

**SAVONIA**

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# UUSIOMATERIAALIEN KÄYTTÖ- OPAS TYÖSUUNNITTELUUN

TEKIJÄ Joonas Mustonen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä Joonas Mustonen	
Työn nimi Uusiomateriaalien käyttöopas työsuunnitteluun	
Päiväys	4.5.2022
Sivumäärä/Liitteet	31/13
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Kurko Koponen Oy, Juha Koponen	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön tilaajana oli Kurko Koponen Oy. Tehtävänä oli laatia uusiomateriaaliopas helpottamaan työsuunnittelua, sekä neuvoa uusiomateriaalien käyttöön liittyvissä asioissa. Vuosittain Suomessa käytetään yli 100 miljoonaa tonnia kiviaineksiä rakentamisessa. Tästä määrästä suuri osa olisi mahdollista korvata kierrätysmateriaaleilla. Tämän uusiomateriaalien käyttöoppaan on tarkoitus lisätä uusiomateriaalien käyttöä, sekä vähentää infrarakentamisessa syntyviä päästöjä. Opas on laadittu selkeäkieliseksi, jotta se palvelee mahdollisimman montaa käyttäjää.</p> <p>Työ oli kaksivaiheinen: uusiomateriaalien käyttöoppaan laatiminen, sekä opinnäytetyön raportin kirjoittaminen. Työn toteuttamiseen käytettiin alan toimijoiden verkkojulkaisuja sekä opinnäytetyön kirjoittajan kokemukset maanrakennusurakoilta toimivat myös osana tietoperustaa.</p> <p>Tuloksena valmistui tiivis ja selkeä opas, jossa on koottuna lainsäädäntöä koskevat asetukset sekä tekniset vaatimukset yksissä kansissa. Oikein käytettyinä uusiomateriaalit ovat hyviä rakennusmateriaaleja korvaamaan uusiutumattomia luonnonvaroja. Kierrätysmateriaalien käytön lisääminen ja kehittäminen tulee jatkossa olemaan tärkeässä roolissa. Kiristyvien ilmastotavoitteiden myötä myös infrarakentamisessa on tehtävä enemmän kestäviä valintoja ja ohjattava rakentamista ilmastoposiitiivisempaan suuntaan.</p>	
Avainsanat Uusiomateriaalit, ilmastonmuutos, kierrätys, maanrakennus, opas	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Civil Engineering	
Author Joonas Mustonen	
Title of Thesis User Manual of Recycled Materials in Work Planning	
Date 4 May 2022	Pages/Appendices 31/13
Client Organisation /Partners Kurko Koponen Oy, Mr. Juha Koponen	
<p>Abstract</p> <p>This thesis was commissioned by Kurko Koponen Oy (Limited company), a Finnish company whose main line is lifting business. Every year 100 million tons of rock material are used in construction. A lot of this amount could be replaced with recycled materials. The task was to draft a user manual on how to use recycled materials in earth construction and in work planning. The purpose of the manual was to increase the usage of recycled materials in the company and reduce emissions in earth construction.</p> <p>The work was two-stage: drafting the user manual of recycled materials and writing the thesis report. Online publications of the players were used as a source, and the author`s experience of civil engineering contracts was also used as part of the knowledge base.</p> <p>As a result of this thesis was a compact and easy to read manual compiling the acts, regulations and technical requirements that need to be taken into account. When used properly, recycled materials are a very good option to replace nonrenewable natural resources. In the future, increasing and developing the use of recycled materials will play an important role. Because of global warming, also civil engineering must make sustainable choices and lead construction field to climate positive direction.</p>	
<p>Keywords</p> <p>Earth construction, utilization, climate change, guide</p>	

## ESIPUHE

Haluan kiittää opinnäytetyöni toimeksiantajaa Juha Koposta mielenkiintoisesta aiheesta sekä mahdollisuudesta työni tekemiseen. Haluan myös kiittää ohjaavaa opettajaani Matti Sutista loistavasta ohjauksesta ja saumattomasta yhteyden pidosta kelloon tai päivään katsomatta. Isoin kiitos menee kuitenkin omalle perheelle, ilman heidän tukea ja kannustusta tämä työ ei olisi nyt tässä luettavana.

Rakentavia lukuhetkiä uusiomateriaalien parissa!

Varkaudessa 7.5.2022

Joonas Mustonen

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	6
1.1	Taustat ja tavoitteet.....	6
1.2	Toimeksiantajan esittely .....	6
2	OPINNÄYTETYÖN LÄHTÖKOHDAT .....	8
2.1	Käsitteet.....	8
2.2	Uusiomateriaalien lupakäytännöt.....	8
2.2.1	Ympäristölupa .....	9
2.2.2	Jätteen luokittelu .....	10
2.2.3	Mara-asetus .....	11
2.3	Uusiomateriaalien ominaisuudet.....	12
2.3.1	Betonimurske .....	13
2.3.2	Tiilimurske .....	16
2.3.3	Asfalttimurske .....	17
2.3.4	Tuhkat.....	19
2.3.5	Rengasrouhe .....	20
2.4	Ympäristövaikutukset .....	22
3	UUSIOMATERIAALIOPPAAN LAATIMINEN .....	24
3.1	Toimeksiantajan haastattelu .....	24
3.2	Kustannusvertailu .....	25
4	OPINNÄYTETYÖN TULOKSET .....	27
4.1	Valmiin oppaan käsittely .....	27
4.2	Oppaan rakenne .....	27
5	YHTEENVETO JA POHDINTA .....	28
	LÄHTEET .....	29
	LIITE 1: UUSIOMATERIAALIEN KÄYTTÖOPAS TYÖSUUNNITTELUUN .....	31

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Taustat ja tavoitteet

UUMA-rakentamisella, eli uusiomaarakentamisella on tarkoitus vähentää uusiutumattomien luonnonvarojen käyttöä. Näiden materiaalin käyttö korostuu tiheästi asutulla alueella, jolloin kiviaineksin hankintaetäisyydet voivat olla pitkiä. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kerätä Kurko Koponen Oy:lle sekä myös muille uusiomateriaalien käyttöä pohtiville yksiin kansiin mahdollisimman käytännön läheinen opas, joka neuvoo uusiomateriaalien käytössä ja käytön suunnittelussa. Työssä esitellään yleisimmät uusiomateriaalit ominaisuuksineen, käsitellään lupakäytäntöjä ja vertaillaan kustannuksia sekä tutkitaan minkälaiset ratkaisut ovat teknisesti tarkoituksenmukaisia ja ympäristön näkökulmasta kestäviä. Lisäksi käydään läpi tärkeimmät asetukset ja säädökset koskien uusiomateriaalien käyttöä.

Yrityksellä on parhaillaan käynnissä teollisuustontin laajennus, jossa käytetään uusiomateriaalia. Tämä on herättänyt kiinnostuksen uusiomateriaalien laajempaan käyttöön, mistä syntyi tarve uusiomateriaali oppaan luomiselle. Oppaan avulla on helpompi lähestyä uusia hankkeita ja vertailla jo hankesuunnitteluvaiheessa kustannuksia sekä toteutustapoja. Erilaisten teknisten ominaisuuksien vertailu luonnonkiviaineksen sekä uusiomateriaalin välillä taas perustelee konkreettisesti kohti järkeviä valintoja.

## 1.2 Toimeksiantajan esittely

Toimeksiantajana opinnäytetyössäni toimii Kurko Koponen Oy, joka tarjoaa nostoalan palveluita ympäri Suomen yli 60 vuoden kokemuksella. Yrityksellä on toimipisteitä kuudella eri paikkakunnalla ja kalustoa mininostureista aina 230tn mobiilinnostureihin saakka. Yrityksen arvoihin kuuluu täsmällisyys, siisteys, työturvallisuus sekä vankka ammattitaito. Lisäksi yrityksellä on käytössä ISO 9001/2015 laatujärjestelmä.



Kuva 1. Nostotilanne Kurko Koposen internet sivulta (Kurko Koponen Oy 2016)

Yrityksen toimintaan liittyy myös Kurko Crane sekä Kurko Academy Oy:t. Näistä ensimmäinen rakentaa maailman parhaita asennusnosturiautoja niin asiakkaille kuin myös Kurko Koposen käyttöön. Lisäksi Kurko Academy vastaa alalla vallitsevaan kuljettajapulaan kouluttamalla asennus- ja mobiil nosturikuljettajia niin Kurko Kuposelle kuin myös ulkopuolisille toimijoille ympäri Suomen. Koulutuksesta saa kaikki alalla tarvittavat pätevyydet sekä C ja/tai CE luokan ajokortit, ja koulutuksen sisältö on räätälöitävissä jokaisen asiakkaan tarpeiden mukaan.

## 2 OPINNÄYTETYÖN LÄHTÖKOHDAT

### 2.1 Käsitteet

AVI	Aluehallintovirasto, hoitaa valvonta-, toimeenpano- ja ohjaustehtäviä Suomessa
ELY	Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus.
Fore	Infrarakentamisen ammattilaisille tarkoitettu kustannushallinnan palvelukokonaisuus.
Infraryl	Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset
Maanrakentaminen	Rakentamiseen liittyvää pintamaan poistamista, viherrakentamista, louhintaa ja maansiirtoa.
MARA-asetus	Asetus valtioneuvostolta eräiden jätteiden hyödyntämisestä maanrakentamisessa.
Opas	Tässä työssä valmistuvaa kirjallista opastava julkaisu
Uusiomateriaali	Materiaali, jolla korvataan luonnonmateriaaleja. Saadaan purettujen rakenteiden materiaaleista, teollisuuden sivutuotteista, ylijäämämaista, sekä tapauskohtaisesti lievästi pilaantuneista maista. Voidaan joissain tapauksissa käyttää sellaisenaan, tai lisäaineena jonkun luonnonmateriaalin seassa. Näitä materiaaleja kutsutaan UUMA-materiaaleiksi.
Uusiokäyttö	Käytöstä poistetun tai poistoon menevän materiaalin jälleen hyödyntäminen jossain toisessa kohteessa.

### 2.2 Uusiomateriaalien lupakäytännöt

Vaikka lainsäädännöllisiä asetuksia teknisille ominaisuuksille ei velvoiteta, se edellyttää joka tapauksessa ominaisuuksien ja ympäristökelpoisuuden arviointia. Keskeisimpiä säädöksiä uusiomateriaaleja käytettäessä ovat:

- jäte- ja ympäristölainsäädäntö: jätelaki (646/2011) ja jäteasetus (179/2012) sekä ympäristöluopien ja pilaantuneiden maiden osalta myös ympäristönsuojelulaki 527/2014 ja – asetus (713/2014)
- rakennustuotelainsäädäntö: rakennustuoteasetus (EU:n asetus N:o 305/2011), erityisesti CE merkinnät ja haitalliset aineet
- kemikaalilainsäädäntö: REACH- ja CLP-asetukset ja niiden soveltaminen (CLP-asetus koskee aineiden ja seosten luokitusta ja merkintöjä). (uusimaarakentaminen.fi.)

