorimalli ja laskentaperiaatteet	20
3.1 Materiaalitehokkuutta kuvaavat indikaattorit	21
3.2 Kasvihuonekaasupäästöt	22
3.3 Kuljetukset	23
3.4 Kustannukset	24
3.5 Tarkastelun tasot ja vaihtoehtojen vertailu	24
4. Pilottilaskennat	25
4.1 Hiedanrannan kevyen liikenteen väylä, Tampere	25
4.1.1 Kohteen ja indikaattorilaskennan kuvaus	25
4.1.2 Tulokset	29
4.1.3 Yhteenveto	33
4.2 Sepänmäen meluvalli, Helsinki	33
4.2.1 Kohteen ja indikaattorilaskennan kuvaus	33
4.2.2 Tulokset	35
4.2.3 Yhteenveto	37
4.3 Kuninkaantammi, Lammenrannan syvästabilointi	37
4.3.1 Kohteen ja indikaattorilaskennan kuvaus	37
4.3.2 Tulokset	39
4.3.3 Yhteenveto	42
4.4 Kokkolan satama, Hopeakiven sataman laajentaminen	43
4.4.1 Kohteen ja indikaattorilaskennan kuvaus	43
4.4.2 Tulokset	46
4.4.3 Yhteenveto	50
5. Indikaattorimallin soveltaminen hankinnoissa	51
5.1 Yleistä ja tarkastelun rajauksesta	51
5.2 Hankintalain asettamat reunaehdot ja mahdollisuudet hankintaprosessissa	51
5.2.1 Hankintalain reunaehdot, suosituksia ja ohjeita	51
5.2.2 Hankintalain vaatimuksia ja kriteerejä koskevat pääsäännöt	53
5.3 Indikaattorimalli ja hankinnat käytännössä	57

5.3.1	Indikaattorimallien indikaattorien käyttötapoja hankinnoissa	57
5.3.2	Hanketyypin ja hankintatavan vaikutus indikaattorimallin käyttöön hankintasääntelyn näkökulmasta	60
5.4	Indikaattorimallin rajoitukset juridisesta näkökulmasta	62
5.5	Olemassa olevien hankintamenettelyjen hyödyntäminen	63
5.6	Miten kehitettyjä indikaattorimalleja voitaisiin hyödyntää hankinnoissa parhaalla mahdollisella tavalla	65
5.6.1	Pitkän tähtäimen tavoite	65
5.6.2	Nopeasti käyttöön otettavat keinot ja laskentamallin käyttöönotto esimerkkinä	66
5.7	Johtopäätökset ja kehittämistarpeita sekä jatkotarkastelutarpeita	66
6.	Yhteenveto, havainnot ja suositukset	68
6.1	Uusiomaarakentamisen vaikutukset perinteiseen rakentamiseen verrattuna	68
6.2	Indikaattorimallin soveltaminen	69
6.3	Indikaattorien kehitys hankintojen osalta	69
6.4	Indikaattorimallin jatkokehitys	69
Lähteet		71

SANASTO

Indikaattori	Indikaattori välittää nykytilan, määrän tai tason lisäksi informaatiota kehityksen suunnasta. Ympäristöindikaattorit kuvaavat ympäristövaikutuksia (tai niissä tapahtuvia muutoksia). Ympäristöindikaattori määritellään yleensä luvuksi, joka osoittaa ympäristön tilan ja kehityksen tai ympäristöön vaikuttavia seikkoja. (Korkiala-Tanttu ym., 2006)
Kaivumaa	Rakennustoimenpiteiden yhteydessä kaivettava maa-aines.
MARA-asetus	Mara-asetuksella tarkoitetaan Valtioneuvoston asetusta eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa (843/2017). Asetuksen tarkoituksena on edistää jätteiden hyödyntämistä määrittelemällä ne edellytykset, joiden täyttyessä asetuksessa tarkoitettujen jätteiden käyttöön maarakentamisessa ei tarvita ympäristönsuojelulain (527/2014) mukaista ympäristölupaa.
Materiaalitehokkuus	Materiaalitehokkuudella tarkoitetaan luonnonvarojen säästeliästä käyttöä, tehokasta sivuvirtojen hallintaa, jätteen määrän vähentämistä ja materiaalin kierrätystä elinkaaren eri vaiheissa.
Neitseellinen materiaali / perinteinen materiaali	Maarakentamisessa käytettävät materiaalit, jotka eivät ole uusiomateriaaleja.
Päästölaskenta	Päästöjen (erityisesti kasvihuonekaasupäästöjen) arvioimisesta käytettävä termi. Myös elinkaariarviointi ja hiilijalanjälki ovat päästölaskentaa. Päästölaskennassa huomioon otettavien päästöjen laajuus voi vaihdella tapauskohtaisesti ja päästölaskenta voi kattaa esimerkiksi vain tietyn osan tarkasteltavan kohteen elinkaaresta tai keskittyä tiettyjen materiaalien päästöjen vertailuun. (Teittinen ym., 2020)
Uusiomaarakentaminen	Uusiomaarakentamisella tarkoitetaan uusiomateriaalien hyötykäyttöä maarakentamisessa. Uusiomateriaaleilla voidaan korvata mm. luonnon kiviaineksia tai sementtiä stabiloinnin sideaineena. (Forsman ym., 2020)
Uusiomateriaali	Uusiomateriaali on yleistermi, jota käytetään tarkoitettaessa esimerkiksi varsinaisesta käytöstä poistunutta materiaalia, teollisessa prosessissa syntynyttä jätettä tai sivutuotetta, jotka sellaisenaan tai jalostettuna soveltuvat käytettäväksi maarakentamisessa. Termiä uusiomateriaali ei sellaisenaan tunneta lainsäädännössä tai standardeissa. (Forsman ym., 2020) Tässä raportissa uusiomateriaaleiksi luokitellaan myös ylijäämämaat ja ruoppausmassat.
Ylijäämämaa	Kaivumaa, jota ei pystytä hyödyntämään rakennustoiminnassa ja joka sijoitetaan maankaatopaikoille tai muille läjitysalueille. Routiva moreeni, savi ja siltti sekä pintamaat ja eloperäiset maalajit ovat maanrakentamisen kannalta heikkolaatuisia, mikä aiheuttaa niiden

korvaamisen parempilaatuisilla kiviaineksilla. Ylijäämämaaongelmaa aiheuttavat lisäksi lievästi pilaantuneet maa-ainekset ja sedimentit. (Forsman ym., 2020)

Ympäristökestävyys

Ympäristökestävyys (myös ekologinen kestävyys) on yksi kestävän kehityksen osa-alue. Ympäristökestävyys maarakentamisessa on osa laajempaa kestävän rakentamisen käsitettä, joka ottaa huomioon myös rakentamisen taloudelliset ja sosiaaliset näkökohdat. Ympäristökestävyydellä tarkoitetaan sitä, että pyritään minimoimaan hankkeesta aiheutuvat haitalliset ympäristövaikutukset ja turvaamaan luonnonvarojen kestävä käyttö, luonnon monimuotoisuuden säilyminen sekä ekosysteemien toimivuus.

TIIVISTELMÄ

Uusiomateriaalit maarakentamisessa edistämishjelmissä uusiomaarakentamisen CO₂-päästöjen laskeminen ja päästölaskennan kehittäminen on tunnistettu tärkeiksi teemoiksi osana uusiomaarakentamisen edistämistä. Kasvihuonekaasupäästöjen ohella myös uusiomaarakentamisen muiden ympäristövaikutusten, kuten luonnonvarojen kulutuksen vähentämisen, arvioiminen ja seuraaminen on nostettu viime aikoina esiin keskusteluissa, jotta saataisiin parempi käsitys uusiomaarakentamisen kokonaisvaikutuksista.

Tämän selvityksen tavoitteena oli laatia indikaattorimalli, jonka avulla voidaan arvioida uusiomaarakentamishankkeiden ympäristö-, talous- ja materiaalikäytön vaikutuksia ja tehdä vertailua perinteiseen rakentamiseen. Tässä raportissa kuvataan indikaattorimallin laskentamenetelmä ja indikaattoritarkastelua varten tarvittavat lähtötiedot.

Uusiomaarakentamisen indikaattorimallin avulla voidaan arvioida toteutuneiden tai suunniteltujen uusiomaarakentamishankkeiden ympäristö- ja kustannusvaikutuksia ja tehdä vertailua perinteiseen rakentamiseen. Mallissa tarkasteltavia indikaattoreita ovat:

- luonnonvarojen kulutusta ja uusiomateriaalien hyödyntämistä kuvaavat indikaattorit
- rakentamisen kasvihuonekaasupäästöt
- kuljetukset
- kustannukset.

Tässä selvityksessä uusiomaarakentamisen indikaattorimallia testattiin muutamissa pilottikohteissa, joita olivat Hiedanrannan kevyen liikenteen väylä Tampereella, Sepänmäen meluvalli ja Kuninkaantammen syvästabilointi Helsingissä sekä Hopeakiven sataman laajentaminen Kokkolassa.

Indikaattorimallin pilottilaskelmista huomattiin, että uusiomaarakentamisella voidaan usein:

- säästää neitseellisiä luonnonvaroja
- saada jäte- ja sivutuotepohjaisia materiaaleja tai ylijäämämaita hyötykäyttöön
- vähentää rakentamisen kasvihuonekaasupäästöjä ja vähentää kuljetustarvetta
- parantaa kustannustehokkuutta kuljetusmatkojen ollessa kohtuullisia.

Uusiomaarakentamisen indikaattorimallia voidaan soveltaa maarakentamishankkeiden suunnitteluvaiheessa eri vaihtoehtojen vaikutusten arvioimiseksi päätöksenteon tueksi tai toteutuneiden hankkeiden vaikutusten seuraamiseksi. Lisäksi mallin avulla kerättyä tietoa voidaan hyödyntää hankintakriteerien määrittämisessä tai sen avulla voidaan koota tietoa uusiomaarakentamisen kaupunkikohtaisista kokonaisvaikutuksista.

REFERAT

Konsekvenser av och indikatorer för användningen av återvunnet material i markbyggnad

I programmen för att främja återvunnet material i markbyggnad har beräkningen av koldioxidutsläppen och utvecklingen av utsläppsberäkningen identifierats som viktiga temaområden när det gäller att bidra till användningen av återvunnet material i markbyggnad. Att bedöma och följa upp även andra miljökonsekvenser av markbyggnaden med återvunna material än växthusgasutsläpp, till exempel minskad användning av naturresurser, har under den senaste tiden varit ett populärt samtalsämne. Detta i syfte för att få en bättre uppfattning om de totala konsekvenser som markbyggnad med återvunna material medför.

Målet med denna utredning var att utarbeta en indikatormodell för att kunna bedöma konsekvenserna av markbyggnadsprojekt som använder återvunna material för miljön, ekonomin och materialanvändningen och göra en jämförelse med det traditionella byggandet. I denna rapport beskrivs en modell för indikatorberäkningen och de utgångsdata som behövs för att analysera indikatorerna.

Indikatormodellen hjälper att bedöma miljökonsekvenserna och kostnadseffekterna av genomförda eller planerade markbyggnadsprojekt och göra en jämförelse med det traditionella byggandet. Modellen består av dessa indikatorer:

- användning av naturresurser och återvunnet material
- växthusgasutsläpp från byggande
- transporter
- kostnader

Indikatormodellen har testats i vissa pilotprojekt: gång- och cykelvägen i Hiedanranta i Tammerfors, bullervallen i Smedsbacka och djupstabiliseringen i Kungseken i Helsingfors samt utvidgningen av Hopeakivi hamn i Karleby.

Pilotberäkningarna visade att man genom att använda återvunnet material i markbyggnad ofta kan

- bespara orörda naturresurser
- få avfalls- och biproduktmaterial eller överskottsmark för återanvändning
- minska växthusgasutsläppen från byggande och transportbehovet
- förbättra kostnadseffektiviteten när transportsträckorna är rimliga

Man kan tillämpa indikatormodellen när man planerar markbyggnadsprojekt och vill bedöma konsekvenserna av olika alternativ för att få stöd för sina beslut eller för att följa upp effekterna av genomförda projekt. Den information som man samlar in med hjälp av modellen kan man använda för att fastställa upphandlingskriterier eller så kan man med hjälp av modellen samla information om markbyggnadens totala konsekvenser per stad.

ABSTRACT

Impacts and indicators of the use of secondary raw materials in earthworks

The programmes for the use of secondary raw materials in earthworks identify the reduction of CO₂ emissions and the development of emissions calculation as key themes in the promotion of the use of recycled raw materials in earthworks. In an attempt to form a better overall understanding of the impacts that the use of secondary raw materials in earthworks cause, recent discussions have focused not only on greenhouse gas emissions, but also on the assessment and monitoring of other environmental impacts, such as the reduced consumption of natural resources.

The objective of this report was to create an indicator model that can be used to assess the environmental and economic impacts of projects that use secondary raw materials in earthworks, as well as their impact on the materials use, and to make comparisons with traditional construction. The report describes the calculation method for the indicator model and the initial data needed for the indicator assessment.

The indicator model for the use of secondary raw materials in earthworks enables the assessment of the environmental and cost impacts of realised or planned projects as well as comparisons with traditional construction. The indicators examined in the model are:

- indicators describing the consumption of natural resources and use of recycled materials
- greenhouse gas emissions from construction
- transport
- costs.

In this report, the indicator model for the use of recycled raw materials in earthworks was tested at a number of pilot sites, including the Hiedanranta pedestrian and bicycle lane in Tampere; the Sepänmäki noise barrier and the deep stabilisation in Kuninkaantammi in Helsinki; as well as the expansion of the Port of Hopeakivi in Kokkola.

The pilot calculations of the indicator model revealed that the use of secondary raw materials in earthwork can often:

- save virgin natural resources
- utilise waste, by-product or surplus materials
- reduce greenhouse gas emissions from construction and reduce the need for transport
- improve cost-effectiveness due to reasonable transportation costs

The indicator model can also be applied in the planning stage of earthworks projects to assess the impacts of different options, to support decision-making and to monitor the impacts of completed projects. In addition, the data gathered through the model can be used to determine procurement criteria or to collect further data on the overall city-specific impacts of the use of recycled materials in earthworks.

1. JOHDANTO

Uusiomaarakentaminen on maarakentamista, jossa hyödynnetään uusiomateriaaleja, joita saadaan mm. ylijäämämaista, teollisuuden sivutuotteista ja jätteistä sekä lievästi pilaantuneista maista. Uusiomateriaaleilla voidaan korvata luonnon kiviaineksia maarakentamisessa. Uusiomaarakentamisen avulla voidaan säästää luonnonvaroja, vähentää syntyvän jätteen määrää ja usein myös vähentää CO₂-päästöjä ja säästää kustannuksissa.

UUMA - uusiomateriaalit maarakentamisessa edistämishjelmissä uusiomaarakentamisen CO₂-päästöjen laskeminen ja päästölaskennan kehittäminen on tunnustettu tärkeiksi teemoiksi osana uusiomaarakentamisen edistämistä. Kasvihuonekaasupäästöjen ohella myös uusiomaarakentamisen muiden ympäristövaikutusten, kuten luonnonvarojen kulutuksen vähentämisen, arvioiminen ja seuraaminen on nostettu viime aikoina esiin keskusteluissa, jotta saataisiin parempi käsitys uusiomaarakentamisen kokonaisvaikutuksista.

Tämän selvityksen tavoitteena oli laatia indikaattorimalli, jonka avulla voidaan arvioida uusiomaarakentamishankkeiden ympäristö-, talous- ja materiaalikäytön vaikutuksia ja tehdä vertailua perinteiseen rakentamiseen. Indikaattorimallia voidaan soveltaa maarakentamishankkeiden suunnitteluvaiheessa eri vaihtoehtojen vaikutusten arvioimiseksi päätöksenteon tueksi tai toteutuneiden hankkeiden vaikutusten seuraamiseksi. Lisäksi mallin avulla kerättyä tietoa voidaan hyödyntää hankintakriteerien määrittämisessä tai sen avulla voidaan koota tietoa uusiomaarakentamisen kaupunkikohtaisista kokonaisvaikutuksista.

Tässä raportissa kuvataan indikaattorimallin laskentamenetelmä ja indikaattoritarkastelua varten tarvittavat lähtötiedot. Raportin luvussa 2 käsitellään laajemmin kestävä kehityksen indikaattorien käyttöä infrarakentamisessa. Luvussa 3 kuvataan indikaattorimallin sisältö ja laskentaperiaatteet. Indikaattorimallia on testattu pilottikohteissa, joiden indikaattorilaskelmat esitellään luvussa 4. Raportin luvussa 5 tarkastellaan indikaattorimallin mahdollista soveltamista hankinnoissa. Esimerkkikohteille tehtyjen pilottilaskelmien perusteella raportissa esitetään myös havaintoja mallin käytöstä ja jatkokehitysehdotuksia (luku 6).

Hankkeessa käytetään Uusiomateriaalit kaupunkien infrarakentamisessa – käsikirjan (Forsman ym. 2019) mukaista määritelmää uusiomateriaaleille: *Uusiomateriaali on yleistermi, jota käytetään tarkoittaessa esimerkiksi varsinaisesta käytöstä poistunutta materiaalia, teollisessa prosessissa syntynyttä jätettä tai sivutuotetta, jotka sellaisenaan tai jalostettuna soveltuvat käytettäväksi maarakentamisessa. Uusiomateriaali -termiä ei sellaisenaan tunneta lainsäädännössä tai standardeissa. Tässä määritelmässä uusiomateriaaleiksi luokitellaan myös ylijäämämaat ja ruoppausmassat.*

Selvityksen toteutuksesta vastasi Ramboll Finland Oy:n työryhmä, johon kuuluivat Tuuli Teittinen, Netta Skön, Pentti Lahtinen, Taavi Dettenborn, Saira Pahkakangas ja Marjo Koivulahti. Työn ohjauksesta vastasi ohjausryhmä, johon kuuluivat Erja Fagerlund (TEM), Timo Tirkkonen (Väylävirasto), Jouni Nissinen (YM), Reijo Väliharju (Hiedanrannan kehitys Oy), Milko Tietäväinen (Tampereen kaupunki), Mikko Suominen (Helsingin kaupunki) ja Heidi Huvila (Helsingin kaupunki). Työn tilaajana ja rahoittajana toimi työ- ja elinkeinoministeriö ja pilottikohteiden tarkastelujen rahoituksesta vastasivat kohteiden omistajat.

2. KESTÄVÄN KEHITYKSEN INDIKAATTORIT INFRARAKENTAMISESSA

Green Building Council Finlandin kestävä infra -toimikunta laati vuonna 2019 ns. kestäväns infran määritelmän (GBC, 2019). Kestäväns infran määritelmässä huomioidaan infrastruktuurin koko elinkaari sekä kestävyys eri ulottuvuudet eli ekologinen, sosiaalinen ja taloudellinen kestävyys. Määritelmässä on nostettu esiin yhdeksän kestävyys pääkriteeriä, jotka ovat:

1. Ilmastonmuutoksen hillintä ja siihen sopeutuminen
2. Resurssiviisaus ja kiertotalouden edistäminen
3. Luonnon monimuotoisuuden turvaaminen ja ympäristöhaittojen vähentäminen
4. Käyttäjien tarpeiden huomioon ottaminen
5. Ympäristön laatutekijöiden toteutuminen
6. Ihmisiin kohdistuvat vaikutukset
7. Tekninen toimivuus
8. Elinkaarivaikutukset
9. Vaikutukset liikennejärjestelmän ja yhdyskuntarakenteen kehittämiseen

Tässä selvityksessä keskitytään erityisesti kahden ensimmäisen pääkriteerin (ilmastonmuutoksen hillintä ja siihen sopeutuminen, resurssiviisaus ja kiertotalouden edistäminen) arvioimiseen, sillä uusiomaarakentamisella voidaan edistää erityisesti näitä kestävyys osa-alueita.

Indikaattorit ovat muuttujia, joiden avulla voidaan yksinkertaistaa ja määrällistää monimutkaisia ilmiöitä koskevaa tietoa helpommin ymmärrettävään muotoon. Indikaattorien avulla voidaan seurata ilmiöiden muuttumista ajan kuluessa, osoittaa trendejä ilmiöiden kehityksen suunnassa ja arvioida ilmiöitä suhteessa asetettuihin tavoitteisiin. Hyvä indikaattori on objektiivinen ja sen tulokset ovat toistettavissa. Indikaattorien käyttöön liittyviä riskejä ovat liiallinen yksinkertaistaminen ja tärkeän tiedon kadottaminen. (Korkiala-Tanttu ym., 2006) Kestäväns kehityksen seurannassa käytetään monenlaisia indikaattoreita. Indikaattoreita tarvitaan, jotta monimutkaiset ekologiset, taloudelliset ja sosiaaliset vaikutukset voidaan ottaa huomioon päätöksenteossa.

Infrarakentamisen vaikutusten seurantaan käytettyjä indikaattoreita on lueteltu mm. CEN/TC 350 -sarjan kestäväns rakentamisen standardeissa. Standardien tavoitteena on ollut yhteisesti sovittujen pelisääntöjen luominen rakennusten elinkaaripohjaiseen ympäristövaikutusarviointiin sekä rakennustuotteiden ympäristöselosteiden laadintaan. Väylärakentamisen ympäristövaikutusindikaattoreita on kuvattu myös EIMI-indikaattorijärjestelmässä, joka kehitettiin vuonna 2006 väylärakentamisen ympäristövaikutusten arvioimiseen (Korkiala-Tanttu ym., 2006).

Seuraavissa kappaleissa on esitelty kestäväns kehityksen eri osa-alueisiin liittyviä indikaattoreita, joita voidaan soveltaa infrarakentamisen vaikutusten arvioimiseen.

2.1 Ympäristökestävyys

CEN/TC 350 -sarjan kestäväns rakentamisen standardeissa on lueteltu useita ympäristövaikutuksia kuvaavia indikaattoreita sekä luonnonvarojen käyttöä ja jätteitä kuvaavia indikaattoreita. Standardeissa luetellut indikaattorit sekä niiden yksiköt on esitetty taulukoissa 1-3.

Monet standardeissa mainitut ympäristövaikutusindikaattorit ovat tyyppisiä elinkaariarvioinnissa käytettyjä indikaattoreita, kuten kasvihuonekaasupäästöt (*Global Warming Potential GWP*),

maaperää ja vesistöjä happamoittavat päästöt (*Asidification Potential AP*) ja rehevöitymistä aiheuttavat päästöt (*Eutrophication Potential, EP*).

Taulukko 1 Ympäristövaikutuksia kuvaavat indikaattorit CEN/TC 350 -standardeissa (SFS-EN 15978, SFS-EN15804 + A1).

Vaikutusluokka	Indikaattori	Yksikkö (ilmoitettuna toiminnallista tai ilmoitettua yksikköä kohti)
Uusiutumattomien ei-eloperäisten mineraalivarojen ehtyminen	Uusiutumattomien mineraalivarojen ehtyminen (ADP-alkuaineet) ^a	kg Sb ekvivalentti
Uusiutumattomien fossiilisten energiavarojen ehtyminen	Uusiutumattomien energiavarojen ehtyminen (ADP-fossiiliset polttoaineet) ^a	MJ, alempi lämpöarvo
Happamoituminen	Maaperää ja vesistöjä happamoittavat päästöt (AP)	kg SO ₂ ekvivalentti
Otsonikato	Yläilmakehän otsonia tuhoavien aineiden päästöt (ODP)	kg CFC 11 ekvivalentti
Ilmaston lämpeneminen	Kasvihuonekaasupäästöt (GWP)	kg CO ₂ ekvivalentti
Rehevöityminen	Rehevöitymistä aiheuttavat päästöt (EP)	kg PO ₄ ³⁻ ekvivalentti ¹
Valokemiallisen otsonin muodostuminen	Valokemiallista otsonia alailmakehässä muodostavien aineiden päästöt (POCP)	kg eteeni ekvivalentti
<p>^a Uusiutumattomien luonnonvarojen ehtyminen ilmoitetaan kahdella eri indikaattorilla:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uusiutumattomat mineraalivarat sisältävät kaikki uusiutumattomat, ei-eloperäiset materiaalit (pois lukien fossiiliset energiaraaka-aineet). • Uusiutumattomat energiavarat sisältävät kaikki fossiiliset energiaraaka-aineet 		

Rakentamisessa käytetään suuria määriä luonnonvaroja ja toisaalta rakentamisessa muodostuu myös paljon jätteitä. Siksi luonnonvarojen kulutusta ja jätteiden muodostumista kuvaavat indikaattorit ovat oleellisia rakentamisen ympäristökestävyyden arvioimisessa. Kestävän rakentamisen standardeissa luetellut luonnonvarojen kulutusta kuvaavat indikaattorit on esitetty taulukossa 2 ja jättekategorioita kuvaavat indikaattorit taulukossa 3. Taulukon 3 indikaattorit *komponentit uudelleenkäyttöön, jäte materiaali-kierrätykseen ja jäte energiasisällön hyödyntämiseen* ovat myös osa rakennuksen purkuvaiheen skenaarioihin liittyviä lisätietoja. Indikaattorit lasketaan tarkasteltavasta kohteesta poistuvista tuote- ja materiaalivirroista.

Taulukko 2 Luonnonvarojen käyttöä kuvaavat indikaattorit CEN/TC 350 -standardeissa (SFS-EN 15978, SFS-EN15804 + A1)

Indikaattori	Yksikkö (ilmoitettuna toiminnallista tai ilmoitettua yksikköä kohti)
Prosessienergiana käytetty uusiutuva primäärienergia	MJ, alempi lämpöarvo
Raaka-aineena käytetty uusiutuva primäärienergia (energiasisältö)	MJ, alempi lämpöarvo
Uusiutuvan primäärienergian kokonaiskäyttö (prosessienergiana ja raaka-aineena käytetty primäärienergia)	MJ, alempi lämpöarvo
Prosessienergiana käytetty uusiutumaton primäärienergia	MJ, alempi lämpöarvo
Raaka-aineena käytetty uusiutumaton primäärienergia (energiasisältö)	MJ, alempi lämpöarvo
Uusiutumattoman primäärienergian kokonaiskäyttö (prosessienergiana ja raaka-aineena käytetty primäärienergia)	MJ, alempi lämpöarvo
Käytetyt kierrätysmateriaalit	kg
Käytetyt uusiutuvat kierrätyspolttoaineet	MJ, alempi lämpöarvo
Käytetyt uusiutumattomat kierrätyspolttoaineet	MJ, alempi lämpöarvo
Veden kokonaiskäyttö	m ³

Taulukko 3 Jätekategorioita kuvaavat indikaattorit CEN/TC 350 -standardeissa (SFS-EN 15978, SFS-EN15804 + A1)

Indikaattori	Yksikkö (ilmoitettuna toiminnallista tai ilmoitettua yksikköä kohti)
Vaarallinen jäte	kg
Kaatopaikkajäte	kg
Radioaktiivinen jäte	kg

Indikaattori	Yksikkö (ilmoitettuna toiminnallista tai ilmoitettua yksikköä kohti)
Komponentit uudelleenkäyttöön	kg
Jäte materiaali kierrätykseen	kg
Jäte energiasisällön hyödyntämiseen	kg
Viety energia	MJ per energiamuoto

CEN on julkaissut myös dokumentin *CWA 17089:2016 Indicators for the sustainability assessment of roads* (CEN, 2016). Dokumentissa esitetään suositus indikaattoreista, joita voidaan käyttää tulevien tai olemassa olevien väylähankkeiden kestävyysarvioimiseen. Indikaattorilistan pohjana on EU-rahoitteinen LCE4ROADS-hanke. Suositus sisältää indikaattorien määritelmät, yksiköt sekä mittaus- tai laskentamenetelmät. Suosituksen indikaattorit kattavat kaikki kolme kestävyysaluetta: ympäristökestävyys, taloudellisen kestävyys sekä sosiaalisen kestävyys ja niitä voidaan käyttää apuna esimerkiksi vihreissä julkisissa hankinnoissa. Suosituksessa esitetyt ympäristövaikutuksia kuvaavat indikaattorit on esitetty taulukossa 4.

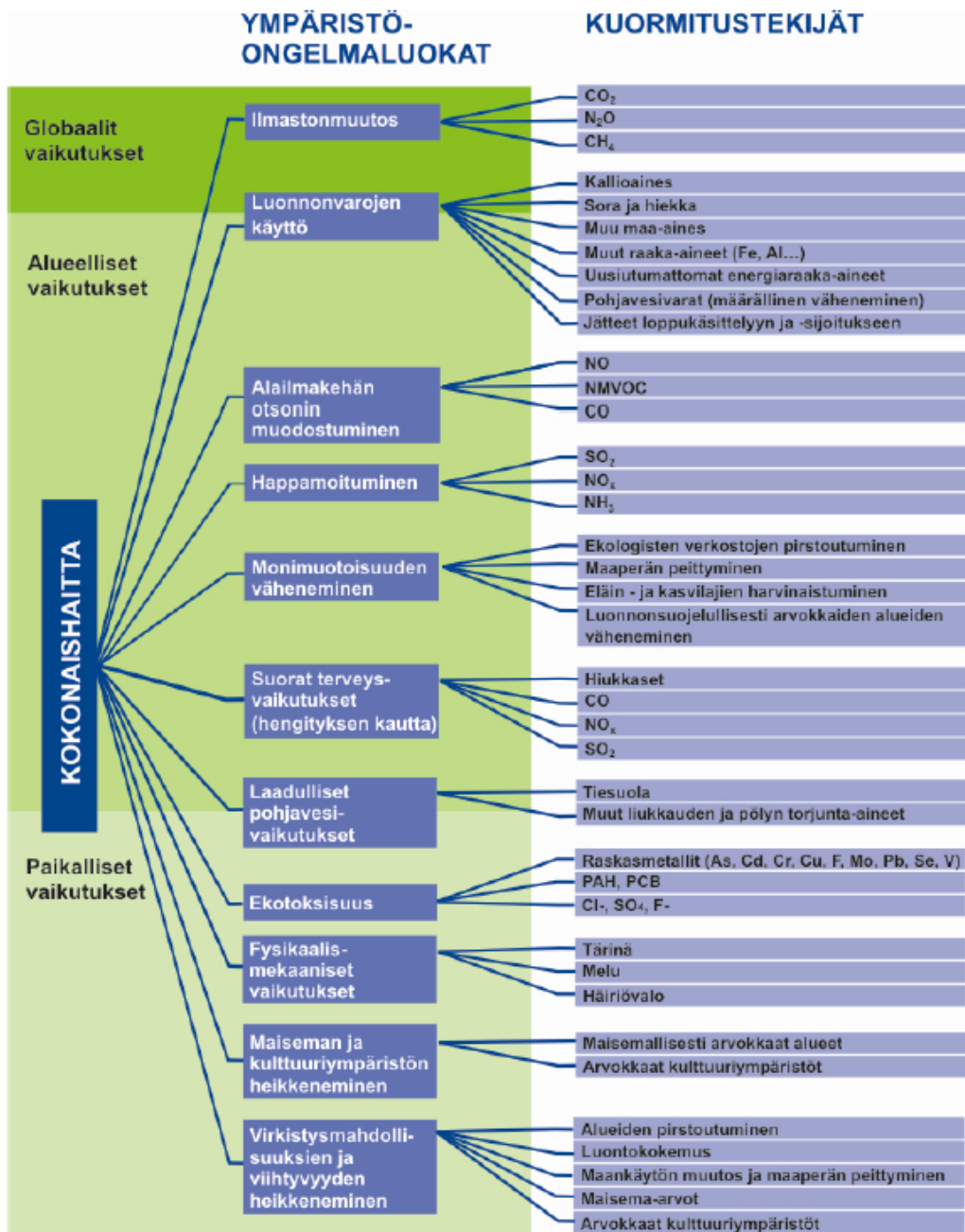
Taulukko 4 CENin suositus väylähankkeiden ympäristökestävyyden arvioimiseen käytettävistä indikaattoreista (CEN, 2016)

Kestävän kehityksen indikaattori	Yksikkö
Primääristen materiaalien kulutus	t
Sekundääristen materiaalien käyttö	%
Materiaalit uusiokäyttöön tai kierrätykseen	%
Energian kulutus (uusiutuvien /uusiutumattomien energianlähteiden käyttö)	MJ
Jätteet (vaaralliset jätteet / tavanomaiset jätteet / radioaktiiviset jätteet)	t
Kasvihuonekaasupäästöt (GWP)	kg CO ₂
Alailmakehän otsonia muodostavien aineiden päästöt (POCP)	kg O ₃
Yläilmakehän otsonia tuhoavien aineiden päästöt (ODP)	kg O ₃
Maaperää ja vesistöjä happamoittavat päästöt (AP)	kg SO ₂ ekv.
Rehevöitymistä aiheuttavat päästöt (EP)	kg PO ₄ ekv.
Uusiutumattomien mineraalivarojen ehtyminen (ADP-alkuaineet)	kg antimoni ekv.
Uusiutumattomien energiavarojen ehtyminen (ADP-fossiiliset polttoaineet)	MJ
Toksisuus ihmisille	kg 1,4-dichlorobentseeni ekv.
Ekotoksisuus	kg 1,4-DCB ekv.

