

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Sini Valkonen

RAKENNUSTEN PURKAMISESTA MUODOSTUVIEN JÄTTEIDEN  
MÄÄRÄN JA KIERRÄTTÄMISEN KUSTANNUSTEN ARVIOINTI  
LASKURILLA

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2016



**OPINNÄYTETYÖ**  
**Toukokuu 2016**  
**Ympäristötekniikan**  
**koulutusohjelma**

Karjalankatu 3  
80200 JOENSUU  
p. 013 260 6800

Tekijä  
Sini Valkonen

Nimeke  
Rakennusten purkamisesta muodostuvien jätteiden määrän ja kierrättämisen kustannusten arviointi laskurilla  
Toimeksiantaja  
Anneli Ollilainen

**Tiivistelmä**

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa laskuri jätealan pienyrittäjien hyödynnettäväksi. Laskurilla selvitetään purku- ja kunnostusrakentamisen kohteiden jätemäärät ja arvioidaan kierrättämisen kustannukset. Laskurista saatujen tietojen perusteella käyttäjä voi suunnitella jätteiden kierrätyksen edullisimmalle jäteasemalle ja saada näin kustannus-  
hyötyä. Lisäksi työn tarkoituksena on edistää rakennusjätteiden kierrättämistä ja uusiokäyttöä.

Laskurin tiedot perustuvat aikaisempiin tutkimuksiin ja olemassa olevan rakentamisen materiaalmääriä arvioivan laskurin tietoihin. Laskurissa on hyödynnetty kertoimia, joilla saadaan selville muodostuvien jätteiden määrät rakennettua neliötä kohden.

Taustatiedot on kerätty ja käsitelty Excel-  
taulukkolaskentaohjelmalla, joka toimii myös laskurin pohjana. Jättemääriä käsitellään yksikkömuodoissa kilogrammoina, neliömetreinä tai kuutiometreinä. Hintatietoja varten yksiköt on muunnettu tonneiksi. Hinnastojen osalta laskurissa on tällä hetkellä käytössä kolme eri jäteasemaa toimeksiantajan toiveiden mukaisesti.

Laskurista saatuja tietoja voidaan teoriapohjaisten testien perusteella pitää suunta-  
antavina puutalojen osalta. Tärkeää on kuitenkin muistaa, että laskurin tietoja voidaan käyttää purkusuunnitelman tukena, mutta pelkästään niiden perusteella ei voi rakennusta purkaa.

Tarkempien tulosten saamiseksi laskuri vaatii vielä parannuksia rakennusten erilaisten ominaisuuksien huomioimiseksi. Myös käytännön testaaminen olisi suositeltavaa tietojen paikkansapitävyyden varmistukseksi. Tässä vaiheessa laskuri antaa kuitenkin pohjan täsmällisemmän laskurin kehittämiseksi.

Kieli

Sivuja 53 + 3

suomi

Liitteet 3

Asiasanat

rakennusjätteet, kierrätys, laskimet, kustannukset



**THESIS**  
**May 2016**  
**Degree Programme in**  
**Environmental technology**

Karjalankatu 3  
80200 JOENSUU  
FINLAND

Author  
Sini Valkonen

Title  
Evaluation of Amount of Waste Produced by Demolition of Buildings and Costs of Recycling Waste by Using Counter  
Commissioned by  
Anneli Ollilainen

Abstract

The purpose of this thesis was to create a counter for small enterprises in waste management industry to be used for evaluating amount of waste produced by construction demolition and to estimate costs of recycling waste materials. With the information provided by the counter, users can plan their recycling to the most inexpensive waste centre and receive cost-benefit. Furthermore, the purpose is to further reuse and recycle the demolition waste.

The counter is based on earlier studies and on another counter which evaluates the amount of materials used in construction. With the data, coefficients were derived to express the amount of demolition waste produced by one constructed square meter.

Background information was collected and processed with Excel spreadsheet program, which also serves as the basis of the counter. The amounts of wastes are handled as units of kilograms, square meters and cubic meters. For pricing information the units are converted to tons. Prices are based on three waste management facilities, which were chosen according to commissioner's wishes.