Yllä olevista lainsäädännöistä varsinkin ensimmäinen koskee maanrakentamista, loput kaksi enemmän talonrakentamista.



### 2.2.1 Ympäristölupa

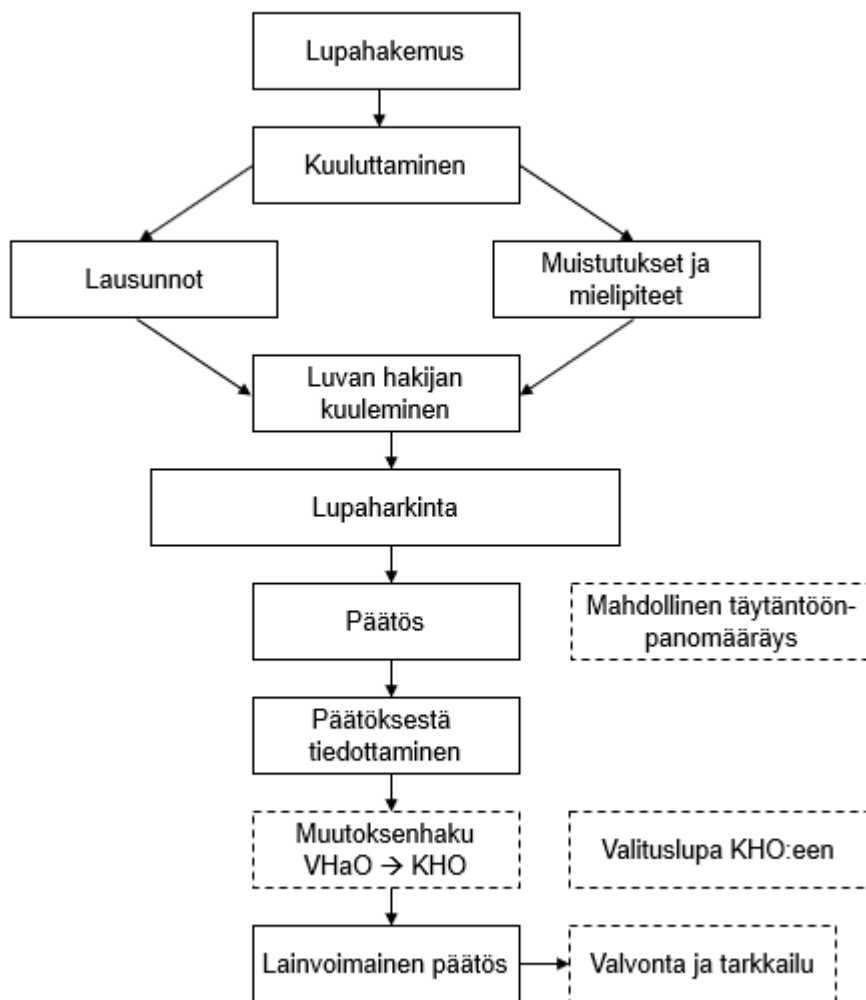
Kuten kaikkeen jätteen ammattimaiseen hyödyntämiseen, myös maanrakennuskäyttöön menevän jätteen käyttöön vaaditaan ympäristönsuojelulain (527/2014) 27 §:n pykälän määrittämä ympäristölupa, eräitä poikkeuksia lukuun ottamatta (uusiomaarakentaminen.fi). Näitä poikkeuksia käsitellään ja avataan seuraavissa luvuissa tarkemmin.

Ympäristönsuojelulain mukainen lupa tarvitaan, jos toiminnoilla on vaaraa aiheuttaa ympäristön pilaantumista. Tällaisia toimintoja ovat mm. kalankasvatus, metalli-, kemian- ja metsäteollisuus sekä energiantuotanto. Lisäksi ympäristölupa tarvitaan esim. maa-ainesten ottamisen yhteydessä suoritettavaan kivenlouhintaan ja -murskaukseen, kun toiminta ylittää ympäristönsuojeluasetuksen (713/2014) 2 §:n mukaisen ajan.

Luvassa voidaan säädellä esimerkiksi toiminnan aikatauluja tai suuruusluokkaa sekä asettaa vaatimuksia päästöjen määrästä tai niiden vähentämisestä. Luvassa esiintyviin ehtoihin voi vaikuttaa mm. asianosaiset, eli esimerkiksi lähialueen asukkaat, joilla on oikeus jättää asiasta muistutus asian ollessa kuulutettuna.

Lupahakemus osoitetaan ympäristönsuojelulaissa tai asetuksessa määrätyle lupaviranomaiselle, joka on siis kunnan ympäristönsuojeluviranomainen tai aluehallintovirasto.

## Lupakäsittelyn vaiheet kaaviona



Kuva 2. Kuvaleike Ympäristön verkkosivulta Ympäristölupa (Ympäristöhallinto 2021)

### 2.2.2 Jätteen luokittelu

Jäte on jätelain 5 § 1 mom. mukaan *”aine tai esine, jonka sen haltija on poistanut tai aikoo poistaa käytöstä taikka on velvollinen poistamaan käytöstä”*. (Jätelaki 2011, 5 §.) Valtioneuvoston asetuksen 978/2021 mom. 29 § mukaan *”Hyödynnettäessä jätettä maantäytössä taikka muutoin sijoittamalla tai levittämällä jätettä maahan, jätteen on teknisesti ja ympäristövaikutuksiltaan sovelluttava kyseiseen käyttötarkoitukseen ja jätettä voidaan käyttää vain se määrä, joka on ehdottoman tarpeellista maarakenteen tasauksen, kantavuuden ja kestävyuden kannalta.”*

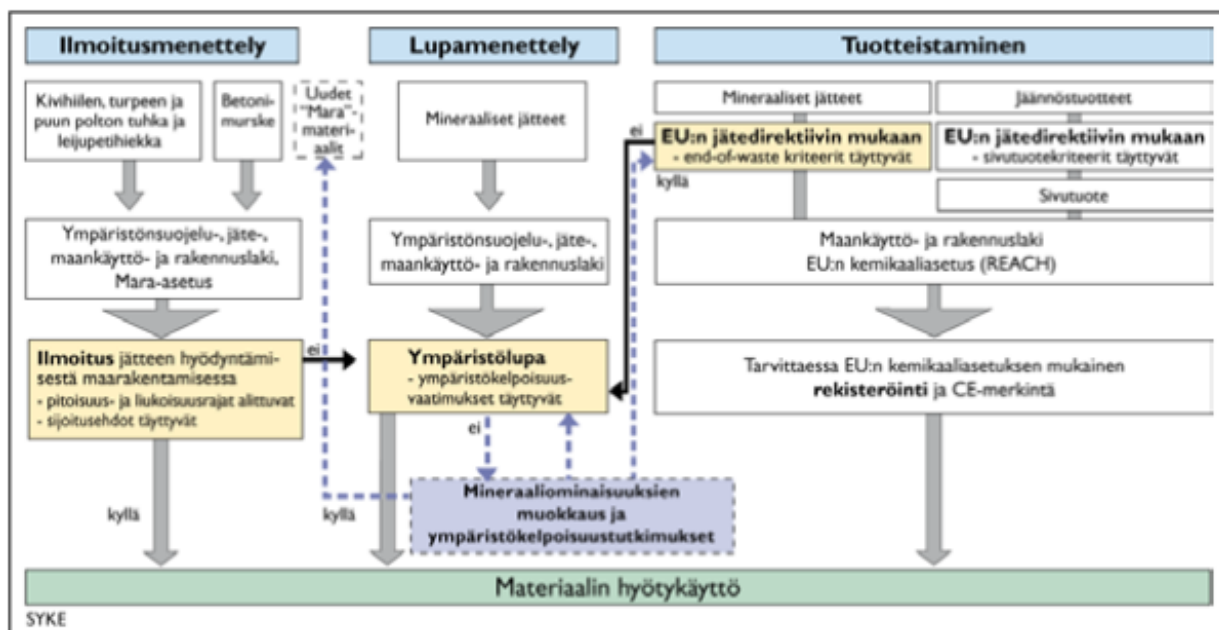
Poikkeuksena on kuitenkin aineet ja esineet, joita syntyy varsinaisen valmistusprosessin oheistuotteena, näitä kutsutaan sivutuotteiksi. Lisäksi on täytettävä seuraavat ehdot:

1. Aineen tai esineen jatkokäytöstä on varmuus.
2. Ainetta tai esinettä voidaan käyttää suoraan sellaisenaan tai sen jälkeen, kun sitä on muunnettu enintään tavanomaisen teollisen käytännön mukaisesti.
3. Aine tai esine syntyy tuotantoprosessin olennaisena osana.

4. Aine tai esine täyttää sen suunniteltuun käyttöön liittyvät tuotetta sekä ympäristön- ja terveyden suojelua koskevat vaatimukset eikä sen käyttö kokonaisuutena arvioiden aiheuta vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle. (Jätelaki – pääpiirteitä, Lytykäinen.)

Koska sivutuote rinnastetaan sitä vastaavaan tuotteeseen, niin siihen sovelletaan myös kyseisen tuotteen tuotesääntelyä. Jos taas kyseessä on materiaali, on sen täytettävä sille määritetyt tekniset vaatimukset, esimerkiksi betonimursketta käytettäessä kalliomurskeen tilalla katurakentamisessa.

Jätettä sisältävät uusiomateriaalit voidaan lisäksi jakaa eri ryhmiin, eritellen ne niiden lupamenettelyjen mukaisesti alla olevan Ympäristöministeriön kuvaleikkeen mukaisesti.



Kuva 3. Kuvaleike Ympäristöministeriön raportista verkkosivulta Uusiomateriaalien käyttö maarakentamisessa (Tuloksia UUMA-ohjelmasta 2010)

### 2.2.3 Mara-asetus

Mara-asetus (843/2017) tarkoittaa lakiasetusta, joka on laadittu helpottamaan asetusta koskevien jätteiden käyttöä ilman ympäristölupa prosessia. Asetus on laadittu, jotta siinä määriteltyjen ehtojen täytyessä tiettyjä jätteitä voitaisiin käyttää maarakentamisessa ilman ympäristösuojelulain (537/2014) mukaista ympäristölupaa. Asetuksella on tavoiteltu parempaa kiertotaloutta, ilman lupaprosessia pystytään nostamaan uusiomateriaalin käytön määrää eikä käyttökelpoista jätettä jäisi hyödyntämättä. (Finlex, 2017.)