EIMI-indikaattorijärjestelmä (Environmental Impacts of Infrastructure) on vuonna 2006 kehitetty menetelmä väylärakentamisen ympäristövaikutusten arvioimiseen (Korkiala-Tanttu ym., 2006). EIMI on elinkaariarviopohjainen hankekohtainen arviointijärjestelmä, joka soveltuu vaihtoehtoisten ratkaisujen ja toteutustapojen vertailemiseen. EIMI-järjestelmässä väylärakentamisen ympäristövaikutuksia kuvataan hierarkiana, jossa ympäristökuormitustekijät on jaoteltu syy-seuraussuhteiden perusteella 11 ympäristövaikutusluokkaan ja niiden sisältämiin kuormitustekijöihin (kuva 1). Mukaan on valittu ne ympäristöongelmaluokat, joiden on katsottu olevan merkittäviä tiehankkeissa syntyvien suorien tai välillisten päästöjen tai muiden kuormittavien tekijöiden takia. Kaikille kuormitustekijöille ei ole olemassa arviointimenetelmiä, joten näissä tapauksissa sovelletaan asiantuntijoiden subjektiivisia arvioita. Lopputuloksena indikaattorijärjestelmästä saadaan kuvaus väylähankkeen kokonaisympäristöhaitasta. Käytännössä saatavilla olevat lähtötiedot rajoittavat kokonaisuvaikutuslaskelmaan mukaan otettavien ympäristövaikutusluokkien määrää. (Korkiala-Tanttu ym., 2006)

EIMI-indikaattorijärjestelmän indikaattorit kuvaavat seuraavia ympäristöongelmaluokkia: ilmastonmuutos, luonnonvarojen käyttö, alailmakehän otsonin muodostuminen, happamoituminen, monimuotoisuuden väheneminen, suorat terveysvaikutukset, laadulliset pohjavesivaikutukset, ekotoksisuus, fyysikaalis-mekaaniset vaikutukset (esim. melu, värinä), maiseman ja kulttuuriympäristön heikkeneminen sekä virkistysmahdollisuuksien ja viihtyvyyden heikkeneminen. EIMI-indikaattorijärjestelmän ympäristövaikutusindikaattorit on jaoteltu kolmeen luokkaan niiden kuvaavien vaikutusten paikkakohtaisuuden perusteella: globaalit vaikutukset, alueelliset vaikutukset ja paikalliset vaikutukset. Osa EIMI-indikaattorijärjestelmän ympäristöongelmaluokkien indikaattoreista on sellaisia, ettei niille ole selviä määrärajoituksia tai mittausmenetelmiä. Esimerkiksi maiseman ja kulttuuriympäristön heikkenemisen sekä virkistysmahdollisuuksien ja viihtyvyyden

heikkenemisen arviointi on mahdollista käytännössä vain subjektiivisten asiantuntija-arvioiden perusteella.



Kuva 1 EIMI-indikaattorijärjestelmän ympäristöongelmaluokat ja kuormitustekijät (Korkiala-Tanttu ym., 2006)

Hankkeessa *Helsingin kaupungin Rakennusviraston merkittävimmät ympäristövaikutukset hankintojen ja suunnitteluohjeistuksen kehittämiseksi* (Känkänen ym. 2014) arvioitiin Helsingin kaupungin Rakennusviraston keskeisten toimintojen (infrarakentaminen, talorakentamisen työmaa-aikainen toiminta ja yleisten alueiden ylläpito) merkittävimmät ympäristövaikutukset ja tunnistettiin ne prosessien osat, joissa Rakennusviraston ympäristösuoritusta voidaan tehokkaimmin parantaa. Ympäristövaikutuksien osalta hankkeessa keskityttiin toimintojen resurssitehokkuuteen eli luonnonvarojen tehokkaaseen käyttöön ja jätteiden vähentämiseen. Toimintojen resurssitehokkuutta arvioitiin seuraavien tekijöiden kautta: maankäyttö, materiaalien

kulutus, maa- ja kiviainesten kulutus, energian kulutus, veden kulutus sekä jätteiden muodostuminen ja hyötykäyttö. Työssä valittiin joukko määrällisiä tunnuslukuja (Taulukko 5), jotka kuvaavat parhaalla mahdollisella tavalla rakennusviraston keskeisten toimintojen ympäristövaikutuksia ja luonnonvarojen käytön tehokkuutta. Tunnusluvut suhteutettiin tuotoksiin, esimerkiksi infrarakentamisen hankkeissa rakennuspinta-alaan (m²).

Taulukko 5 Resurssitehokkuuden tunnusluvut ja niihin kohdistuvat yleiset tavoitteet hankkeessa Helsingin kaupungin Rakennusviraston merkittävimmät ympäristövaikutukset hankintojen ja suunnitteluohjeistuksen kehittämiseksi (Känkänen ym. 2014)

	Resurssitehokkuuden tunnusluku	Tavoitteet
A.	MAANKÄYTTÖ	
A1	Talorakentamisen työmaavaihe ja infrarakentaminen: Rakennustyömaan vaatima maa-ala (m ²) suhteessa tontin kokonaispinta-alaan	Käytetään tontin maapinta-ala mahdollisimman tehokkaasti työmaan tarpeisiin. Vältetään maan muokkausta. Suojataan tontin alkuperäinen kasvillisuus, hyväkuntoinen puusto ja maaperän toiminnot rakentamisen aikaiselta toiminnalta.
A2	Talorakentamisen työmaavaihe: maanrakennusvaiheen ja runkovaikkeen ajankohta	Tehdään maanrakennustyöt sulana aikana, tehdään runkovaikkeen ja muut lämmitystä ja säänsuojaa vaativat työvaiheet valmiiksi ennen talvea.
A3	Puistorakentaminen: rakentamisen korkeustaso	Kantavalla pohjamaalla puistoon rakennettavissa täydyissä ja kumpareissa voidaan hyödyntää sitä enemmän ylijäämämaita mitä korkeammalle puiston maapinta suunnitellaan. Heikosti kantavilla pohjamailla pinnan tasaus on sovitettava siten, että kalliita pohjavahvistustoimenpiteitä ei tarvita. Hyvissä ajoin tehtävä esikuormitus tms. toimenpide mahdollistaa korkeamman pinnan tasauksen ja maa-ainesten sijoittamisen/välivarastoinnin alueelle ennen puiston rakentamista.
A4	Puistorakentaminen: rakennetun maan osuus puiston kokonaispinta-alasta (%)	Minimoidaan rakennuskäyttöön otettujen tai päällystettyjen alueiden pinta-ala ja vältetään viheralueen ylirakentamista. Säilytetään alueen alkuperäisiä kasvillisuusalueita. Suunnitellaan rakennettuja viheralueita vain niihin alueen osiin, joissa rakennettu ja tehokkaasti hoidettu viheralue on tarpeellinen.
A5	Yleisten alueiden ylläpito: välivarastointipaikkojen saatavuus: urakka-alueen koko (yhteenlaskettu katupinta-ala) suhteessa urakka-alueella oleville välivarastopaikoille mahtuvaan lumeen (lumikuormien määrä)	Vähennetään polttoaineen kulutusta ja siitä aiheutuvia päästöjä talvihoidossa. Lisätään lumen välivarastointipaikkoja eri puolille urakka-alueita. Tavoitteena on, että tunnusluku saa mahdollisimman pienen arvon, jolloin lumen välivarastotilaa on mahdollisimman paljon suhteessa urakka-alueen katujen kokonaispinta-alaan.
A6	Yleisten alueiden ylläpito: lumen siirron CO ₂ -päästöjen suhde lumikuormien määrään (CO ₂ / kpl)	Vähennetään polttoaineen kulutusta ja siitä aiheutuvia päästöjä talvihoidossa lisäämällä välivarastointimahdollisuuksia sekä mahdollisuuksia säilyttää lunta katujen varsilla. Suurennetaan kuormakokoja.

B. MATERIAALIEN KULUTUS JA KULJETUS		
B1	Materiaalien kokonaiskulutus (t) suhteessa tuotokseen	Toteutetaan hanke/urakka mahdollisimman pienellä materiaalmäärällä.
B2	Materiaalien kokonaiskulutus tonnikilometreinä (t-km) suhteessa tuotokseen	Toteutetaan hanke/urakka mahdollisimman pienellä materiaalmäärällä ja vähäisillä kuljetuksilla.
B3	Materiaalien kuljetuksista aiheutuvat CO ₂ - päästöt suhteessa tuotokseen	Vähennetään materiaalien kuljetustarvetta.
B4	Uusiutuvien luonnonvarojen osuus materiaalien kokonaiskulutuksesta (%)	Korvataan uusiutumattomia luonnonvaroja uusiutuvilla niin, että materiaalien kokonaiskulutus ei kasva. Suositetaan luonnonmateriaaleja sekä materiaaleja, joiden hiilijalanjälki on mahdollisimman pieni, esim. puu soveltuvissa kohteissa.
B5	Uusiokäyttömateriaalien osuus materiaalien kokonaiskulutuksesta (%)	Korvataan neitseellisiä luonnonvaroja uusiokäyttömateriaaleilla niin, että materiaalien kokonaiskulutus ei kasva. Suositetaan uusiokäyttöä materiaaleissa, kuten tiili, kasvualustat, elementit, luonnonkivet.
B6	Kierrätysmateriaalien osuus materiaalien kokonaiskulutuksesta (%)	Korvataan neitseellisiä luonnonvaroja kierrätysmateriaaleilla niin, että materiaalien kokonaiskulutus ei kasva.
B7	Ostomateriaalien osuus materiaalien kokonaiskulutuksesta (%)	Vähennetään ostomateriaalien tarvetta vastaanottamalla materiaaleja toisista rakennushankkeista.
C. MAA- JA KIVIAINESTEN KULUTUS JA KULJETUS		
C1	Alueelle tuotavien maa- ja kiviainesten kokonaismäärä (m ³ rtr ja t) suhteessa tuotokseen	Toteutetaan hanke/urakka mahdollisimman pienellä maa- ja kiviainesten määrällä.
C2	Alueelle tuotavien maa- ja kiviainesten kuljetuksista aiheutuvat CO ₂ -päästöt suhteessa tuotokseen	Toteutetaan hanke/urakka mahdollisimman pienellä maa- ja kiviainesten määrällä ja vähäisillä kuljetuksilla.
C3	Alueelta poiskuljetettavien maa- ja kiviainesten kokonaismäärä (m ³ tr ja t) suhteessa tuotokseen	Välitetään maa- ja kiviainesten kuljetustarvetta.
C4	Alueelta poiskuljetettavien maa- ja kiviainesten kuljetuksista aiheutuvat CO ₂ -päästöt suhteessa tuotokseen	Välitetään maa- ja kiviainesten kuljetustarvetta.
C5	Neitseellisten maa- ja kiviainesten osuus alueelle tuotavista maa- ja kiviaineksista (%)	Vähennetään neitseellisten maa- ja kiviainesten käyttöä ja korvataan niitä soveltuvissa osissa uusiokäyttö- ja kierrätysmateriaaleilla. Hyödynnetään lähellä olevien työmaiden ylijäämämaa- ja kiviainekset rakentamisessa.
C6	Hyötykäyttöön ohjattujen ylijäämämaa- ja kiviainesten osuus alueelta poiskuljetettavista maa- ja kiviaineksista (%)	Ohjataan rakentamisessa muodostuvat ylijäämämaa- ja kiviainekset hyötykäyttöön (esim. toiseen rakennushankkeeseen).
C7	Tontilla kaivettavien ja hyödynnettävien maa- ja kiviainesten osuus kokonaismäärästä (%)	Hyödynnetään tontilla muodostuvat kaivumaat rakentamisessa (esim. täyttöissä). Tarvittaessa suunnitellaan etukäteen kaivumaiden välivarastointi.
D. ENERGIAN KULUTUS		
D1	Työkoneiden polttoaineen kulutuksen CO ₂ -päästöt suhteessa tuotokseen	Vähennetään turhaa kulutusta ja siitä aiheutuvia päästöjä. Hankitaan energiatehokkaita ja vähäpäästöisiä työkoneita.
D2	Työmaan sähkön, kaukolämmön ja maakaasun kulutuksen CO ₂ -päästöt suhteessa tuotokseen	Vähennetään turhaa kulutusta ja siitä aiheutuvia päästöjä.
E. VEDEN KULUTUS		
E1	Veden kulutus (m ³ tai litraa) suhteessa tuotokseen	Vähennetään turhaa kulutusta.
F. JÄTTEIDEN HYÖTYKÄYTTÖ JA KULJETUS		
F1	Jätteiden kokonaismäärä (m ³ tai t) suhteessa tuotokseen	Vähennetään jätteen kokonaismäärää.
F2	Hyödyntämättömän jätteen osuus kokonaisjättemäärästä (%)	Lajitellaan syntyvä jäte ja ohjataan se mahdollisuuksiensa mukaan hyötykäyttöön: uusiokäyttöön, kierrätykseen tai polttoon.
F3	Vaarallisen jätteen osuus kokonaisjättemäärästä (%)	Tunnistetaan ja erotellaan oikealla tavalla.
F4	Sekajätteen kierrätysaste kokonaisjättemäärästä (%)	Vähennetään kaatopaikalle päätyvän jätteen määrää.
F5	Jätekuljetuksista aiheutuvat CO ₂ -päästöt suhteessa tuotokseen	Vähennetään jätteen määrää ja jätekuljetuksista aiheutuvia päästöjä.
G. VIIHTYISYYS		
G1	PM10-raja-arvon ylitykset ilmanlaadulle (katupölyn vuorokausiraja-arvon yli 50 µg/m ³ ylittävien päivien määrä)	Parannetaan katualueiden viihtyisyyttä pienentämällä pölyn määrää. Tunnusluvun tulee siten olla mahdollisimman pieni.

2.2 Taloudellinen ja tekninen kestävyys

Taloudellisen kestävyuden osalta puhutaan yleensä infrahankkeiden kokonaistaloudellista kannattavuudesta sekä erilaisten infraratkaisujen kustannusvaikutuksista, hyödyistä ja toteuttamiskelpoisuudesta. Infran taloudelliseen kestävyuteen kuuluu myös tekninen kestävyys, sillä esimerkiksi rakenteen käyttöikä, huollettavuus ja korjattavuus vaikuttavat taloudelliseen kestävyuteen. Rakenteiden huollettavuus, korjattavuus ja muuntojoustavuus vaikuttavat myös infran ylläpitokustannuksiin ja sitä kautta kokonaistaloudellisuuteen. Valtaosa infrarakentamisen kustannuksista ratkaistaan jo suunnitteluvaiheessa. (GBC, 2019)

Väylävirasto huomioi materiaalien teknistä soveltuvuutta ja pitkäaikaiskestävyyttä arvioimalla uusiomateriaalien käytön soveltuvuuden kohdekohtaisesti tai myöntämällä materiaalin yleisen käytön ohjeiden mukaisesti. Ohjeen tavoitteena on edistää ja lisätä uusiomateriaalien käyttöä maarakentamisessa sekä esittää selkeät väylähankkeiden tilaajan vaatimukset uusiomateriaalien käytölle väylärakentamishankkeilla. Uusiomateriaalien käyttömahdollisuus selvitetään alustavasti kaikissa tie- ja ratahankkeissa.

Kun uusiomaarakentamista verrataan perinteiseen rakentamiseen, ollaan yleensä kiinnostuneita uusiomateriaalien hyödyntämisen vaikutuksista hankkeen rakennuskustannuksiin. Rakennuskustannusarvioita uusiomateriaalien käytöstä voidaan tehdä esimerkiksi osana uusiomateriaaliselvitystä, jossa selvitetään uusiomateriaalien saatavuutta ja käyttömahdollisuuksia hankkeessa.

Materiaalien alueellinen saatavuus vaikuttaa uusiomaarakentamisen hintaan ja kustannuksiin perinteisillä materiaaleilla rakentamiseen verrattuna. Uusiomaarakentaminen kehittyy nopeasti ja uusiomateriaalien markkinat ovat vasta muotoutumassa. Toimijoita alalla on paljon, ja on ennustettavissa, että tulevaisuudessa uusiomaarakentamiselle saadaan luotua markkinat.

Eri uusiomaarakenteiden pitkäaikaiskestävyydestä on tehty useita erillisiä tutkimuksia, esimerkiksi tuhka- ja masuunikuonarakenteista sekä uusiosideaineiden soveltamisesta syvä-, massa- ja kerrosstabiloinneissa. Tämän lisäksi tarvitaan kuitenkin laajempaa, useita eri materiaaleja ja sovelluksia kattavaa tutkimusta, jotta erilaisten uusiomateriaaleilla toteutettujen rakenteiden elinkaaria ja kunnossapitotarpeita voidaan tarkemmin arvioida. Esimerkiksi uusiomaarakentamisen pilottikohteista voidaan kerätä seurantatietoa rakenteiden kunnossapitotarpeesta ja teknisestä kestävyyydestä.

2.3 Sosiaalinen kestävyys

GBC:n kestäväen infran määritelmän mukaan sosiaalinen kestävyys tarkoittaa infra-alalla mm. erilaisten käyttäjien tarpeiden huomioon ottamista (mm. käyttäjien mahdollisuus osallistua infran suunnitteluun, vaikutusten arviointiin ja päätöksentekoon ja erilaisten ihmisryhmien tarpeiden huomioiminen ja yhteensovittaminen infran suunnittelussa), ympäristön laatutekijöiden toteutumista (esim. turvallisuus, terveellisyys, viihtyisyys) ja ihmisiin kohdistuvien vaikutuksien huomioimista (suorat, välilliset ja pitkän aikavälin vaikutukset).

CEN:in julkaisemassa suosituksessa CWA 17089:2016 Indicators for the sustainability assessment of roads (CEN, 2016) on esitetty seuraavat sosiaalisen kestävyuden indikaattorit

- mukavuusindeksi (comfort index), joka liittyy tien käyttäjän kokemukseen ajomukavuudesta

- turvallisuusauditoinnit ja -tarkastukset (road safety impact assessments, road safety audits and inspections)
- ilmastonmuutokseen sopeutuminen (kuinka suuri osa budjetista käytetty ilmastonmuutoksen sopeutumiseen tähtääviin toimiin).

Tässä selvityksessä kehitettävässä indikaattorimallissa keskitytään ympäristökestävyyden tarkasteluun, mutta osa mallissa tarkasteltavista indikaattoreista liittyy myös sosiaaliseen kestävyYTEEN. Esimerkiksi materiaalien kuljetuksilla on erityisesti kaupunkiympäristöissä vaikutusta kasvihuonekaasupäästöjen lisäksi myös muihin päästöihin, kuten pienhiukkaspäästöihin ja meluun ja sitä kautta ihmisten terveyteen, liikenneturvallisuuteen ja viihtyisyyteen.

2.4 Indikaattorien valinta indikaattorimalliin

Tämän selvityksen tavoitteena oli luoda helppokäyttöinen indikaattorimalli uusiomaarakentamisen vaikutusten arvioimiseen. Indikaattorien arviointia varten tarvittavien lähtötietojen tulisi olla mahdollisimman helposti saatavilla, jotta indikaattorimallia voitaisiin käyttää mahdollisimman monissa hankkeissa ilman tarvetta ylimääräiselle lähtötietojen tuottamiselle. Indikaattorimallin pääpaino on uusiomaarakentamisen ympäristövaikutuksissa, mutta myös uusiomaarakentamisen vaikutus kustannuksiin voidaan ottaa huomioon mallissa.

Luonnonvarojen kestävä käytön sekä materiaali- ja resurssitehokkuuden merkitys yhteiskunnassa kasvaa jatkuvasti. Materiaalien tuotanto ja kulutus liittyvät paitsi luonnonvarojen riittävyyteen, myös ilmastonmuutoksen hillintätoimiin sekä muiden ympäristöongelmien torjuntaan. Luonnonvarojen kestävä käytön ja materiaalien tehokkaamman hyödyntämisen avulla voidaan vähentää koko elinkaaren aikaisia haitallisia ympäristövaikutuksia, saavuttaa kustannussäästöjä rakentamisen aikana ja parantaa toiminnan laatua, tehokkuutta ja tuottavuutta.

Infrahankkeissa tärkeitä resurssitehokkuuden näkökulmia ovat luonnonvarojen käytön vähentäminen, uusiutumattomien luonnonvarojen korvaaminen uusiomateriaaleilla rakentamisen piiriin jo otettujen luonnonvarojen kierrättäminen ja hyötykäyttö, materiaalivirtoihin liittyvien kuljetusten vähentäminen sekä rakentamisessa muodostuvien jätteiden määrän vähentäminen ja ohjaaminen hyötykäyttöön (Känkänen ym., 2014). Maa- ja kiviainekset ovat uusiutumattomia luonnonvaroja, mutta niitä voidaan kierrättää. Maa- ja kiviainesten hyödyntämiseen liittyy useita ympäristökysymyksiä, kuten pohja- ja pintavesien suojeleminen, maiseman muutokset sekä melu- ja pölyhaitat. Resurssitehokkaalla rakentamisella voidaan välillisesti vähentää monia rakentamisesta aiheutuvia negatiivisia ympäristövaikutuksia, joita ovat esimerkiksi:

- melu, pöly, värinä, valo
- haitallisten aineiden leviäminen ilmaan, maastoon ja vesistöihin
- pohjavesivarojen väheneminen
- maisema ja kulttuuriympäristön arvojen heikkeneminen
- luonnon monimuotoisuuden väheneminen
- virkistysmahdollisuuksien ja viihtyvyyden heikkeneminen
- liikennehäiriöt ja niistä aiheutuvat päästöt.

Uusiomaarakentamisessa hyödynnetään jäte- tai sivutuotepäisiä uusiomateriaaleja, joilla voidaan korvata perinteisiä materiaaleja, kuten neitseellisiä luonnon kiviaineksia. Luonnonvarojen kulutusta kuvaavat indikaattorit ovat siis oleellisia, kun vertaillaan uusiomaarakentamista perinteiseen rakentamiseen. Luonnonvarojen kulutusta kuvaavia tietoja, kuten neitseellisten materiaalien ja käytettyjen uusiomateriaalien määrää, on yleensä helposti saatavilla hankkeen määräluettelosta.

Tässä selvityksessä käytetään uusiomateriaaleille *Uusiomaarakentamisen käsikirjan* (Forsman ym., 2020) mukaista määritelmää, joka sisältää myös ylijäämämaat. Ylijäämämaat ovat maa- tai kiviaineksia, jotka on jostain syystä poistettu niiden alkuperäiseltä paikalta, vaikka niille ei siinä yhteydessä välttämättä ole ollut osoitettua käyttötarkoitusta tai lopullista sijoituspaikkaa (Pokki ym., 2009). Ylijäämämaiden laatu vaihtelee, mikä vaikuttaa ylijäämämaiden hyötykäyttömahdollisuuksiin. Toisinaan ylijäämämaita jalostetaan laadukkaammiksi massoiksi esimerkiksi seulomalla, lajittelemalla tai murskaamalla. Jalostamista varten tarvitaan usein erillisiä varastointi- ja jalostusalueita. Ylijäämämaiden hyötykäytöllä voidaan aikaansaada ympäristöhyötyjä ja kustannussäästöjä, jos tarve tuoda neitseellisiä materiaaleja vähenee ja vältetään ylijäämämaiden kuljetukselta läjitykseen.

Ilmastovaikutusten arviointi ja CO₂-päästöjen vähentäminen ovat yleistyviä käytäntöjä infra-alalla. Ilmastovaikutusten sisällyttäminen uusiomaarakentamisen indikaattorimalliin on tärkeää, sillä uusiomateriaalien hyödyntämisellä voidaan usein vähentää CO₂-päästöjä. Uusiomateriaaleilla on usein merkittävästi pienempi hiilijalanjälki kuin perinteisillä materiaaleilla, sillä näitä materiaaleja ei valmisteta rakennusmateriaaleiksi, vaan ne syntyvät muiden prosessien jätteinä tai sivutuotteina. Uusiomateriaalien mahdollinen jalostus ennen hyötykäyttöä tulee kuitenkin ottaa huomioon CO₂-päästöjen laskennassa.

Kuljetukset ovat merkittävässä roolissa infrarakentamisen ympäristövaikutusten aiheuttajana, sillä infrarakentamisessa käytetään ja kuljetetaan usein suuria määriä materiaaleja. Kuljetusmatkat ovat oleellisia myös arvioitaessa uusiomateriaalien käytön vaikutuksia ja kannattavuutta. Lähialueilla muodostuvien uusiomateriaalien hyödyntämisellä saatetaan välttää kuljetuskilometrejä verrattuna kauempaa tuotavien perinteisten materiaalien hyödyntämiseen. Toisaalta uusiomateriaalien käytöstä saatavat päästö- tai kustannushyödyt saattavat kumoutua, jos uusiomateriaali joudutaan kuljettamaan kaukaa, ja perinteisiä materiaaleja olisi saatavilla lähempää. Toki päästö- ja kustannushyödyt riippuvat paljolti loppukäytöstä, eli käytettäessä esim. uusiomateriaaleja sideaineina stabilointitöissä, ei päästöhyödyt kumuloidu samalla tavalla pidemmällä kuljetusmatkoilla kuin korvattaessa luonnon kiviaineksia esim. rakennekerroksissa. CO₂-päästöjen lisäksi kuljetuksista aiheutuu pienhiukkaspäästöjä. Kaupunkialueella pienhiukkaset heikentävät ilmanlaatua ja aiheuttavat terveyshaittoja. Kuljetuksista aiheutuu myös melua ja erityisesti kaupunkialueella raskas liikenne vaikuttaa negatiivisesti viihtyvyyteen ja liikenneturvallisuuteen.

Kun uusiomaarakentamista verrataan perinteiseen rakentamiseen, ollaan yleensä kiinnostuneita uusiomateriaalien hyödyntämisen vaikutuksista hankkeen kustannuksiin. Indikaattorimalliin sisällytetään myös uusiomaarakentamisen kustannukset perinteiseen rakentamiseen verrattuna.

Uusiomateriaalien hyödyntämisellä voi olla paikallisia ympäristövaikutuksia materiaaleista mahdollisesti liukenevien haitallisten aineiden takia. Ennen uusiomateriaalien hyötykäyttöä tulee selvittää laboratoriotutkimuksin haitallisten aineiden liukoisuus, jota säädelään MARA-asetuksella (VNA 843/2017), jossa on asetettu raja-arvot haitallisten aineiden suurimmalle sallitulle liukoisuudelle (mg/kg L/S-suhteessa 10 l/kg) ja pitoisuudelle (mg/kg kuiva-ainetta). Mikäli uusiomateriaalien hyödyntäminen ei täytä MARA-asetuksen ehtoja, uusiomateriaalin hyödyntäminen vaatii ympäristöluvan. Koska uusiomateriaalien haitallisia aineita säädelään jo MARA-asetuksella tai ympäristöluvalla, ei haitallisten aineiden liukenemisesta aiheutuvia ympäristövaikutuksia katsota tarpeelliseksi sisällyttää tässä selvityksessä kehitettävään indikaattorimalliin, sillä lähtökohtana on, että MARA-asetuksen tai ympäristöluvan vaatimusten täytyessä uusiomateriaalien käytöstä ei aiheudu haitallisten aineiden liukenemisestä johtuvaa haittaa ympäristölle.

Happamoituminen ja rehevöityminen ovat paikallisia ympäristöongelmia, ja siksi happamoitumista ja rehevöitymistä aiheutuvien päästöjen vaikutukset riippuvat päästön suuruuden lisäksi siitä, missä päästöjä syntyy. Tästä syystä happamoitumista ja rehevöitymistä aiheutuvia vaikutuksia on tässä selvityksessä kehitettävässä indikaattorimallissa vaikea arvioida luotettavasti, joten happamoittavia ja rehevöittäviä päästöjä kuvaavat indikaattorit jätettiin mallin ulkopuolelle. Alailmakehän otsoni on ilmansaaste, jolla on terveyshaittoja ja joka heikentää kasvien kasvua. Alailmakehän otsonia muodostavia päästöjä syntyy etenkin materiaalien tuotannosta, kuljetuksista sekä työkoneiden käytöstä. Alailmakehän otsonia muodostavien päästöjen vaikutusten arviointi hyvin hankalaa, joten myös alailmakehän otsonin muodostuminen jätettiin indikaattoritarkastelun ulkopuolelle.

Vaikutuksia luonnon monimuotoisuuteen, maisemaan ja kulttuuriympäristöön sekä virkistysmahdollisuuksiin ja viihtyvyyteen on hankala arvioida määrällisesti esitettävässä tai muuten yksinkertaisesti vertailukelpoisessa muodossa, joten myös nämä indikaattorit jätettiin indikaattorimallin ulkopuolelle. Uusiomateriaalien hyödyntämisellä maarakentamisessa voi kuitenkin olla epäsuoria vaikutuksia esimerkiksi maisemaan tai elinympäristöjen säilymiseen, jos uusiomateriaalien hyödyntämisellä voidaan esimerkiksi vähentää neitseellisten kiviainesten tarvetta ja näin ollen voidaan välttyä uusien maa-ainesten ottoalueiden perustamiselta.