The results provided by the counter are directional with wooden houses according to theoretical tests. It is important to remember that results of the counter can be used as the basis for demolition planning, but the results alone are not sufficient for demolition. In order to get more precise results, the counter requires more improvement in regarding different qualities of buildings. Practical testing would be also recommended in order to verify the validity of results. In its current form the counter provides a basis for development of more precise counter.

Language

Finnish

Pages 53 + 3

Attachments 3

Keywords

demolition waste, recycling, counter, expenses

## Sisältö

1	Johdanto .....	6
2	Tietoperusta .....	8
2.1	Aikaisemmat tutkimukset ja laskurit .....	8
2.2	Suomen jätepolitiikka ja -lainsäädäntö .....	9
2.2.1	Aiheeseen liittyvät lait ja asetukset .....	9
2.2.2	Jätesuunnitelmat .....	11
2.3	Rakennusten purkaminen .....	14
2.3.1	Purkamisen suunnittelu ja toteuttaminen .....	14
2.3.2	Rakennusten purkujätteet .....	15
2.4	Rakennusjätteiden kierrättäminen .....	18
2.5	Rakennusten elinkaarimallintaminen .....	20
3	Työn tavoitteet ja tutkimustehtävä .....	24
4	Laskurin toteutus .....	26
4.1	Taustatiedot .....	26
4.2	KLARA.netin tietojen käsittely .....	28
4.3	Laskurin tekeminen .....	30
4.3.1	Kertoimet .....	31
4.3.2	Hinnastot .....	32
4.3.3	Laskuri eli käyttösiivu .....	33
4.4	Laskurin käyttäminen .....	37
5	Laskurin testaus .....	38
5.1	Testi 1 .....	38
5.2	Testi 2 .....	39
6	Tulokset .....	42
6.1	Laskurin tulokset .....	42
6.2	Tulokset kustannusten osalta .....	42
6.3	Tulokset elinkaariarvioinnin ja päästöjen osalta .....	44
7	Pohdinta .....	46
7.1	Sisältö ja tulokset suhteessa tavoitteisiin .....	46
7.2	Toteutuksen ja menetelmien tarkastelu .....	46
7.3	Opinnäytetyön eettisyys .....	47
7.4	Laskurin tietojen luotettavuus .....	48
7.5	Oppimisprosessi ja ammatillinen kasvu .....	49
7.6	Jatkotutkimus ja -kehittämisideat .....	49
	Lähteet .....	51

### Liitteet

- Liite 1. Kuvio rakentamisen materiaalitehokkuuden koetuista esteistä  
Liite 2. KLARA.netin esimerkkitalojen kuvaukset sovelluksesta saatujen tietojen perusteella  
Liite 3. Testi 1:n tulokset eli laskurista saatujen tietojen vertaaminen esimerkkitaloista kerättyihin tietoihin

### Kuvat

- Kuva 1. Rakennusmateriaalien elinkaari  
Kuva 2. Sisäkkäisten JOS- funktioiden käyttäminen hintojen laskemisessa

## Taulukot

Taulukko 1.	Esimerkkejä rakennusmateriaalien valmistuksen päästöarvoista
Taulukko 2.	Kasvihuonekaasupäästöjen muodostuminen rakennuksen eri vaiheiden aikana
Taulukko 3.	Laskurin taustatietoja
Taulukko 4.	Kertoimet materiaalmääristä KLARA.netin tietojen pohjalta
Taulukko 5.	Keskiarvokertoimet KLARA.netin materiaaleille
Taulukko 6.	"Kertoimet"-laskentataulukko
Taulukko 7.	"Hinnasto"-laskentataulukko
Taulukko 8.	Talon tietojen syöttäminen laskuriin
Taulukko 9.	Laskurin antamat materiaalitiedot
Taulukko 10.	Laskurin antamat hintatiedot
Taulukko 11.	Testi 2:n tulokset
Taulukko 12.	Jätekustannusten erot

## Lyhenteet ja käsitteet

brm<sup>2</sup> Bruttoala eli rakennuksen ulkoseinien ulkopinnan mukaan mitattu kokonaislaajuus (Pinta-alakäsitteet 2016).