Asetusta sovelletaan maarakentamisessa, joka on ammattimaista, sekä sellaisiin kohteisiin, joissa rakennettaisiin joka tapauksessa vaikkei uusiomateriaaleja olisikaan saatavilla. Ulkopuolelle on kuitenkin rajattu olosuhteiltaan herkkiä kohteita, jolloin uusiomateriaaleja käytettäessä on haettava ympäristölupa. Näihin kohteisiin kuuluvat muun muassa sisämaan tulvavaara-alueet, viljelyalueet, lasten leikkipaikat, 1- ja 2-luokan pohjavesialueet, sekä asuinrakennusten maanalaiset kerrokset.

Asetuksen piiriin kuuluvat seuraavat jätteet käyttökohteineen:

- Betonimurske sekä kevytbetoni- ja kevytsorajätteet  
-Sallitut käyttökohteet: Kenttärakenteet, väylärakenteet, teollisuuden ja varastojen pohjissa.

- Turve, kivihiili, tuhkat ja leijupetihiekka – Sallitut käyttökohteet: Kenttärakenteet, väylärakenteet, teollisuuden ja varastojen pohjissa, tuhkamursketeissä sekä stabilointiaineena edellä mainituissa kohteissa.
- Tiilimurske
  - Sallitut käyttökohteet: Kenttärakenteet, väylärakenteet, vallirakenteissa sekä teollisuus ja varastorakennusten pohjarakenteissa.
- Asfalttimurske ja -rouhe
  - Sallitut käyttökohteet: Väylä- ja kenttärakenteissa
- Käsitelty jätteenpolton kuona
  - Sallitut käyttökohteet: Kenttärakenteet, väylärakenteet, teollisuuden ja varastojen pohjissa.
- Valimohiekat
  - Sallitut käyttökohteet: Kenttärakenteet, väylärakenteet, teollisuuden ja varastojen pohjissa.
- Kalkit
  - Sallitut käyttökohteet: Kenttärakenteet, väylärakenteet, teollisuuden ja varastojen pohjissa.
- Kokonaiset renkaat ja rengasrouhe
  - Sallitut käyttökohteet: Kenttärakenteet, väylärakenteet, teollisuuden ja varastojen pohjissa.
- Rakenteesta poistettu jäte
  - Käyttöä sovelletaan tapauskohtaisesti 2 §:n mukaisesti

### 2.3 Uusiomateriaalien ominaisuudet

Uusiomateriaalien käytössä on huomioitava, että materiaalit eivät ole tasalaatuisia ja niissä voi esiintyä vaihtelua, vaikka samaa materiaalia käytetään samasta paikasta. Muita tunnistettuja ominaisuuksia ovat esimerkiksi halkeilu- ja kutistumistaipumus, pölyämiskäsi, korroosioriski sekä haitta-ainepitoisuudet ja niiden liukeneminen (Savonia, uusiomateriaalit, 2022). Näihin yhdistettynä nykyisin hyvinkin laajat olosuhteiden vaihtelut ja tiukat laatuvaatimukset voivat tehdä riskien- ja laadunhallinnasta haastavaa. Edellä todetut ominaisuudet huomioiden korostuu entisestään se, että uusiomateriaalien käyttö tulisi olla tiedossa jo hyvissä ajoin hankkeen alusta asti. Näin ehdittäisiin tutkia materiaaleja ja niiden ominaisuuksia sekä tehdä mahdollisia koerakenteita, jolloin olisi hyvä demonstroida muuttuvia olosuhteita (esim. kuiva vs. märkä) sekä testata erilaisia tiivistysmenetelmiä.

Seuraavissa kappaleissa käydään läpi yleisimpien maanrakentamisessa käytettävien materiaalien ominaisuuksia sekä esimerkkirakenteita niiden käytöstä.

### 2.3.1 Betonimurske

Vuositasolla betonimursketta syntyy 2 miljoonaa tonnia, mikä tekee siitä tonni määräisesti isoimman rakennusjäte lajikkeen. (ym.fi, 2021.) Betonimurskeelle on haettu ympäristöministeriön toimesta arviointiperusteista asetusluonnosta, jonka läpi mennessä betonimurske lakkaisi olemasta jätettä ja siitä määriteltäisiin tuote. Tämä taas mahdollistaisi betonimurskeen käyttämisen asetuksen määrittelemiini kohteisiin ja käyttötarkoituksiin kuten uutta vastaavaa tuotetta. Notifiointi on vielä käsittelyssä ja sen odotetaan valmistuvan tämän (2022) kevään aikana.

Betonin raaka-aineena käytettävän sementin valmistus on yksittäisistä ihmisten aiheuttamista hiilidioksidipäästöistä suurin. On arvioitu, että jopa 5–10 % hiilidioksidipäästöistä aiheutuu sementin valmistuksesta.

Elinkaarensa aikana betoni kuitenkin sitoo karbonisaatioreaktion avulla hiilidioksidia. Kun purettu betoni murskataan ja betonin pinta-ala näin ollen lisääntyy, lisääntyy myös hiilidioksidin sitoutuminen. Näin betonimurskeesta tulee hiilinielu, joka sitoo jopa puolet sen valmistukseen käytetystä sementin hiilidioksidipäästöistä. Tämä taas lisää kiertotalousnäkökulmaa entisestään merkittävästi. (Hel.fi, 2015.)

Betonimurskeen ollessa kierrätysmateriaali, joka on tuotettu tavallisten kivimurskeiden tapaan, luetaan se harmonisoidun eurooppalaisen maa- ja vesirakentamisen kiviainesstandardin SFS-EN 13242 soveltamisalaan. Tämä mahdollistaa betonimurskeen CE-merkinnän silloin, kun sitä myydään, eli materiaalin omistaja vaihtuu.

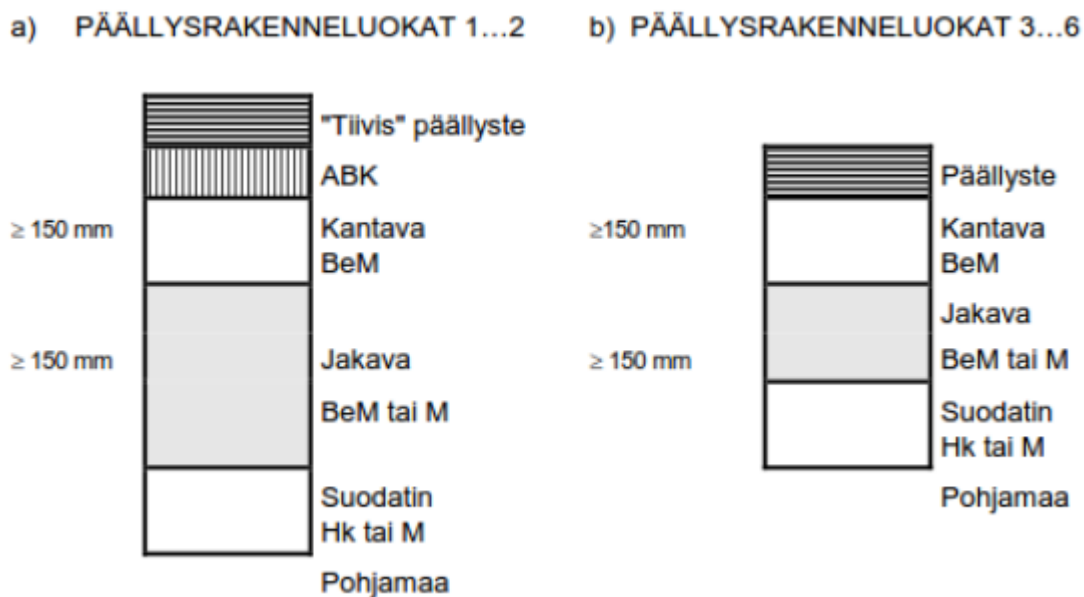
Taulukko 1. Betonimurskeen laatuluokat (Betonimurskeohje, 6)

Ominaisuus	BeM I	BeM II	BeM III	BeM IV
<b>Raaka-ainelähde</b>	Betoniteollisuus	Betoniteollisuus, rakennus- tai purkutyömaa	Betoniteollisuus, rakennus- tai purkutyömaa	Betoniteollisuus, rakennus- tai purkutyömaa
<b>Rakeisuus</b>	EN 13242, käyttökohteen vaatimukset	EN 13242, käyttökohteen vaatimukset	EN 13242, käyttökohteen vaatimukset	EN 13242, käyttökohteen vaatimukset
<b>Hienoainespitoisuus</b>	< 7 % ( $f_7$ )	< 7 % ( $f_7$ )	-	-
<b>Routivuus</b>	Routimaton	Routimaton	Routimaton tai routiva	Routimaton tai routiva
<b>Puristuslujuus</b>	> 1,2 Mpa	> 0,8 Mpa	-	-
<b>Osa-aineet</b>	Betoni > 90 % ( $R_{c90}$ ) tiili < 10 % ( $R_{b10}$ )	Betoni, lasi, kiviaines yht > 90 % ( $R_{cu90}$ ) tiili < 10 % ( $R_{b10}$ )	Betoni, lasi, kiviaines yht > 90 % ( $R_{cu90}$ ) tiili < 10 % ( $R_{b10}$ )	Betoni, lasi, kiviaines yht > 70 % ( $R_{cu70}$ ) tiili < 30 % ( $R_{b30}$ )
<b>Epäpuhtaudet</b>	< 1 paino-% ( $X_1$ )	< 1 paino-% ( $X_1$ )	< 1 paino-% ( $X_1$ )	< 1 paino-% ( $X_1$ )
<b>Kelluvat epäpuhtaudet</b>	< 5 cm <sup>3</sup> /kg ( $FL_5$ )	< 10 cm <sup>3</sup> /kg ( $FL_{10}$ )	< 10 cm <sup>3</sup> /kg ( $FL_{10}$ )	ei vaatimusta ( $FL_{NR}$ )

Betonimursketta on saatavilla monin paikoin rakennuspaikkojen läheisyydessä. Monesti rakennuspaikalta puretaankin vanha rakennus tai osa siitä uusiorakentamisen myötä. Varsinkin näissä tilanteissa uusiomateriaalista tulee ympäristöystävällinen ja taloudellinen vaihtoehto, kuljetusmatka jää lähisiirroksi ja luonnonmateriaalia tarvitsee murskata vähemmän.

Tavallisin käyttökohde betonimurskeelle on kalliomurskeen korvaaminen jakavassa- tai kantavassa kerroksessa. Betonimurskeella on jopa paremmat kantavuusominaisuudet verrattuna luonnonkiviainekseen johtuen sen lujittumisominaisuuksista. Sen ansiosta rakennekerroksen paksuutta pystytään ohentamaan, mikä tuo säästöä niin ekologisesti kuin myös taloudellisesti. Tämän onnistuminen edel-

lyttää oikeanlaista murskelajiketta, jolla on hyvät lujittumisominaisuudet, sekä oikeita työmenetelmiä ja jälkihoitoa lujittumisen ollessa suurinta ensimmäisten vuosien aikana.