3. INDIKAATTORIMALLI JA LASKENTAPERIAATTEET

Taustaselvityksen perusteella indikaattorimalliin valittiin uusiomaarakentamisen kannalta relevantteja kestävästä kehitystä kuvaavia indikaattoreita. Indikaattorit, niiden yksiköt ja kuvaukset on esitetty taulukossa 6. Indikaattorien laskentamenetelmiä kuvataan tarkemmin seuraavissa kappaleissa.

Taulukko 6 Tarkasteluun sisällytettävät indikaattorit

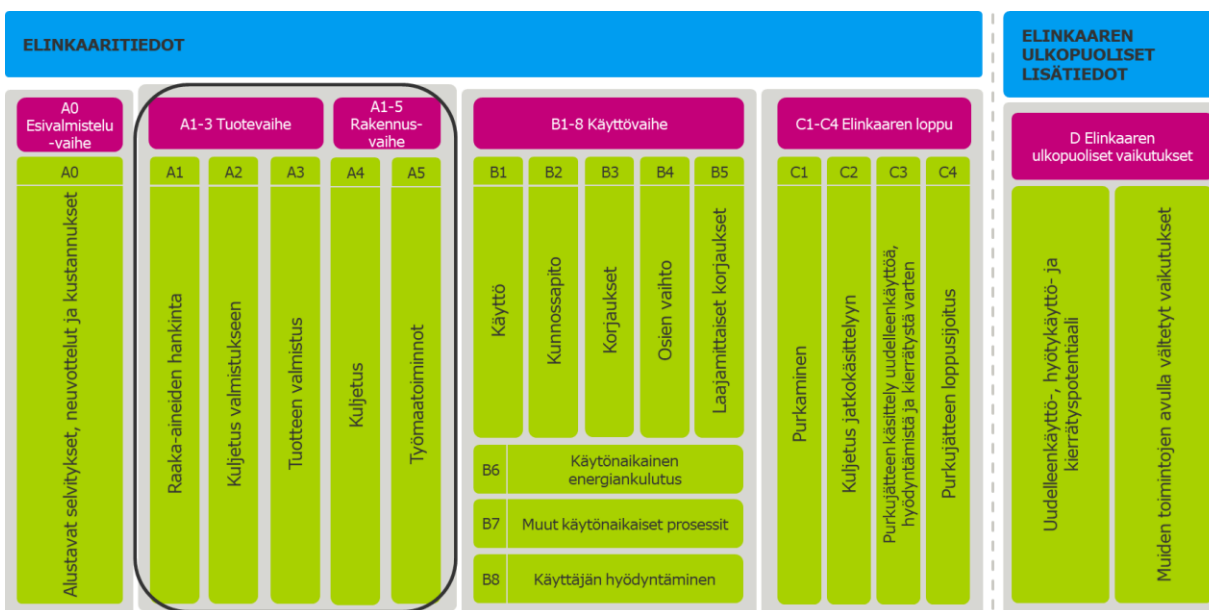
Indikaattori	Yksikkö	Kuvaus
Neitseellisten luonnonvarojen käyttö	t	Hankkeen ulkopuolelta tuotavien neitseellisten kiviainesten, maa-ainesten ja muiden rakennusmateriaalien ja -tuotteiden määrä.
Jalostetut kiviainekset	t	
Jalostamattomat kiviainekset	t	
Muu maa-aines	t	
Muut materiaalit ja tuotteet	t	
Uusiomateriaalien käyttö	t	Hankkeessa käytettävien jäte- tai sivutuoteperäisten uusiomateriaalien, kierrätystuotteiden ja kierrätyskasvualustojen määrä ja hankkeessa hyödynnetyt muualta tuodut ylijäämämaat.
Jätteiden hyödyntäminen	t	
Sivutuotteiden hyödyntäminen	t	
Hankkeen ulkopuolelta tuodut ylijäämämaat	t	
Kierrätystuotteet	t	
Kierrätyskasvualustat	t	
Uudelleenkäytettävät rakennustuotteet	t	
Poistettavat rakennustuotteet	t	Hankkeessa muodostuvat jätteet
Kaivumaat	t	Hankkeessa muodostuvat kaivumaat.
Läjitykseen	t	
Hyötykäyttöön sellaisenaan hankkeen sisällä	t	
Hyötykäyttöön jalostettuna hankkeen sisällä	t	
Hyötykäyttöön sellaisenaan muualla	t	
Hyötykäyttöön jalostettuna muualla	t	
Materiaalien kokonaiskulutus	t	Hankkeessa käytettyjen neitseellisten materiaalien, uusiomateriaalien ja ylijäämämaiden summa.
Uusiomateriaalien osuus	%	Uusiomateriaalien osuus materiaalien kokonaiskulutuksesta.

Indikaattori	Yksikkö	Kuvaus
Kasvihuonekaasupäästöt	kg CO₂-ekv.	Hankkeen rakentamisen aikaiset kasvihuonekaasupäästöt CO ₂ -ekvivalentteina.
Materiaalien päästöt	kg CO ₂ -ekv.	Materiaalien valmistuksen aiheuttamat päästöt.
Kuljetuspäästöt	kg CO ₂ -ekv.	Kuljetuksista aiheutuvat päästöt.
Työsuoritusten päästöt	kg CO ₂ -ekv.	Työkoneiden käytön päästöt.

Indikaattori	Yksikkö	Kuvaus
Kuljetusten määrä		
Kuljetukset	tkm	Materiaalien kuljetukset työmaalle sekä hankkeessa muodostuvien massojen kuljetus läjitykseen/hyödyntämiseen, yksikkö tonnikilometri.
Maantieajo	tkm	Maantieajon osuus kuljetuksista
Katuajo	tkm	Katuajon osuus kuljetuksista

Indikaattori	Yksikkö	Kuvaus
Taloudelliset vaikutukset		
Kustannukset	€	Hankkeen kustannukset

Indikaattorimallin tulosten esittäminen riippuu indikaattoritarkastelun tavoitteista. Indikaattorien tulokset voidaan ilmoittaa absoluuttisina arvoina tai suhteutettuna esimerkiksi pinta-alaa (m²) tai pituutta kohden (esim. tie-m). Uusiomaarakentamisen indikaattorimallissa huomioidaan infrarakenteen elinkaaren vaiheet A1-A5 eli tuote- ja rakennusvaihe (kuva 2).



Kuva 2 Infranhankkeiden elinkaaren vaiheet puitestandardi EN 15643-5 mukaan. Uusiomaarakentamisen indikaattorimallissa huomioidaan elinkaaren vaiheet A1-A5 eli tuote- ja rakennusvaihe.

3.1 Materiaalitehokkuutta kuvaavat indikaattorit

Luonnonvarojen kulutusta ja materiaalitehokkuutta kuvaavia indikaattoreita varten tarvittavat lähtötiedot eli materiaalien määrät tonneina saadaan hankkeen materiaaliluettelosta. Tarvittaessa tehdään tarvittavat yksikkömuunnokset (esim. muunnokset tilavuudesta tonneiksi). Laskennoissa ja materiaalivalinnoissa on muistettava huomioida, että uusiomateriaalien tekninen soveltuvuus ja pitkäaikaiskestävyys on varmistettu.

Neitseellisillä luonnonvaroilla tarkoitetaan muiden kuin uusiomateriaalien käyttöä, eli hankkeen ulkopuolelta tuotavien kiviainesten, maa-ainesten ja muiden rakennusmateriaalien ja -tuotteiden määrää. Neitseellisten luonnonvarojen käyttö voidaan jakaa jalostettuihin kiviaineksiin (murskatut, seulotut ja luokitellut kiviainekset, kuten kalliomurske ja sepeli), jalostamattomiin kiviaineksiin

(esim. jalostamaton sora ja hiekka), muihin maa-aineksiin sekä muihin materiaaleihin ja -tuotteisiin (esim. asfaltti, suodatinkangas). Mikäli materiaalien jakaminen näihin alaryhmiin ei ole mahdollista, voidaan käyttää pelkkää neitseellisten luonnonvarojen kokonaismäärää.

Uusiomateriaali on yleistermi, jota käytetään tarkoitettaessa esimerkiksi varsinaisesta käytöstä poistunutta materiaalia, teollisessa prosessissa syntynyttä jätettä tai sivutuotetta, jotka sellaisenaan tai jalostettuna soveltuvat käytettäväksi maarakentamisessa. Uusiomateriaali -termiä ei sellaisenaan tunneta lainsäädännössä tai standardeissa. Tässä määritelmässä uusiomateriaaleiksi luokitellaan myös ylijäämämaat ja ruoppausmassat. Hankkeessa käytettyjen uusiomateriaalien määrä tonneina on yksi luonnonvarojen kulutusta kuvaava indikaattori. Hyödynnetyt uusiomateriaalit voidaan tarkemmin jaotella jäteperäisiin materiaaleihin, sivutuoteperäisiin materiaaleihin, kierrätystuotteisiin (esim. vaahtolasimurske), kierrätyskasvualustoihin ja hankkeen ulkopuolelta tuotuihin ylijäämämaihin. Hankkeen sisällä muodostuvien kaivumaiden hyödyntäminen otetaan huomioon indikaattorissa *kaivumaat*.

Indikaattorimallissa voidaan huomioida myös *uudelleenkäytettävät rakennustuotteet*. Näillä tarkoitetaan tarkasteltavassa hankkeessa käytettäviä rakennustuotteita, jotka ovat peräisin purkukohteista, esimerkiksi uudelleen käytettävät kiveykset.

Kaivumaita syntyy tyypillisesti paljon maarakennushankkeissa, eikä niitä aina pystytä hyödyntämään hankkeen sisällä. Kaivumaita, jota ei pystytä hyödyntämään rakennustoiminnassa ja jotka sijoitetaan maankaatopaikoille tai muille läjitysalueille, kutsutaan myös ylijäämämaiksi. Esimerkiksi routiva moreeni, savi ja siltti sekä pintamaat ja eloperäiset maalajit ovat maanrakentamisen kannalta heikkolaatuisia, mikä aiheuttaa niiden korvaamisen parempilaatuisilla kiviaineksilla. Ylijäämämaaongelmaa aiheuttavat lisäksi lievästi pilaantuneet maa-ainekset ja sedimentit. Ylijäämäkiviainesten laatuun voidaan vaikuttaa jalostamalla, mutta jalostusta varten tarvitaan usein erillisiä toiminta-alueita. Esimerkiksi murskaus, seulonta ja lajittelu ovat tyypillisiä ylijäämäkiviainesten jalostusmenetelmiä. Jos hankkeessa muodostuvia kaivumaita pystytään hyödyntämään hankkeen sisällä, vähenee tarve maamassojen kuljetuksille. Toisinaan kaivumaat voidaan saada hyötykäyttöön lähialueelle muihin hankkeisiin läjityksen sijaan.

Hankkeessa muodostuvien kaivumaiden määrä on yksi indikaattorimallissa tarkasteltava indikaattori. Lisäksi indikaattorimallissa huomioidaan muodostuvien kaivumaiden käyttö: päätyvätkö ne läjitykseen vai hyötykäyttöön sellaisenaan tai jalostettuna hankkeen sisällä tai muualla.

Materiaalien kokonaiskulutus -indikaattoriin lasketaan hankkeessa käytettyjen neitseellisten materiaalien, uusiomateriaalien ja ylijäämämaiden summa tonneina. Lisäksi voidaan laskea uusiomateriaalien osuus (%) materiaalien kokonaiskulutuksesta.

3.2 Kasvihuonekaasupäästöt

Kasvihuonekaasupäästöjen määrää käytetään indikaattorina kuvaamaan tarkasteltujen vaihtoehtojen rakentamisesta aiheutuvaa ilmastoa lämmittävää vaikutusta. Kasvihuonekaasupäästöjen yksikkönä käytetään hiilidioksidiekvivalenttia (CO₂ ekv.), joka kuvaa eri kasvihuonekaasujen ilmastoa lämmittävää vaikutusta muutettuna lämmityspotentialikertoimien avulla hiilidioksidin vastaavaksi vaikutukseksi ilmakehässä.

Uusiomaarakentamisen indikaattorimallissa kasvihuonekaasupäästöt tarkasteltaville vaihtoehdoille lasketaan olemassa olevaa päästölaskentaohjeistusta noudattaen. Infran kasvihuonekaasupäästöjen laskentaan ei Suomessa toistaiseksi ole omaa kansallista menetelmäohjeistusta. CEN/TC350 -standardipaketin kestävä rakentamisen standardeja sekä

ympäristöministeriön julkaisemaa Rakennuksen vähähiilisyiden arviointimenetelmää (YM, 2019) voidaan kuitenkin soveltaa myös infrarakentamisen kasvihuonekaasupäästöjen arviointiin. Infrarakentamisen päästölaskentaan on olemassa erilaisia valmiita ohjelmia tai se voidaan tehdä myös taulukkolaskentaohjelmalla.

Kasvihuonekaasupäästöjen laskennassa tulee huomioida materiaalien, kuljetusten sekä työmaatoimintojen kasvihuonekaasupäästöt. Myös tuloksissa kasvihuonekaasupäästöt jaotellaan materiaalien valmistuksesta aiheutuviin päästöihin, kuljetusten päästöihin ja työsuoritusten päästöihin eli työkoneiden käytöstä aiheutuviin päästöihin työmaalla.

Kasvihuonekaasujen laskennassa tulee käyttää luotettavista lähteistä peräisin olevia päästökertoimia. Materiaalien päästökertoimia on saatavissa esimerkiksi rakentamisen kansallisesta päästötietokannasta (CO2data.fi) ja materiaalien EPD-dokumenteista. Kuljetusvälineiden päästökertoimia on saatavilla VTT:n ylläpitämästä Lipasto-yksikköpäästötietokannasta (<http://lipasto.vtt.fi/>).

Uusiomateriaalien materiaalipäästöjen osalta kasvihuonekaasupäästöjen laskennassa tulee ottaa huomioon materiaalin käsittely/jalostus ennen hyötykäyttöä. Sellaista käsittelyä ja kuljetuksia, jotka tehtäisiin riippumatta materiaalin loppukäytöstä, ei tarvitse huomioida uusiomateriaalin päästölaskennassa (kuva 3).



Kuva 3 Esimerkki uusiomateriaalin elinkaaren vaiheiden huomioimisesta päästölaskennassa (Teittinen ym. 2020).

3.3 Kuljetukset

Maarakentamisessa materiaaleja kuljetetaan valmistajalta tai materiaalitoimittajalta työmaalle sekä kaivumaita tai muita hankkeessa syntyneitä maa- ja kiviaineksia läjitykseen tai hyötykäyttöön. Kuljetusten määrän indikaattorina indikaattorimallissa käytetään tonnikilometriä. Tonnikilometri kuvaa kuljetustyön määrää, joka saadaan kuljetetun tavaramäärän (tonnia) ja kuljetusmatkan pituuden (kilometriä) tulona.

Kuljetusten arvioinnissa käytetään tiedossa olevia kuljetusmatkoja tai niiden puuttuessa oletuksia kuljetusmatkojen pituudesta. Kuljetuksissa huomioidaan kaikki hankkeessa käytettävät tai muodostuvat maa- ja kiviainekset sekä muut merkittävät materiaalit.

Koska raskaan liikenteen negatiiviset vaikutukset ovat kaupunkialueilla suuremmat kuin maanteillä, kuljetukset voidaan jakaa maantie- ja katuajoon sen mukaan, kuinka suuri osa kuljetusmatkoista tapahtuu katualueella tai maanteillä.

3.4 Kustannukset

Uusiomaarakentamisen taloudellisia vaikutuksia kuvataan indikaattorimallissa tarkasteltavien vaihtoehtojen kokonaiskustannuksilla (€). Infrahankkeiden rakennuskustannusten laskemiseen on olemassa järjestelmiä, kuten FORE ja IHKU. Uusiomaarakentamisen kustannuksia arvioitaessa ja vertailtaessa on otettava huomioon, että esimerkiksi tehtäessä uusiomateriaaleilla pieniä koerakenteita, toteutuskustannukset saattavat olla suhteessa suuremmat kuin tehtäessä isompia rakennekokonaisuuksia. Kaikille uusiomateriaaleille ei välttämättä ole valmiina hintatietoja kustannuslaskentatietokannoissa. Tällöin tulee käyttää materiaalityömittajilta saatuja hintatietoja.

3.5 Tarkastelun tasot ja vaihtoehtojen vertailu

Uusiomaarakentamisen indikaattoritarkastelua on mahdollista tehdä eri tasoilla riippuen tarkastelun tavoitteista. Ylin tarkastelutaso on hanketason tarkastelu, jossa tarkastellaan koko uusiomaarakentamishankkeen vaikutuksia (esim. katuhanke). Tarkastelu hanketasolla on mielekästä esimerkiksi silloin, kun halutaan seurata koko hankkeen vaikutuksia ja mahdollisesti vertailla uusiomaarakentamista perinteiseen rakentamiseen.

Joissain tilanteissa voi hanketason tarkastelun sijaan olla mielekkäämpää tehdä indikaattoritarkastelua rakennetasolla (esim. pohjarakenteet tai päällyys- ja pintarakenteet). Tällä tasolla voidaan tehdä tarkastelua esimerkiksi tilanteessa, jossa indikaattoritarkastelun tavoitteena on vertailla keskenään tietyn rakenteen erilaisten toteutusvaihtoehtojen vaikutuksia.

Yksinkertaisin tarkastelun taso on indikaattoritarkastelu rakenneos- tai rakennekerrostasolla. Tällä tasolla tehtävä tarkastelu sopii tilanteeseen, jossa halutaan vertailla eri materiaalivaihtoehtoja tietyssä rakennekerroksessa.

Taulukko 7 Indikaattoritarkastelun tasot

Tarkastelutaso	Esimerkki
Hanke	Kevyen liikenteen väylä
Rakenne	Päällyys- ja pintarakenteet
Rakenneosa/kerros	Jakava kerros

Indikaattoritarkastelut tavoitteena on usein vertailla uusiomaarakentamista perinteiseen rakentamiseen. Vertailtavia toteutusvaihtoehtoja voi olla tarkastelussa useampia. Jos indikaattoritarkastelua tehdään hankkeen suunnitteluvaiheessa, tarkasteltavia vaihtoehtoja ovat mahdolliset toteutusvaihtoehdot. Jos tarkastellaan jälkikäteen jo toteutetun uusiomateriaalirakenteen vaikutuksia, täytyy vertailuvaihtoehto usein laatia erikseen. Tavanomaista rakentamista kuvaavassa vertailuvaihtoehdossa oletetaan kohde toteutettavan tyyppillisillä perinteisillä materiaaleilla.

4. PILOTTILASKENMAT

Indikaattorimallin käyttöä testattiin seuraavissa pilottikohteissa:

- Hiedanrannan kevyen liikenteen väylä, Tampere
- Sepänmäen meluvalli, Helsinki
- Kuninkaantammen koestabilointi, Helsinki
- Hopeakiven sataman laajentaminen, Kokkola

Seuraavissa kappaleissa esitellään pilottikohteiden indikaattoritarkastelun tuloksia. Pilottilaskennoista laadittiin myös erilliset, tarkemmat tulosraportit kunkin pilottilaskelman tilaajille.

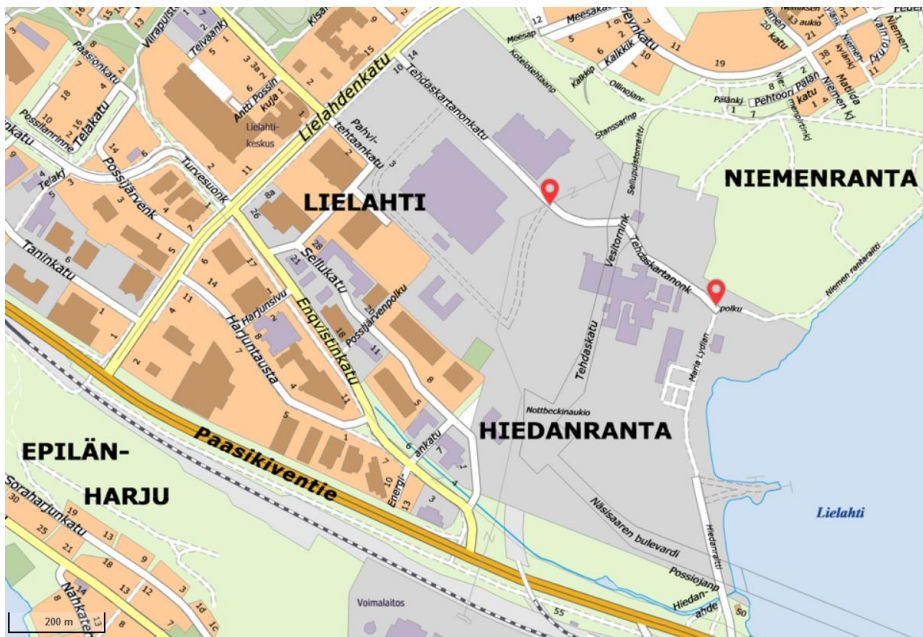
4.1 Hiedanrannan kevyen liikenteen väylä, Tampere

4.1.1 Kohteen ja indikaattorilaskennan kuvaus



Kuva 4 Hiedanrannan kevyen liikenteen väylän rakennustyöt käynnissä vuonna 2018. Kuva: Ilari Harju.

Hiedanrannan jalankulku- ja pyöräilyväylä sijaitsee Tampereen Lielahdessa noin 6 km etäisyydellä Tampereen keskustasta (kuva 5). Noin 500 metrin pituinen jalankulku- ja pyöräilyväylä sijoittuu vanhalle teollisuusalueelle. Hiedanrannan kevyen liikenteen väylä rakennettiin vuonna 2018. Kevyen liikenteen väylällä toteutettiin uusiomateriaalien pilotointia, jonka tavoitteena oli edistää uusiomaarakentamista Tampereen kaupungin hankkeissa ja tarkastella, millaisia kadun päällysrakenteita Tampereen seudun energiantuotannon polttoprosesseista muodostuvilla jätteillä on mahdollista toteuttaa, millaisia teknisiä ominaisuuksia rakenteilta saavutetaan, millaisia työtapoja ja logistisia järjestelyjä materiaalien käyttäminen edellyttää ja miten eri rakenteet käyttäytyvät seurantaajakson aikana.

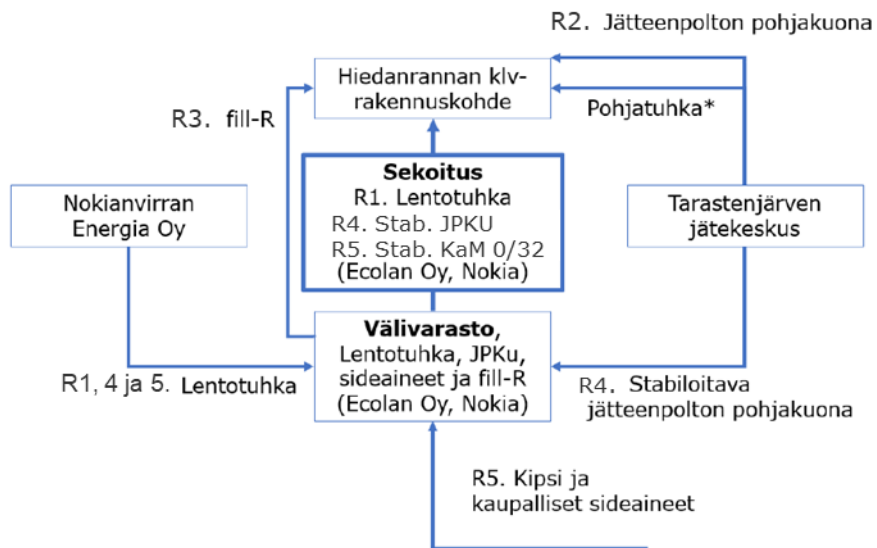


Kuva 5 Hiedanrannan kevyen liikenteen väylän sijoittuminen Tampereen Lielahden alueelle (Kartta: Tampereen karttapalvelu).

Koetoinnissa käytetyt uusiomateriaalit olivat pääasiassa Tampereen lähialueella muodostuvia uusiomateriaaleja. Rakenteissa 1,4, ja 5 käytetty lentotuhka oli peräisin Nokianvirran Energian voimalaitokselta (kuva 6). Jätteenpolton pohjakuona (stabiloitava kuona ja Scanwaskeinokiviaines) kuljetettiin Tarastenjärven jätekeskuksesta. Jätteenpolton pohjakuonaa (Scanwaskeinokiviaines) lukuun ottamatta uusiomateriaalit käsiteltiin Nokialla Ecolan Oy:n tuotantotiloissa, jossa ne sekoitettiin ja kostutettiin valmiiksi rakennemassoiksi ennen toimittamista rakennuskohteelle (kuva 7).



Kuva 6 Hiedanrannan koerakentamisessa käytettyjen uusiomateriaalien muodostumispaikat ja kuljetusetäisyydet sekoitusasemalle ja työmaalle (Harju, 2020).



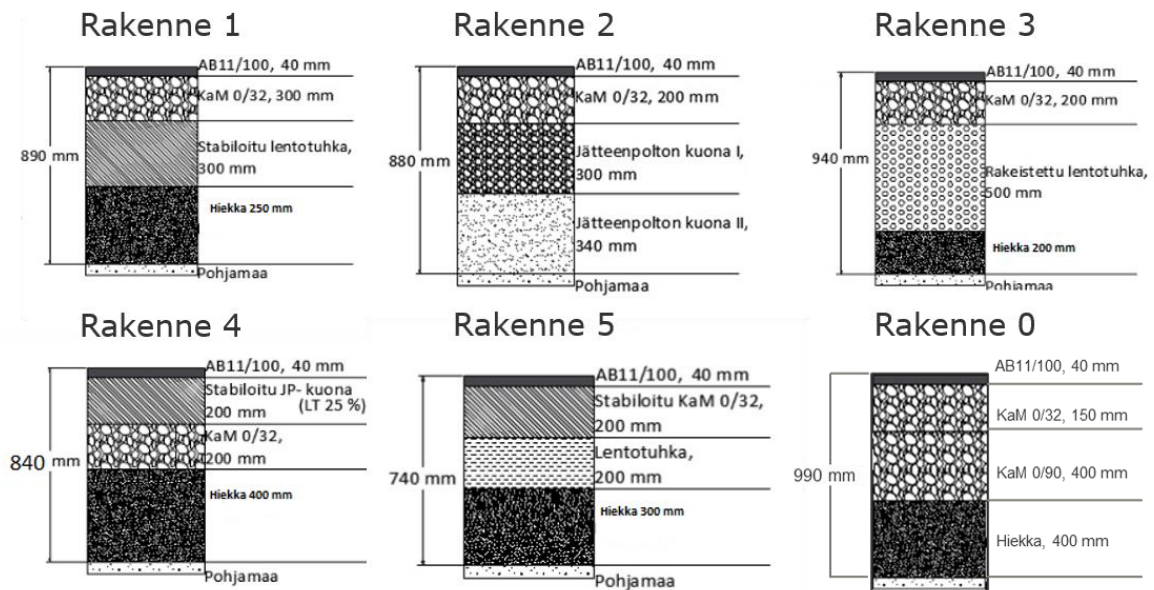
* Saatavuudesta johtuen, pohjatuhkaa ei käytetty päällysrakenteiden suodatinkerroksessa.

Kuva 7 Hiedanrannan koerakentamisessa käytettyjen uusiomateriaalien logistiikka ja käsittely.

Hiedanrannan kevyen liikenteen väylän koerakentamisessa pilotoitiin seuraavia rakennevaihtoehtoja (kuva 8):

- **Rakenne 1** Sidottu lentotuhka
 - Jakava kerros: 4/5 kostutettuna varastoitu tuhka, 1/5 kuivavarastoitu tuhka
- **Rakenne 2** Jätteenpolton pohjakuona
 - Jakava kerros: Scanwas 0/32®
 - Suodatinkerros: Scanwas 0/2®
- **Rakenne 3** Rakeistettu lentotuhka
 - Jakava kerros: fill-R 0/40®
- **Rakenne 4** Stabiloitu jätteenpolton pohjakuona
 - Kantava kerros: Stabiloitu jätteenpolton pohjakuona, lentotuhkaa 25 %
- **Rakenne 5** Stabiloitu kantava kerros
 - Jakava kerros: Stabiloitu lentotuhka (ks. rakenne 1)
 - Kantava kerros: Stab. KaM 0/32 + side- ja seosaineet
- **Rakenne 0** Luonnonkiviainesrakenne
 - Kantava kerros KaM 0/32
 - Jakava kerros KaM 0/90

Hiedanrannan uusiomaarakentaminen tehtiin koetoimintailmoituksella. Rakentamisessa käytetyistä uusiomateriaaleista määritettiin haitta-aineiden liukoisuus. Hiedanrannan klv:n koetoiminnan rakenne on päällystetty väylä, eivätkä MARA-asetuksen mukaiset raja-arvot ylity sen osalta.



Kuva 8 Hiedanrannan uusiomateriaalirakenteet

Hiedanrannan kohteessa tarkasteltavia indikaattoreita olivat erityisesti luonnonvarojen kulutusta ja materiaalitehokkuutta kuvaavat indikaattorit, rakentamisen kasvihuonekaasupäästöt, kuljetukset ja kustannukset. Laskennan lähtötietoina käytettiin Hiedanrannan kevyen liikenteen väylän toteutuneita määrätietoja. Perinteisten materiaalien kuljetusmatkaksi oletettiin 20 km, sillä tarkkoja kuljetusmatkoja ei ollut tiedossa. Kasvihuonekaasupäästöjen laskennassa käytettyjen päästökertoimien lähteet on esitetty taulukossa 8. Ecolanilla sekoitetut rakenteen 1 lentotuhka ja rakenteen 4 stabiloitava jätteenpolton kuona ajettiin Ecolanilla saman laitteiston läpi kuin rakeistettu lentotuhka Fill-R, joten näiden uusiomateriaalien päästökertoimena käytettiin samaa kerrointa kuin Fill-R:lle. Toisenlaisella sekoituskalustolla näiden uusiomateriaalien päästökerroin voisi mahdollisesti olla pienempi.

Taulukko 8 CO₂-päästökertoimien lähteet

	Lähde
Perinteiset materiaalit	CO2data.fi -tietokanta
Rakeistettu lentotuhka	Infra TR -päästölaskelma, Ecolan 2020
Jätteenpolton pohjakuona	Pohjakuonan maarakentamiskäytön CO ₂ -päästöt -selvitys, Ramboll 2019
Kuljetukset	VTT Lipasto-tietokanta
Työkoneet	Rapal Oy 2019: Päästölaskennan kehityshanke

Hiedanrannan koerakentamisen toteutuneet kustannukset eivät ole vertailukelpoisia tavanomaisten hankkeiden kustannusten kanssa, sillä osa materiaaleista saatiin ilmaiseksi ja koerakenteita toteutettiin lyhyissä pätkissä. Vastaavien rakenteiden todellisten kustannusten selvittämiseksi ja eri rakennevaihtoehtojen kustannusten luotettavamman kustannusvertailun mahdollistamiseksi tehtiin kustannuslaskenta, jossa arvioitiin kustannukset tilanteessa, jossa koko kevyen liikenteen väylä olisi toteutettu yhdellä materiaalilla markkinahinnoilla. Kustannuslaskennassa käytettyjä arvioita yksikköhinnoista selvitettiin uusiomateriaalien toimittajilta sekä FORE- ja IHKU-kustannustietokannoista. Perinteisen rakenteen hinnat vastaavat vuosina 2018 – 2021

kilpailutettujen Tampereen kaupungin katu- / klv-kohteiden kilpailutuksissa urakoitsijoiden tarjouksissaan antamien yksikköhintojen keskiarvoa.