CO<sup>2</sup>-ekv. Hiilidioksidi ekvivalentti eli ilmaston lämpenemiseen vaikuttavia päästöjä (hiilidioksidi, metaani ja dityppioksidi) kuvaava käsite, johon on kertoimilla muunnettu kaikki ko. aineiden päästöt vastaamaan hiilidioksidipäästöjä (Rakennustietosäätiö 2016, 2).

eteeni ekv. eteeni ekvivalentti, jolla kuvataan oksidantteja aiheuttavia päästöjä (eteeni, metaani ja "muut") muuntamalla ko. aineet kertoimilla vastaamaan eteenipäästöjä (Rakennustietosäätiö RTS 2016, 2).

htm<sup>2</sup> Huoneistoala eli esim. vuokra-asunnon pinta-ala. Ei sisällä porashuoneita tai teknisiä tiloja. (Pinta-alakäsitteet 2016.)

jm Juoksumetri eli metrin pituudelta jotakin määrälevyistä tai -paksuista tavaraa (Suomisanakirja.fi 2015).

khk-päästöt  
kasvihuonekaasupäästöt

r-m<sup>3</sup> Rakennusten tilavuusyksikkö

SO<sub>2</sub>-ekv. rikkidioksidi ekvivalentti kuvaa happamoitumiseen vaikuttavia päästöjä (rikkidioksidi, typpimonoksidi, typpidioksidi, muut typen oksidit, ammoniakki, vetykloridi ja vetyfluoridi), jotka ovat kertoimilla muunnettu vastaamaan rikkidioksidipäästöjä (Rakennustietosäätiö RTS 2016, 2).

## 1 Johdanto

Opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia selvitys purku- ja kunnostusrakentamisen työmaalta muodostuvista jätelajikkeista ja niiden määrästä. Näiden tietojen perusteella oli tarkoitus muodostaa laskuri arvioimaan työmaan koon mukaan muodostuvien jätteiden kierrättämisen kustannuksia. Laskurista on hyötyä rakennusalan pienyrityksille kustannusten arviointiin ja lajittelemisen kustannus-hyötyjen todentamiseen. Lisäksi laskuri tarjoaa lisätietoa paikallisen rakennus-tietämyksen tueksi ja sillä voidaan parantaa rakennusalan toimijoiden palvelutasoa.

Jätelain uudistumisen myötä jäteasemille tulee yhä tiukemmat vaatimukset jät-teiden kierrättämisestä ja uudelleenkäytön lisäämisestä, joten laskurin tuottama hyöty on ajankohtaista ja moniulotteista. Lisäksi ympäristötietouden lisäänty-essä saattavat rakennusyritysten asiakkaat alkaa kysellä purkujätteiden elinkaaris-ta ja niiden vaikutuksista ympäristöön. Joten myös elinkaarimallintamista ja ra-kennusmateriaalien päästöjä sivutaan tässä opinnäytetyössä.

Tutkimuksen tarkoitus on olla ilmiötä kartoittava ja tietoa tuottava. Aihe on ajan-kohtainen, koska sille on todettu olevan todellista kysyntää jätealan pienyrittäji-en parissa. Ajankohtaisuutta tuo myös jätelain uudistuminen, jonka myötä jä-teasemille tuotavien rakennusjätteiden kaatopaikkasijoittamista rajoittavat sää-dökset astuvat voimaan vuonna 2016. Tämä tarkoittaa sitä, että jätteiden lajittelua ja kierrättämistä pitäisi tehostaa entisestään ja sitä varten tarvitaan uu-sia innovaatioita, jotta tavoitteet voidaan saavuttaa.

Laskurista olisi tarkoitus olla hyötyä purkutöiden suunnitteluun kustannusten ar-vioimiseksi. Laskuri on tarkoitettu pienyrittäjien käyttöön, mutta vaihtoehtona on myös sen jakaminen yksityisille ihmisille käytettäväksi purkukohteidensa kus-tannusten ja materiaalien kierrätysmahdollisuuksien alustavien arvioiden saa-miseksi.