Kuva 4. Tyypillinen betonimurskerakenne, luokat eriteltyinä 1–2 ja 3–6 (Väylävirasto 2016)

Vaikka betonimurske lujittuu kovemmaksi kuin luonnonkiviaines, se on silti auki kaivettaessa pääosin rakeista ja kaivu onnistuu samalla kalustolla kuin normaaleissakin korjauskohteissa. Samoin uudelleentäyttö voidaan tehdä jakavan- ja kantavan kerroksen osalta vanhalla materiaalilla. Putkikaivannoissa on huomioitava, että betonimursketta voi käyttää vain lopputäytön osalta, ettei mahdolliset liukenevat kemikaalit vahingoita venttiileitä tms. rakenteita.

Alla ote Infraryllin vaatimuksista sitomattomien kantavien sekä jakavien kerrosten osalta. Liitteestä käy ilmi myös betonimurskeen luokitukset ja selitykset niille.

Taulukko 2. Infraryl, liite T18 2017

## Liite T18 2017 Sitomattoman kantavan kerroksen ja jakavan kerroksen vaatimukset betonimurskeelle sekä suositukset testaustiheydeksi

**Liite:T18.** Sitomattoman kantavan kerroksen ja jakavan kerroksen vaatimukset betonimurskeelle sekä suositukset testaustiheydeksi

OMINAISUUS	SITOMATON KANTAVA KERROS		JAKAVA KERROS, KUN D ≤ 90 mm		JAKAVA KERROS, KUN D > 90 mm	
	Vaatus	Testaustiheys	Vaatus	Testaustiheys	Vaatus	Testaustiheys
<b>Betonimurskeen luokka</b> <sup>(1)</sup>	BeM I tai BeM II		BeM I – BeM III		BeM I – BeM III	
<b>Raekokojakautus</b>	luokka G <sub>0</sub> tai G <sub>A</sub> (SFS-EN 13285)	Kerran viikossa tai 1/5000	Murske luokka G <sub>p</sub> tai G <sub>c</sub> (SFS-EN 13285)	Vähintään kerran viikossa tai 1/5000 t	Taulukko 21210:T3	kerran viikossa
<b>Hienoainespitoisuus</b>		Kerran viikossa tai 1/5000	f <sub>7</sub>	Kerran viikossa tai 1/5000	f <sub>7</sub>	Kerran viikossa
<b>Iskunkestävyys</b>	Ilmoitettu arvo	Kaksi kertaa vuodessa	-	-	-	-
<b>Litteysluku</b>	Fl <sub>50</sub>	Kerran kuukaudessa	-	-	-	-
<b>Kiintotiheys</b>	Ilmoitettu arvo	Kerran kuukaudessa	Ilmoitettu arvo	Kerran kuukaudessa	Ilmoitettu arvo	Kerran kuukaudessa
<b>Vedenimeytyminen</b>	WA <sub>NR</sub>	-	WA <sub>NR</sub>	-	WA <sub>NR</sub>	-
<b>Uusiokiviaineksen luokittelu</b> <sup>(3)</sup>	Rc <sub>90</sub> Rb <sub>10-</sub> X <sub>1-</sub> FL <sub>5-</sub>	Kerran kuukaudessa	Rcug <sub>90</sub> Rb <sub>10-</sub> X <sub>1-</sub> FL <sub>10-</sub>	Kerran kuukaudessa	Rcug <sub>90</sub> Rb <sub>10-</sub> X <sub>1-</sub> FL <sub>10-</sub>	Kerran kuukaudessa
<b>Jäädytys-sulatuskestävyys</b> <sup>(4)</sup>	-	-	-	-	-	-
<b>Puristuslujuus 28d</b>	BeM I 1,2 MPa BeM II 0,8 MPa	1/10000 tn tai 1/ <sup>(5)</sup> murskauserä	BeM I 1,2 MPa BeM II 0,8 MPa BeM III -	Kerran murskauserästä	BeM I 1,2 MPa BeM II 0,8 MPa BeM III -	Kerran murskauserästä

Liite T18 2017 Sitomattoman kantavan kerroksen ja  
jakavan kerroksen vaatimukset betonimurskeelle sekä  
suositukset testaustiheydeksi

<b>Huomioitavaa</b>	<p>Betonimurske on osittain sitoutuva materiaali. Rakenteeseen tiivistetty ja sitoutunut betonimurske on kuitenkin aukikaivettavissa ja materiaali voidaan myös tiivistää uudelleen takaisin kaivantoihin.</p> <p>Betonimurske ei sovellu käytettäväksi vedenpinnan alaisissa täytöissä tai rakenteissa, koska hienoaines saattaa liettyä ja kulkeutua veden mukana.</p> <p>Betonimurskeen pH on luonnonkiviainesta korkeampi. Pinnoittamattomien alumiinisten vesihuollon laitteiden suoraa kontaktia betonimurskeen kanssa on vältettävä.</p> <p>Tarkemmat ohjeet on esitetty materiaalivalmistajien suunnitteluohjeissa.</p>
<p><sup>(1)</sup> <i>BeM I = raaka-aine peräisin betoniteollisuudesta</i></p> <p><i>BeM II-BeM IV = raaka-aine peräisin betoniteollisuudesta ja/tai purkutyömailta</i></p> <p><sup>(2)</sup> <i>Vedenimeytymistesti ei sovellu betonimurskeiden laadunarviointiin</i></p> <p><sup>(3)</sup> <i>Standardin prEN 933-11 mukaiset osa-aineluokat</i></p> <p><i>Rc = betoni, betonituotteet, laasti, betoniharkot</i></p> <p><i>Rb = poltetut tiilet, kalkkikiiekkatiilet ja -harkot, kellumaton vaahotbetoni</i></p> <p><i>Rcug = yhteismäärä Rc + Ru + Rg (Ru = sitomaton kiviaines, luonnonkivi, hydraulisesti sidottu kiviaines, Rg = lasi)</i></p> <p><i>X<sub>1</sub> = epäpuhtauksien määrä (savi, maa-aines, metallit, puu, muovi, kumi, kipsilaasti)</i></p> <p><i>FL = kelluvat ainekset, kuten solumuovi, mineraalivilla yms</i></p> <p><sup>(4)</sup> <i>Jäädytys-sulatustesti ei sovellu betonimurskeen laadunarviointiin. Betonimurskeen pakkasenkestävyys perustuu routimattomuuteen ja puristuslujuuden kehitykseen (valmistajan osoitettava vaatimusten täytyminen).</i></p> <p><sup>(5)</sup> <i>Testaustiheys 1/murskauserä on riittävä tiheys betonimurskeiden ammattimaisessa valmistamisessa (käsittelykeskukset, joilla on lupa ammattimaiseen jätteen käsittelyyn), muutoin noudatetaan sitä, kumpi ensimmäiseksi täyttyy. Mikäli jätteen laadussa tapahtuu muutoksia, tehdään aina uusi koesarja. Murskauserällä tarkoitetaan betonimurske-erää, joka on tuotettu samalla kertaa olosuhteissa, joita voidaan pitää yhdenmukaisina.</i></p>	

**Pääalhe:** Liitteet

### 2.3.2 Tiilimurske

Vanhoja tiilirakenteita purettaessa tiilet purkautuvat välillä ehjinä, jolloin niitä ohjataan uusiokäyttöön sellaisenaan. Tiilijätettä syntyy Suomessa vuositasolla n. 40 000–50 000 tonnia (UUMA4-ohjelma, 2021). Koska suurin osa tiilistä menee kokonaisuudessaan uusiokäyttöön, vähemmistöosuus päätyy murskattavaksi. Lisäksi tiilituotannossa syntyvät hylkytuotteet menevät pääosin uuden tiilimurskan raaka-aineeksi eivätkä näin ollen ole käytettävissä tiilimurskeeksi. Lisäksi taulukossa 1. esitetyn määrän mukaan tiiltä saa olla IV-luokan betonimurskeessa vähemmän kuin 30 %, joten tämä vähentää entisestään puhtaan tiilimurskeen syntymistä.

Tiili on huokoinen materiaali, joka murenee kuormituksen alla, eikä täten omaa minkäänlaisia kantavuusominaisuuksia. Lisäksi se kestää huonosti olosuhdevaihtelua, ja etenkin märkänä jäätyminen rapauttaa sitä (Liikennevirasto, 2016).

Suomessa, niin kuin muissakin Pohjoismaissa, on vähän kokemuksia tiilimurskeen käytöstä. Mursketta on käytetty lähinnä viherrakentamisessa, sekä osana viherkattojen kasvualustoissa. Ehkä tunnetuin tiilimurskeen käyttömuoto on erilaisissa urheilukenttien pintarakenteissa. Kuitenkin esim. Alankomaissa on käytetty tiilimursketta tierakenteissa jo yli 30 vuoden ajan. Suotuisimmat olosuhteet sekä suurempi raaka-aineiden tarjonta ovat varmasti suurin syy esimerkiksi Alankomaiden tiilimurskeen käyttöön.





Kuva 5. 0–4 mm Tiilimursketta urheilukentällä, (Raikkonen Oy 2022)

### 2.3.3 Asfalttimurske

Asfalttimurske on käytöstä poistettua asfalttia, joka on välivarastoitu, ja sen jälkeen murskattu tasalaatuisiksi jakeeksi uusiokäyttöä varten. Asfalttirouhe on periaatteessa sama asia kuin asfalttimurske, mutta se on tuotettu eri tavalla. Asfalttirouhetta syntyy, kun tiestä jyrsitään asfalttia pois, jolloin sitä ei enää tarvitse murskata uusiokäyttöä varten. On hyvä myös huomioida, että asfalttimurske on tuote, joka valmistettu, kun taas asfalttirouheen kohdalla on tapauskohtaisesti tulkintaeroja, luokitellaanko se jätteeksi (materiaali on poistettu työmaalta) vai tuotteeksi (materiaali on valmistettu jyrsimällä työmaalla). (Asfalttieto.fi, 2022.) Bitumin määrä on suunnilleen sama, oli kyseessä sitten murske tai rouhe.

Asfalttimurskeen uusiokäyttöä on rajoitettu 1000 tonniin per kohde. Käytön rajaamisella 1000 tonniin pyritään varmistamaan, että asfalttijäte päätyisi ensisijaisesti uusioasfaltin valmistukseen. Vaikka asfalttimursketta käytetään ensisijaisesti uudelleen kierrätysasfaltissa, se on silti hyvä raaka-aine myös muihin käyttötarkoituksiin. Asfalttimursketta pystyy varastoimaan kasalla yli vuoden ennen kuin se alkaa sitoutumaan bitumin vaikutuksesta. Senkin jälkeen asfalttimursketta pystyy hyödyntämään, mutta kasasta tavarain saaminen vaatii enemmän työtä, koska bitumi alkaa sitomaan kasaa kiinteäksi.