Koska Hiedanrannan kevyen liikenteen väylällä pilotoidut rakenteet olivat keskenään eri pituisia, indikaattorilaskennan tulokset suhteutettiin neliometriä kohden (asfaltoidut neliöt, m²).

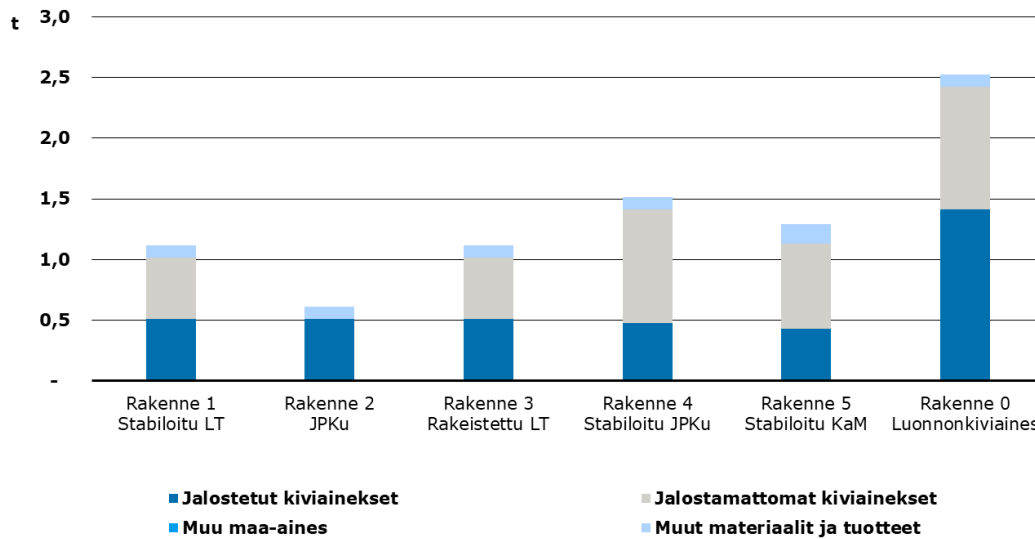
4.1.2 Tulokset

4.1.2.1 Luonnonvarojen kulutus ja materiaalitehokkuus

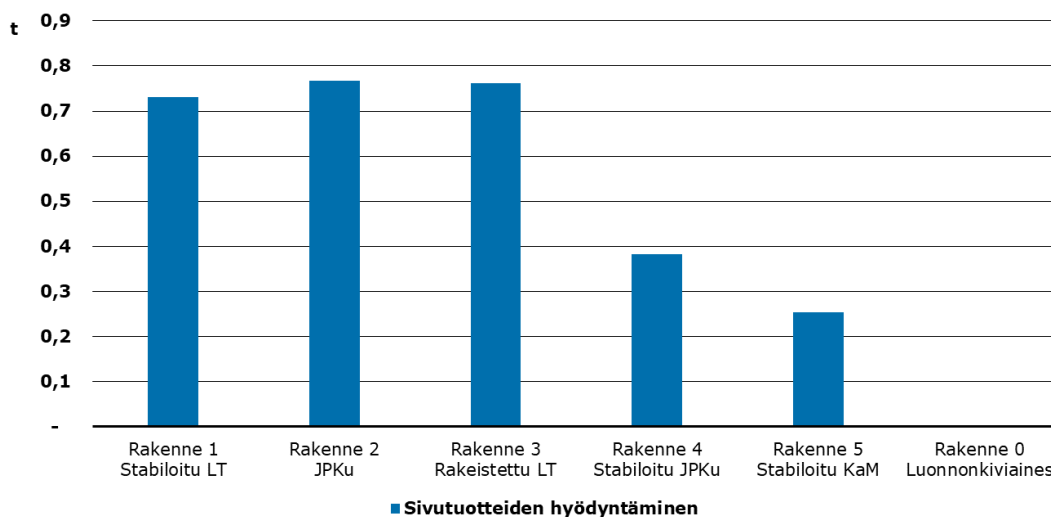
Luonnonvarojen kulutusta ja materiaalitehokkuutta kuvaavat indikaattorit on esitetty taulukossa 9 ja kuvaajissa 10 ja 11. Uusiomateriaalirakenteilla voitiin vähentää neitseellisten luonnonvarojen käyttöä 40 – 76 % luonnonkiviainesrakenteeseen verrattuna. Uusiomateriaalien osuus on suurin rakenteessa 2 jätteenpolton pohjakuona, jossa myös suodatinkerros tehtiin pohjakuonasta. Uusiomateriaaleilla voitiin ohentaa rakenteen paksuutta ja siten vähentää materiaalien kokonaiskulutusta luonnonkiviainesrakenteeseen (rakenne 0) verrattuna. Erot muodostuvien kaivumaiden määrässä johtuvat myös pääosin eroista rakenteiden paksuudessa.

Taulukko 9 Luonnonvarojen kulutusta ja materiaalitehokkuutta kuvaavat indikaattorit, tulokset neliometriä kohden.

	Yksikkö	Rakenne 1 Stabiloitu LT	Rakenne 2 JPKu	Rakenne 3 Rakeistettu LT	Rakenne 4 Stabiloitu JPKu	Rakenne 5 Stabiloitu KaM	Rakenne 0 Luonnon- kiviaines
Neitseellisten luonnonvarojen käyttö	t	1,1	0,6	1,1	1,5	1,3	2,5
Jalostetut kiviainekset	t	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	1,4
Jalostamattomat kiviainekset	t	0,5	0,0	0,5	0,9	0,7	1,0
Muut materiaalit ja tuotteet	t	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
Uusiomateriaalien käyttö	t	0,7	0,8	0,8	0,4	0,3	0,0
Sivutuotteiden hyödyntäminen	t	0,7	0,8	0,8	0,4	0,3	0,0
Kaivumaat	t	2,9	2,7	2,9	2,2	2,2	3,0
Materiaalien kokonaiskulutus	t	1,8	1,4	1,9	1,9	1,5	2,5
Uusiomateriaalien osuus materiaaleista	%	39 %	56 %	40 %	20 %	16 %	0 %



Kuva 9 Neitseellisten luonnonvarojen käyttö (t/m²) eri rakennevaihtoehdoissa



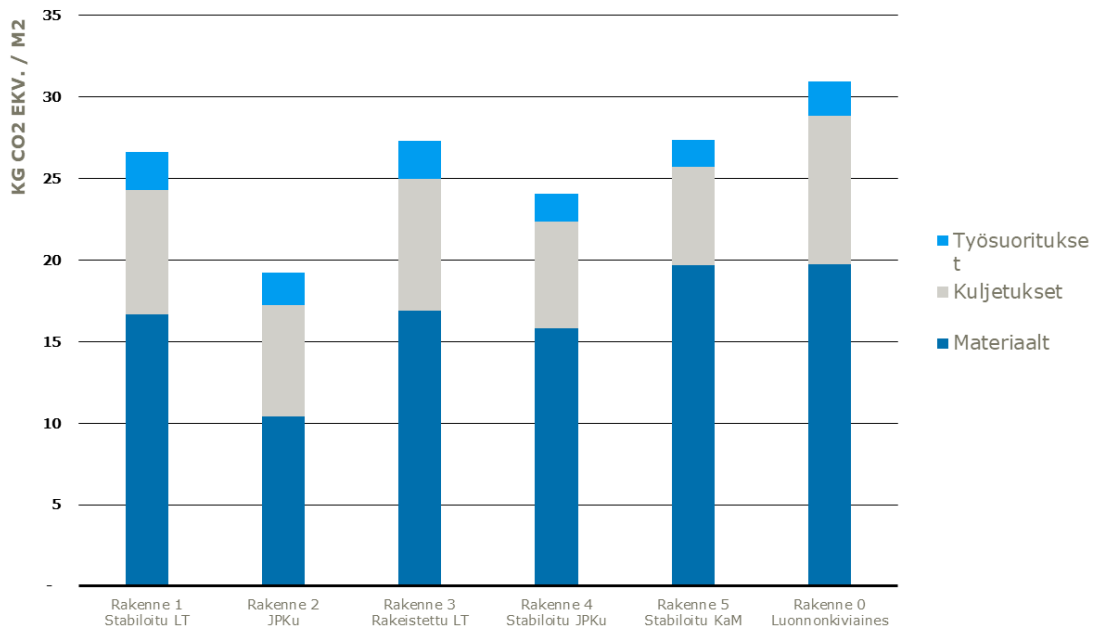
Kuva 10 Uusiomateriaalien hyödyntäminen (t/m²) eri rakennevaihtoehdoissa

4.1.2.2 Kasvihuonekaasupäästöt

Suurimmat erot eri rakennevaihtoehtojen CO₂-päästöissä aiheutuvat materiaalien valmistuksen päästöistä. Kasvihuonekaasupäästölaskennan tulokset on esitetty taulukossa 10 ja kuvassa 12. Rakenne 2 (jätteenpolton pohjakuona) on vähäpäästöisin, sillä on 38 % pienemmät päästöt verrattuna luonnonkiviainesrakenteeseen. Rakenteessa 2 myös suodatinkerros tehtiin pohjakuonasta, ja pohjakuonan päästökerroin on pienempi kuin hiekan. Muiden uusiomateriaalirakenteiden päästöt ovat 12-22 % pienemmät kuin luonnonkiviainesrakenteen päästöt.

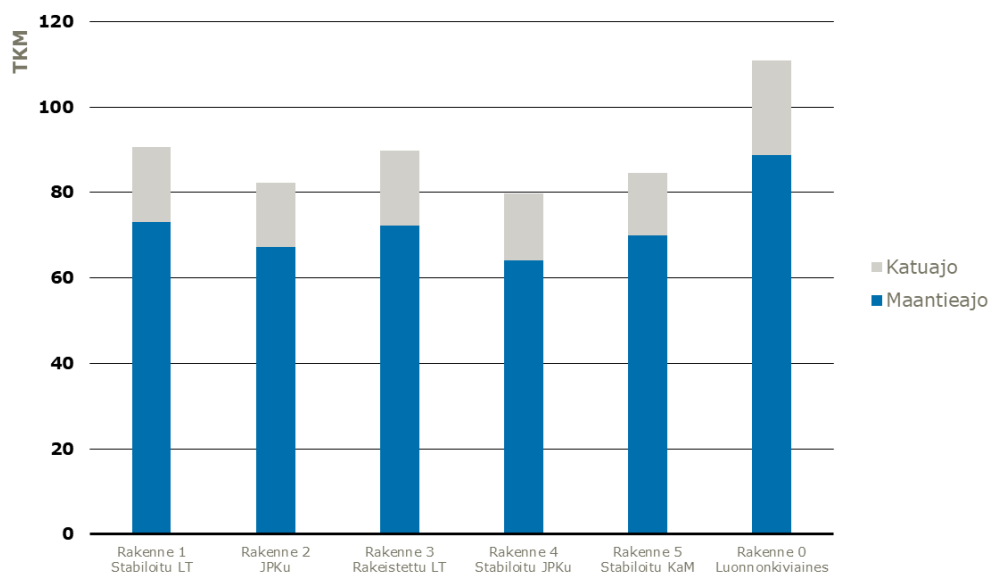
Taulukko 10 Kasvihuonekaasupäästöläskennan tulokset (t/m²) eri rakennevaihtoehdoissa

	Yksikkö	Rakenne 1 Stabiloitu LT	Rakenne 2 JPKu	Rakenne 3 Rakeistettu LT	Rakenne 4 Stabiloitu JPKu	Rakenne 5 Stabiloitu KaM	Rakenne 0 Luonnon- kiviaines
Kasvihuonekaasupäästöt yhteensä	CO₂-ekv.	26,6	19,2	27,3	24,1	27,4	30,9
Materiaalien päästöt	CO ₂ -ekv.	16,7	10,4	16,9	15,8	19,7	19,7
Kuljetusten päästöt	CO ₂ -ekv.	7,6	6,8	8,1	6,6	6,0	9,1
Työsuoritusten päästöt	CO ₂ -ekv.	2,4	2,0	2,3	1,7	1,7	2,1
Ero perinteiseen rakenteeseen (rakenne 0)		-14 %	-38 %	-12 %	-22 %	-12 %	0 %

Kuva 11 Rakentamisen kasvihuonekaasupäästöt (t/m²) eri rakennevaihtoehdoissa

4.1.2.3 Kuljetukset

Materiaalien kuljetusmatkoissa eri rakennevaihtoehdojen välillä ei ole suuria eroja (kuva 12 ja taulukko 11). Luonnonkiviainesrakenteessa (rakenne 0) käytetään suurin määrä materiaaleja, minkä vuoksi myös kuljetuksia tarvitaan eniten. Luonnonkiviainesten kuljetusmatkat perustuvat oletukseen (keskimääräinen kuljetusmatka kaupunkialueella noin 20 km) tarkkojen matkatietojen puuttuessa, joten tulokset eivät ole täysin vertailukelpoisia uusiomateriaalien kuljetuksiin, jotka laskettiin toteutuneiden kuljetusmatkojen perusteella.



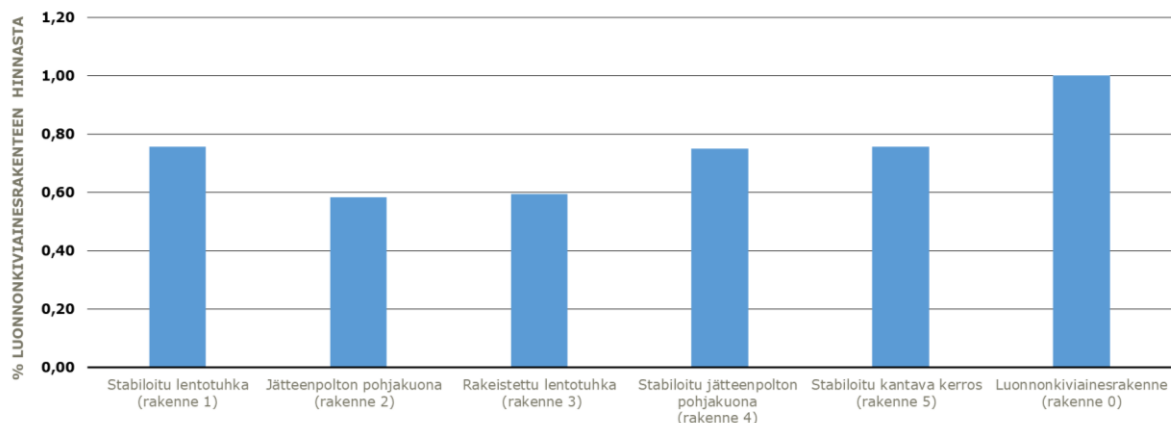
Kuva 12 Materiaalien kuljetukset eri rakennevaihtoehdoissa (tkm/m²).

Taulukko 11 Materiaalien kuljetukset eri rakennevaihtoehdoissa (tkm/m²).

Kuljetukset		tkm	90,6	82,2	89,8	79,8	84,5	110,9
Maantieajo	tkm		73,0	67,3	72,3	64,1	69,9	88,7
Katuajo	tkm		17,7	14,9	17,5	15,7	14,6	22,2

4.1.2.4 Kustannukset

Kustannuslaskennan perusteella Hiedanrannan kevyen liikenteen väylän uusiomateriaalirakennevaihtoehtojen kustannukset ovat 25-42 % edullisemmat luonnonkiviainesrakenteeseen verrattuna (kuva 13). Jätteenpolton pohjakuonarakenne (rakenne 2) ja rakeistettu lentotuhkarakenne (rakenne 3) ovat tarkastelluista rakennevaihtoehdoista edullisimmat, näiden rakennevaihtoehtojen hintaero luonnonkiviainesrakenteeseen verrattuna on noin -42 % ja -41 %.



Kuva 13 Uusiomateriaalirakennevaihtoehtojen kustannukset suhteessa luonnonkiviainesrakenteeseen.

Meluvallien rakentamisessa hyödynnetään tyypillisesti ylijäämämaita neitseellisten materiaalien sijaan, joten Sepänmäen meluvallin indikaattorilaskennassa vertailtiin toteutunutta meluvallia vaihtoehtoon, jossa meluvallissa ei olisi hyödynnetty yhtä monipuolisesti uusiomateriaaleja, vaan meluvalli olisi rakennettu ylijäämämaista (+ louhe ja multa kuten toteutuneessa vallissa). Tässä vaihtoehdossa otettiin huomioon se, että ilman hyötykäyttökohdetta Jätkäsaaren ruoppausmassat ja pilaristabiloidut savet olisi pitänyt kuljettaa läjitykseen Kotkaan Lassila & Tikanojan vastaanottopaikkaan, jonne kuljetusmatka on n. 130 km. Sepänmäen meluvallin toteutuneen vaihtoehdon ja vertailuvaihtoehdon massamäärät on esitetty taulukoissa 12 ja 13.

Taulukko 12 Massamäärät, toteutunut vaihtoehto

	m3itd	m3rtd	tonnia
Meluvallissa käytetyt uusiomateriaalit			
Stabiloitu ruoppausmassa	43 395	29 540	60 753
Stabiloitu savi	35 925	26 944	53 888
Betoni	12 795	8 957	20 000
Hiekoitushiekka	3 390	2 373	5 255
KA-Kaupunkimoreeni	315	221	536
Kaupunkimoreeni	2 205	1 544	3 749
Pintamaat	19 665	15732	29 498
Muut materiaalit			
Louhe	18 240	16 416	32 832
Multa ja komposti	7170	5 736	7 170
yhteensä	143 100	107 463	213 679

Taulukko 13 Massamäärät, vertailuvaihtoehto

	m3itd	m3rtd	tonnia
Meluvallissa käytetyt uusiomateriaalit			
Muualta tuodut ylijäämämaat	116 212	81 375	197 561
Pintamaat alueelta	4 920	3 936	7 380
Muut materiaalit			
Louhe	18 240	16 416	32 832
Multa ja komposti	7170	5 736	7 170
yhteensä	146 542	107 463	244 943
Kuljetus läjitykseen			
Stabiloitu ruoppausmassa	43 395	29 540	60 753
Stabiloitu savi	35 925	26 944	53 888

Indikaattorilaskennan lähtötietoina käytettiin Sepänmäen meluvallin toteutuneita massamääriä ja kuljetusmatkoja. Vertailuvaihtoehdossa vallin tilavuuden (m3rtd) oletettiin olevan sama kuin toteutuneessa vaihtoehdossa. Vertailuvaihtoehdossa vallissa käytettävien ylijäämämaiden kuljetusmatkaksi oletettiin 15 km. Kasvihuonekaasupäästöjen laskennassa laskettiin materiaalien valmistuksen, kuljetuksen ja työsuoritusten CO₂ekv. -päästöt. Päästökertoimina käytettiin

luotettavista lähteistä yleisesti saatavia päästökertoimia (esim. VTT:n Lipasto -tietokanta, Rakentamisen päästötietokanta). Materiaalien päästöissä huomioitiin ainoastaan neitseelliset materiaalit ja sellaiset uusiomateriaalit, joita käsitellään hyötykäyttöä varten (betonimurske). Muut uusiomateriaalit ja ylijäämämaat laskettiin nollapäästöisinä. Kuljetuspäästöjen laskennassa oletuksena oli kuljetus maansiirtoautolla, täysi kuorma mennessä, tyhjä kuorma paluumatkalla. Kuormien määrät toteutuneen kuormakirjanpidon mukaan. Työsuoritusten (vallin rakentaminen) oletettiin olevan samat molemmissa vaihtoehdoissa.

Myös vertailuvaihtoehdossa oletettiin, että Jätkäsaaren ruoppausmassat ovat stabiloituja. Ruoppausmassojen stabiloinnin päästöt laskettiin, mutta niitä ei sisällytetty vallin rakentamisen päästöihin, koska stabilointia ei tehdä meluvallin rakentamisen takia vaan se voidaan allokoida ruoppaustoiminnalle.

Sepänmäen meluvallin indikaattorilaskentaan ei sisällytetty kustannuslaskentaa, koska kyseessä on jo toteutettu kohde, ja kustannustietojen saaminen jälkikäteen olisi ollut vaikeaa.

4.2.2 Tulokset

4.2.2.1 Luonnonvarojen kulutus ja materiaalitehokkuus

Sepänmäen meluvallin molemmissa tarkastelluissa vaihtoehdoissa (toteutunut / vertailu) käytetään pääasiassa uusiomateriaaleja, kuten ylijäämämaita ja jäteperäisiä materiaaleja (taulukko 14). Toteutuneessa vaihtoehdossa käytetään kevyempiä materiaaleja (kuten ruoppausmassat), joten materiaalien kokonaiskulutus (tonnia) ja uusiomateriaalien suhteellinen osuus jää hieman vertailuvaihtoehtoa pienemmäksi. Toteutuneessa vaihtoehdossa saatiin kuitenkin hyötykäyttöön sellaisia materiaaleja, jotka päättyisivät muuten läjitykseen.

Taulukko 14 Luonnonvarojen kulutusta ja materiaalitehokkuutta kuvaavat indikaattorit Sepänmäen meluvallin toteutuneessa vaihtoehdossa ja vertailuvaihtoehdossa.

Indikaattori	Yksikkö	Toteutunut	Vertailu	Kommentti
Neitseellisten luonnonvarojen käyttö	t	40 002	40 002	
Jalostetut kiviainekset	t	32 832	32 832	Louhe
Jalostamattomat kiviainekset	t	-	-	
Muu maa-aines	t	7 170	7 170	Multa ja komposti
Muut materiaalit ja tuotteet	t	-	-	
Uusiomateriaalien käyttö	t	166 297	197 561	
Jätteiden hyödyntäminen	t	25 255	-	Betoni, hiekoitushiekka
Sivutuotteiden hyödyntäminen	t	-	-	
Hankkeen ulkopuolelta tuodut ylijäämämaat	t	141 042	197 561	Sedimentti, savi, kaupunkimoreeni, pintamaat
Kierrätystuotteet	t	-	-	
Kierrätyskasvualustat	t	-	-	
Hankkeessa muodostuvat kaivumaat	t	7 380	7 380	
Läjitykseen	t	-	-	
Hyötykäyttöön sellaisenaan hankkeen sisällä	t	7 380	7 380	Pintamaat alueelta
Hyötykäyttöön jalostettuna hankkeen sisällä	t	-	-	

Hyötykäyttöön sellaisenaan muualla	t	-	-
Hyötykäyttöön jalostettuna muualla	t	-	-
Materiaalien kokonaiskulutus	t	213 679	244 943
Uusiomateriaalien osuus	%	78	81

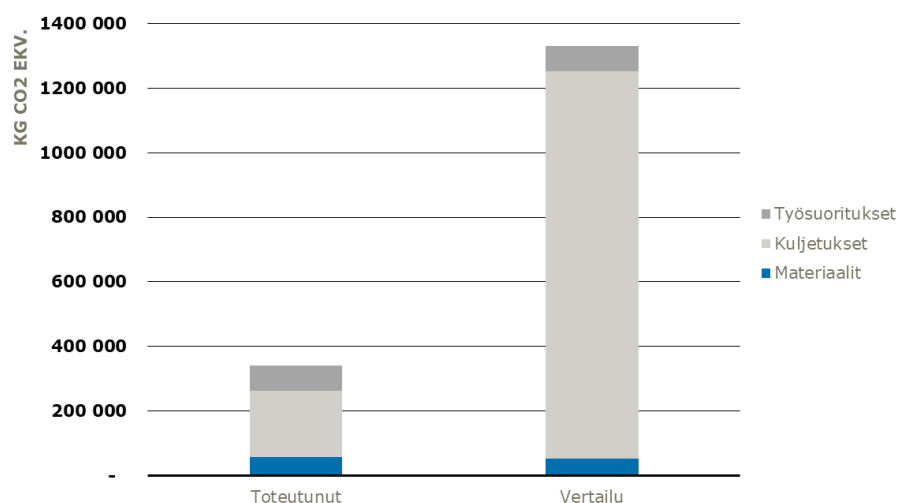
4.2.2.2 Kasvihuonekaasupäästöt

Sepänmäen toteutuneen meluvallin rakentamisen aiheuttamat päästöt olivat noin 340 000 kg CO₂ ekv. (taulukko 15 ja kuva 15). Vertailuvaihtoehdossa ruoppausmassojen ja stabiloitujen savien kuljetus läjitykseen aiheuttaa noin 1 milj. kg CO₂-ekv. suuremmat kuljetuspäästöt toteutuneeseen vaihtoehtoon verrattuna. Jätkäsaaren ruoppausmassojen stabiloinnista aiheutui noin 780 000 kg CO₂-ekv. päästöjä. Näitä päästöjä ei kuitenkaan sisällytetty meluvallin rakentamisen päästöihin, sillä nämä päästöt voidaan allokoita ruoppaustoiminnalle. Jos ruoppausmassojen stabilointi sisällytettäisiin meluvallin rakentamisen päästöihin, toteutuneen meluvallin kokonaispäästöt olisivat noin 1 121 000 kg CO₂ekv. Vaikka sedimenttien stabilointi sisällytettäisiin meluvallin rakentamisen päästöihin toteutuneessa vaihtoehdossa, päästöt jäisivät silti hieman pienemmäksi kuin ruoppausmassojen ja stabiloitujen savien kuljetus läjitykseen.

Taulukko 15 Sepänmäen meluvallin kasvihuonekaasupäästöt ja kuljetusten määrä toteutuneessa ja vertailuvaihtoehdossa.

Indikaattori	Yksikkö	Toteutunut	Vertailu
Kasvihuonekaasupäästöt	CO₂-ekv.	341 002	1 331 247
Materiaalien päästöt	CO ₂ -ekv.	57 033	52 833
Kuljetuspäästöt	CO ₂ -ekv.	205 163	1 199 608
Työsuoritusten päästöt	CO ₂ -ekv.	78 806	78 806

Indikaattori	Yksikkö	Toteutunut	Vertailu
Kuljetusten määrä	tkm	3 098 998	17 785 127
Maantieajo	tkm	2 479 198	14 228 102
Kaupunkiajo	tkm	619 800	3 557 025



Kuva 15 Sepänmäen meluvallin kasvihuonekaasupäästöt toteutuneessa ja vertailuvaihtoehdossa.

4.2.3 Yhteenveto

Sepänmäen meluvallissa saatiin hyötykäyttöön sellaisia materiaaleja, jotka olisivat muuten päätyneet jätteenä läjitykseen, kuten Jätkäsaaren ruoppausmassat. Mikäli ruoppausmassoja ei olisi hyödynnetty vallissa, niitä ei välttämättä olisi stabiloitu. Tällöin niiden läjitystä varten olisi tarvittu uusia kaatopaikkarakenteita ja kuljetus olisi pitänyt tehdä säiliöautolla. Kaatopaikkasijoitus ja kuljetukset olisivat aiheuttaneet myös merkittäviä kustannuksia vertailuvaihtoehdossa.

Ruoppausmassojen stabiloinnista aiheutuvat päästöt ovat yli kaksinkertaiset Sepänmäen meluvallin rakentamisen muihin päästöihin verrattuna. Stabiloinnin päästöjä kuitenkin saatiin pienennettyä uusiosideaineiden käytöllä. Jätkäsaaren ruoppausmassojen stabiloinnissa käytettiin sideainetta (sementti+tuhka) ”varman päälle”, joten saavutetut lujuudet olivat selvästi tarvittua suuremmat. Pienempikin sideainemäärä olisi riittänyt, jolloin myös stabiloinnin päästöt olisivat toteutunutta pienemmät. Esimerkiksi sementin määrän vähentäminen 50 %:lla lähestulkoon puolittaisi stabiloinnin päästöt.

4.3 Kuninkaantammi, Lammenrannan syvästabilointi

4.3.1 Kohteen ja indikaattorilaskennan kuvaus

Kuninkaantammi on uusi asuinalue Kaarelan kaupunginosassa Luoteis-Helsingissä (kuva 16). Kuninkaantammen alueen suunnittelussa painotetaan ekologisia ratkaisuja ja tavoitteena on rakentaa ilmastoviisas kaupunginosa. Kuninkaantammen Vedenkierto-kadulla toteutettiin toukokuussa 2020 koestabilointi uusiosideaineilla. Vedenkierto on uusi, rakentuva katualue pääosin aiemmin rakentamattomalle alueelle.

Kuninkaantammen koestabilointiin osallistui kolme sideainetoimittajaa yhteensä kuudella sideainereseptillä (taulukko 16). Uusiomateriaaliselvityksen (Pahkakangas, 2019) mukaan Vedenkierto-kadulla muiden uusiomateriaalien hyödyntäminen on mahdollista katurakenteen tukikerroksessa sekä putki-, kaapeli- ja johtokaivantojen lopputäytöissä.



Kuva 16 Vedenkierto-kadun sijainti Kuninkaantammessa

Taulukko 16 Koestabilointiin osallistuneet sideainetoimittajat ja -reseptit

Sideainetoimittaja	Sideaine	Sideaineen koostumus	Osuus sideaineseoksessa [%]
Nordkalk Oy	Terra GTC	Sammutettu kalkki	33
		Kipsi	33
		Plussementti	33
	Terra Green	Kalkkiuunin sähkösuodinpöly	50
		Plussementti	50
	Terra POZ	Kalkkiuunin sähkösuodin pöly	33
Poltettu, jauhettu kalkki		33	
Plussementti		33	
Ecolan Oy	Stabi80	Tuhkasekoitus	80
		Rapid-sementti	20
UPM-Kymmene Oyj	LT Kaipola	Lentotuhka	70
		Plussementti	30
	LT Jämsänkoski	Lentotuhka	70
		Plussementti	30

Indikaattorilaskennassa tarkasteltiin Vedenkierto-kadun rakentamista vaihtoehdossa, joissa koko kadun alapuolinen savikerros stabiloitaisiin yhdellä sideaineella.

Vedenkierto-kadun maa-, pohja- ja kalliorakenteiden osalta tarkasteltiin siis seuraavia pilaristabiloinnin sideainevaihtoehtoja ja -määriä:

1. Nordkalk Terra GTC - 90 kg/m³
2. Nordkalk Terra Green - 120 kg/m³
3. Nordkalk Terra POZ - 80 kg/m³
4. Ecolan Infrastabi 80 - 80 kg/m³
5. UPM lentotuhka + plussementti (LT JAM + CEM II 7:3) - 120 kg/m³

6. Kalkkisementti (esim. Nordkalk Terra KC 30) 3:7 – 80 kg/m³

Muut maa-, pohja- ja kalliorakenteet laskettiin rakennussuunnitelman mukaisesti. Kalkkisementin päästöt laskettiin suomalaisen CeM II:n ja kalkin päästökertoimilla, joten lasketut päästöt eivät päde ulkomaiselle kalkkisementille.