Tutkimuksen taustalla oleva hypoteesi on, että lajittelemalla jättejakeet syntypaikalla ja toimittamalla ne oikeisiin osoitteisiin saadaan aikaiseksi kustannushyötyjä ja ympäristöystävällisempää toimintaa. Toteutuksen taustalla tutkimuksessa tulee olemaan aikaisemmat tutkimukset aiheesta ja tuloksena tietoa sekä toimijoille että asiakkaille jätteiden kierrättämisen vaihtoehtoista ja siitä muodostuvista hyödyistä.

Työnohjaajana toimii lehtori Lasse Okkonen ja toimeksiantajana on Anneli Ollilainen, joka on yritysvalmentaja, laatu-, ympäristö- ja turvallisuusasiantuntija. Ollilainen on myös mukana perheyrityksessään, joka toimii jätealalla metalliro-mujen vastaanottajana, ja hänellä on paljon kokemusta yritysten kehittämistoi-minnasta.

## 2 Tietoperusta

Laskuri tehdään toimeksiantona yrityksen tarpeisiin, mutta sen tarve perustuu asiakkaiden tarpeiden lisäksi moniin eri tietoperustoihin. Jätteiden kierrättämisen taustalla on monia lakeja ja asetuksia, jotka ohjaavat toimintaa ja asettavat toimijoille tiukkoja vaatimuksia jätteiden käsittelyn suhteen. Lisäksi tietoperustassa esitellään lyhyesti rakennusten purkamista ja siitä muodostuvia jätteitä sekä aiheeseen liittyvä elinkaarianalyysin perusteet.

### 2.1 Aikaisemmat tutkimukset ja laskurit

Rakennusten purkujätteisiin liittyen on tehty monia opinnäytetöitä, jotka yleisemmin käsittelevät rakennusyrityksen toimeksiantona tehtyä kohteen jätemäärien arviointeja. Lisäksi muutama työ kertoo tietyn kohteen jätteiden lajittelusta, kierrättämisestä ja kustannuksista, mutta mitään yhtenäistä linjausta muodostuvista rakennuksen purkujätteistä ei ole pohdittu tai esitelty. Rakentamisen jätteet ovat selvästi suosittu aihe opinnäytetöissä, mikä kertoo osaltaan aiheen ajankohtaisuudesta.

Rakentamiseen liittyviä laskureita on netistä saatavilla yksityisten ihmisten käyttöön monenlaisia. Rakentamisen kustannuksista ja materiaaleista on saatavilla paljon tietoa. Kuitenkaan purku-urakan materiaalien määrittämiseen ei ole olemassa laskuria eikä kovin paljon muutakaan tietoa.

Ympäristöministeriöllä on monia julkaisuja rakennusmateriaalien tehokkaamman käytön ja kierrättämisen mahdollisuuksista. Julkaisuja on esimerkiksi aiheista ”Rakennusmateriaalien ympäristövaikutukset” (2013a) ja ”Rakentamisen materiaalitehokkuuden edistämishjelma” (2014). Näissä raporteissa esitetään monipuolisesti tilastoja rakentamisen jätteisiin, niiden hyödyntämiseen ja päätöihin liittyen.



Myös materiaalitehokkuuden esteistä on tehty kyselytutkimus alan toimijoille (liite 1) ja suurimmaksi esteeksi kyselyn mukaan on kierrättämisestä ja lajittelusta saatava liian vähäinen taloudellinen hyöty. Toiseksi tärkein syy on ollut suunniteluvaiheessa tehdyt ratkaisut, jotka estävät materiaaleja säästävän purkutekniikan käyttämisen. (Ympäristöministeriö 2014, 17.)