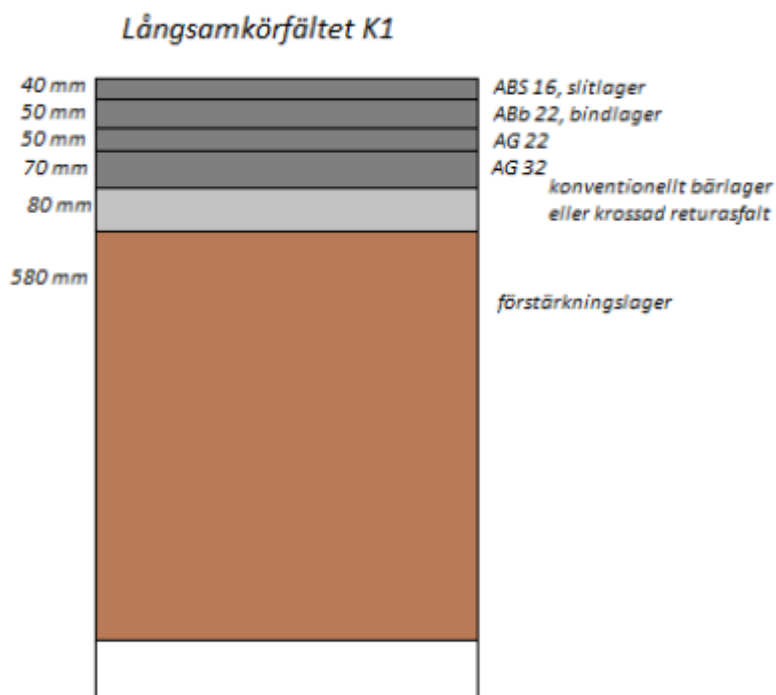
Asfalttimursketta käytetään hyvin yleisesti väliaikaisten teiden pintarakenteena esim. infrahankkeilla tai saneerauksien yhteydessä. Etuina väliaikaisessa käytössä on tiivis pölyämätön pinta sekä purkamisen helppous väliaikaisen tien tarpeen päättyessä. Myös erilaisissa kenttärakenteissa asfalttimurske on todettu hyväksi pintamateriaaliksi. Se muodostaa tiiviin, mutta kuitenkin vettäläpäisevän pinnan. Lisäksi sen kunnossapito on helppoa, koska sitä pystytään lanaamaan, ja tarvittaessa materiaalia lisäämään esimerkiksi painumien vuoksi. Tämä mahdollistaa siis käytön myös huonomman pohjarakenteen omaavassa kohteessa, jossa mahdollisesti esiintyy routimista.

Infrahankkeilla on käytetty asfalttimursketta myös piennartäytössä, eli niin sanotussa ”jätkänpolussa”. Etenkin jos hankkeella on myös purettavia asfaltteja, on synergiahyöty hyvä. Levitys onnistuu

samalla kalustolla kuin tavallisen murskeenkin levitys piennartäyttöön, ja materiaalin ominaisuudetkin ovat samat tai jopa paremmat kuin luonnonmurskeella. Heikkoutena mainittakoon bitumista johtuva materiaalin paakkuuntuminen helteellä, mikä voi aiheuttaa ongelmia levityksessä.

Asfalttimursketta voidaan myös käyttää tie- tai kenttärakenteen rakennekerroksissa niin jakavassa kuin kantavassakin kerroksessa. ELY:n ohjeen mukaan seuraavan kerroksen on oltava vähintään 100 mm paksu, ja tehty luonnonmateriaalista, mikäli asfalttimursketta käytetään rakennekerroksissa (Elinkeino, -liikenne ja ympäristökeskus 2020, 3). Kantavan kerroksen osalta asfalttimursketta voidaan käyttää niin kyseisen kerroksen raaka-aineena, kuin myös stabiloinnissa. Kantavassa kerroksessa kierrätysmurskeen on tutkittu toimivan jopa paremmin kuin luonnonmurskeen, koska se hylkii vettä ja tiivistyy paremmin tavanomaiseen verrattuna (Liikennevirasto 2016, 29).

Myös jakavan kerroksen rakenteessa voidaan käyttää asfalttimursketta. Infraryl määrittelee uusiomateriaalille vaatimukset esimerkiksi routimattomuuden ja rakeisuuden osalta. Jakavassa kerroksessa murske on yleensä suurempirakeista. Riippuen suunnitellusta poikkileikkauksesta koko on n. 0–100 mm. Alla kuva esimerkkirakenteesta, jossa on käytetty asfalttimursketta kantavassa kerroksessa asfaltin alla.



Kuva 6. Kuvaleike rakenteesta, jota on käytetty E4 moottoritien rakentamisessa Markarydissa (Jacobson & Waldemarson 2011)

### 2.3.4 Tuhkat

Tuhkista muodostuu merkittävä osa uusiomaanrakentamisen edistämisestä. Kuten edellä mainittuja materiaaleja, myös tuhkia pystytään käyttämään monipuolisesti maanrakentamisessa. Tuhkia käytetään sellaisenaan kerrosrakenteissa, täytöissä, meluvalleissa sekä penkereissä, mutta useasti myös sekoitettuna muihin teollisuuden sivutuotteisiin. Näihin tutkittuihin tuotteisiin lukeutuu mm. rikastushiekka, kuitusavi ja sivutuotekipsi. Lisäksi stabilointien sideaineseoksissa voidaan käyttää lentotuhkaa yhdessä tai erikseen esim. kipsin kanssa korvaamaan markkinoilla olevia sideaineita. (Tuhkarakentamisen käsikirja, 2010, 6.)

Yksi yleistyvä kohde tuhkalla on myös metsäautoteiden perusrakenteissa. Rakentaminen on nopeaa ja aikaan saadaan kovapintainen tie. Tässäkin kiertotalous tulee hyvin esille – ensin metsästä otetaan energiapuuta, jonka polttotuhkasta myöhemmin saadaan korjausta vaativille kohteille materiaalia. Tuhkaa on käytetty ja jatkossa nykyisen maailmantilanteen vuoksi käytetään varmasti entistä enemmän myös lannoituksessa.



Kuva 7. Tuhka toimii tierakenteessa (Heikkilä 2020).

Tuhkan laatu riippuu tuhkanerotustekniikasta, käytetyistä polttoaineista sekä itse polttoprosessista. Riippumatta laadusta, tuhka luokitellaan lähtökohtaisesti jätteeksi jätelaissa (646/2011) sekä ympäristönsuojelulaissa (86/2000 ja 647/2011). Suurin osa tuhkista kuuluu MARA-asetuksen piiriin, joten niitä voidaan käyttää asetuksen määrittämien ehtojen täytyessä pelkällä ilmoitusmenettelyllä.

Tuhkarakentamisessa on huomioitava tuhkan riittävä saatavuus rakennuskohteeseen. Yleisesti ottaen tuhkaa syntyy kaikista eniten talven kylmimpinä kuukausina, kun taas rakentaminen ajoittuu kevät – syksy väliselle ajalle. Näin ollen varastointiin ja materiaalin käsittelyyn sekä työtapoihin on kiinnitettävä erityistä huomiota tuhkarakentamisessa. Jätettä, eli tässä tapauksessa tuhkaa saa va-

rastoida kolme vuotta ennen kuin viranomaiset asettavat veroseuraamuksia (Tuhkarakentamisen käsikirja, 2012).

Varastointitavat voidaan jakaa kuivana tai kosteana varastointiin. Kuivavarastointia toteutetaan tarkoituksen mukaisessa varastohallissa tai siilossa. Usein tuhkanvarastointiin tarkoitetuissa varastoissa on myös mahdollisuus sekoittaa mahdollisia sideaineita ja vettä tuhkan sekaan, toimintaperiaate on samanlainen kuin betoniasemalla mutta yksinkertaisempi. Kuivavarastoinnin etuina on tuhkan ominaisuuksien säilyminen parempana, ja näin ollen pienemmät kustannukset jatkojalostuksessa. Esimerkkejä kuivavarastointitekniikkaa hyödyntävistä jalosteista on tuhkan käyttö asfaltissa sekä sementin lisäaineena (Tuhkarakentamisen käsikirja, 2012).

Kosteana varastointia käytetään silloin kun tuhkaa varastoidaan huomattavia määriä isoihin projekteihin. Tällöin hieman tuhkatyypistä riippuen varastointi kannattaa suorittaa optimivesipitoisuuteen kostutettuna. Varastointi voidaan suorittaa joko korkeisiin kasoihin läjittämällä tai tekemällä matalampia aumoja, jotka peitetään muovilla. Työmenetelmät on valittava siten että vältetään kasojen päällä ajamista ja sitä myötä tuhkan tiivistymistä. Tuhka alkaa lujittua tiivistyessään, joten kasojen tulisi pysyä löyhinä. Näin vältetään turhilta työvaiheilta, kun tuhkan lastaus aumoista alkaa, sekä saadaan aikaan teknisesti parempi rakenne.

Työturvallisuuden näkökulmasta tuhkasta rakennettaessa on otettava huomioon pölyäminen. Varsinkin lentotuhka pölyisee voimakkaasti kuivana, joten mahdollisimman nopea rakenteen peittäminen tulisi mahdollistaa jo työsuunnitteluvaiheessa. Kuljetuksissa on kiinnitettävä huomiota, että kuormatilat on peitetty asianmukaisesti, jottei pölyhaittoja leviä ympäristöön. Osassa tuhkia on korkea pH, joka tekee niistä syövyttäviä.

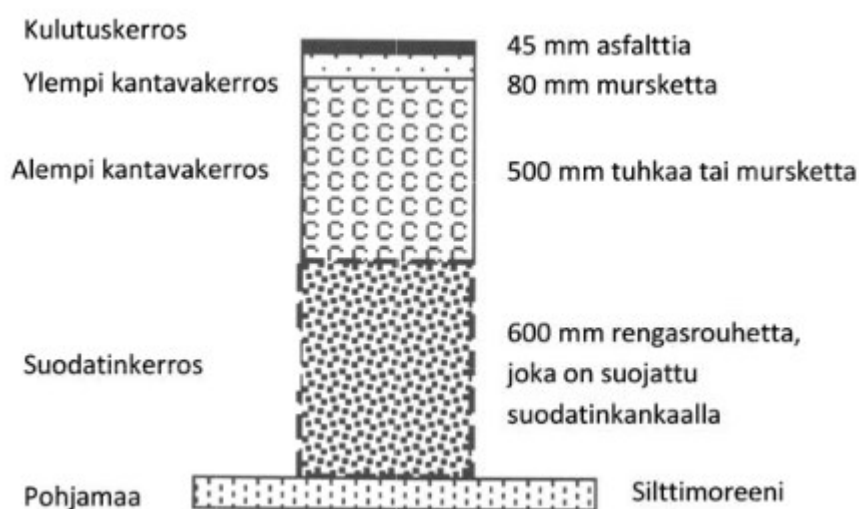
### 2.3.5 Rengasrouhe

Käytöstä poistettuja renkaita päätyy Suomessa kierrätykseen n. 50 000 tonnia vuodessa, ja suurin osa tästä määrästä menee uusiokäyttöön. Renkaista valmistetaan rouhetta tai leikettä, jolla on monipuoliset käyttömahdollisuudet maanrakentamisessa. Materiaalia on käytetty jo vuosikymmeniä ja sen ominaisuuksista sekä turvallisuudesta on kertynyt useita positiivisia tutkimustuloksia. Esimerkiksi yli kymmenen vuotta kestäneessä valumavesien seurantatutkimuksessa ei todettu merkittäviä määriä haitta-aineiden liukenemista suotovesiin. (Rengaskierrätys, 2015, 3.) Tutkimustuloksissa on ilmentynyt muutamien metallien pitoisuuksien lisääntymistä pohjavedessä tutkimusjakson aikana. Pitoisuuksien nousu johtuu renkaiden sisältämistä teräslangoista liukenevista metalleista. Metallien määrä on kuitenkin niin pieni, että niiden vaikutus pitoisuuksiin heikkenee ajan myötä, eikä aiheuta haittaa ihmisille tai ympäristölle. Tämänhetkisten tietojen mukaan rengasrouhe toimii hyvänä suodattimena ja sillä on vesiä puhdistavia ominaisuuksia. USA:ssa rengasrouhe on jopa hyväksytty pienipuhdistamoiden suodatinmateriaaliksi muutamissa osavaltioissa (Rengaskierrätys 2015, 4).