Lisäksi indikaattoritarkastelussa tarkasteltiin, millaisia vaikutuksia olisi betonimurskeen käytöllä kalliomurskeen korvaajana Vedenkierto-kadun jakavassa kerroksessa. Tarkasteltavien sideaineiden määrät valittiin koestabiloinnin tulosten perusteella (pl. vertailuvaihtoehto kalkkisementti, jota ei käytetty koestabiloinnissa). Päälyys- ja pintarakenteiden osalta tarkasteltavat vaihtoehdot olivat siis seuraavat:

- **Perinteinen vaihtoehto:** Rakennekerrokset perinteisistä materiaaleista RS-suunnitelman mukaisesti (Jakava kerros (3 882 m³rtr) kalliomurskeesta (KaM 0/-90))
- **BeM-vaihtoehto:** Jakava kerros (3 882 m³rtr) betonimurskeesta (BeM 0/-90), muut rakennekerrokset RS-suunnitelman mukaisesti

Indikaattorilaskennan lähtötietoina käytettiin RS-suunnitelman mukaisia massamääriä ja kuljetusmatkoja. Pilaristabiloinnin osalta vertailtiin edellä mainittuja sideainereseppejä ja -määriä oletuksella, että koko stabilointi tehdään yhdellä sideaineella (pilarimäärä 58 589 mtr). Sideaineiden kuljetusmatkoina käytettiin koestabiloinnissa toteutuneita kuljetusmatkoja ja sideaineiden päästökertoimina valmistajien ilmoittamia päästökertoimia (Nguyen, 2021). Kasvihuonekaasupäästöjen laskennassa laskettiin materiaalien valmistuksen, kuljetuksen ja työsuoritusten CO₂ekv.-päästöt. Päästökertoimina käytettiin luotettavista lähteistä yleisesti saatavia päästökertoimia (esim. VTT:n Lipasto -tietokanta, Rakentamisen päästötietokanta).

4.3.2 Tulokset

4.3.2.1 Luonnonvarojen kulutus ja materiaalitehokkuus

Vedenkierto-kadun luonnonvarojen kulutusta ja materiaalitehokkuutta kuvaavat indikaattorit on esitetty taulukossa 17. Vedenkierto-kadun maa- ja pohjarakenteiden materiaalien kokonaiskulutus on noin 31 000 t, josta uusiomateriaalien osuus sideainevaihtoehdosta riippuen 0-6 %. Uusiomateriaalien osuus on suurin sideainevaihtoehdolla VE5 UPM lentotuhka + plussementti. Vedenkierto-kadun päälyys- ja pintarakenteiden materiaalien kokonaiskulutus on puolestaan perinteisessä vaihtoehdossa noin 14 000 t. Jos jakavan kerroksen kalliomurske korvataan betonimurskeella, päälyysrakenteissa uusiomateriaalien osuus on 66 %.

Taulukko 17 Vedenkierto-kadun luonnonvarojen kulutusta ja materiaalitehokkuutta kuvaavat indikaattorit

1000 MAA-, POHJA- JA KALLIORAKENTEET		VE1	VE2	VE3	VE4	VE5	VE6
Indikaattori	Yksikkö	Terra GTC 90 kg/m3	Terra Green 120 kg/m3	Terra POZ 80 kg/m3	Stabi 80 80 kg/m3	LT Kaipola 120 kg/m3	Kalkki- sementti 80 kg/m3
Neitseellisten luonnonvarojen käyttö	t	30 438	30 438	30 287	29 446	29 897	30 889
Jalostetut kiviainekset	t	23 905	23 905	23 905	23 905	23 905	23 905
Jalostamattomat kiviainekset	t	2 705	2 705	2 705	2 705	2 705	2 705
Muu maa-aines	t	2 474	2 474	2 474	2 474	2 474	2 474
Muut materiaalit ja tuotteet	t	1 354	1 354	1 204	362	813	1 805
Uusiomateriaalien käyttö	t	676	1 353	601	1 443	1 894	-
Sivutuotteet	t	676	1 353	601	1 443	1 894	-
Muodostuvat kaivumaat	t	38 337	38 337	38 337	38 337	38 337	38 337
Materiaalien kokonaiskulutus	t	31 114	31 791	30 889	30 889	31 791	30 889
Uusiomateriaalien osuus	%	2 %	4 %	2 %	5 %	6 %	0 %

2000 PÄÄLLYS- JA PINTARAKENTEET		Yksikkö	Perinteinen	BeM
Neitseellisten luonnonvarojen käyttö	t		14 196	2 887
Jalostetut kiviainekset	t		10 709	2 887
Jalostamattomat kiviainekset	t		-	-
Muu maa-aines	t		-	-
Muut materiaalit ja tuotteet	t		3 487	3 487
Uusiomateriaalien käyttö	t		-	5 603
Jätteiden hyödyntäminen	t		-	5 603
Materiaalien kokonaiskulutus	t		14 196	8 490
Uusiomateriaalien osuus	%		0 %	66 %

4.3.2.2 Kasviuonekaasupäästöt

Vedenkierto-kadun rakentamisen kasviuonekaasupäästöt on esitetty taulukossa 18. Pilaristabilointi on Vedenkierto-kadun rakentamisen merkittävin päästölähde: kalkkisementtivaihtoehdossa pilaristabilointi aiheuttaa 73 % maa- ja pohjarakenteiden päästöistä ja 63 % hankkeen kokonaispäästöistä. Maa- ja pohjarakenteiden päästöt ilman pilaristabilointia ovat 530 000 kg CO₂ekv. kaikissa vaihtoehdoissa.

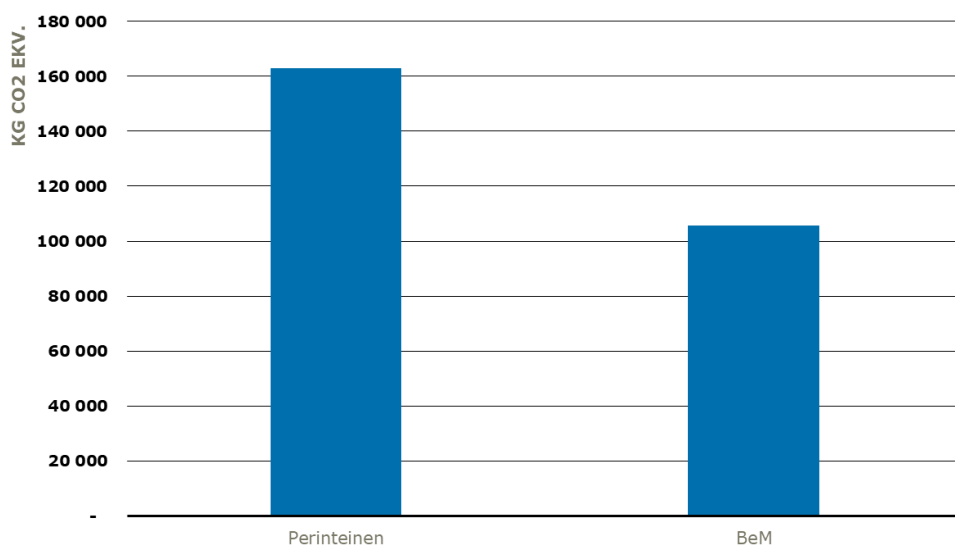
Sideainevaihtoehdoista Ecolan Infrastabi 80 - 80 kg/m³ on kasviuonekaasupäästöjen kannalta vähäpäästöisin vaihtoehto (n. 1 100 000 kg CO₂ekv. eli 56 % pienemmät päästöt kalkkisementtivaihtoehtoon verrattuna). Muilla sideaineilla pohjarakenteiden CO₂-päästöt ovat 14-46 % pienemmät kalkkisementtivaihtoehtoon verrattuna.

Taulukko 18 Vedenkierto-kadun rakentamisen kasvihuonekaasupäästöt

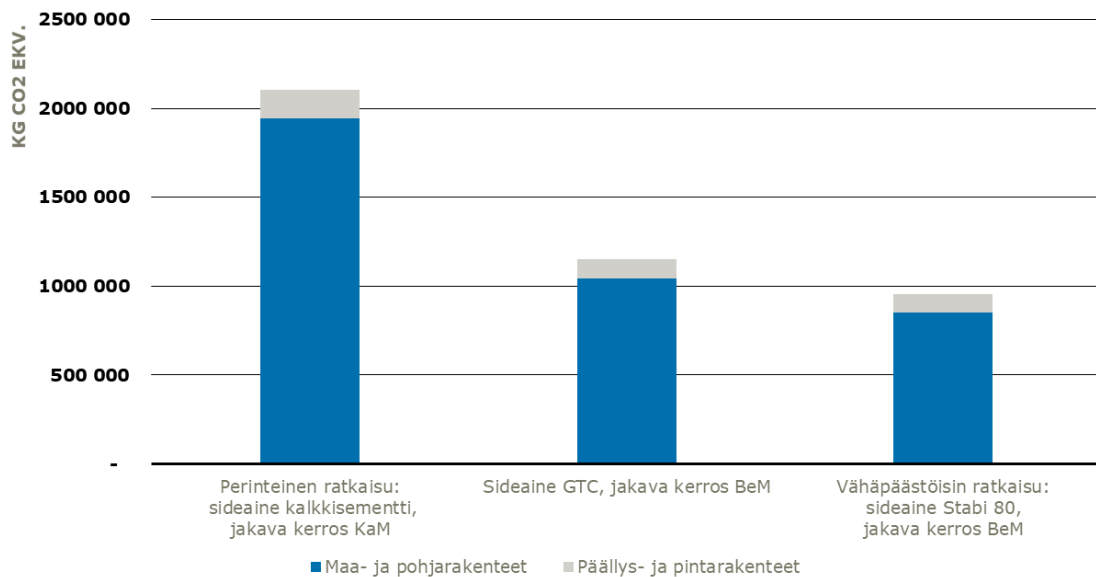
Indikaattori	Yksikkö	Terra GTC	Terra Green	Terra POZ	Stabi 80	LT Kaipola	Kalkki-sementti
Kasvihuonekaasupäästöt							
Maa-, pohja- ja kalliorakenteet CO2-ekv.		1 044 019	1 408 242	1 670 384	851 767	1 091 275	1 944 395
Materiaalien päästöt CO2-ekv.		809 984	1 171 874	1 437 035	605 476	830 953	1 700 735
Kuljetuspäästöt CO2-ekv.		166 864	169 197	166 178	179 120	193 151	176 490
Työsuoritusten päästöt CO2-ekv.		67 171	67 171	67 171	67 171	67 171	67 171
Päästövähennys suuripäästöisimpään verrattuna		-46 %	-28 %	-14 %	-56 %	-44 %	0 %

Kasvihuonekaasupäästöt		Perinteinen	BeM
Päällys- ja pintarakenteet	CO2-ekv.	162 917	105 668
Materiaalien päästöt	CO2-ekv.	127 225	73 648
Kuljetuspäästöt	CO2-ekv.	24 069	20 397
Työsuoritusten päästöt	CO2-ekv.	11 623	11 623

Vedenkierto-kadun päällys- ja pintarakenteiden päästöistä jakava kerros muodostaa perinteisessä vaihtoehdossa 42 % (3 % hankkeen kokonaispäästöistä). Jos jakavan kerroksen KaM korvataan betonimurskeella, Vedenkierto-kadun päällys- ja pintarakenteiden kasvihuonekaasupäästöt pienenevät 57 000 kg CO2 ekv. eli noin 35 % (kuva 17).

**Kuva 17 Vedenkierto-kadun päällys- ja pintarakenteiden kasvihuonekaasupäästöt.**

Sideainevalinnalla ja jakavan kerroksen materiaalivalinnalla voidaan vähentää Vedenkierto-kadun kokonaispäästöjä yhteensä jopa 1 150 000 kg CO2 ekv., eli noin 55 % verrattuna perinteiseen ratkaisuun (kuva 18). Vaihtoehto, jossa sideaineena on Terra GTC (toteutunut) ja jakavassa kerroksessa materiaalina BeM, päästövähennys on 45 % perinteiseen ratkaisuun verrattuna.



Kuva 18 Vedenkierto-kadun kokonaispäästöt

4.3.2.3 Kuljetukset

Koestabiloinnissa pilotoiduista sideaineista Terra-sideaineilla on muita sideaineita lyhyemmät kuljetusmatkat (taulukko 19). Eniten Vedenkierto-kadun rakentamisessa kuljetustarvetta aiheuttavat kuitenkin kaivumaat ja kiviainekset, joten näiden materiaalien kuljetusmatkojen minimoimisella voidaan tehokkaimmin vähentää kuljetustarvetta.

Taulukko 19 Materiaalien kuljetukset (tkm)

Maa-, pohja- ja kalliorakenteet		Terra GTC	Terra Green	Terra POZ	Stabi 80	LT Kaipola	Kalkki-sementti
Sideaineen kuljetusmatka	km	60	60	60	183	220	200
Sideaineen kuljetukset	tkm	121 758	162 343	108 229	330 098	579 025	285 003
Kaikki kuljetukset	tkm	2 142 491	2 183 076	2 128 962	2 350 831	2 599 758	2 305 736
Päällys- ja pintarakenteet		Perinteinen	BeM				
Kuljetukset	tkm	354 905	299 426				

4.3.3 Yhteenveto

Pilaristabiloinnin sideaineiden osuus katuhankkeen materiaalien kokonaismäärästä on melko pieni, mutta stabiloinnin osuus katuhankkeen kokonaispäästöihin on suuri, joten uusiosideaineiden käytöllä voidaan vaikuttaa erityisesti CO₂-päästöihin. Sideainevalinnalla ja jakavan kerroksen materiaalivalinnalla voidaan vähentää Vedenkierto-kadun kokonaispäästöjä yhteensä jopa 1 150 000 kg CO₂ekv., eli noin 55 % verrattuna perinteiseen ratkaisuun. Neitseellisten luonnonvarojen kulutusta voidaan tehokkaammin vähentää korvaamalla rakennekerrosten kiviaineksia uusiomateriaaleilla, kuten tässä esimerkissä jakavan kerroksen kalliomurske betonimurskeella. Vedenkierto-katuhankkeessa eniten kuljetuksia syntyy kaivumaiden ja kiviainesten kuljetuksista, joten näiden materiaalien kuljetusmatkojen minimoimisella voidaan tehokkaimmin vähentää kuljetustarvetta.

4.4 Kokkolan satama, Hopeakiven sataman laajentaminen

4.4.1 Kohteen ja indikaattorilaskennan kuvaus

Kokkolan satama on Suomen kolmanneksi suurin yleissatama ja Suomen suurin bulkkisatama. Suurimmat bulkkierät ovat kaivannaisteollisuuden rikasteita. Satama sijaitsee noin 7 km kaupungin keskusta Kokkolan suurteollisuusalueella, joka on Pohjois-Euroopan suurin epäorgaanisen kemian keskittymä. Alueella toimii yli 60 yritystä, jotka työllistävät yli 2000 työntekijää. Kokkolan satama on jakautunut kolmeen toiminnalliseen alueeseen: Kantasatamaan, Hopeakiven satamaan ja Syväsatamaan (kuva 19).

Hopeakiven alue on siirtynyt Kokkolan sataman omistukseen vuonna 2007, minkä jälkeen Kokkolan satama on alkanut kehittää aluetta voimakkaasti tavoitteenaan kehittää Hopeakiven satama toiseksi syväsatamaksi. Hopeakiven satamassa on toistaiseksi 2 laituripaikkaa, mutta ei lainkaan varastoja. Hopeakiven sataman pääasiallisia käsiteltäviä materiaaliveitoja ovat kiinteät bulkkituotteet kuten kalkkikivi, kalisuola, kaliumsulfaatti ja monokalsiumfosfaatti.



Kuva 19 Kokkolan sataman toiminnalliset alueet

Kokkolan Satama hyödyntää Hopeakiven satamaosan vesiluvan I mukaisen alueen täyttämässä ja kentän päällysrakenteissa jätteitä. Hyödynnettäviä jätejakeita ovat ympäristöluvan (Dnro LSSAVI/54/04.08/2013, Nro 181/2016/1) sekä siihen saadun muutoksen (LSSAVI/6017/2018) mukaisesti ruoppausmassat, stabiloidut ruoppausmassat, maalta käsin tuotavat puhtaat ylijäämämaat, sivukivet, betoni-, tiili- ja asfalttijäte, voimalaitostuhkat, pilaantuneet maa-ainekset sekä Keliberin tuotannossa syntyvä analsiimihiekka ja rikkiäinen kiviaines. Kokkolan Satama hakee edellä mainitun toiminnan laajentamiseksi uutta ympäristöluvaa Hopeakiven nk. laajennusalueelle II. Toiminnan laajentaminen uudelle alueelle on tarpeen erityisesti analsiimihiekan hyötykäyttötilavuuden lisäämiseksi. Haettavassa jätejakeiden hyödyntämistoiminnassa tulotisiin hyödyntämään seuraavia materiaaleja:

- ruoppausmassoja (17 05 06),
- vaarallisia aineita sisältäviä ruoppausmassoja (17 05 05*),
- ruoppausmassoja, jotka sisältävät haitta-aineita (17 05 06),
- betonijätettä (17 01 01),
- tiilijätettä (17 01 02),
- asfalttijätettä (17 03 02),

- kotimaisia voimalaitostukhia (10 01 01, 10 01 02, 10 01 03, 10 01 15, 10 01 17),
- pilaantuneita maita (17 05 04),
- ylijäämämaita ja sivukiviä (17 05 04),
- sivukiviä, jotka kuuluvat jäteluokkaan 01 01 02 sekä
- teollisuusprosessin sivuvirtana syntyvää analsiimihiekkaa (06 03 99).

Näiden lisäksi alueen pengerrakenteissa hyödynnetään kiisupitoista kiilleliusketta vesiluvan LSSAVI/6009/2018 mukaisesti.

Indikaattorilaskennan tavoitteena oli arvioida, millaisia ympäristö- ja kustannusvaikutuksia Hopeakiven sataman laajentamisella uusiomateriaaleja hyödyntäen on verrattuna sataman laajentamiseen pelkillä ylijäämämailla ja ruoppausmassoilla tai perinteisillä kiviaineksilla.

Indikaattorilaskennassa vertailtiin Hopeakiven sataman laajentamista (kuva 20) ympäristöluvan mukaisia uusiomateriaaleja hyödyntäen kahteen vertailuvaihtoehtoon, joista toisessa sataman laajentaminen toteutettaisiin pääasiassa ylijäämämailla ja toisessa neitseellisillä kiviaineksilla. Tarkasteltavat vaihtoehdot ja niissä hyödynnettävät materiaalit ovat:

VE1 Suunniteltu vaihtoehto: täysimääräinen uusiomateriaalien hyödyntäminen

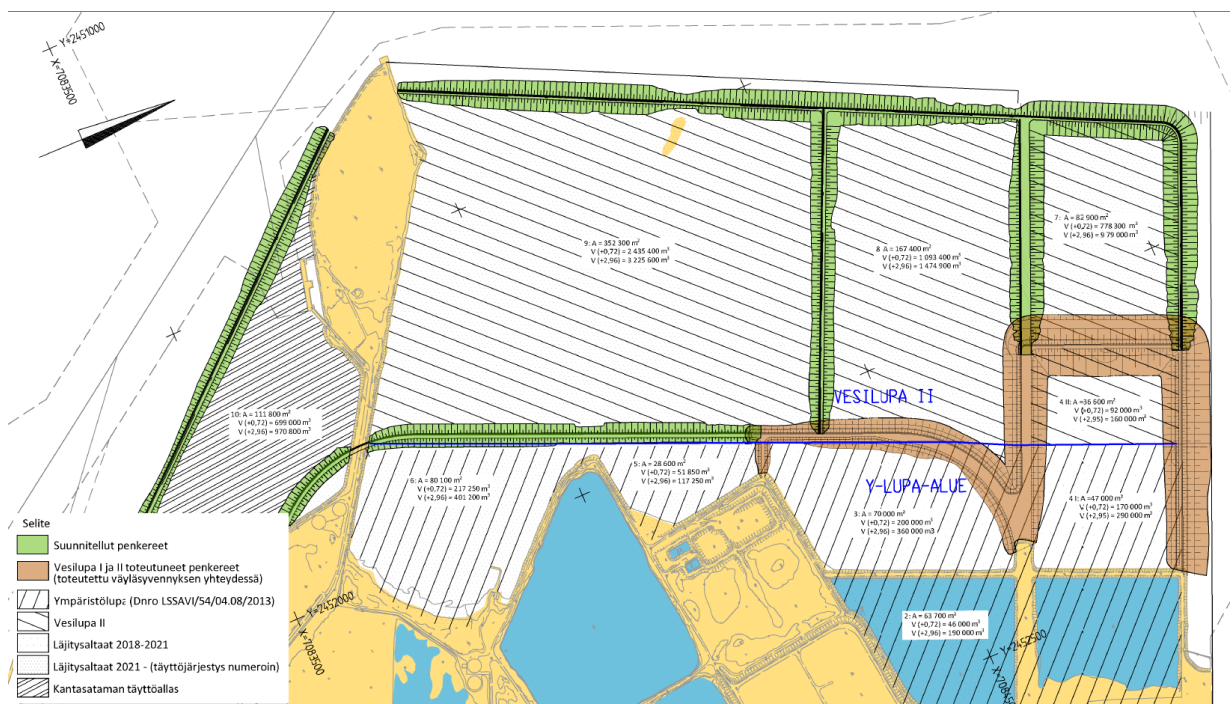
- Ruoppausmassa, stabiloitu ruoppausmassa, analsiimihiekka, ylijäämämaat, betonimurske, tiilimurske, pima-maa, pohjatuhka, lentotuhka, jäteasfaltti, kiisupitoinen kiilleliuske
- Louhe, murske, lohkareet

VE2 Ei ympäristölupaa, suppeampi uusiomateriaalien hyödyntäminen

- Ruoppausmassa (sama määrä kuin VE1), kiisupitoinen kiilleliuske, ylijäämämaat
- Louhe, murske, lohkareet

VE3 Rakentaminen perinteisillä kiviaineksilla

- Penkkojen alapuoliset ruoppausmassat, ylijäämämaat (sama määrä kuin VE1)
- Louhe, murske, lohkareet, muut neitseelliset kiviainekset



Kuva 20 Hopeakiven sataman suunniteltu laajennus

Indikaattorilaskennan lähtötietoina käytettiin suunnitelmien mukaisia massamääriä. Rakenteiden tilavuuksien oletettiin olevan samat kaikissa tarkasteltavissa vaihtoehdoissa (taulukko 20). Rakentamisessa käytettävät materiaalmäärät eri vaihtoehdoissa on esitetty taulukossa 21. Materiaalien erilaisista tilavuuspainoista johtuen eri vaihtoehtojen materiaalien kokonaiskulutus tonneina ei ole sama, sillä esimerkiksi monet uusiomateriaalit ovat luonnonkiviaineiksia kevyempiä. Taulukko 21

Taulukko 20 Rakenteiden tilavuudet

Rakenteiden tilavuudet		
Altaiden täytöt, yht.	5 783 200	m3
Jakava kerros, yht.	1 550 196	m3
Kantava kerros, yht.	624 240	m3
Penkereet, yht.	1 256 447	m3
yhteensä	9 214 083	m3

Taulukko 21 Materiaalmäärät eri vaihtoehdoissa

	VE1		VE2		VE3		Muuntokerroin t /m3
	Massa, t	Tilavuus, m3	Massa, t	Tilavuus, m3	Massa, t	Tilavuus, m3	
Ruoppausmassa	1 561 464	867 480	1 561 464	867 480	160 137	80 878	1,8
Stabiloitu ruoppausmassa	520 488	289 160	-	-	-	-	1,8
Ansiimihiekka	5 262 712	4 048 240	-	-	-	-	1,3
Ylijäämämaat	2 241 777	1 120 889	13 556 072	6 778 036	2 241 777	1 120 889	2,0
Betonimurske	994 622	497 311	-	-	-	-	2,0
Tiilimurske	124 016	77 510	-	-	-	-	1,6
Pima-maa	620 078	310 039	-	-	-	-	2,0
Pohjatuhka	147 269	77 510	-	-	-	-	1,9
Lentotuhka	279 035	232 529	-	-	-	-	1,2
Jäteasfaltti	205 999	124 848	-	-	-	-	1,7
Kiisuliukse	528 830	293 794	528 830	293 794	-	-	1,8
Louhe	1 535 920	840 603	1 535 920	840 603	8 249 685	4 570 473	1,8
Murske	672 953	336 477	672 953	336 477	4 397 585	2 198 793	2,0
Lohkareet	161 192	97 692	161 192	97 692	161 192	97 692	1,7
Hiekka ja moreeni	-	-	-	-	2 290 717	1 145 358	2,0
Yhteensä	14 856 356	9 214 083	18 016 431	9 214 083	17 501 095	9 214 083	

Kasvihuonekaasupäästöjen laskennassa laskettiin materiaalien valmistuksen, kuljetuksen ja työsuoritusten CO₂ekv.-päästöt. Päästökertoimina käytettiin luotettavista lähteistä yleisesti saatavia päästökertoimia (esim. Rakentamisen päästötietokanta, VTT:n Lipasto -tietokanta). Materiaalien päästöissä huomioitiin ainoastaan neitseelliset materiaalit ja sellaiset uusiomateriaalit, joita käsitellään hyötykäyttöä varten (esim. stabiloitu ruoppausmassa, betonimurske). Muut uusiomateriaalit ja ylijäämämaat laskettiin nollapäästöisinä. Kuljetuspäästöjen laskennassa oletuksena oli kuljetus maansiirtoautolla, täysi kuorma mennessä, tyhjä kuorma paluumatkalla. Ansiimihiekan kuljetus tapahtuu putkikuljetuksena, josta huomioitiin sähkönkulutus. Työsuoritusten (pl. erikseen tarkastellut pohjanvahvistusmenetelmät) oletettiin olevan samat kaikissa vaihtoehdoissa lukuun ottamatta proomutäyttöä, jota ei tehdä vaihtoehdossa 3. Ruoppausmassojen stabilointia tehdään vaihtoehdoissa 1 ja 2. Vaihtoehdossa 2 oletettiin, että ruoppausmassa stabiloidaan teknisistä syistä. Laskennassa käytetyt kuljetusmatkat ja kustannuslaskennan lähtötietoina käytetyt yksikkökustannukset saatiin tilaajalta ja suunnittelijalta.

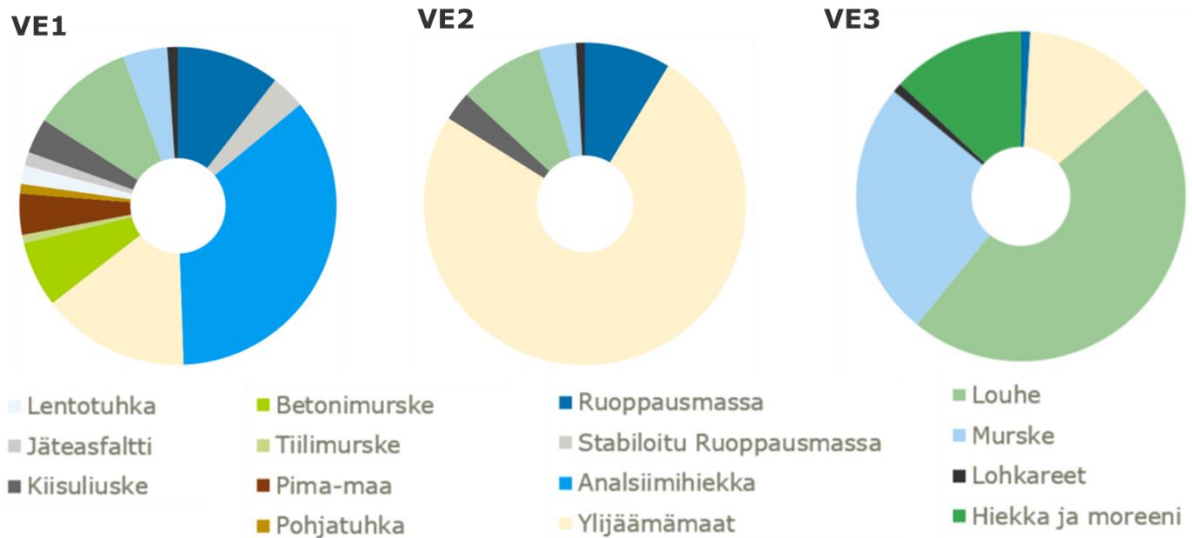
4.4.2 Tulokset

4.4.2.1 Luonnonvarojen kulutus ja materiaalitehokkuus

Suunnitellussa vaihtoehdossa VE1 materiaalien kokonaiskulutus on n. 15 milj. t, joista uusiomateriaaleja on 83 % (taulukko 22). Materiaalien kokonaiskulutus tonneina on vaihtoehdoissa 2 ja 3 vaihtoehtoa 1 suurempi johtuen materiaalien erilaisista tilavuuspainoista. Suunnitellussa vaihtoehdossa VE1 käytetään 84 % vähemmän neitseellisiä luonnonvaroja kuin vaihtoehdossa 3 (rakentaminen perinteisillä kiviaineksilla). Vaihtoehdossa 2 (ei ympäristölupaa, suppeampi uusiomateriaalien hyödyntäminen) uusiomateriaalien osuus myös suuri, mutta hyödynnetään lähinnä ylijäämämaita. Materiaalien jakauma eri vaihtoehdoissa on esitetty kuvassa 21.