Suuremman kustannushyödyn saamiseksi rakennusjätteiden kierrätysliiketoiminta tulisi kehittää. Aiheesta on myös olemassa tutkimus, jolla on selvitetty toiminnan kannattavuutta ja mahdollisuuksia pienten ja keskisuurten yritysten näkökulmasta. Tutkimuksen perusteella näyttäisi siltä, että rakennusjätteiden kierrättäminen liiketoiminnassa olisi mahdollista Suomessa suuremmilla paikkakunnilla. Tärkeäksi seikaksi liiketoiminnan kannattamiseksi tutkimuksessa kuitenkin nostetaan pienten toimijoiden verkostoituminen. (Kauppa- ja teollisuusministeriö 2004, 47- 48, 57.)

## **2.2 Suomen jätepolitiikka ja -lainsäädäntö**

Suomen jätepolitiikka ja jätelainsäädäntö perustuvat moniin lakeihin, säädöksiin ja asetuksiin. Rakennusten purkujätteiden käsittelyn kannalta oleellisimpia näistä ovat jätelaki ja -asetus, ympäristönsuojelulaki, valtionneuvoston päätös rakennusjätteistä, valtionneuvoston päätös kaatopaikoista, asetus jätteistä annetusta valtionneuvon asetuksen muuttamisesta ja jäteverolaki.

### **2.2.1 Aiheeseen liittyvät lait ja asetukset**

**Jätelain** tarkoitus on säädellä jätteiden käyttöä ja kierrätystä. Puitelakina jätelaki määrittelee peruslinjat ja tavoitteet jätteiden vähentämisestä ja jätehuollosta. Yleisen jätehuollon ohjaus perustuu lakien pohjalta tehtyihin viranomaispäätöksiin ja -määräyksiin, jätteiden vastaanottamisen hinnoittelulla ja jäteneuvonnalla ja -tiedotuksella. Jätelaki ja siihen perustuvat viranomaispäätökset ovat siten myös lähtökohtana rakennusalan jätehuollon järjestämisessä ja kestävästä kehityksen tukemiselle alalla. (Suomen rakennusinsinöörienliitto 2001, 233.)

Tämän opinnäytetyön kannalta oleellinen kohta jätelaissa (646/2011) on käsite **etusijajärjestys**, josta kerrotaan laissa seuraavasti:

Kaikessa toiminnassa on mahdollisuuksien mukaan noudatettava seuraavaa *etusijajärjestystä*: Ensisijaisesti on vähennettävä syntyvän jätteen määrää ja haitallisuutta. Jos jätettä kuitenkin syntyy, jätteen haltijan on ensisijaisesti valmistettava jäte uudelleenkäyttöä varten tai toissijaisesti kierrätettävä se. Jos kierrätys ei ole mahdollista, jätteen haltijan on hyödynnettävä jäte muulla tavoin, mukaan lukien hyödyntäminen energiana. Jos hyödyntäminen ei ole mahdollista, jäte on loppukäsiteltävä. (8. §.)

Tämä pykälä velvoittaa toimijat ensisijaisesti purkamaan rakennukset niin, että mahdollisimman suuri osa materiaaleista saataisiin vielä uudelleen- tai uusiokäyttöön. Jätelaskurista saatavilla tiedoilla tämän pykälän noudattaminen voi helpottua ja toimintaa jätteiden kierrättämisen osalta voidaan suunnitella etukäteen. Uudelleenkäyttöä ajatellen ratkaisevin tekijä on materiaalien kunto, mihin on hankala vaikuttaa purkuvaiheessa. Kuitenkin tietämällä arvion materiaalin määrästä, on sille helpompaa varata sopiva keräysastia, joka voidaan tarpeen tullen suojata kosteudelta ja näin varmistaa materiaalin soveltuvuus uudelleenkäyttäväksi.

Uusi **jäteasetus** tuli voimaan samaan aikaan uuden jätelain kanssa 1.5.2012. Jäteasetuksen tarkoituksena on täsmentää jätelakia muun muassa jätteistä vaadittavien dokumenttien osalta. Yhdessä samalla julkaistun **ympäristönsuojeluasetuksen muuttamisen asetuksen** kanssa nämä asetukset asettivat tavoitteet rakennus- ja purkujätteen hyödyntämiselle. Tavoitteena on, että rakennus- ja purkujätteistä 70 prosenttia kierrätettäisiin tai hyödynnettäisiin materiaalina vuonna 2020. (Ympäristöministeriö 2015a.)