Renkaista murskattu materiaali on kevyempää kuin sora, kuutiopainon ollessa noin 1–1.3tn/m<sup>3</sup> (Väylä 2012, 25). Melkein 50 % painoero tuo isoja säästöjä kuljetuskustannuksiin, mikä vaikuttaa suoraan myös päästöjen vähenemiseen. Renkaiden vastaanotto sekä murskaus on keskitetty muutamalle paikkakunnalle, mutta siirrettävän kaluston ansiosta se onnistuu lähes missä vain, kunhan materiaalia on tarpeeksi.

Murskattu rengasrouhe on tavallisimmin palakooltaan 50–300 mm kokoista. Tämä tarkoittaa keskimääräistä palakokoa, joten joukossa voi olla isompia sekä pienempiä paloja. Rengasrouheen ollessa hyvin elastista, se palautuu ja kestää hyvin muodonmuutoksia, joita aiheutuu kuormituksesta. Koonpuristuminen on kiviainesmateriaaleihin verrattuna huomattavasti suurempaa, 5–50 % kerroksen paksuudesta, joten sen vaikutus rakenteen toimivuuteen pitää ottaa huomioon rakennetta mitoittaessa.


Rengasrouheen  $\lambda$  eli lämmönjohtavuus on noin 3 kertaa pienempi kuin tavallisilla kiviaineilla (Rengaskierrätys 2015, 6). Rengasrouhetta voidaan näin ollen käyttää maanalaisessa routasuojuksessa. Lämmönjohtavuus ominaisuudet riippuvat mm. tiivistymisestä ja käytettävän materiaalin raakoosta. Alla kuvaleike koerakenteesta, jolla on testattu rengasrouheen vaikutusta routanousuun. Koerakenteen tuloksina oli 23 % pienempi routanousu kulutuskerroksen päällä kuin vastaavalla kiviaineilla toteutetulla rakenteella. Koetie sijaisti Pohjois-Ruotsissa, jossa roudan syvyys on vastaavaa luokkaa kuin meillä suomessakin.



Kuva 8. Kuvaleike koerakenteesta, jolla on testattu rengasrouheen vaikutusta routanousua vastaan (Väylä 2012, 16).



## 10. Rengasleike ja kokonaiset renkaat

Materiaalikuvaus	Kuvia materiaalista
<p>Maarakentamisessa käytettävät rengasleikkeet ja kokonaiset renkaat ovat lähtöisin ajoneuvokäytöstä poistetuista renkaista. Rengasleike on rengasleikkurilla paloitetua rengasmateriaalia, joka koostuu pääasiassa kumista, mutta se sisältää myös nokea sekä renkaan tukena olevia teräslankoja ja runkovahvisteita.</p> <p>Aikaisemmissa ohjeissa rengasleikkeestä on käytetty nimitystä rengasrouhe, mitä nimitystä käytetään edelleen myös virallisessa jätteiden luokittelussa (jäteluettelossa).</p> <p>Rengasleikkeet jaetaan renkaan leikkuukertojen perusteella kolmeen luokkaan, RL1, RL2 ja RL3 (numero vastaa leikkuukertojen lukumäärää). Rengasleikkeen palakoot vaihtelevat välillä 50-500 mm<sup>2</sup>. Rengasleikkeen luokat eivät kuvaa leikkeen maarakentamiskelpoisuutta. Neljäs luokka on kokonaiset renkaat (RL 0). Kokonaisia renkaita voidaan niputtaa myös valmiiksi rengasnipuiksi, joista käytetään nimitystä rengaspaali.</p> <p>Rengasleikkeen ja kokonaisten renkaiden tilavuuspaino on alhainen, joten niitä on käytetty kevennysrakenteissa. Renkaat ja rengasleikkeen palat ovat vettä raskaampia, jolloin materiaali ei kellu. Rengasmateriaalit ovat joustavia ja niillä on alhainen moduuli. Rengasmateriaalikerroksen päälle toteutetaan paksut rakennekerrokset.</p> <p>Muita mahdollisia käyttökohteita renkaille ja rengasleikkeelle ovat eristys- ja kuivatusrakenteet sekä meluvallit. Kuivatus- ja salaojarakenteissa käytetään lähinnä leikettä.</p>	 <p>(kuvat: ylempi kuva, Ramboll Finland Oy, alempi kuva, Klaus Nurmi)</p>
Ympäristölainsäädäntö	Tyypillisiä käyttökohteita
<p>Rengasleike ja kokonaiset renkaat on luokiteltu jätteiksi, joiden hyötykäyttö on mahdollista MARA -ilmoitusmenettelyllä väylä- ja kenttärakenteissa sekä vallirakenteissa, kun hyödyntäminen täyttää asetuksessa VNa 843/2017 esitetyt vaatimukset. Muutoin hyödyntäminen tapahtuu ympäristöluvalla.</p>	<p>Kevennetyt penkereet</p>
Rengasrouheen ja kokonaisten renkaiden teknisiä ominaisuuksia	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Lämmönjohtavuus <math>\lambda = 0,15-0,3</math> W/mK (eristävä)</li> <li>Vedenläpäisevyys, k-arvo = <math>1 \times 10^{-1}-1 \times 10^{-3}</math> m/s</li> <li>Tilavuuspaino, rengasleike 4-6 kN/m<sup>3</sup>, kokonaiset renkaat 2-4 kN/m<sup>3</sup>.</li> </ul>	
Suunnittelussa, rakentamisessa ja käytössä huomioitavia asioita	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Rakentaminen ja varastointi eivät ole herkkiä sääolosuhteille. Rengasmateriaalien kokoonpuristuvuus on huomioitava. Kokoonpuristuvuus on suurin kokonaisilla renkailla. Rengasleikkeen tiivistymistä saattaa tapahtua liikennekuorman alla vielä 1-2 vuotta rakentamisen jälkeen.</li> <li>Rengasleikkeen palakoon vaihtelu voi vaikuttaa rakenteen tiivistymiseen.</li> <li>Rengasmateriaalikerroksen päälle asennetaan suodatinkangas ja/tai lujite ennen sen päälle rakennettavaa kerrosta.</li> </ul>	
Kirjallisuus	
<p>Rakennustieto, 2017. InfraRYL 2017. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset.</p> <p>Liikennevirasto, 2011. Kevennysrakenteiden suunnittelu. Liikenneviraston ohjeita 05/2011.</p>	

Kuva 9. Kuvaleike Väyläviraston ohjeesta uusiomateriaalien käyttö väylärakentamisessa (Väylä 2020).

### 2.4 Ympäristövaikutukset

Suomessa käytetään jo pelkästään kiviaineksia 100 miljoonaa tonnia vuodessa, eli n. yksi kuorma-autollinen per asukas. Tästä määrästä luonnonkiviainesta on n. 70–80 miljoonaa tonnia. (Rakennusteollisuus.fi/infra.) Koska hyvät rakennuspaikat alkavat olla varsinkin kaupunki alueilla käytetty, joudutaan uudiskohteet rakentamaan huonommin kantaville maaperille, josta aiheutuu suuremmat massanvaihto määrät. Lisäksi Suomessa niin kuin muissakin pohjoismaissa, maan routaantuminen aiheuttaa omat haasteensa. (Nordkalk, 2020).

Samaan aikaan vuosittain syntyy lähes vastaava määrä uusiomateriaaleja. Näistä kuitenkin kaikki eivät päädy uusiokäyttöön, osittain hankalien lakisäädösten myötä. Tilannetta on helpotettu MARA-

asetuksella, sekä UUMA – edistämishjelman avulla. Osaksi uusiomateriaalien käyttöä vähentää sen status, koska puhutaan jätteestä. Helpommalla materiaalien tuotteistamisella päästäisiin irti jätteenimikkeestä, joka vähentäisi ennakkoluuloja uusiomateriaaleja kohtaa.

Parhaimmillaan uusiomateriaalia saadaan samalta tai viereiseltä tontilta, koska varsinkin tiheästi rakennetulla kaupunkialueella joudutaan usein purkamaan vanha rakennus ennen uuden rakentamista. Kuljetusmatkat jäävät käytännössä lähisiirtoon ja työvaiheita jää pois, koska materiaalia ei tarvitse välttämättä läjittää, vaan se voidaan viedä suoraan rakennettavaan rakenteeseen. Vertailuksi lähes poikkeuksetta kiviainesottoalueet sijaitsevat kaupunkien laitamilla, jolloin kuljetusmatkaa tulee helposti 15–50 km. Lähimmällä ottoalueella on harvoin kaikkia lajikkeita mitä rakenteeseen tarvitaan, joten osa materiaalista voidaan joutua tuomaan kaukaa. Joka tapauksessa uusiomateriaalien saatavuus riippuu paljon kohteesta ja maantieteellisestä sijainnista. Esimerkkinä Pohjois-Suomessa terästeollisuuden sivutuotteena syntyy paljon tuhkia ja kuonia, joita voidaan käyttää ja on käytetty rakennekerroksissa. Etelä-Suomessa taas tällaisia mahdollisuuksia ei ole samoissa määrin, mutta vastaavasti purettavia kohteita sekä massanvaihtokohteita on enemmän.

Yhteenvetona voidaan todeta, että uusiomateriaalien käytön huomioiminen jo varhaisessa vaiheessa maantieteelliset ja paikalliset olosuhteet huomioiden, voidaan saavuttaa suuret säästöt niin kustannuksissa kuin päästöissäkin.