Taulukko 22 Tulokset: luonnonvarojen kulutusta ja materiaalitehokkuutta kuvaavat indikaattorit

Luonnonvarat ja resurssitehokkuus	Yksikkö	VE1	VE2	VE3	Kommentti
Neitseellisten luonnonvarojen käyttö	t	2 370 065	2 370 065	15 099 180	
Jalostetut kiviainekset	t	2 370 065	2 370 065	15 099 180	Murske, louhe, lohkarieet
Jalostamattomat kiviainekset	t	-	-	-	
Muu maa-aines	t	-	-	-	
Muut materiaalit ja tuotteet	t	-	-	-	
Uusiomateriaalien käyttö	t	12 326 153	15 486 229	2 241 777	
Jätteiden hyödyntäminen	t	8 154 220	-	-	Stabiloitu ruoppausmassa, analsiimihiekka, pima-maa, pohjatuuhka, jäteasfaltti
Sivutuotteiden hyödyntäminen	t	-	-	-	
Hankkeen ulkopuolelta tuodut ylijäämämaat	t	3 643 104	14 957 399	2 241 777	Ylijäämämaa, ruoppausmassa
Sivukivi	t	528 830	528 830	-	Kiisupitoinen killeliuske
Kierrätystuotteet	t	-	-	-	
Kierrätyskasvualustat	t	-	-	-	
Hankkeessa muodostuvat kaivumaat (ruoppausmassat)	t	160 137	160 137	160 137	
Läjitykseen	t	-	-	-	
Hyötykäyttöön sellaisenaan hankkeen sisällä	t	160 137	160 137	160 137	Penkereiden alta ruopatut ruoppausmassat
Hyötykäyttöön jalostettuna hankkeen sisällä	t	-	-	-	
Hyötykäyttöön sellaisenaan muualla	t	-	-	-	
Hyötykäyttöön jalostettuna muualla	t	-	-	-	
Materiaalien kokonaiskulutus	t	14 856 356	18 016 431	17 501 095	
Uusiomateriaalien osuus	%	83 %	86 %	13 %	



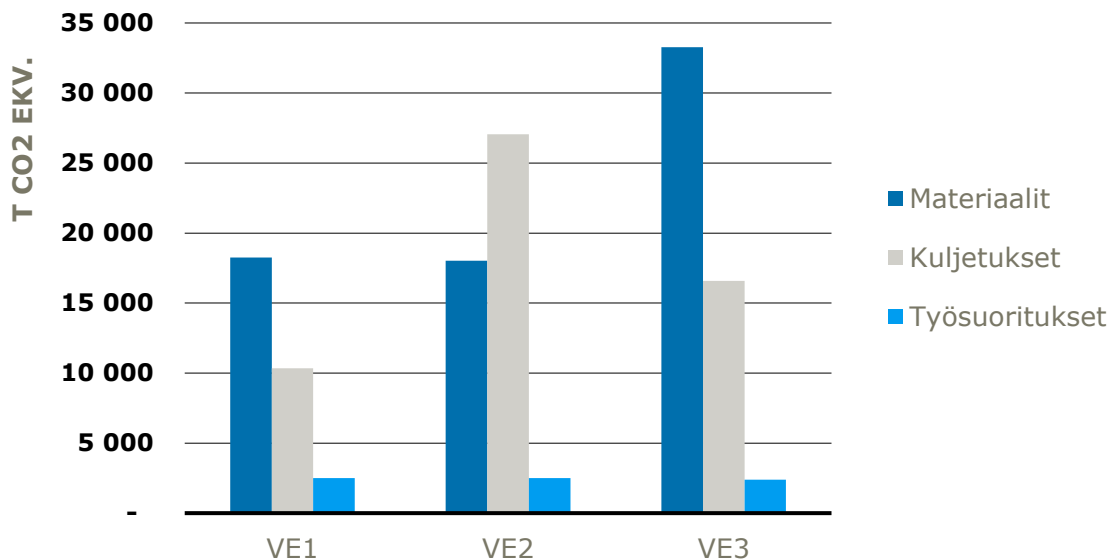
Kuva 21 Materiaalien jakauma eri vaihtoehdoissa

4.4.2.2 Kasvihuonekaasupäästöt

Kasvihuonekaasupäästölaskennan tulokset on esitetty taulukossa 23 ja kuvassa 22. Suunnitellussa vaihtoehdossa VE1 kokonaispäästöt ovat 31 085 180 kg CO₂-ekv. eli noin 35 % pienemmät kuin vaihtoehdossa 2 ja 40% pienemmät kuin vaihtoehdossa 3. Kuljetuspäästöt ovat suurimmat vaihtoehdossa 2, jossa ylijäämämaita tuotaisiin myös kauempaa. Materiaalipäästöt ovat suurimmat vaihtoehdossa 3, jossa käytetään pääasiassa neitseellisiä kiviaineksia. Työsuoritusten päästöissä eri vaihtoehtojen välillä ei ole juurikaan eroa, sillä työsuoritusten oletettiin olevan samat kaikissa vaihtoehdoissa lukuun ottamatta kiisuliuskeen proomutäyttöä, jota ei tehdä vaihtoehdossa 3.

Taulukko 23 Tulokset: kasvihuonekaasupäästöt

Kasvihuonekaasupäästöt	Yksikkö	VE1	VE2	VE3
Kokonaispäästöt	kg CO₂-ekv.	31 085 180	47 572 554	52 235 373
Materiaalien päästöt	kg CO ₂ -ekv.	18 248 525	18 024 797	33 262 985
Kuljetuspäästöt	kg CO ₂ -ekv.	10 338 277	27 049 379	16 579 371
Työsuoritusten päästöt	kg CO ₂ -ekv.	2 498 378	2 498 378	2 393 017



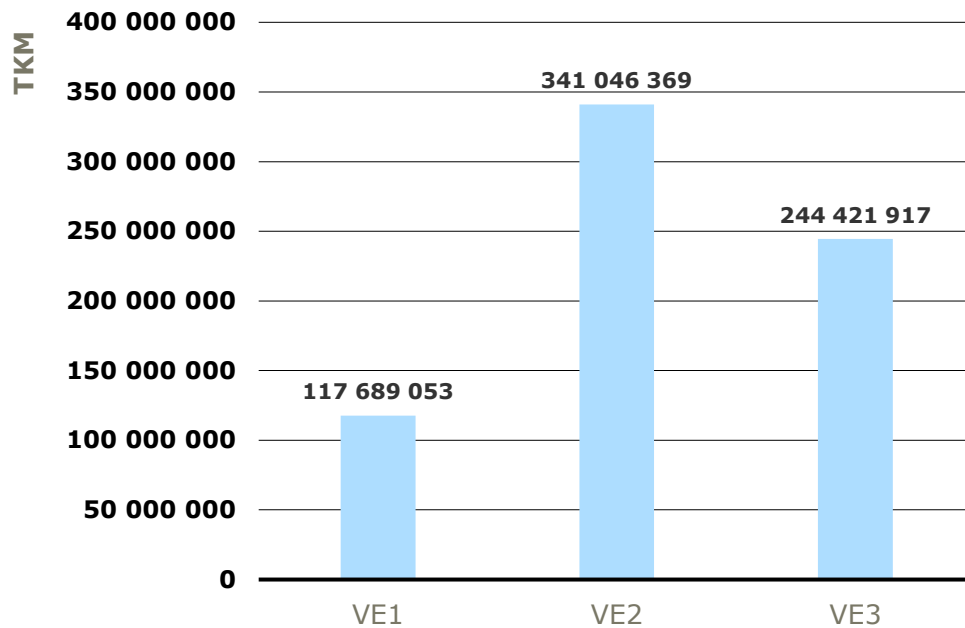
Kuva 22 Tulokset: kasvihuonekaasupäästöt, t CO₂-ekv.

Vaihtoehdossa VE1 ja VE2 ruoppausmassojen stabilointi (n. 289 000 m³) aiheuttaa merkittävästi päästöjä (noin 11 000 000 kg CO₂-ekv., josta sideaineen valmistuksen päästöjä n. 10 800 000 kg CO₂-ekv.). Päästölaskelmassa ruoppausmassojen stabilointi oletettiin tehtävän sementtiseideaineella (Finnsementin Oiva-sementti), sideainemäärä 60 kg/m³. Sementin valmistus on erittäin päästöintensiivistä, joten stabilointi sementillä aiheuttaa suuret CO₂-päästöt. Stabiloinnin päästöjä voitaisiin vähentää käyttämällä uusiosideaineita.

Vaihtoehdossa 1 ruoppausmassojen (289 000 m³) stabiloinnin päästöt laskettiin myös uusiosideainevaihtoehdolle, jossa käytettäisiin sideaineena 30 kg/m³ sementtiä ja 200 kg/m³ lentotuhkaa. Tällöin ruoppausmassojen stabiloinnin päästöt olisivat noin 5 700 000 kg CO₂-ekv., eli 49 % pienemmät kuin jos stabilointi tehdään pelkällä sementtiseideaineella. Tällöin VE1 kokonaispäästöt olisivat noin 25 700 000 kg CO₂-ekv., eli 46 % pienemmät kuin VE2 kokonaispäästöt ja 51 % pienemmät kuin VE3 kokonaispäästöt.

4.4.2.3 Kuljetukset

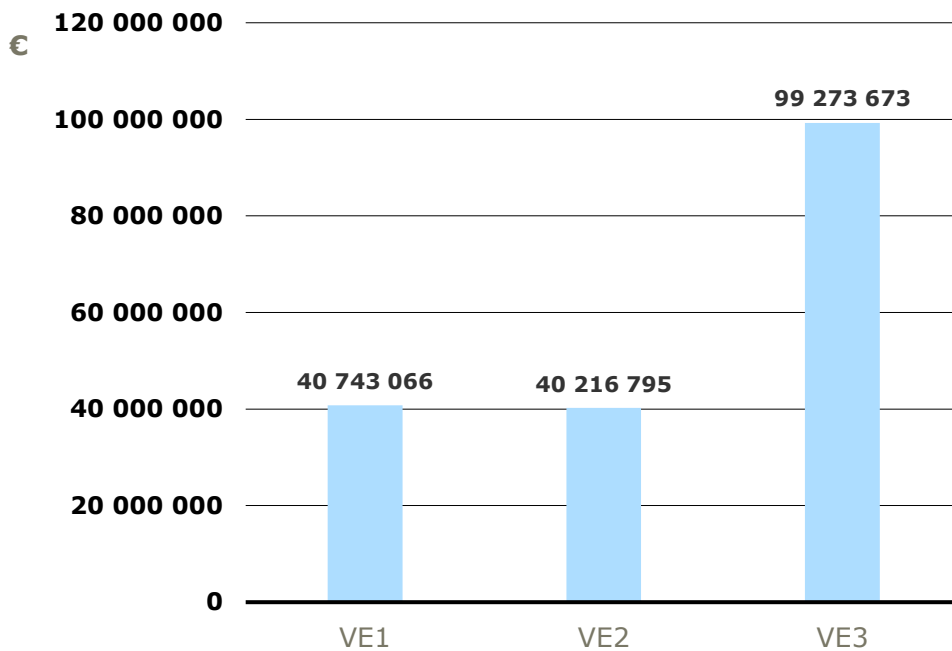
Materiaalien kuljetusmäärät tonnikilometreinä on esitetty kuvassa 23. Kuljetusten kokonaismäärä vaihtoehdossa 1 on 117 698 053 tkm. Kuljetusten määrä tonnikilometreinä on suurin vaihtoehdossa 2, sillä jos rakentaminen tehtäisiin pääasiassa ylijäämämailla, niitä pitäisi tuoda kauempaakin.



Kuva 23 Tulokset: materiaalien kuljetukset tonnikipometreinä (tkm)

4.4.2.4 Kustannukset

Kustannuslaskelmassa huomioitiin materiaalien ja työsuoritusten hinnat yksikköhintojen mukaisesti. Kustannuslaskelman tulokset on esitetty kuvassa 24. Suunniteltu vaihtoehto (VE1) on 59 % edullisempi kuin rakentaminen perinteisillä kiviaineksilla (VE3). Vaihtoehtojen VE1 ja VE2 kustannukset ovat lähes samat. On kuitenkin huomattava, että vaihtoehdossa 2 rakentamiseen kuluva aika olisi huomattavasti pidempi kuin muissa vaihtoehdoissa, sillä ylijäämämaiden saatavuus rajoittaisi rakentamista.



Kuva 24 Tulokset: rakentamisen kustannukset

4.4.3 Yhteenveto

Hopeakiven sataman laajentamisen suunnitellussa vaihtoehdossa (VE1) hyödynnetään monipuolisesti uusiomateriaaleja ja käytetään 84 % vähemmän neitseellisiä luonnonvaroja kuin vaihtoehdossa 3, jossa rakentaminen tehtäisiin pääasiassa perinteisillä kiviaineksilla. Myös vaihtoehdossa 2 uusiomateriaalien osuus olisi suuri, mutta rakentamisessa käytettävät materiaalit olisivat pääasiassa ylijäämämaita, joiden syntyminen lähialueilla rajoittaisi rakentamisen aikataulua jopa viisinkertaisesti. Kasvihuonekaasupäästöt ovat suunnitellussa vaihtoehdossa VE1 35 % pienemmät kuin vaihtoehdossa 2 ja 40 % pienemmät kuin vaihtoehdossa 3. Hyödynnettäessä ruoppausmassojen stabiloinnissa uusiosideaineita, voidaan sideaineesta muodostuvia päästöjä vähentää jopa 50 %, jolloin suunnitellun vaihtoehdon kokonaispäästöt vähentyvät 17 %.

Materiaalien kuljetusten määrä on suurin vaihtoehdossa 2, jossa rakentaminen tehtäisiin pääasiassa ylijäämämailla, joita pitäisi tuoda kauempaakin. Suunniteltu vaihtoehto VE1 on 59 % edullisempi kuin rakentaminen perinteisillä kiviaineksilla (VE3). Vaihtoehtojen VE1 ja VE2 kustannukset ovat lähes samat. Vaihtoehtojen VE1 ja VE2 kustannusten edullisuus verrattuna vaihtoehtoon VE3 johtuu pääasiassa siitä, että jätejakeen alkuperäinen tuottaja maksaa materiaalin kuljetuksesta aiheutuneet kulut. Alueella hyötykäytettävät materiaalit syntyvät kuitenkin lähellä hyödyntämiskohdetta. Kuljetuksista aiheutuvia kustannuksia jätteen tuottajalle ei siis ole otettu huomioon, mutta kuljetuksista aiheutuneet päästöt ovat kuitenkin mukana. Vaihtoehdossa 2 rakentamiseen kuluva aika olisi huomattavasti pidempi kuin muissa vaihtoehdoissa. Vaihtoehdossa 3 rakentamiseen kuluva aika ei tarkastelussa arvioitu, rakentaminen tapahtuisi laajenemistarpeiden mukaisessa aikataulussa.

Tarkastelusta ilmenee, että pitkäjänteinen ja suunnitelmallinen jätejakeiden hyödyntäminen näin suuren mittakaavan rakentamiskohteessa on sekä taloudellisesti että materiaalihokkuuden ja päästöjen näkökulmasta suositeltavaa.

5. INDIKAATTORIMALLIN SOVELTAMINEN HANKINNOISSA

5.1 Yleistä ja tarkastelun rajauksesta

Tässä luvussa on tarkasteltu indikaattorimallin hyödyntämisen hankintajuridisia reunaehtoja ja hankintalain viitekehystä. Tarkastelussa on mukana kaksi näkökulmaa:

Mitä pitää huomioida indikaattorimallin soveltamisessa erityisesti hankintalain näkökulmasta

- a. pitkän aikavälin tavoitteiden sekä erityisesti merkittävään tekniseen kehitykseen liittyvien tavoitteiden osalta: mitä yhteistyötä voidaan tehdä uusien toimintamallien käyttöön ottamiseksi yhdessä tarjoajien kanssa;
- b. kun indikaattorimallin indikaattoreita hyödynnetään suoraan esimerkiksi osana hankintakokonaisuuksia.

Keskeinen tarkastelu rajautuu siihen, mitä mahdollisuuksia indikaattorimallin hyödyntämiselle on ja toisaalta mitä haasteita sääntely mahdollisesti aiheuttaa mallin ja sen osien hyödyntämiselle erityisesti hankintamenettelyn kontekstissa. Tarkoitus on lisäksi osoittaa, miten indikaattorimallia voidaan nopeasti hyödyntää ja ottaa käyttöön jo olemassa olevissa ja välittömästi alkavissa hankkeissa hankintalain reunaehdot huomioiden. Tässä juridisessä tarkastelussa ei ole mahdollista kattaa kaikkia aineellisen sääntelyyn sisältyviä yksityiskohtaisia vaatimuksia, vaan luvun pääpaino on hankintajuridisten reunaehtojen tarkastelussa. Muusta sääntelystä tulevat vaatimukset tulee aina varmistaa erikseen, ja ne voivat vaikuttaa myös hankinnan kohteen määrittelyyn olennaisella tavalla.

Tarkasteluun sisältyy kuvaus sellaisista tyypillisimmistä juridisista riskeistä, joita mallin käyttöön voi liittyä. Hankinta-asioissa asianosaisille on lainsäädännöllä turvattu suhteellisen laajat muutoksenhakumahdollisuudet, eikä näitä muutoksenhakekeinoja voida rajoittaa ja ns. valitusriskiä täysin poistaa. Riskien tunnistamisella voidaan kuitenkin luoda sellaiset menettelytavat, joilla muutoksenhakutilanteisiin liittyvää riskiä voidaan hallita, tai ainakin tunnistaa sellaiset, sääntelyn kannalta selkeästi ongelmalliset kokonaisuudet.

Kuten selvityksen aluksi on todettu, indikaattorimallin pääpaino on uusiomaarakentamisen ympäristövaikutuksissa, mutta myös uusiomaarakentamisen vaikutus kustannuksiin voidaan ottaa huomioon mallissa. Kustannuksia voidaan vertailla suoraan osana hankintamenettelyä kokonaistaloudellisen edullisuuden vertailua osana hankintaprosessia. Tällöin kustannusvaikutus voi näkyä tarjoajan kokonaishinnassa, mikäli tietyillä, hankinnan kuvauksen mukaisilla tuotteilla voidaan kilpailla myös hinnan osalta.

5.2 Hankintalain asettamat reunaehdot ja mahdollisuudet hankintaprosessissa

5.2.1 Hankintalain reunaehdot, suosituksia ja ohjeita

Vuonna 2017 voimaan tullut hankintalaki (1397/2016) mahdollistaa ympäristövaikutusten huomioimisen osana hankinnan kokonaistaloudellisen edullisuuden arviointia. Ympäristötekijät voidaan huomioida julkisten rakentamishankkeiden tai suunnittelutöiden kilpailutuksessa, sekä muissakin hankkeissa. Ympäristöministeriö on lisäksi julkaissut esimerkkejä vähähiilisen rakentamisen kriteereistä, jotka perustuvat komission vihreän julkisen rakentamisen suosituksiin (Komissio 2013; 2016). YM on lisäksi julkaissut oppaita vihreän julkisen rakentamisen edistämiseen ja arviointiin. (Ympäristöministeriö 2017b) Lisäksi esimerkiksi Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarjassa on julkaistu keväällä 2021 hiili- ja ympäristöjalanjäljen

mittaamista koskeva selvitys (VNTEAS 2021), jonka tarkoituksena oli tuottaa tietoa päätöksentekoon siitä, miten lainsäädäntöä ja julkisten hankintojen toimintamalleja ja ohjauskeinoja tulisi kehittää sekä miten hankinnoille asetettujen tavoitteiden ja kriteerien toteutumista tulisi seurata ja mitata, jotta hiili- ja ympäristöjalanjälki voitaisiin ottaa kustannustehokkaasti huomioon julkisissa hankinnoissa. Kaikki nämä julkaisut ohjaavat hankintakriteeristön käyttöönotossa, ja olisi otettava myös huomioon indikaattorimallin soveltamista mietittäessä.

YM:n ja komission julkaisemat kriteerit ja julkaistut oppaat ovat kuitenkin suosituksia, jotka eivät velvoita hankkijoita tai suunnittelijoita. Lisäksi nämä oppaat keskittyvät niin sanotun vihreän julkisen talonrakentamisen suosituksiin, eivätkä ne ota täysimääräisesti huomioon infrarakentamisen erityispiirteitä. Infrarakentamisen ohjeistus on vasta kehittymässä ja talonrakentamisen ohjeistusta voidaan soveltaa infrarakentamiseen hyvin rajoitetusti. Hankkijan tulee nykyisen sääntelyn raameissa aina tapauskohtaisesti arvioida, mitkä kriteerit valitaan hankintamenettelyyn, ja kuinka niitä kussakin hankinnassa käytetään. Hankintaviranomaisen on huolehdittava siitä, että hankintalainsäädäntöön sisältyviä syrjimättömyyden, yhdenvertaisen kohtelun, avoimuuden ja suhteellisuuden periaatteita noudatetaan materiaaleja tai tuotantomenetelmiä määritettäessä, sekä kaikkien muiden hankintaa koskevien vaatimusten kohdalla.

Vaikka rakentamiseen liittyy paljon muitakin ympäristövaikutuksia, on hiilijalanjälki tärkeä tekijä rakennetun ympäristön ohjaamisessa kohti kestävästä kehitystä. Kasvihuonekaasupäästöjen tarkastelusta laskemisella ja päästöjen arvioinnista sekä niiden käyttämisestä kriteereinä myös julkisissa hankinnoissa on todennäköisesti eniten kokemusta rakennusten/talorakentamisen puolella. Päästöjen tarkastelu ja laskenta perustuu laskentamalleihin. Jatkossa kansallisiin hankintakriteereihin tullaan mahdollisesti sisällyttämään muita ympäristövaikutusluokkia tai sosiaalisen kestävyuden indikaattoreita (Ympäristöministeriö 2017a), kuten on jo tehty Euroopan komission vihreän rakentamisen suosituksissa ja rakentamisen resurssitehokkuuden ydinindikaattoreissa (Euroopan komissio 2016).

Rakentamisen vaikutuksia ja päästöjen tarkastelua esimerkiksi hiilijalanjäljen muodossa on tarkasteltu pääsääntöisesti talonrakentamisen puolella. Sen sijaan infrarakentamisen julkisissa hankinnoissa kasvihuonekaasupäästöjen tarkastelu ja siihen liittyvien vaatimusten asettaminen on toistaiseksi harvinaista infrarakentamisen julkisissa hankinnoissa. Muita ympäristökriteereitä on käytetty useammin.

Uusiomateriaalien käytöstä väylärakentamisessa on julkaistu Väyläviraston ohje. Ohje on osoitettu Väyläviraston ja ELY-keskusten toiminnan ohjaamista varten, kun suunnitellaan uusiomateriaalien käyttöä ja päätetään uusiomateriaalien käyttämisestä väylärakentamisessa. Ohjeessa esitellään tyypillisiä uusiomateriaaleja väylähankkeilla, Väyläviraston uusiomateriaalien materiaaliyhväksyntä, lyhyesti uusiomateriaalien käyttöä ohjaava lainsäädäntö sekä uusiomateriaalien käyttö väylähankkeilla. Ohjeessa ei ole erityisesti hankintanäkökulmasta koottu kriteereitä tai vaatimuksia materiaaleille. (Väylävirasto 2020). Väylävirasto kartoittaa väyläpuolelle sopivia, kiertotaloutta tukevia hankintakriteerejä. Näiden osalta tavoitteena on aloittaa kriteeristön käyttöönotto vuonna 2023.

Ympäristöministeriö on käynnistänyt valmistelutyön, jonka tavoitteena on tuoda rakentamisen hiilijalanjälki vaikuttavalla tavalla osaksi säädöksiä viimeistään 2020-luvun puoliväliin mennessä. Tätä kehitystä ennakoidaan vähähiilisen julkisen rakentamisen hankintakriteereillä. (Ympäristöministeriö 2017a).

Kansallisia kriteeristöjä on luotu vasta osalle ympäristövaikutuksia, ja näissä ilmastovaikutusten osalta kasvihuonekaasupäästöt ovat olleet päähuomion kohteena.

Olemassa olevissa oppaissa vaikutuksia ja kriteeristöjä hankintojen näkökulmasta on tarkasteltu lähinnä talonrakentamisen ja rakennusten näkökulmasta, eivätkä ne suoraan sovellu infrarakentamiseen, jonka osa uusiomaarakentaminen on. Infrarakentamisen ohjeistus on vasta kehittymässä ja uusiomaarakentamista koskevat erityispiirteet tullee huomioida sen pohjalta. Valtioneuvoston periaatepäätöksessä kiertotalouden strategisesta ohjelmasta huhtikuulta 2021 on nostettu esiin ministeriöiden toimia kiertotalouden edistämiseksi (Valtioneuvosto 2021). Periaatepäätöksessä todetaan julkisten hankintojen mahdollisuudet tukea vähähiilisiä ja kiertotalouden mukaisia ratkaisuja. Yhtenä kiertotalouden kannusteena periaatepäätöksessä esitetään vähähiilisten kiertotalousratkaisujen lisäämistä mm. julkisen sektorin rakentamisessa, energia- ja infrastruktuurihankkeissa sekä palveluiden hankinnoissa. Yksi toimenpide on sisällyttää kiertotaloutta tukevien vähähiilisen rakentamisen hankintakriteerit infrarakentamisen hankkeisiin vuodesta 2023 alkaen.

Kiertotalousstrategian yhtenä toimenä on kehittää Suomessa laajalla yhteistyöllä kiertotaloutta tukevia hankintakriteerejä ja jalkauttaa ne toimialalle. Ohjelman mukaan kiertotaloutta tukevat vähähiilisen rakentamisen hankintakriteerit ulotetaan tavoitteen mukaan kaikkiin julkisten rakennuttajien talo- ja infrarakentamisen hankkeisiin viimeistään vuodesta 2022 lähtien.

Indikaattorimalli voi osaltaan auttaa luomaan hankintamenettelyissä hankintakohtaiset kriteeristöt uusiomaarakentamisen edistämiseksi. Koska kansallista normistoa kriteeristön asettamiselle ei ole toistaiseksi olemassa, tulee indikaattorimallin tai sen osien hyödyntämisen käyttökelpoisuutta tarkastella erikseen jokaisen hankinnan kohdalla.

Hankintalaki on ennen kaikkea menettelyä koskeva laki, eli se ei sääntele sitä, mitä hankitaan, vaan miten hankinnat tehdään. Hankintalaissa olevat reunaehdot ja mahdollisuudet jakautuvat toisaalta hankintamenettelyä koskeviin vaatimuksiin, ja toisaalta hankinnan kohteelle tarjouskilpailua ja hankintaa varten asetettaviin vaatimuksiin. Menettelyä koskevat mahdollisuudet ja haasteet on kuvattu luvussa 5.4. Hankinnan kohteelle asetettavat vaatimukset on kuvattu seuraavassa kappaleessa 5.2.2.

5.2.2 Hankintalain vaatimuksia ja kriteerejä koskevat pääsäännöt

Hankintalaki mahdollistaa hankintakriteerien asettamisen hankinnan kohteelle. Kriteereitä voidaan asettaa vähimmäisvaatimuksina itse hankittavalle materiaalille ja tietyissä reunaehdoissa tarjoajille. Näiden lisäksi kriteereitä voidaan hyödyntää vertailuperusteina yksittäisen hankinnan tarjousten vertailuvaiheessa sekä näiden lisäksi myös sopimuksen aikana niin sanottuina seuranta- tai raportointivaatimuksina. Alla olevassa kuvassa (Kuva 25) on esitetty kriteerien käyttämisen neljä perustilannetta. Seuraavissa kappaleissa on kuvattu kriteerien käyttämisen reunaehdoja tarkemmin.



Kuva 25 Kriteerien käytön neljä perustilannetta hankintamenettelyn näkökulmasta

5.2.2.1 Tuotteiden ja palveluiden tekniset vähimmäisvaatimukset ja hankinnan kohteen kuvaus

Hankinnan kohteelle eli hankittavalle tuotteelle tai palvelulle asetettavilla vähimmäisvaatimuksilla tarkoitetaan hankintalain 9. luvussa esitettyjä hankinnan kohteen kuvaukseen liittyviä vähimmäisvaatimuksia.

Hankintayksikkö voi määritellä ympäristövaatimukset hankinnan kohteena olevalle materiaalille, palvelulle tai urakalle. Uusiomaarakentamisen edistämistä koskevin tekijöinä ja hankinnan kuvauksessa huomioon otettavina seikkoina voidaan huomioda esimerkiksi käytettävien raaka-aineiden (ja kemikaalien), kuljetusten ympäristövaikutuksia tai esimerkiksi veden kulutusta, osien kulumista, huoltovälejä, päästöjä ja prosessissa syntyviä jätteitä (VNTEAS 2021). Hankinnan kohteena olevien tuotteiden ja palveluiden ympäristövaikutuksia ja päästöjä voidaan tarkastella niiden koko elinkaaren ajalta.

Hankinta-asiakirjojen laatijan tulee hallita kunkin toimialan ympäristöinnovaatiot ja -standardit niin hyvin, että hän pystyy sisällyttämään ne hankinta-asiakirjoihin. Tässä apuna voi käyttää etenkin indikaattorimallia ja siinä kehitettyjä indikaattoreita. Vähimmäiskriteerien asettamisen heikkous on toisaalta se, että vaikka hankintalaki mahdollistaa tiukatkin kriteerit, hankinta-asiakirjoissa olevat kriteerit ovat usein minimivaatimukset, mikä tarkoittaa, että jos jollakin tarjoajalla on parempi tuote tai palvelu, se ei välttämättä saa tällä mitään kilpailuetua. (VNTEAS 2021).

Hankintayksikkö ei voi siis huomioda kilpailutuksessa esimerkiksi ympäristöystävällisempää uutta ratkaisua, jos se on määritellyt ostettavan ratkaisun joksikin muuksi. Koska hankintayksikkö voi huomioda menettelyssä vain tarjouspyynnössä esitetyt seikat, tarjoajilla ei ole välttämättä kannustetta tai etua tarjota uusia, mahdollisesti ympäristö- tai ilmastoystävällisempiä ratkaisuja. Tuotteen tai palvelun ominaisuuksiin sisältyvistä ja vertailuun otetuista ympäristönäkökohdista voi saada lisäpesteitä vain, mikäli tällainen mahdollisuus on tarjousasiakirjoihin räätälöity ja otettu mukaan esimerkiksi vertailuperusteisiin ja kokonaistaloudellisen edullisuuden vertailun kriteeristöön.

Indikaattorimallissa tunnistettuja indikaattoreita voidaan käyttää hankinnan vähimmäisvaatimuksena ja/tai vertailukriteerinä. Kunkin indikaattorin osalta on jäljempänä esitetty

suositus käyttötavasta taulukossa 24. Näitä voidaan kuitenkin soveltaa toisinkin, ja hankintayksiköllä on viimekädessä vastuu sääntelymukaisuudesta sekä siitä, että yksittäiset hankinnat ovat hankintalain periaatteiden mukaisia. Uusiomateriaalin osuuden käyttö hankinnan vähimmäisvaatimuksena tai vertailuperusteena edellyttää, että soveltuvien materiaalien saatavuus on etukäteen selvitetty ja tiedossa.

Kuten muissa ympäristökriteerien käyttöä koskevissa oppaissa on todettu, kriteerien käyttöön vaikuttaa aina hankinnan kohde (Ympäristöministeriö 2017a). Siksi hankintayksikön kannattaa käydä markkinavuoropuhelua hankinnan suunnitteluvaiheessa ja tunnistaa, millä kriteereillä päästään kussakin tilanteessa parhaiten vaikuttamaan tiettyyn indikaattoriin ja koko indikaattorimallin osalta toivottuun lopputulokseen.

Teknisten vaatimusten on liityttävä hankittavan kohteen ominaisuuksiin, eivätkä tällaiset vaatimukset voi liittyä suoraan tarjoajan yleisiin ominaisuuksiin. Käytettävät kriteerit on laadittava mahdollisimman yksiselitteisesti ja selkeästi ja siten, että niiden noudattaminen voidaan todentaa tarjousten vertailuvaiheessa. Hankinnan kohdetta kuvaavat määritelmät ja määriteltiin sisältyvät tekniset eritelmät ja kriteerit on laadittava siten, että ne mahdollistavat tarjoajille yhtäläiset mahdollisuudet osallistua tarjouskilpailuun, eivätkä ne saa perusteettomasti rajoittaa kilpailua julkisissa hankinnoissa.