**Ympäristönsuojelulakia** sovelletaan toimintoihin joissa syntyy, käsitellään tai hyödynnetään jätteitä (Kokkonen 2004, 13). Lain tarkoituksena on määritellyä myös jätteiden määrän vähentäminen ja jätteistä aiheutuvien haitallisten vaikutusten ehkäiseminen (Ympäristönsuojelulaki 2014).

Jätelain lisäksi kierrättämiseen velvoittaa valtioneuvoston antama **rakennusjätetpäättös**, jonka tarkoituksena on vähentää rakennusjätteen määrää ja lisätä

sen hyödyntämistä. Päätös myös painottaa eri osapuolten yhteistyön merkitystä jätemäärien vähentämisessä. Rakennusjätteen lajittelua ohjataan myös tämän päätöksen avulla, ja sen mukaan lajiteltavia jätteitä rakentamisessa ovat betoni-, tiili-, kivennäislaatta-, keramiikka- ja kipsijätteet, kyllästymättömät puujätteet, metallijätteet ja maa-aines, kiviaines- ja ruoppausjätteet. (Suomen Rakennusinsinöörien liitto 2001, 233.)

**Valtionneuvoston päätös kaatopaikoista ja asetus jätteistä annetusta valtionneuvoston asetuksen muuttamisesta** tulivat puolestaan voimaan 1.6.2013 tarkoituksena rajoittaa biohajoavan ja muun orgaanisen yhdyskuntajätteen ja rakennus- ja purkujätteen sijoittamista kaatopaikoille. Rajoitusten soveltaminen aloitettiin 1.1.2016, mutta rakennus- ja purkujätteiden osalta rajoitukset tulevat täysmääräisesti voimaan 1. tammikuuta 2020. Asetuksen tarkoituksena on luopua kokonaan biohajoavien ja yli 10 prosenttia orgaanista ainesta sisältävien jätteiden sijoittamisesta kaatopaikoille. Tarkoituksena on lisätä näiden jätteiden hyödyntämistä materiaalina ja energianlähteinä. Asetukset pohjautuvat EU:n kaatopaikkadirektiiviin, jossa jäsenvaltioilta edellytetään biohajoavien jätteiden kaatopaikkasijoittamisen vähentämistä asteittain. (Ympäristöministeriö 2013a.)

**Jäteveroa** maksetaan kaatopaikalle vietävistä jätteistä, ja sen avulla halutaan ohjata jätteitä enemmän kierrätykseen kaatopaikkasijoittamisen sijaan. Sillä on kuitenkin myös valtiontaloudellista merkitystä ympäristöpoliittisten tavoitteidensa lisäksi. Verotuksen piirissä ovat kaikki kaatopaikoille loppusijoitettavat jätteet. Jätteistä, joita voidaan hyödyntää jäteverolain 6 §:n mukaisesti, ei veroteta. (Tulli 2016.) Jäteverolain (1 126/2010) 6 §:n hyödyntämisellä tarkoitetaan eriteltyjen jätteiden käyttämistä kaatopaikan rakenteisiin sen perustamis-, käyttämistä tai käytöstä poistamisen vaiheessa.

## 2.2.2 Jättesuunnitelmat

Vuonna 2008 voimaan tullut nykyinen **valtakunnallinen jättesuunnitelma 2016** linjaa Suomen jätehuollon kehittämisen tavoitteet ja kuvaa toimet, joilla tavoit-

teet on tarkoitus saavuttaa. Jättesuunnitelman keskeisiä päämääriä ovat jätteen muodostumisen ehkäiseminen, materiaalikierrätyksen ja biologisen hyödyntämisen lisääminen, kierrätykseen soveltumattomien jätteiden polttamisen lisääminen, jätteiden haitattoman käsittelyn ja loppusijoittamisen turvaaminen ja jätehuollosta aiheutuvien kasvihuonekaasupäästöjen pienentäminen. (Ympäristöministeriö 2016a.)