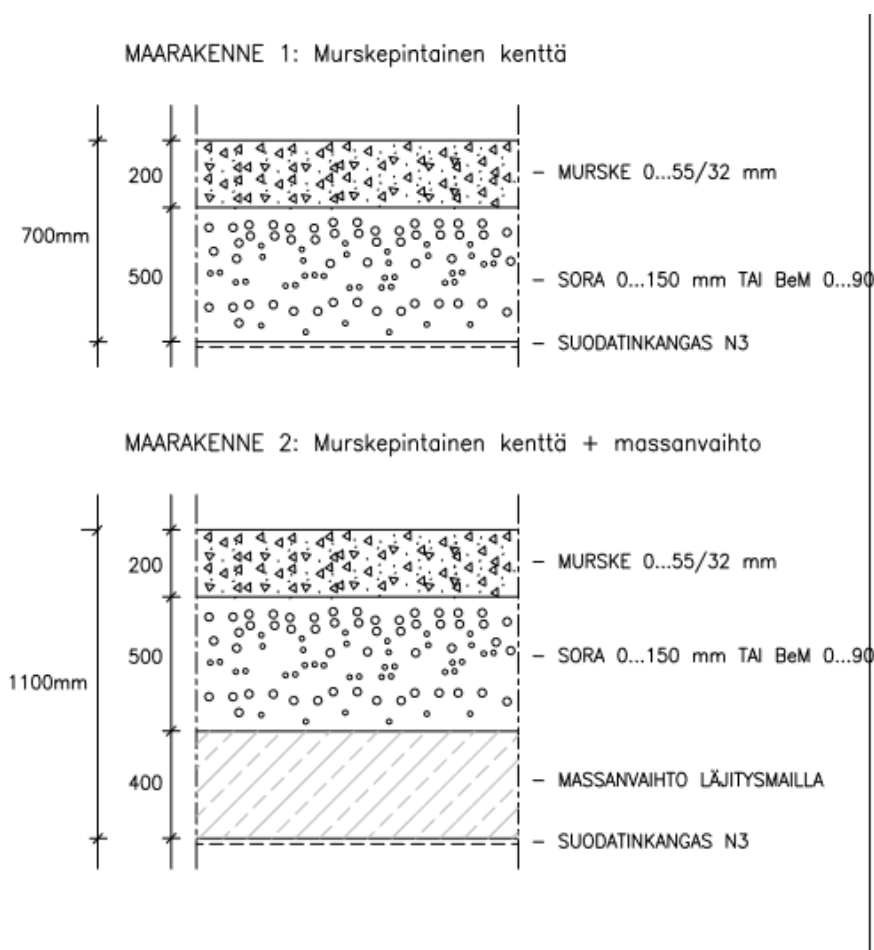
### 3 UUSIOMATERIAALIOPPAAN LAATIMINEN

#### 3.1 Toimeksiantajan haastattelu

Toimeksiantajan Varkauden toimipisteellä on tehty teollisuustontin laajennusta kesästä 2021 lähtien, niin uusiomateriaaleilla kuin luonnon kiviaineksellakin. Tähän mennessä uusiomateriaalien osalta kohteeseen on käytetty pelkästään betonimurskettä koossa # 0–90 mm. Lisäksi alueelta saatuja leikkausmassoja on hyödynnetty pohjamaan tasauksessa.

Haastattelin kiinteistöpäällikköä kokemuksista uusiomateriaalien tähänastisesta käytöstä sekä jatko-suunnitelmista. Kiinteistöpäällikkö Jukka Niemi, Kk-steelhookilta (2022-04-14) kertoo positiivisista kokemuksista uusiomateriaalien hyödyntämisen suhteen. MARA- ilmoitus oli hyväksytty sellaisenaan ELY-keskuksen puolelta eikä jätteen hyödyntämisen aloituksessa näin ollen ollut byrokraattisia vaikeuksia.

Niemen mukaan kentän rakenteesta oli Sitowisen tekemät suunnitelmat, joista tehtiin koneohjausmallit vastaanottavaan kaivinkoneeseen sekä pohjamaan tasausta tehneeseen puskutraktoriin. Näin vastaanotto oli sujuvaa ja koneohjauksen ansiosta työ voitiin toteuttaa ilman mittamiehen käyntejä.



Kuva 10. Kuvaleike kentän laajennuksen suunnitellusta maarakenteesta (Sitowise 2021).

Ensimmäisessä vaiheessa täyttö voitiin toteuttaa maarakenne 1 mukaan parempien pohjaolosuhteiden ansiosta. Betonimurskettä otettiin vastaan noin 2000 tonnia, joka kaikki käytettiin jakavaan kerrokseen. Koska betonimurske loppui ennen kuin kenttä oli välitavoitteen asettamissa mitoissa, tehtiin



loppu jakavakerros soramurskeesta. Betonimurske oli hyvänlaatuista, eikä sen käsiteltävyydessä tai ominaisuuksissa havaittu ongelmia, Niemi kertoo. Levityksen jälkeen betoni- ja soramurske tiivistettiin täyryttävällä valssiyrällä ja pintakerrokseksi tuli 200 mm kerros 0–32 kalliomursketta. Nyt kuluvaan kevään aikana pintaan otetaan vielä ohut tasauskerros 16 mm kalliomursketta, jolla saadaan tasatua talven aikana tapahtuneet painumat, sekä samalla tiivis kulutuskerros, Niemi sanoo haastattelun loppuun.

### 3.2 Kustannusvertailu

Esimerkkinä kustannusvertailussa käytetään tässä oppaassa jo aiemmin mainittua Kurko Koposen teollisuus tontin laajennusta Varkaudessa, osoitteessa Teollisuuskatu 7. Kustannusvertailu toteutettiin FORE- kustannuslaskenta ohjelmiston avulla.

Alla olevissa laskelmissa on verrattu suoraan luonnonmateriaalin korvaamista betonimurskeella kyseisen esimerkki tapauksen kohteessa. Hinnat sisältävät materiaalin, kuljetuksen (1 km), levityksen sekä tiivistyksen. Kuljetusmatka huomioidaan omalla litteralla kunkin matkan mukaan.

#### KUSTANNUSARVIO NIMIKKEITTÄIN

fore Rola

Projekti: JoonasM\_oppari  
 Laskelma: Kustannusvertailu  
 Työnumero:  
 Hankkeen tyyppi: Investointi  
 Vastuuhenkilö: Joonas Mustonen  
 Asiakas: Savonia ammattikorkeakoulu  
 Projektipäällikkö:  
 Aluekerroin: 0,91  
 Kustannusindeksi: 112,30 (2015=100)  
 Päivämäärä: 17.4.2022

Laskelman kustannukset yhteensä: 26 300 €  
 Laskelman päästöt yhteensä: 8 700 kgCO<sub>2</sub>e

#### Koko laskelma

##### Rakennusosat

Tunniste	Rakennusosa	Yks.	Määrä	Yks. päästö (kgCO <sub>2</sub> e)	Päästölaskelma (kgCO <sub>2</sub> e)	Yks. hinta	Yhteensä
<b>2000</b>	<b>Päällyis- ja pintarakenteet</b>				<b>8 655</b>		<b>26 279 €</b>
<b>2100</b>	<b>Päällysrakenteen osat ja radan alusrakennekerrokset</b>				<b>8 655</b>		<b>26 279 €</b>
2120	Jakavat kerrokset, eristyskerrokset ja välikerrokset				7 232		22 966 €
2121	Jakavat kerrokset				7 232		22 966 €
2121.7	Jakava kerros sorasta	m <sup>3</sup> tr	1 176	3,47	4 081	14,77 €	17 369 €
2121.8	+kuljetuksen lisäkustannus (10-15 km), jakavat kerrokset	m <sup>3</sup> tr	1 176	2,68	3 152	4,76 €	5 597 €
2140	Päällysteet ja pintarakenteet				1 423		3 313 €
2144	Sitomattomat pintarakenteet				1 423		3 313 €
2144.2	Murskepäälyste	m <sup>2</sup> tr	1 176	1,21	1 423	2,82 €	3 313 €
1000-4900	Rakennusosat yhteensä				8 655		26 279 €

Kuva 11. Kuvaleike Fore raportista, jossa jakava kerros tehty sorasta (Fore 2022).

## KUSTANNUSARVIO NIMIKKEITTÄIN

fore Rola

Projekti: JoonasM\_oppa  
 Laskelma: Kustannusvertailu  
 Työnumero:  
 Hankkeen tyyppi: Investointi  
 Vastuuhenkilö: Joonas Mustonen  
 Asiakas: Savonia ammattikorkeakoulu  
 Projektipäällikkö:  
 Aluekerroin: 0,91  
 Kustannusindeksi: 112,30 (2015=100)  
 Päivämäärä: 17.4.2022

Laskelman kustannukset yhteensä: 21 200 €

Laskelman päästöt yhteensä: 5 000 kgCO2e

## Koko laskelma

## Rakennusosat

Tunniste	Rakennusosa	Yks.	Määrä	Yks. päästö (kgCO2e)	Päästölaskelma (kgCO2e)	Yks. hinta	Yhteensä
<b>2000</b>	<b>Päällys- ja pintarakenteet</b>				<b>4 998</b>		<b>21 242 €</b>
<b>2100</b>	<b>Päällysrakenteen osat ja radan alusrakennekerrokset</b>				<b>4 998</b>		<b>21 242 €</b>
2120	Jakavat kerrokset, eristyskerrokset ja välikerrokset				3 575		17 930 €
2121	Jakavat kerrokset				1 446		2 563 €
2121.8	+kuljetuksen lisäkustannus (3,5 km), jakavat kerrokset	m3tr	1 176	1,23	1 446	2,18 €	2 563 €
2129	Muut jakavat tai eristävät kerrokset				2 129		15 366 €
2129	Jakava kerros BeM, II 0-50	m3tr	1 176	1,81	2 129	13,07 €	15 366 €
2140	Päällysteet ja pintarakenteet				1 423		3 313 €
2144	Sitomattomat pintarakenteet				1 423		3 313 €
2144.2	Murskepäälyste	m2tr	1 176	1,21	1 423	2,82 €	3 313 €
<b>1000_4900</b>	<b>Rakennusosat yhteensä</b>				<b>4 998</b>		<b>21 242 €</b>

Kuva 12. Kuvaleike Fore raportista, jossa jakava kerros tehty betonimurskeesta (Fore 2022).

## 4 OPINNÄYTETYÖN TULOKSET

### 4.1 Valmiin oppaan käsittely

Opinnäytetyönä tehtyyn oppaaseen on koottu keskitetysti yleisimpien uusiomateriaalien ominaisuuksia sekä käytössä ja suunnittelussa huomioitavia asioita. Lainsäädäntöä on myös tuotu esille eri asetusten ja ilmoitusvelvollisuuksien muodossa. Kokonaisuudessaan uusiomateriaalien käyttö ja tehokas hyödyntäminen on laajaa perehtymistä vaativa aihe, jota on tehdyssä oppaassa käsitelty vain pieniltä osin. Opas antaa kuitenkin avaimet perusasioiden hallintaan, sekä vinkkejä tarkempaan tiedonhaakuun ja lähteisiin myös heille, jotka eivät ole aikaisemmin olleet tekemisissä uusiomateriaalien kanssa.