Mikäli hankinnan kohde määritellään viittaamalla tiettyyn tekniseen viitejärjestelmään, standardin käyttämisestä ei voida asettaa pakolliseksi, vaan vastaava muu, saman lopputuloksen aikaansaava viitejärjestelmä tulisi hyväksyä. Hankintaviranomaisen tulee hyväksyä todisteet vastaavan standardin vaatimusten täyttymisestä. Todisteina standardin vaatimusten täyttymisestä voi olla esimerkiksi testausseleste tai vaatimustenmukaisuuden arviointilaitoksen antama todistus. (Hankintalain esityöt). Tarjoajan tulee tällöin osoittaa tarjouksessaan jollakin asianmukaisella tavalla, että sen tarjoama tavara, palvelu tai urakka täyttää hankinnan kohteen kuvauksessa määritellyt vaatimukset viitattuja eritelmiä, standardeja, arviointeja, hyväksyntöjä tai viitejärjestelmiä vastaavalla tavalla. Muusta lainsäädännöstä aiheutuvat pakolliset vaatimukset esimerkiksi harmonisoitujen tuotestandardien käytöstä tulee huomioida hankinnan kohteen määrittelyssä erikseen. Esimerkiksi rakennustuotteen valmistaja ei saa asettaa saataville markkinoille, jotka kuuluvat harmonisoidun tuotestandardin soveltamisalaan ja joilla ei ole CE-merkintää.

Mikäli tietty standardi on lainsäädännössä asetettu pakolliseksi, kyseistä tiettyä standardia ei tarvitse erikseen vaatia hankintamenettelyssä. Esimerkiksi EU:n rakennustuoteasetus (305/2011) on voimassa sellaisenaan kaikissa EU:n jäsenmaissa. Suomessa CE-merkintä on ollut 1.7.2013 alkaen pakollinen rakennustuotteille, joille on olemassa harmonisoitu tuotestandardi, kun ne saatetaan markkinoille ja harmonisoidulle tuotestandardille päätetty siirtymäaika on päättynyt.

Indikaattorimallin yksittäisten indikaattorien osalta tämä tarkoittaa sitä, että tiettyä ehdotettua laskentatapaa tai standardia ei voida lukita, vaan tulisi hyväksyä myös muu todistus edellytyksen täyttymisestä. Mikä tahansa tarjoajan todistus ei kuitenkaan ole riittävä; mikäli kolmannen osapuolen varmentamia tuloksia ei ole saatavilla, hankintaviranomaisen on päätettävä, ovatko tarjoajan tai valmistajan ilmoittamat tekniset asiakirjat riittäviä teknisten vähimmäisvaatimusten täyttymiseksi (Hankintalain esityöt 2016). Tähän arviointiin sisältyy kuitenkin aina jonkinasteinen valitusriski, mikäli tarjoajan tarjous tulee arvioinnin perusteella suljetuksi ulos tarjouskilpailusta.

Mara-asetuksen (VNA 843/2017 eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa) tarkoituksena on edistää jätteiden hyödyntämistä määrittelemällä ne edellytykset, joiden täytyessä asetuksessa tarkoitettujen jätteiden käyttöön maarakentamisessa ei tarvita ympäristönsuojelulain (527/2014) mukaista ympäristölupaa. Tällöin hanke voidaan toteuttaa yksinkertaisemmalla ilmoitusmenettelyllä. Haitallisten aineiden liukenemisesta aiheutuvia vaikutuksia ei ole sisällytetty

tähän indikaattorimalliin, koska asiaan liittyviä tekijöitä sisältyy luvussa 2.4 kuvattuun Mara – asetuksen mukaiseen menettelyyn (tai tarvittaessa ympäristölupamenettelyyn). Ne oletetaan perusvaatimuksiksi, joiden tulee täytyä hankinnassa. Erityisenä huomiona näiden osalta tulee silti harkittavaksi, onko lainsäädännön mukaisuusvaatimuksia tarpeen tuoda esimerkiksi hankittavan kohteen kuvaukseen.

5.2.2.2 Tarjoajien soveltuvuus, kelpoisuusvaatimukset

Soveltuvuuteen liittyvillä kriteereillä varmistetaan, että tarjouskilpailuun osallistuvat sellaiset toimijat, joilla on hyvä laaduntuntuokyky. Soveltuvuusvaatimuksia käytettäessä tulee huomioida hankintalain 5. luvussa esitettyjen eri hankintamuotojen tuomat edellytykset soveltuvuuden arviointiin.

Soveltuvuusvaatimusten käyttöä ympäristökriteerein tehtävissä hankinnoissa on tarkasteltu useimmissa ympäristöhankintoja koskevissa oppaissa ja selvityksissä. Soveltuvuusvaatimuksiksi voidaan määritellä muun muassa henkilöstön osaamiskriteerejä tai ympäristöasiat huomioivia referenssivaatimuksia. Referenssit ovat keskeinen työkalu erilaisten vaatimusten (esimerkiksi ympäristö- ja ilmastokriteerien osaamisen ja aikaisemman käyttämisen) todentamiseen.

Suunnitteluvaiheessa soveltuvuuden vaatimukset suositellaan kohdistettavaksi suunnittelijoiden referensseihin. Koska esimerkiksi hiilijalanjäljen ja kasvihuonekaasupäästöjen huomioinnista ja laskennasta on kriteereinä todennäköisesti eniten kokemusta, sitä koskevat ohjeistukset ja suositukset ovat myös pisimmällä. Kuitenkin koska myös vähähiilisyys on verrattain uusi näkökulma suunnitteluun, ei suunnitteluryhmältä kuitenkaan ole mielekästä edellyttää pitkää kokemusta tai monia referenssejä esimerkiksi rakennuksen hiilijalanjäljen laskennasta. YM:n oppaassa vähähiilisen rakentamisen hankintakriteereistä on linjattu, että suunnitteluryhmässä tulisi sen sijaan olla riittävästi energiatehokkuuden ja hiilijalanjälkilaskennan osaamista sekä vähähiilisten rakennusmateriaalien ja rakennustapojen tuntemusta. Tällä varmistetaan, että suunnittelua koskevat vähimmäisvaatimukset voidaan saavuttaa (Ympäristöministeriö 2017a). Opas ei suoraan sovellu uusiomaarakentamiseen, mutta vastaavasti uusiomaarakentamisen osalta voitaisiin edellyttää, että tarjoajalla, mukaan lukien urakoitsijalla hankinnan kohteesta riippuen, on riittävästi osaamista ainakin uusiomaarakentamisen perusperiaatteista ja esimerkiksi päästöjen laskennasta; tai että se pystyy muutoin osoittamaan tällaisen osaamisen esimerkiksi alihankinta- tai asiantuntijapalveluiden avulla. Näiden lisäksi ainakin EU-kynnyсарvon ylittävissä rakennusurakoiden hankinnoissa suositellaan, että tarjoajalla on käytössä kolmannen osapuolen sertifioima ympäristöjärjestelmä, josta säädetään hankintalain 90 §:ssä.

Tarjoajan soveltuvuutta koskevat vaatimukset voidaan ulottaa koskemaan myös urakoitsijoita hankittavan kohteen rajauksesta riippuen. Vaatimuksia voi aluksi käyttää sellaisessa muodossa, että mahdollisimman moni tarjoaja voi ne täyttää. Vaatimuksia voi sitten uusiomaarakentamiseen liittyvissä tulevilla hankinnoissa asteittain tiukentaa urakoitsijoiden ja rakentajien uusiomateriaaleja koskevan osaamisen ja referenssien lisääntyessä.

Hankinnan kohteella ja hankkeen toteutustavalla on merkitystä myös soveltuvuusvaatimusten kannalta. Edellä viitatuissa ympäristökriteerien käyttöä koskevissa oppaissa on suositeltu, ettei pelkkien materiaalihankintojen osalta käytettäisi tarjoajia koskevia vähimmäisvaatimuksia. Tarjoajan kelpoisuutta koskevien vaatimusten sijaan hankittavalle materiaalille voidaan kuitenkin asettaa vähimmäisvaatimuksia. Indikaattorimallin indikaattoreiden osalta, hankemuodosta riippuen kyse voi siten olla nimenomaan materiaaleja koskevien vähimmäisvaatimusten asettamisesta. Vähimmäisvaatimukset kohdistuvat tällöin suoraan hankinnan kohteeseen, kuten edellisessä luvussa 5.2.2.1 on kuvattu.

5.2.2.3 Hankinnan vertailuperusteina

Hankinnan vertailuperusteilla tarkoitetaan tässä yhteydessä hankintalain 93 § kuvattuja kokonaistaloudellisen edullisuuden hinta-laatusuhteen vertailuperusteita.

Tarjosten vertailuvaiheessa ympäristönäkökohdat voivat olla kokonaistaloudellisesti edullisimman tarjouksen valinnassa vertailuperusteena (hankintalaki 93–94 §). Vertailuperusteita voivat olla esimerkiksi energian ja vedenkulutuksen todisteellinen vähentäminen ja kuljetuskaluston päästöt ja niiden vähentäminen. Vertailuperusteiden tulee kuitenkin liittyä hankinnan kohteeseen. Liityntä voi olla mihin tahansa tavaran, palvelun tai urakan vaiheeseen. On siis mahdollista ottaa huomioon ympäristönäkökohdat aina valmistusmateriaalien hankinnasta tuotteen käytön jälkeiseen aikaan. (VNTEAS 2021).

Indikaattorien osalta vertailukriteeristön asettaminen voi olla hankalaa, mikäli vakiintunutta laskentatapaa ei ole olemassa, tai se ei perustu standardiin. Indikaattorimallissa käytettyjen indikaattorien osalta materiaalin käyttöä koskevat tiedot ovat pääosin yksiselitteisiä, kun arvioidaan esimerkiksi uusiomateriaalin käyttöä tonniyksiköittäin.

Uusiomateriaalin prosenttiosuutta kuvaava lopputulos eli uusiomateriaalin osuus materiaalien kokonaiskulutuksesta voidaan laskea indikaattorimallin mukaisesti, mutta myös muu laskentatapa voi tulla kyseeseen, sillä sääntelyn mukaan sitä ei saa periaatteessa kieltää.

Kasvihuonekaasupäästöjen osalta hankintalain periaatteet edellyttävät, että tuotteiden vertailu kilpailutuksessa vaatii standardiin pohjautuvan tai muuten laajasti hyväksytyyn hiilijalanjälkilaskentamenetelmän (VNTEAS 2021).

5.2.2.4 Sopimuksenaikaisina vaatimuksina/kriteereinä

Indikaattoreita voidaan hyödyntää osana hankinnan vaikutusten arviointiin liittyvää laskentaa sopimuksenaikaisena velvollisuutena tarjoajalle esim. tuottaa ja toimittaa tieto kuljetusmatkoista, vaikka kuljetusmatkatietoa ei suoraan käytettäisi vertailuperusteena hankinnoissa. (VNTEAS 2021).

Myös hankintasopimukseen voidaan ottaa hankinnan kohteeseen liittyviä erityisiä sopimuslausekkeita (hankintalaki 98 §), joiden ehdot liittyvät hankinnan ympäristönäkökohtiin. Ne on aina ilmoitettava hankinta-asiakirjoissa hankintamenettelyn alussa.

Sopimuksenaikaisten velvollisuuksien kannalta hankinnalle asetetuista vähimmäiskriteereistä poikkeaminen on harvoin sanktioitu, eikä todennäköisesti johda seurauksiin. Hankintasopimukseen on mahdollista sisällyttää paitsi kannustimia, myös sanktiota liittyen kriteerien ja raportointivelvoitteiden käyttöön sopimuskauden aikana (VNTEAS 2021).

5.3 Indikaattorimalli ja hankinnat käytännössä

5.3.1 Indikaattorimallien indikaattorien käyttötapoja hankinnoissa

Indikaattorimallin indikaattoreita voidaan hyödyntää hankintamenettelyn ja suunnittelun eri vaiheissa joko osittain tai yhdistelemällä useampia indikaattoreita. Näitä tietoja voidaan hankintalain reunaehtojen mukaisesti käyttää hankkeen kohteen kuvauksissa vähimmäisvaatimusten asettamisessa, hankintojen vertailussa sekä tuottamaan tietoa sopimuskauden aikana.

Indikaattorimallissa laaditut indikaattorit ovat todennäköisesti toimivia ensisijaisesti hankinnan kohteen vähimmäisvaatimusten ja vertailukriteerien kautta. Ei ole suositeltavaa asettaa tarjoajaa koskevia soveltuvuusvaatimuksia esimerkiksi ehdottomina referenssivaatimuksina siihen sisältyvän valitusriskin ja epäsuoran vaikutuksen vuoksi.

Indikaattorit voivat toimia kriteereinä yksittäisissä hankinnoissa. Kriteereinä käytettävät indikaattorit koskevat pääasiassa ekologisen kestävyuden vaikutusluokkaa, mutta hankkijan kuitenkin on hyvä aina valita hankkeen kokonaisuuden kannalta tärkeimmät laatuvaatimukset. Hankinnoissa voidaan huomioida hankintahinnan ohella rakentamisen elinkaaren kustannukset tai hinta-laatusuhde (Ympäristöministeriö 2017a).

Indikaattorien käyttö riippuu myös toteutettavasta ja hankittavasta palvelusta. Uusiomateriaaleja voidaan hankkia monella tavalla (osana urakkaa, KVR-urakan osana, erillisinä materiaalihankintoina). Näillä kaikilla on vaikutusta siihen, miten indikaattoreita voidaan hyödyntää parhaalla mahdollisella tavalla hankintamenettelyssä.

Suurissa hankkeissa, jotka myös hankintarajaltaan ylittävät EU-kynnysarvot, on usein käytettävissä enemmän resursseja. Muissa ympäristökriteerien käyttöä koskevissa oppaissa suositusten ja hankintakriteerien käyttö on tunnistettu erityisesti näissä suurissa hankinnoissa käyttökelpoiseksi, kun käytössä on enemmän resursseja. UUMA-indikaattorimallia voidaan kuitenkin hyödyntää hyvin monenlaisissa hankkeissa ja hankinnoissa. Riippumatta valittavasta toteutustavasta ja mallista, valmisteluvaihe on ratkaisevan tärkeä. Perusteellinen käytettävissä olevan tiedon analysointi ennen hankinnan käynnistämistä on ensisijaisen tärkeää.

Taulukossa Taulukko 24 on kuvattu kunkin indikaattorin osalta sen mahdollisia käyttötapoja hankinnoissa.

Taulukko 24 Indikaattorien mahdollisia käyttötapoja hankinnoissa

Indikaattori	Käyttötapo hankinnassa	Erityistä
Kustannukset	Osana kokonaistaloudellisen edullisuuden vertailua. Eri vaihtoehdoilla (neitseelliset materiaalit/uusiomateriaalit) voi olla eri kustannukset, mitkä osaltaan vaikuttavat tai voivat vaikuttaa hintatasoon tarjouskilpailussa.	
Kuljetusmatkat	Indikaattorimallissa esitettyjä kuljetusmatkoja voidaan käyttää osana päästölaskentaa, usein kytkettynä kuljetusmatkojen ilmastopäästöihin. Tätä indikaattoria voidaan käyttää hankintakriteerinä sekä osana vähimmäisvaatimuksia tarjottavalle palvelulle että vertailuperusteena hankinnassa, sekä sopimuksenaikaisena veloitteena toimittajalle.	<p>Kuljetusmatka kannattaa huomioida osana esimerkiksi kuljetusten päästöjä, ei sinänsä suorana vertailuperusteena.</p> <p>Kuljetusmatkaindikaattoria voidaan hyödyntää osana indikaattorilaskentaa sopimuksenaikaisena velvollisuutena tarjoajalle esim. tuottaa ja toimittaa tieto kuljetusmatkoista, vaikka kuljetusmatkatietoa ei suoraan käytettäisi vertailuperusteena hankinnoissa. Näin saadaan tieto indikaattorimallin soveltamista varten.</p> <p>Huom! Hankintalain mukaisesti paikallisuuden korostaminen ei saa johtaa syrjivään lopputulokseen. Tiettyjen kuljetusetäisyyksien edellyttäminen tulee siten perustella huolellisesti hankinnan tarkoituksen ja tavoitteiden sekä</p>

<p>Ilmastovaikutukset: kasvihuone-kaasupäästöt</p>	<p>CO₂ päästölaskentaa voidaan käyttää hankinnoissa osana vertailuperustetta, vähimmäisvaatimuksena sekä sopimuksenaikaisen seurannan välineenä esimerkiksi kokonaispäästöjen laskennassa ja indikaattorimallin soveltamisessa.</p> <p>Ilmastovaikutusten arviointi ja CO₂-päästöjen vähentäminen ovat yleistyviä käytäntöjä infra-alalla.</p>	<p>ympäristövaikutusten vähentämisen kautta. Kuljetusmatkojen käyttämiseen liittyy kuitenkin riski hankintalain vastaisuudesta.</p> <p>CO₂ laskennan kriteeri: Olennaista on ratkaista, millä kriteerillä ja standardilla lasketut tulokset hyväksytään?</p> <p>Mietittävä jokaisen hankinnan osalta erikseen, miten toimitetut tiedot CO₂ laskennasta voidaan hyväksyä, ja voiko tarjoaja toimittaa eri standardeilla laskettuja päästötietoja?</p> <p>Hiilijalanjäljen arviointiin on käytettävissä eurooppalaisia ja kansainvälisiä standardeja. Näitä ovat rakennuksen ympäristövaikutuksien laskentaa käsittelevä EN 15978 ja rakennustuotteiden ympäristöselosteiden laadintaan liittyvä EN 15804.</p> <p>Kasvihuonekaasujen laskennassa tulee käyttää luotettavista lähteistä peräisin olevia päästökertoimia.</p>
<p>Uusiomateriaalin käyttö</p>	<p>Hankintaviranomaisella on oikeus vaatia, että ostettava tavara valmistetaan tietyistä materiaalista tai sisältää tietyn osuuden kierrätettyä tai uudelleenkäytettyä materiaalia.</p> <p>Materiaaliosuuksia voidaan käyttää vertailuperusteena tai vähimmäisvaatimuksena, jos hankinta on määritelty hankinnan kohteen kuvauksessa ja hankkeen tarkoituksessa uusiomateriaalin käytön perusteella.</p> <p>Uusiomateriaalin käyttämisen osuuden osalta on mahdollista rakentaa myös sopimuksenaikaisia kannustimia tai sanktiota.</p>	<p>Uusiomateriaalin osuus voidaan edellyttää vähimmäisvaatimuksena (minimitaso) yhdessä muiden kriteerien kanssa.</p> <p>Mikäli osuutta käytetään vertailuperusteena, eri uusiomateriaaliosuuksista voi saada pisteitä määrän lisääntyessä.</p> <p>Kriteereinä käytettäviä materiaaleja voivat olla esimerkiksi kierrätetyt materiaalit ja teollisuuden sivuvirtojen materiaalit. Materiaalin kierrätetyn osuuden arvioinnista on kriteeristöohjeistusta myös esimerkiksi YM ohjeessa (Ympäristöministeriö 2017a), jota voidaan hyödyntää soveltaen myös uusiomaarakentamisen kriteeristön osalta.</p>

Neitseellisen materiaalin käyttö	Materiaaliosuuksia voidaan käyttää vertailuperusteena tai vähimmäisvaatimuksena, jos hankinta on määritelty hankinnan kohteen kuvauksessa ja hankkeen tarkoituksessa uusiomateriaalin käytön perusteella.	Voidaan hyödyntää osana indikaattorilaskentaa sopimuksenaikaisena velvollisuutena tarjoajalle esim. tuottaa ja toimittaa tieto materiaaleista, vaikka materiaalitietoa ei suoraan käytettäisi vertailuperusteena hankinnoissa.
Muodostuvat kaivumaat	Osana hankkeen suunnittelua, toteutusta ja vaikutusten arviointia, ei välttämättä suoraan hankintamenettelyssä hyödynnettävä indikaattori.	Mikäli tarjoajalla on esittää innovatiivinen toteutustapa, jolla voidaan vähentää kaivumaiden määrää, tämä tulisi huomioida mahdollisesti jo suunnitteluvaiheessa.
Materiaalien kokonaiskulutus	Osana hankkeen suunnittelua, ei välttämättä suoraan hankintamenettelyssä hyödynnettävä indikaattori.	Mikäli tarjoajalla on esittää innovatiivinen toteutustapa, jolla voidaan vähentää materiaalien kokonaiskulutusta hankkeessa, tämä tulisi huomioida mahdollisesti jo suunnitteluvaiheessa.
Uusiomateriaalin osuus	Materiaaliosuuksia voidaan käyttää vertailuperusteena tai vähimmäisvaatimuksena, jos hankinta on määritelty hankinnan kohteen kuvauksessa ja hankkeen tarkoituksessa uusiomateriaalin käytön perusteella.	<p>Olenainen indikaattori, sillä luonnonvarojen kulutusta kuvaavat indikaattorit ovat oleellisia, kun vertaillaan uusiomaarakentamista perinteiseen rakentamiseen.</p> <p>Luonnonvarojen kulutusta kuvaavia tietoja, kuten neitseellisten materiaalien ja käytettyjen uusiomateriaalien määrä, on yleensä helposti saatavilla hankkeen määräluettelosta.</p> <p>Koska tiedot ovat helposti saatavilla ja useimmiten vertailukelpoisia ja todennettavissa, indikaattorin käyttämiselle kriteerinä ei olisi suurta riskiä.</p> <p>Todentaminen tehdään urakkavaiheen määräluettelon pohjalta.</p>

5.3.2 Hanketyypin ja hankintatavan vaikutus indikaattorimallin käyttöön hankintasääntelyn näkökulmasta

Uusiomateriaalihankintoja voidaan tehdä osana eri hankemuotoja. Hankemuodon vaikutus ulottuu myös hankintatapaan ja käytettävissä oleviin keinoihin. Seuraavassa on kuvattu yleisimpiä hankemalleja uusiomateriaalihankintojen osalta:

Suorat uusiomateriaalihankinnat Uusiomateriaaleja hankittaessa materiaaleihin ja indikaattoreihin liitännäiset kriteerit suositellaan kohdistuvan hankinnan kohteen kuvaukseen ja

vähimmäisvaatimuksiin, jotka jokaisen tarjouksen jättäjän tulee täyttää. Tätä mallia on suositeltu myös vähähiilisen rakentamisen hankintakriteeristössä (Ympäristöministeriö 2017a).

Materiaalien hankinnassa tulee huolehtia, että suunnitteluvaiheessa tehdyt uusiutuvien ja kierrätettyjen materiaalien vähimmäismäärät toteutuvat. Esimerkiksi vähähiilisyyden kriteeristössä kierrätettyjen ja uusiutuvien raaka-aineiden osuudeksi suositellaan vähintään 10 prosenttia koko rakennushankkeen materiaalien painosta ohjeistuksessa annettujen ohjeiden mukaan laskien. Tuotteiden hankinnassa tulee huomioida tuotteiden alkuperän vastuullisuus, elinkaaren jälkeinen loppusijoitus ja kierrätettävyyks. Materiaalien tulee olla helposti purettavissa ja käytettävissä uudelleen.

Uusiomaarakentamisen indikaattorimallin indikaattoreista voidaan hyödyntää erityisesti uusiomateriaalin käyttöä (mittayksikkö tonneissa), neitseellisten luonnonvarojen käyttöä (mittayksikkö tonneissa) materiaalin valmistuksen aiheuttamia päästöjä (mittayksikkönä CO₂-ekv).

Urakat Urakoille suositellaan vähimmäisvaatimuksia ja vertailuperusteita, joiden avulla suunniteltu uusiomateriaalien osuus voidaan mahdollisimman hyvin varmistaa. Toteutetut ratkaisut ja arvot voidaan sopimusvaiheessa varmistaa laskennallisesti, ja tähän voidaan sitoa myös toimittajan bonusjärjestelmä. Hankkija voi sisällyttää sopimukseen kannusteita tai sanktioita näiden tavoitteiden toteutumisen tukemiseksi.

Kuten vähähiilistä rakentamista koskevassa YM oppaassa on suositeltu, urakkavaiheessa oleellista on toteuttaa hanke sellaisista tuotteista, jotka vastaavat mahdollisimman hyvin suunnitteluvaiheessa materiaaleille ja rakenteille asetettuja ympäristötavoitteita. Jos urakkaan sisältyy rakennusmateriaalien hankinta, suositellaan siinä käytettäväksi materiaalien hankintaa koskevia vähimmäisvaatimuksia. Vähähiilisen rakentamisen kriteeristössä on lisäksi nostettu esiin, että jotta suunnitelmissa esitetyt uusiutuvien ja kierrätettyjen materiaalien vähimmäismäärät toteutuvat, tulee urakkavaiheessa raportoida rakennuksessa käytettyjen uusiutuvien ja kierrätettyjen materiaalien kokonaispaino suhteessa rakennuksen muiden materiaalien kokonaispainoon. (Ympäristöministeriö 2017a). Vastaavia raportointivaatimuksia voi olla mahdollista käyttää myös uusiomateriaalihankinnoissa.

Suunnittelupalvelut ja KVR:

Materiaalien käytön ja koko hankkeen ympäristövaikutuksia voidaan tehokkaasti ohjata suunnitteluvaiheessa. Tästä syystä suositellaan, että hankittaessa suunnittelupalveluita, näihin palveluihin sisältyy materiaalien elinkaaren hiilijalanjäljen laskenta. Tämän laskennan perusteella suunnitteluvaiheessa voidaan tunnistaa kustannusoptimaalisin tapa pienentää materiaalien hiilijalanjälkeä. Uusiomaarakentaminen ja sen edistäminen ei kuitenkaan ole ainoastaan hankinta-asia, vaan yksi osa laajaa kokonaisuutta.

Talonrakentamisen puolella uusiomateriaalien osuutta koskevat suositukset ja suunnittelu on huomioitu myös YM:n ohjeistuksessa. Talonrakentamisen osalta ollaan ohjeistuksen osalta pidemmällä, ja ohjeistuksessa on annettu vähimmäistasosuosituksia ja hankintakriteereitä esimerkiksi vähähiilisen rakennuksen suunnittelulle. Ohjeistuksessa esimerkiksi suositellaan käytettäväksi tuotteita, jotka sisältävät uusiutuvia tai kierrätettyjä materiaaleja. Näiden materiaalien osuuden kaikkien rakennus- ja täyttömateriaalien painosta tulisi olla vähintään 10 prosenttia (Ympäristöministeriö 2017a)

Uusiutuvilla ja kierrätetyillä materiaaleilla (esimerkiksi uusiomaa-aineet) voidaan välttää enemmän ympäristöä kuormittavien raaka-aineiden käyttöä ja tukea rakennusalan siirtymistä kohti kiertotaloutta. Suunnitteluvaiheessa tulee kuitenkin varmistaa, että uusiutuvien ja kierrätettyjen materiaalien vähimmäismäärä saadaan toteutettua kustannustehokkaasti toiminnalliset ja tekniset

vaatimukset huomioiden. Vastaavasti uusiomaarakentamisen osalta uusiomateriaalien käyttö edistää myös koko hankkeen elinkaaren ympäristövaikutuksia. Indikaattorimallin soveltaminen ja mallissa määriteltyjen indikaattorien käyttäminen osaltaan varmistaisi tämän jälkimmäisen toteutumista.

5.4 Indikaattorimallin rajoitukset juridisesta näkökulmasta

Suomessa ei seurata järjestelmällisesti kestävyyskriteerien sisällyttämistä tarjouspyyntöihin tai hankintapäätöksiin, eikä käytössä ole tällä hetkellä yhtenäistä mittausjärjestelmää tai hankintojen reaaliaikaista ja automaattista tunnistamista. Toteutuneiden hankintojen vaikutuksia tai onnistumista tavoiteltujen hyötyjen saavuttamisessa, eli hankinnan vaikuttavuutta, ei myöskään arvioida laajamittaisesti (VNTEAS 2021). Tämän tyyppisten kriteerien käyttämisestä on siis vähän vertailutietoa, ja uusien kriteerien ja indikaattoreiden käyttöönottoon liittyy aina jonkinasteinen valitus- ja muutoksenhakuriski.

Tässä selvityksessä esitettyä indikaattorimallia voidaan hyödyntää soveltuvin osin suunnittelutilanteissa tai hankintavaiheessa sekä hankkeiden seurannassa, kun suunnitellaan yksittäisiä hankintoja sekä hankinnoille asetettavia kriteereitä. Indikaattorimallissa on laadittu joukko indikaattoreita, joiden perusteella voidaan arvioida uusiomaarakentamisen ympäristövaikutuksia ja käyttää niitä esimerkiksi osana hankintojen kokonaistaloudellisen edullisuuden arviointia. Asetetut indikaattorit perustuvat tuoreeseen tutkimustietoon, mutta kattavat kuitenkin vain rajoitetun osan niistä vaatimuksista, joita hankinnan kohteelle asetetaan esimerkiksi suoraan lainsäädännön nojalla tai laadullisesti. Hankkijan tulee aina valita hankkeen kokonaisuuden toimivuuden kannalta tärkeimmät laatuvaatimukset, joista hankinnan kohteen kriteerit johdetaan. Aineellinen lainsäädäntö voi asettaa myös tietyn vaatimustason pakolliseksi riippumatta hankintamenettelyssä asetettavista kriteereistä. Uusiomaarakentamisen osalta tällaista lainsäädäntöä sisältyy esimerkiksi MARA-asetukseen.

Uusiomateriaalien ympäristönäkökohdilla, joita indikaattorimalli edistää, on tärkeä osa ympäristövaikutusten pienentämistä kokonaisuudessaan. Käytetyt kriteerit tulee kuitenkin aina arvioida suhteessa muihin rakentamista ja hanketta koskeviin vaatimuksiin tapauskohtaisesti. Ympäristöllisesti parasta vaihtoehtoa ei tule ylipainottaa rakentamisen kestävyuden tai terveellisyuden kustannuksella, vaan näiden lisäksi (Ympäristöministeriö 2017a).

Kuten muissa ympäristökriteerien käyttöä koskevissa hankintaoppaissa on linjattu, hankintayksikön vastuulle kuuluu aina tapauskohtainen harkinta kulloinkin valikoitujen hankintakriteerien käytöstä, myös tässä hankkeessa esitettyjen indikaattorien käytöstä hankinnan kriteereinä. Esitetyillä suosituksilla on osaltaan tarkoitus tukea uudistetun hankintalain tavoitetta tehostaa julkisten varojen käyttöä samalla edistäen laadukkaita innovatiivisia ja kestäviä hankintoja. Hankintayksikön on itse varmistettava esitettyjen hankintakriteereiden suosituksien käyttö siten, etteivät hankintalainsäädännön mukaiset julkisissa hankinnoissa noudatettavat periaatteet tapauskohtaisesti vaarannu.

Uusiomaarakentamisen indikaattorimallissa esimerkiksi kasvihuonekaasupäästöt tarkasteltaville vaihtoehdoille lasketaan olemassa olevaa päästölaskentaohjeistusta noudattaen. Infran kasvihuonekaasupäästöjen laskentaan ei Suomessa toistaiseksi ole omaa kansallista menetelmäohjeistusta. CEN/TC350 -standardipaketin kestävä rakentamisen standardeja sekä Ympäristöministeriön julkaisemaa Rakennuksen vähähiilisyys arviointimenetelmää (YM, 2019) voidaan kuitenkin soveltaa myös infrarakentamisen kasvihuonekaasupäästöjen arviointiin, kuten jaksossa 3.2. edellä on todettu. Kasvihuonekaasupäästöjen tarkastelulle hankinnoissa on eniten kriteeristöjä ja käytäntöä, mutta vakiintunutta standardia tai sääntelyä mittaustavasta ei ole olemassa. Muiden indikaattorien osalta vastaavia standardeja on edelleen harvemmin käytetty, joten soveltamiskäytäntö on vasta muodostumassa.

Paikallisuuden kannalta tulee huomioida, että hankintalaki ei mahdollista 'kotimaisuusrajausta' vaan paikallisuus tulee pystyä perustelemaan aina konkreettisilla, vertailtavilla ja tuotteeseen suoraan liittyvillä ominaisuuksilla.

Hankintariskien kannalta pienin riski on silloin, kun hankinnan kohteen kuvaus on selkeä ja sille asetetut kriteerit on asetettu yksiselitteisesti esimerkiksi vaadittavan uusiomateriaalin osuuden osalta. Tällöin kriteerit ohjaavat hankintaa nimenomaan uusiomateriaalien hyödyntämiseen. Ongelmia syntyy, jos sallitaan vertailu neitseellisten ja uusiomateriaalien välillä, ja toisaalta paikallisten ja eurooppalaisten materiaalien välillä.

5.5 Olemassa olevien hankintamenettelyjen hyödyntäminen

Edellä jaksossa 1 on tarkasteltu hankintalain mahdollisuuksia ja reunaehtoja kriteeristön ja indikaattorien käytön näkökulmasta. Tässä jaksossa tarkastellaan hankintamenettelyjen merkitystä ja mahdollisuuksia indikaattorimallin hyödyntämisen osalta. Tärkeimmät työkalut ja hankintamenettelyt indikaattorimallin hyödyntämisen kannalta nykyisessä hankintalaissa ovat

- Markkinavuoropuhelu ennen varsinaista tarjouspyyntövaihetta
- Neuvottelumenettely
- Avoin tai rajoitettu menettely
- Puitejärjestely
- Innovaatiokumppanuus

Taulukko 25 Indikaattorimallin hyödyntäminen eri hankintamenettelyissä, mahdollisia käyttökohteita

Hankintamenettely	Indikaattorimallin huomiointi menettelyssä	Eritystä
Markkinavuoropuhelu ennen varsinaista tarjouspyyntövaihetta	<p>Alustava markkinakartoitus voidaan käydä sellaisten tietojen hankkimiseksi, joita voidaan käyttää menettelyn valmisteluvaiheessa.</p> <p>Markkinavuoropuhelussa voidaan kerätä tietoa esimerkiksi indikaattorimallin laskennan toteuttamisesta hankkeessa, ja miltä osin indikaattorimallin tietoja olisi syytä sisällyttää hankintamenettelyyn esimerkiksi hankinnan kohteen vähimmäisvaatimuksina.</p> <p>Samoin kriteeristön käyttö vähimmäisvaatimuksina/vertailuperusteina voidaan alustavasti keskusteluttaa markkinavuoropuhelussa.</p> <p>Prosessi on toteutettava avoimesti ja syrjimättömästi, kaikki tiedossa olevat toimijat olisi kutsuttava vuoropuheluun.</p>	<p>Erittäin vahvasti suositeltava toimintatapa etenkin indikaattorimallin käyttöönottovaiheessa uusissa kohteissa, mikäli indikaattoreita tulisi hyödyntämään kriteereinä hankintamenettelyssä.</p> <p>Uusiomaarakentamisen hankkeissa, joissa indikaattorimallia jatkossa hyödynnetään osittain tai kokonaan, on suositeltavaa tiedottaa markkinoille hyvissä ajoin etukäteen tarjouskilpailuista, joihin sisältyy ympäristövaatimuksia indikaattorimallista.</p> <p>Näin toimittajille annetaan riittävästi aikaa valmistautua</p>

		vaatimuksiin. Myös ennakoilmoitusta voidaan hyödyntää.
Neuvottelumenettely	<p>Neuvottelumenettely on käyttökelpoinen sellaisissa tilanteissa, joissa ratkaisua on tarpeen mukauttaa erityistarpeisiin ja esimerkiksi testata tai pilotoida materiaaleja.</p> <p>Neuvottelumenettely saattaa tarjota etuja indikaattorimallin käyttönotossa, sillä niissä on joustavuutta, joka avoimesta ja rajoitetusta menettelystä puuttuu.</p> <p>Niiden avulla on lisäksi mahdollista ymmärtää ja hallita paremmin indikaattorimallin kustannusvaikutuksia.</p> <p>Edellyttää kuitenkin parhaan tuloksen saavuttamiseksi osaamista ja tiivistä yhteistyötä toimittajien kanssa.</p>	<p>Antaa tarjoajille laajemmat mahdollisuudet esitellä uusimpia teknisiä ja ympäristöystävällisiä ratkaisuja.</p> <p>Hankintalaki antaa mahdollisuuden käyttää neuvottelumenettelyä myös tilanteissa, joissa standardeja tai teknisiä eritelmiä ei ole käytettävissä.</p> <p>Käytännössä tämä tarkoittaa tilannetta, jossa hankinnan kohdetta ei suoraan löydy markkinoilta. Hankinnan mutkikkaus on yksi menettelyn käytön edellytyksistä.</p> <p>Neuvottelumenettelyyn on mahdollista siirtyä myös avoimesta tai rajoitetusta menettelystä, mikäli hyväksyttävää tarjouksia ei ole saatu.</p>
Avoin/rajoitettu menettely	<p>Avoimessa menettelyssä kaikki toimijat voivat jättää tarjouksen. Kaikkien niiden tarjoajien tarjoukset arvioidaan, jotka täyttävät tarjouskilpailussa asetetut hyväksyntä- tai hylkäysperusteet. Näin saadaan mahdollisimman laaja valikoima mahdollista indikaattorimallia hyödyntäviä ja kestävyyttä edistäviä ratkaisuja.</p> <p>Tarjouskilpailuun kutsuttavia tarjoajia ei voida valita esimerkiksi niiden ympäristöasioita koskevien teknisten valmiuksien perusteella.</p>	<p>Avoin ja rajoitettu hankintamenettely ovat kankeita, eivätkä salli prosessin aikaista neuvottelua tarjoajan ja hankintayksikön välillä.</p>
Puitejärjestely	<p>Puitejärjestelyn käyttö ympäristönäkökulman sisältävien hankintojen osalta on suositeltu toteutustapa myös Komission ohjeessa (Euroopan komissio 2016b).</p> <p>Puitejärjestelyn avulla on mahdollista tehdä useita hankintasopimuksia toistamatta koko hankintamenettelyä. Puitejärjestely mahdollistaa sopimusten tekovaiheessa joustavuutta ja joissain tapauksissa yhdistävät kysyntää usean viranomaisen kesken tai pidemmällä aikavälillä. Lisäksi puitejärjestelyillä voidaan kannustaa toimittajia tarjoamaan ympäristön kannalta tehokkaita ratkaisuja, sillä niillä on mahdollisuus voittaa useita sopimuksia ja kattaa siten ratkaisujen</p>	

	toteutukseen liittyviä mahdollisia lisäkustannuksia.	
Innovaatiokumppanuus	<p>Innovaatiokumppanuus edellyttää parhaan tuloksen saavuttamiseksi osaamista ja tiivistä yhteistyötä toimittajien kanssa.</p> <p>Mikäli hankinta koskee sellaista tuotetta tai materiaalihankintaa tai menetelmää, joita ei tällä hetkellä ole saatavilla markkinoilla, hankintayksikkö voi perustaa yhden tai useamman kumppanin kanssa innovaatiokumppanuuden.</p> <p>Jäsennellyn kumppanuuden avulla voidaan toteuttaa tutkimus- ja kehittämistyötä (T&K), pilottihankkeita ja hankkia sen jälkeen uusi tuote, palvelu tai urakka.</p> <p>Innovaatiokumppanuus soveltuu erityisesti tilanteisiin, joissa alan tekniikka vielä kehittyy, jotta sillä voitaisiin vastata uusiomaanrakentamisen haasteisiin ympäristövaikutusten tai kustannusten näkökulmasta. (Euroopan komissio 2016b).</p>	<p>Innovaatiokumppanuus on pohjimmiltaan tutkimus- ja kehittämishankinta, joten menetelmä on sopiva, kun pyritään kehittämään uutta tuotetta tai palvelua.</p> <p>Huom! Innovaatiokumppanuutta ei sen sijaan voi käyttää, mikäli hankinnan tarpeen täyttävä tavara, palvelu tai urakka on jo markkinoilla saatavilla.</p>

5.6 Miten kehitettyjä indikaattorimalleja voitaisiin hyödyntää hankinnoissa parhaalla mahdollisella tavalla

5.6.1 Pitkän tähtäimen tavoite

Erityisesti jaksossa 5.4 esitetyt, menettelyjen tasolle menevät pohdinnat sopivat tulevien, pitkän tähtäimen hankkeiden suunnitteluvaiheeseen. Näissä hankinnoissa päästään hyvissä ajoin suunnittelemaan indikaattorimallin huomiointia hankinnassa, kun monet menettelylliset reunaehdot ovat auki. Tämä pätee erityisesti innovaatiokumppanuuden käyttämiseen, jolle on omat edellytyksensä hankintalaissa.

Ympäristökriteerien käytön vaikuttavuutta voidaan edistää valitsemalla kuhunkin hankintaan ympäristönäkökulmasta parhaiten sopiva hankintamenettely. Hankintalaki on ennen kaikkea menettelyä koskeva laki, joka sisältää niukasti pakottavia säännöksiä tietyn hankintamenettelyn valitsemiseksi ympäristöllisistä syistä, kuten on todettu myös muissa ympäristövaikutuksia ja -kriteeristöjä koskevissa selvityksissä (VNTEAS 2021). Laki jättää harkintavallan hankintayksikölle, kulloiseenkin hankintaan soveltuvien menettelyjen puitteissa. Ympäristöllisesti kestäviin hankintoihin ja indikaattorimallin mukaisesti uusiomaarakentamisen edistämiseen tähtäävän hankintayksikön punnittaviksi tulevat yleensä yhtäältä hankinnan käytännöllinen toteuttaminen, sekä menettelyn edellyttämät kustannukset, aika ja osaaminen; ja toisaalta ympäristöllisten tavoitteiden maksimointi.

Uusiomateriaaleihin ja uusiomaarakentamiseen liittyvät innovaatiot voisivat toimia tulevaisuuden hankkeissa valintakriteereinä. Innovaatiivisuuden kriteereillä pyritään kannustamaan kokonaan uudenlaisten ehdotusten käyttöön rakennetun ympäristön vähähiilisyys edistämiseksi. Samalla voidaan kannustaa suunnittelu- ja rakennusalan tuotekehitystä.

Vähähiilisen rakentamisen kriteeristöissä on tarkasteltu innovaatioiden edistämistä osana hankintoja (Ympäristöministeriö 2017a). Innovaatioita voidaan tehdä periaatteessa jokaisessa hankinnan vaiheessa. Innovaatioita tavoittelevien hankintojen ominaispiirteinä on yleensä tulosperusteisuus, ennakoiva markkinavuoropuhelu, innovatiivisia ratkaisuja edistävät hankintamenettelyt sekä uudenlaiset sopimusmallit. Vähähiilisten innovaatioiden edistäminen hankinnoissa vertailukriteerien kautta ei suoraan takaa innovaatioiden saamista. Kriteerit ovat kuitenkin tapa vertailla innovatiivisilla ratkaisuilla saatuja vähähiilisyyden tuloksia. Tarjottujen innovaatioiden keskinäistä vertailua on helpotettu määrittelemällä tarkasti se tapa, jolla innovaation vaikuttavuus vähähiilisyyteen osoitetaan (Ympäristöministeriö 2017a). Innovaationäkökulman huomiointia indikaattorimallissa ja etenkin uusiomaarakentamisen hankintaprosessissa on suositeltavaa selvittää lisää.

5.6.2 Nopeasti käyttöön otettavat keinot ja laskentamallin käyttöönotto esimerkkinä

Nopeasti käyttöön otettavista keinoista mallina on indikaattorimallissa määritellyt indikaattorit, joita voidaan harkinnan mukaan käyttää kriteereinä hankinnassa myös nopealla aikataululla toteutettavissa hankinnoissa. Tällöin merkitystä on paitsi hankintamenettelyn toteutuksella, myös sillä, miten kriteereitä käytetään osana hankinnan vertailua. Nopeasti käytettäväksi otettavien keinojen osalta on siten suositeltavaa tutustua kriteerien asettamisen reunaehtoihin, joista on kuvattu jaksossa 5.2.

5.7 Johtopäätökset ja kehittämistarpeita sekä jatkotarkastelutarpeita

Indikaattorimallia ja kehitettyjä indikaattoreita voidaan käyttää hankintamenettelyissä, ottaen huomioon kunkin hankinnan erityispiirteet kuten kohteen, hankemuodon, hankintamenettelyn sekä markkinatilanteen. Ympäristönäkökulma ja erityisesti uusiomaarakentamisen kriteerien käyttö hankinnassa on edelleen vasta kehittymässä, eikä kansallisia tai EU-tason standardeja ole kaikille tunnistetuille indikaattoreille.

Tästä syystä indikaattoreiden käyttö kussakin hankinnassa tulee tarkastella aina erikseen ja perustella huolellisesti. Indikaattoreita ja niiden osia voidaan käyttää hankintamenettelyssä joko vähimmäisvaatimuksina hankinnan kohteen kuvauksessa, tarjoajan soveltuvuusvaatimuksissa, hankinnan vertailukriteeristöissä tai sopimuksenaikaisina velvollisuuksina ja mahdollisuuksina. Kaikki indikaattorit eivät kuitenkaan suoraan sovellu kaikkiin vaiheisiin, vaan jokaista käyttötapaa tulee edeltää huolellinen harkinta.

Indikaattoreita voidaan käyttää osana hankintamenettelyä ja asettaa indikaattorien perusteella kriteereitä yksittäisessä hankinnassa soveltuvalla tavalla. Indikaattorimalli ei kuitenkaan anna suoraan vastausta siihen, miten indikaattoreilla lasketut arvot todennetaan. Hankintojen kehittämisessä tulisi jatkossa kehittää todentamistapoja, esimerkiksi tähän soveltuvaa kolmannen osapuolen verifioimaa ympäristöselostetta (EPD). Tähän liittyviä hankkeita on jo käynnissä esimerkiksi päällysteyksellä.

Indikaattoreiden hyödyntämistä konkreettisissa urakka- ja muissa hankinnoissa tulisi jatkaa. Tämä on mahdollista toteuttaa esimerkiksi osana KEINO-osaamiskeskuksen yhteiskehittämisprojektia, ja samalla tarkastella yllä mainittua todentamistapojen kehittämistä sekä muuta materiaalivirtojen käytön edistämistä esimerkiksi digitaalisilla alustoilla.

Indikaattorien hyödyntämistä osana hankintakriteerien määrittelyä tulisi testata konkreettisissa hankkeissa sekä selvittää indikaattorien soveltuvuus erityyppisissä hankinnoissa. Konkreettinen testaus pilottihankkeiden kautta on suositeltavaa. Hankintamenettelyn kriteeristön kehittäminen on

vain yksi osa tarvittavaa kehitystyötä, ja hankintavaiheen kriteeristön tarkastelun lisäksi tarvitaan lisää tietoa myös suunnitteluperusteiden kehittämisestä.

Indikaattoreiden toteutumisen seuranta on hyvin vähäistä. Tyypillisimmin on seurattu massojen kuljetuksen toteutuneita kilometrejä. Kehitystyötä tulee tehdä päästölaskennan ja muiden indikaattoreiden periaatteiden mukaisesti ja periaatteita voidaan soveltaa myös uusiomaarakentamisen puolella.

Koska ympäristökriteerien käyttö yleisesti hankinnoissa on kehittymässä ja esimerkiksi ympäristövaikutusten mittaamista osana hankintamenettelyä edelleen kehitetään, valitus- ja muutoksenhakuriskiä ei voida täysin poissulkea välttämättä huolellisella valmistelullakaan. Riskiä voidaan kuitenkin hallita huolellisella valmistelulla ja varaamalla riittävästi aikaa valmistelu- ja varsinaiseen hankintamenettelyvaiheeseen.

Uusiomaarakentamisen ja indikaattorimallin käyttöön liittyvien innovaatioiden edistämiseen on perusteltua kohdistaa lisäselvityksiä etenkin hankintamenettelyn näkökulmasta. Jatkossa innovatiivisuudesta voisi mahdollisesti saada joko lisätua kilpailutuksessa tai sitä voitaisiin jopa edellyttää toimijoilta tietyissä hankkeissa toimimisen edellytyksenä.

6. YHTEENVETO, HAVAINNOT JA SUOSITUKSET

6.1 Uusiomaarakentamisen vaikutukset perinteiseen rakentamiseen verrattuna

Uusiomaarakentamisen indikaattorimallin avulla voidaan arvioida toteutuneiden tai suunniteltujen uusiomaarakentamishankkeiden ympäristö- ja kustannusvaikutuksia ja tehdä vertailua perinteiseen rakentamiseen. Mallissa tarkasteltavia indikaattoreita ovat:

- luonnonvarojen kulutusta ja uusiomateriaalien hyödyntämistä kuvaavat indikaattorit
- rakentamisen kasvihuonekaasupäästöt
- kuljetukset
- kustannukset.

Tässä selvityksessä uusiomaarakentamisen indikaattorimallia testattiin muutamissa pilottikohteissa, joita olivat Hiedanrannan kevyen liikenteen väylä Tampereella, Sepänmäen meluvalli ja Kuninkaantammen syvästabilointi Helsingissä sekä Hopeakiven sataman laajentaminen Kokkolassa.

Indikaattorimallin pilottilaskelmista huomattiin, että uusiomaarakentamisella voidaan usein:

- **säästää neitseellisiä luonnonvaroja.**
- **saada jäte- ja sivutuotepohjaisia materiaaleja tai ylijäämämaita hyötykäyttöön.**
- **vähentää rakentamisen kasvihuonekaasupäästöjä ja vähentää kuljetustarvetta.**
- **parantaa kustannustehokkuutta kuljetusmatkojen ollessa kohtuullisia.**

Uusiomaarakentamisen indikaattorimallin indikaattorit **eivät ole yhteismitallistettavissa** ja summattavissa, vaan kutakin indikaattoria on tulkittava erikseen. Eri indikaattorien **painotus** tulosten tulkinnassa riippuu indikaattoritarkastelun tavoitteista. Erityyppisissä kohteissa korostuu myös eri indikaattorien **relevanttius**. Esimerkiksi stabilointikohteissa stabiloinnin sideaineina käytettävät uusiomateriaalit saattavat korvata massamääräisesti pienen määrän neitseellisiä raaka-aineita suhteessa maarakennushankkeen materiaalien kokonaiskulutukseen, mutta uusiosideaineiden käytöllä voi olla suuri vaikutus hankkeen kasvihuonekaasupäästöihin. Joissain kohteissa uusiomateriaalien vaihtoehtoisen käsittelyn huomiointi on oleellinen osa indikaattoritarkastelua eri vaihtoehtojen vertailussa, jos esimerkiksi uusiomateriaalien hyödyntämättä jättäminen edellyttäisi niiden kuljettamista läjitykseen toisaalle (esimerkkinä Sepänmäen meluvallin vertailuvaihtoehdossa Jätkäsaaren ruoppausmassojen vaihtoehtoinen sijoittaminen läjitykseen).

Kun tulkitaan indikaattorimallin avulla arvioituja vaikutuksia, on otettava huomioon, että indikaattorimalli ei huomioi kaikkia infrarakentamisen ympäristövaikutuksia, joten **tuloksia tulee tarkastella osana laajempaa kokonaisuutta**. Esimerkiksi jos uusiomateriaalien hyödyntämättä jättäminen aiheuttaa tarpeen näiden materiaalien läjitykselle ja sitä varten on pitää perustaa uusi läjitysalue, tulee uuden läjitysalueen perustamisesta aiheutuvat negatiiviset ympäristövaikutukset ottaa huomioon, vaikka ne eivät sisälly indikaattorimallin tuloksiin. Uusiomaarakentamisessa oleellista on myös rakentamisen käyttöön jo otettujen materiaalien mahdollisimman tehokas hyödyntäminen. **Materiaalit tulisi saada mahdollisimman korkea-arvoiseen käyttöön**, eikä esimerkiksi läjittää hyvälaatuisia materiaaleja toissijaisiin täyttöihin. Esimerkiksi Sepänmäen meluvallissa saatiin hyödynnettyä ruoppausmassoja, jotka olisi muutoin pitänyt kuljettaa läjitykseen kauas Helsingin ulkopuolelle. Hopeakiven sataman tarkastelusta ilmenee, että **pitkäjänteinen ja suunnitelmallinen jätejakeiden hyödyntäminen** suuren mittakaavan rakentamiskohteissa on sekä taloudellisesti että materiaalitehokkuuden ja päästöjen näkökulmasta suositeltavaa.

6.2 Indikaattorimallin soveltaminen

Uusiomaarakentamisen indikaattorimallia voidaan soveltaa maarakentamishankkeiden **suunnitteluvaiheessa** eri vaihtoehtojen vaikutusten arvioimiseksi **päätöksenteon tueksi tai toteutuneiden hankkeiden vaikutusten seuraamiseksi**. Lisäksi mallin avulla kerättyä tietoa voidaan hyödyntää **hankintakriteerien määrittämisessä** tai sen avulla voidaan **koota tietoa** uusiomaarakentamisen kaupunkikohtaisista kokonaisvaikutuksista. Esimerkiksi kaupungit ja Väylävirasto voivat ottaa indikaattorimallin käyttöön osaksi infrahankkeiden suunnitteluprosessia.

Uusiomaarakentamisen **vaikutusten seurantaindikaattorit** on nostettu yhdeksi teemaksi UUMA4-ohjelmassa. UUMA4-ohjelmassa tavoitteena on, että uusiomaarakentamisen vaikutusten seuranta on **yhdennäköistä ja tarkoituksenmukaista**. Indikaattorimallista tiedotetaan UUMA4-hankkessa muiden tilaisuuksien ja koulutusten yhteydessä.

6.3 Indikaattorien kehitys hankintojen osalta

Indikaattorimallissa kehitettyjä mittareita voidaan käyttää hankintamenettelyissä, ottaen huomioon kunkin hankinnan erityispiirteet kuten kohteen, hankemuodon, hankintamenettelyn sekä markkinatilanteen. Ympäristönäkökulma ja erityisesti uusiomaarakentamisen kriteerien käyttö hankinnassa on edelleen vasta kehittymässä, eikä kansallisia tai EU-tason standardeja ole kaikille tunnistetuille mittareille.

Tästä syystä indikaattorimallin ja sen mittareiden käyttö kussakin hankinnassa tulee tarkastella aina erikseen ja perustella huolellisesti. Mittareita ja niiden osia voidaan käyttää hankintamenettelyssä joko vähimmäisvaatimuksina hankinnan kohteen kuvauksessa, tarjoajan soveltuvuusvaatimuksissa, hankinnan vertailukriteeristöissä tai sopimuksenaikaisina velvollisuuksina ja mahdollisuuksina. Kaikki mittarit eivät kuitenkaan suoraan sovellu kaikkiin vaiheisiin, vaan jokaista käyttötapaa tulee edeltää huolellinen harkinta.

Koska ympäristökriteerien käyttö yleisesti hankinnoissa on kehittymässä ja esimerkiksi ympäristövaikutusten mittaamista osana hankintamenettelyä edelleen kehitetään, valitus- ja muutoksenhakuriskiä ei voida täysin poissulkea välttämättä huolellisella valmistelulla. Riskiä voidaan kuitenkin hallita huolellisella valmistelulla ja varaamalla riittävästi aikaa valmistelu- ja varsinaiseen hankintamenettelyvaiheeseen.

Uusiomaarakentamisen ja indikaattorimallin käyttöön liittyvien innovaatioiden edistämiseen on perusteltua kohdistaa lisäselvityksiä etenkin hankintamenettelyn näkökulmasta. Jatkossa innovatiivisuudesta voisi mahdollisesti saada joko lisäetua kilpailutuksessa tai sitä voitaisiin jopa edellyttää toimijoilta tietyissä hankkeissa toimimisen edellytyksenä.

Indikaattoreiden toteutumisen seuranta on hyvin vähäistä. Tyypillisimmin on seurattu massojen kuljetuksen toteutuneita kilometrejä. Kehitystyötä tulee tehdä päästölaskennan ja muiden indikaattoreiden periaatteiden mukaisesti ja periaatteita voidaan soveltaa myös uusiomaarakentamisen puolella.

6.4 Indikaattorimallin jatkokehitys

Tässä selvityksessä kehitettyä uusiomaarakentamisen indikaattorimallia tulisi koekäyttää useissa eri hankkeissa ja -suunnitteluvaiheissa aina maankäytön suunnittelusta rakentamiseen asti ja saada näin kokemuksia ja kehittämistarpeita, jotta mallia voitaisiin edelleen kehittää suunnittelua ja

hankintoja palvelevana laskentamallina. Jatkokehittämistarpeita selvitetään ja tunnistetaan UUMA4 -ohjelmassa.

Uusiomaarakentamisen indikaattorimallissa **keskitytään toistaiseksi rakentamisvaiheeseen**, sillä muista elinkaaren vaiheista on harvemmin riittävästi lähtötietoja saatavilla. Esimerkiksi infrahankkeiden kasvihuonekaasupäästöjen arvioinnissa on usein keskitytty rakentamisvaiheen päästöjen laskentaan, sillä rakenteiden **kunnossapidon ja elinkaaren lopun vaikutuksia on infrarakenteiden pitkän elinkaaren takia vaikeampi arvioida**, näihin vaiheisiin liittyy paljon epävarmuuksia ja toisaalta näiden elinkaaren vaiheiden osuus esimerkiksi hankkeen kasvihuonekaasupäästöjen tai materiaalikulutuksen kokonaismäärästä on rakentamisvaiheeseen verrattuna vähäinen. Tulevaisuudessa olisi kuitenkin hyvä, jos esimerkiksi infrahankkeiden kunnossapito- ja korjaustoimet ja niiden vaikutukset voitaisiin ottaa paremmin huomioon jo hankkeiden suunnitteluvaiheessa ja myös indikaattorimallissa voitaisiin tarkastella uusiomaarakenteiden koko elinkaaren vaikutuksia.

Tekninen kestävyys on **ympäristökestävyyden ohella** oleellinen asia uusiomaarakentamisessa, ja teknisellä kestävyydellä on vaikutus myös **taloudelliseen kestävyYTEEN** pidemmällä aikavälillä. Kaikkien näiden osa-alueiden huomioiminen hankkeen eri vaiheissa suunnittelusta, hankintoihin, rakentamiseen, ylläpitoon sekä elinkaaren loppupäähän on vaativa kokonaisuus arvioitavaksi ja hallittavaksi. Hankkeesta ja tahtotilasta riippuen on näiden painopiste päätettävä tapauskohtaisesti.

LÄHTEET

CEN. 2016. CWA 17089:2016 Indicators for the sustainability assessment of roads. CEN Workshop Agreement.

GBC. 2019. Määritelmä: Kestävä infra. Green Building Council Finland 6.2.2019.

Euroopan komissio 2016a. Green Public Procurement Criteria for Office Building Design, Construction and Management – Procurement practice guidance document. Joint Research Centre, 2016. Tulostettavissa: http://ec.europa.eu/environment/gpp/pdf/Guidance_Buildings_final.pdf. JRC102383. 2. Euroopan komissio. Level(s): building sustainability performance. Sustainable buildings. 2017. <http://ec.europa.eu/environment/eussd/buildings.htm>

Euroopan komissio 2016b. Ympäristöä säästäviä hankintoja – Käsikirja ympäristönäkökohtien huomioon ottamisesta julkisissa hankinnoissa, kolmas laitos https://ec.europa.eu/environment/gpp/pdf/handbook_2016_fi.pdf

Forsman, J., Dettenborn, T., Suikkanen, T., Harju, I., Järkkä, H., Kivimäki, J., Teittinen, T., Koi-vulahti, M., Lahtinen, P. 2020. Uusiomateriaalit kaupunkien infrarakentamisessa – käsikirja.

Hankintalain esityöt 2016. Hallituksen esitys eduskunnalle hankintamenettelyä koskevaksi lainsäädännöksi HE 108/2016 <https://www.finlex.fi/fi/esitykset/he/2016/20160108>

Harju, I. 2020. Hiedanranta klv. Uusiomaarakentamisen pilothankkeen rakentamisen, seurannan ja koeluontoisen toiminnan tutkimusraportti 2020.

Korkiala-Tanttu, L., Eskola, P., Häkkinen, T., Hiltunen, M. R., Tuominen, A. 2006. Väylärakentamisen ympäristövaikutukset ja ekoindikaattorit; ehdotus arviointijärjestelmäksi. Tiehallinnon selvityksiä 22/2006. ISBN 951-803-712-4.

Känkänen, R. Forsman, J., Moisio, Nyman, T., Lahdensivu, J., Mattila, K., Uusitalo, J. J., Ryhänen, A., Mero, J., Napari, M. 2014. Helsingin kaupungin Rakennusviraston merkittävimmät ympäristövaikutukset hankintojen ja suunnitteluohjeistuksen kehittämiseksi. Raportti 19.12.2014.

Nguyen, T. 2021. Uusiosideaineet pilaristabiloinnissa, Kuninkaantammen koestabilointi. Aalto-yliopisto, Diplomityö, 84 s.

Pahkakangas, S. 2019. Lammenrannan ja Kuninkaantammentien aluerakentaminen, uusiomateriaaliselvitys.

Pokki, J., Rekola, M., Härmä, P., Kuula-Väisänen, P., Räisänen, M. & Tiainen, M. 2009. Maarakentamisen ja kalliolouhinnan yhteydessä muodostuvien ylijäämäkiviainesten hyötykäytön tila Suomessa. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti 177. Espoo, Vammalan Kirjapaino Oy. 40 s. ISBN 978-952-217-088-0 (PDF)

Teittinen, T., Dettenborn, T., Pahkakangas, S. 2020. Uusiomaarakentamisen päästölaskenta. Saatavilla:

<https://www.uusiomaarakentaminen.fi/sites/default/files/Uusiomaarakentamisen%20p%C3%A4%C3%A4st%C3%B6laskenta.pdf#overlay-context=uusiomateriaalirakentaminen-ohjejulkaisu>

Valtioneuvosto 2021: Uusi suunta. Ehdotus kiertotalouden strategiseksi ohjelmaksi.

Valtioneuvoston julkaisu 2021:1. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-658-7>

VNTEAS 2021. Hiili- ja ympäristöjalanjälki hankinnoissa – lainsäädäntö ja mittaaminen (HILMI). Kalimo et al. Valtioneuvoston selvitys ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2021:2.

https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162672/VNTEAS_2021_2.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Väylävirasto 2020. Väyläviraston ohjeita 6/2020. Uusiomateriaalien käyttö väylärakentamisessa.

https://julkaisut.vayla.fi/pdf11/vo_2020-06_uusiomateriaalien_kaytto_web.pdf

Ympäristöministeriö 2017a. Vähähiilisen rakentamisen hankintakriteerit. YM1/601/2017.

<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4746-3>

Ympäristöministeriö 2017b. Vihreä julkinen rakentaminen - Hankintaopas

Kuittinen, Matti; le Roux, Simon (2017-09-11).

<https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/80653>

Ympäristöministeriö. 2019. Rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmä. Ympäristöministeriön julkaisu 2019:22.