### 4.2 Oppaan rakenne

Opas on jaettu kolmeen osaan. Ensimmäisessä osassa käsitellään lain määrittämiä uusiomateriaalien lupakäytäntöjä. Näihin kuuluvat mm. ympäristölupa sekä Mara-asetus. Toisessa osassa on käsitelty yleisimmät Suomessa käytetyt uusiomateriaalit, niiden tekniset ominaisuudet ja käyttökohteet sekä käytössä huomioitavat asiat. Lisäksi käydään läpi ympäristövaikutuksia ja laadunhallintaa. Kolmannessa osassa on liitetty Mara-asetuksen ilmoituslomake, tämä on kuitenkin yleisin tarvittava lomake, joten se on oppaassa helposti saatavilla.

Oppaan teksti on pyritty pitämään selkeänä, jotta mahdollisimman monella olisi helppo tulkita sitä, vaikkei omaisikaan alan koulutusta. Lisäksi oppaaseen on lisätty tekstiä havainnollistavia kuvia, koska pelkkä tekstipohjainen kirjoitelma olisi raskasta luettavaa, eikä välttämättä toisi esille haluttuja asioita yhtä hyvin kuin visuaalisessa muodossa.

## 5 YHTEENVETO JA POHDINTA

Purku- ja sivutuotteina syntyvät uusiomateriaalit ovat hyvällä suunnittelulla ja työtavoilla käytettynä erinomaisia maanrakennusmateriaaleja. Kun työtapa valitaan ja toteutetaan oikein, saavutetaan yhtä laadukkaita ja kestäviä rakenteita kuin luonnonkiviaineksillakin, joissain tilanteissa jopa parempia. Tästä huolimatta uusiomateriaalien käyttö ei ole sellaisella tasolla kuin voisi olettaa. Syitä ja helpotuksia käytön lisääntymiseen on etsitty ja yritetty löytää jo vuosia, ja osittain niissä on onnistuttu mm. Mara-asetuksen myötä. Seuraava askel on tuotteistamisen helpottaminen, näin päästään eroon jätestatuksesta, joka monessa tapauksessa edelleen aiheuttaa ennakkoluuloja ja päätymistä tavallisten materiaalien käyttöön. Jos poliittisesti asetetut ilmastotavoitteet aiotaan saavuttaa, täytyy lainsäädäntöjä saada sellaiseen suuntaan, että lupahakemusten käsittelyajat ovat nopeampia ja näin ollen helpottavat myös uusiomateriaalien käytettävyyttä. Lisäksi pohdin, että kohdennettuja tietoisuuksia ja ylipäätään faktojen esiintuomista edistäviä keinoja on kehitettävä, jotta uusiomateriaalien käyttö saadaan osaksi jokapäiväistä toimintaa.

Yhteenvetona voidaan todeta, että tämän opinnäytetyön kirjoittaminen eteni sujuvasti ja aikaan saannoksesta tuli toimiva kokonaisuus. Aikataulu oli tiukka, mutta hyvän ja joustavan ohjauksen ansiosta siitäkin selvittiin. Vaikka aihe oli osittain tuttu, kävi työn aikana ilmi, kuinka laajasta aiheesta oikeastaan onkin kyse. Haasteeksi osoittautuikin laajuuden rajaaminen, työn olisi saanut kirjoitettua esimerkiksi pelkästään yhdestä tässä oppaassa esitellystä uusiomateriaalista. Tästä johtuen tuotettu opas onkin keskittynyt jokaisen materiaalin kohdalla sen tärkeimpiin ominaisuuksiin sekä materiaalia käytettäessä huomioon otettaviin työmenetelmiin ja tapoihin. Lisäksi lainsäädännön ja asetusten löytäminen samoista kansista helpottaa kokonaisuuden hahmottamista työsuunnitteluvaiheessa. Jatkokehityksenä olisi mahdollista tehdä tutkimusta edellytyksistä ympäristösertifikaatin saamiseksi, koska se jouduttiin rajaamaan pois tästä opinnäytetyöstä jo muutenkin laajan aiheen vuoksi, sekä tutkia miten uusiomateriaalien käyttö tukisi sertifikaatin saamista.

## LÄHTEET

Asfalttieto 2022. Asfalttimurske tai asfalttirouhe pihaan. <https://asfalttieto.fi/asfaltin-poisto-ja-kierrats/asfalttimurske-pihaan>. Verkkojulkaisu. Viitattu 11.4.2022

ELY-keskus. Jätelaki – pääpiirteitä. Pdf-tiedosto.

<https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7b39F1EBED-D8D9-40A5-9885-68A0324B277B%7d/141623>. Viitattu 9.4.2022

Finlex 2017. Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maanrakentamisessa. Verkkojulkaisu. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170843> Viitattu 9.4.2022

Finlex 2021. Valtioneuvoston asetus jätteistä. Verkkojulkaisu.

<https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2021/20210978>. Viitattu 9.4.2022

Helsingin, Espoon ja Vantaan kaupunki 2015. Ohje betonimurskeen hyödyntämiseen infrarakentamisessa Pk-seudulla. Pdf-tiedosto. <https://www.hel.fi/static/hkr/julkaisut/ohjeet/betonimurske.pdf>. Viitattu 10.4.2022

InfraRyl 2021 Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. Vaatimukset betonimurskeelle 2021. Helsinki: Rakennustieto säätiö RTS. [https://ryl-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia.fi/ryl-pdf/ryl/InfraRYL/2021\\_2/Liite\\_T18\\_2017\\_Vaatimukset\\_betonimurskeelle\\_8df61b50-3b19-47b5-84a5-8f4cda0af3e6.pdf](https://ryl-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia.fi/ryl-pdf/ryl/InfraRYL/2021_2/Liite_T18_2017_Vaatimukset_betonimurskeelle_8df61b50-3b19-47b5-84a5-8f4cda0af3e6.pdf). Viitattu 10.4.2022

Jacobson, Torbjörn, Waldemarson, Andreas 2011. Återvinning av asfaltgranulat vid motorvägsbygget på E4, Markaryd. VTI. Pdf-tiedosto. 2011. <http://vti.diva-portal.org/smash/get/diva2:670458/FULLTEXT01.pdf>. Viitattu 13.4.2022

Liikennevirasto 2018. Henkilöliikennetutkimus 2016. Pdf-tiedosto.

[https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/liti\\_2018-01\\_henkiloliikennetutkimus\\_2016\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/liti_2018-01_henkiloliikennetutkimus_2016_web.pdf) Viitattu 12.4.2022

Liikennevirasto 2016. Vaihtoehtoisia maarakennusmateriaaleja sisältävien tie- ja katurakenteiden vaurioituminen. Pdf-tiedosto. [https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts\\_2016-52\\_vaihtoehtoisia\\_marakennusmateriaaleja\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2016-52_vaihtoehtoisia_marakennusmateriaaleja_web.pdf). Viitattu 10.4.2022

Liikennevirasto 2012. Selvitys rengasrouheen käyttömahdollisuuksista rata- ja tierakentamisessa. Pdf-tiedosto. [https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lts\\_2012-42\\_selvitys\\_rengasrouheen\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lts_2012-42_selvitys_rengasrouheen_web.pdf). Viitattu 16.4.2022

Maatilan pellervo 2020. Tuhka toimii tienrakennuksessa. Verkkojulkaisu.

<https://maatilanpellervo.fi/2020/09/30/tuhka-toimii-tienrakennuksessa/>. Viitattu 16.4.2022

Nordkalk 2022. Rakentaminen. Verkkojulkaisu.

<https://www.nordkalk.fi/kayttokohteet/rakentaminen/>. Viitattu 17.4.2022

Ramboll 2012. Tuhkarakentamisen käsikirja. Pdf-tiedosto.

[https://energia.fi/files/1137/tuhkarakentamisen\\_kasikirja.pdf](https://energia.fi/files/1137/tuhkarakentamisen_kasikirja.pdf). Viitattu 13.4.2022 sekä 15.4.2022

Rengaskierrätys 2015. Rengasrouhe maarakentamisessa. Pdf-tiedosto.

[https://www.rengaskierratys.com/files/74/Rengasrouhe\\_maarakentamisessa\\_6.2015.pdf](https://www.rengaskierratys.com/files/74/Rengasrouhe_maarakentamisessa_6.2015.pdf). Viitattu 16.4.2022

Savonia 2022. Uusiomateriaalit. Pdf-tiedosto.

[https://moodle.savonia.fi/pluginfile.php/1611643/mod\\_resource/content/1/11.%20Uusiomateriaalit%20tienrakentamisessa.pdf](https://moodle.savonia.fi/pluginfile.php/1611643/mod_resource/content/1/11.%20Uusiomateriaalit%20tienrakentamisessa.pdf). Viitattu 9.4.2022

UUMA 4 2016. Käsikirjasto 2016. Verkkojulkaisu.

<https://www.uusiomaarakentaminen.fi/ymp%C3%A4rist%C3%B6-ja-lupaprosessi-0>. Viitattu 8.4.2022

Väylävirasto 2020. Uusiomateriaalien käyttö väylärakentamisessa. Pdf-tiedosto.

[https://julkaisut.vayla.fi/pdf11/vo\\_2020-06\\_uusiomateriaalien\\_kaytto\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf11/vo_2020-06_uusiomateriaalien_kaytto_web.pdf). Viitattu 13.4.2022

Ympäristöministeriö 2022. Mitä on kestävä kehitys. Verkkojulkaisu. <https://ym.fi/mita-on-kestava-kehitys>. Viitattu 8.4.2022

Ympäristöministeriö 2021. Betonimurskeen jätteeksi luokittelun päätyminen etenee. Verkkojulkaisu.

<https://ym.fi/-/betonimurskeen-jatteeksi-luokittelun-paattyminen-etenee>. Viitattu 9.4.2022

Ympäristö 2020. Ympäristölupa. Verkkojulkaisu. Päivitetty 8.4.2021. [https://www.ymparisto.fi/fi-](https://www.ymparisto.fi/fi-fi/asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/luvat_ilmoitukset_ja_rekisterointi/Ymparistolupa)

[fi/asiointi\\_luvat\\_ja\\_ymparistovaikutusten\\_arviointi/luvat\\_ilmoitukset\\_ja\\_rekisterointi/Ymparistolupa](https://www.ymparisto.fi/fi-fi/asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/luvat_ilmoitukset_ja_rekisterointi/Ymparistolupa). Viitattu 8.4.2022

## LIITE 1: UUSIOMATERIAALIEN KÄYTTÖOPAS TYÖSUUNNITTELUUN

Vain toimeksiantajan käyttöön.