Jättesuunnitelmasta on julkaistu seurantaraportteja, joista uusin, vuonna 2014 julkaistu versio paljastaa, että asetetuista yhdyskuntajätteen kierrätystavoitteista ollaan vielä kaukana (Ympäristöministeriö 2014, 3). Rakennus- ja purkujätteiden osalta kierrätysasteeksi on arvioitu raportin mukaan 26 prosenttia, kun huomioon ei oteta energiahyödyntämistä. Vertailun vuoksi on esitetty luku Euroopan keskiarvosta, joka on 47 prosenttia. Syynä pidetään puujätteen suurta osuutta Suomessa. Lisäksi raportissa mainitaan, että rakennusjätteiden tilastoinnin kehittämistyöt ovat alkaneet. Tulevaisuudessa talonrakennustoiminnan jätetilastot aiotaan saada ajalliseen ja kansainväliseen vertailukuntoon keräämällä tietoja ammattimaisten jätteiden käsittelyyn erikoistuneiden yritysten ja jätteenkäsittelylaitosten tiedoista. (Ympäristöministeriö 2014, 4.)

Raportissa myös todetaan, että myös ensimmäisessä väliraportissa on todettu jätteiden tilastoinnin olevat riittämättömät valtakunnallisen jättesuunnitelman seurannan toteuttamiseksi. Erilaisten indikaattorien kehitystyöhön aiotaan jatkossa panostaa enemmän materiaalivirtojen tilastoinnin ja seurannan tehostamiseksi. (Ympäristöministeriö 2014, 4.)

Uuden **valtakunnallinen jättesuunnitelma 2030** laadinta on jo käynnissä ja sen on tarkoitus valmistua vuoden 2016 loppuun mennessä. Suunnitelman pohjana käytetään edellistä jättesuunnitelmaa, jonka päämääriä, tavoitteita ja indikaattoreita päivitetään vastaamaan sekä EU:n että kansallisia velvoitteita. Uudessa jättesuunnitelmassa asetetaan tavoitteita jätehuollon kehittämiseksi vuoteen 2030 mennessä. (Ympäristöministeriö 2016b.)

Painopisteiksi uudelle suunnitelmalle on valittu ensimmäisenä rakennus- ja purkujätteet. Tavoitetila vuonna 2030 sisältää muun muassa seuraavat visiot: Jäte-

huolto on osa suomalaista kiertotaloutta, materiaalitehokas tuotanto ja kulutus säästävät luonnonvaroja ja tuovat työpaikkoja ja jätteen määrä on vähentynyt nykyisestä ja kierrätys on noussut uudelle tasolle. (Ympäristöministeriö 2016b.)

**Itä-Suomen alueellinen jätesuunnitelma 2016** on lain ja asetusten toteuttamiseksi laadittu suunnitelma käytännön toteuttamisen ohjaamiseksi. Tavoitteena jätesuunnitelmalla on tunnistaa maakuntien jätehuollon keskeisimmät kehittämisalueet ja pyrkiä löytämään käytännönläheisiä ratkaisuja ja toimenpideehdotuksia niiden ratkaisemiseksi. (Pohjois-Karjalan ympäristökeskus 2009, 13.)

Itä-Suomen jätesuunnitelmassa on valittu yhdeksi painopisteeksi rakentamisen jätteiden hyödyntäminen ja käsittely. Painopisteiksi valittujen teemojen tavoitteina voidaan pitää jätehuollon ilmastovaikutusten vähentämistä, terveys- ja ympäristöhaittojen minimointia ja materiaalitehokkuuden kehittämistä. (Pohjois-Karjalan ympäristökeskus 2009, 13.)

Tavoitetilaksi vuoteen 2016 Itä-Suomessa oli määritelty rakentamisen jätteiden, niiden hyödyntämisen ja käsittelyn osalta, että Itä-Suomen alueella tulisi olla riittävä vastaanottoverkosto valvotuilla jäteasemilla rakennusjätteitä varten. Rakennusjätteen kaatopaikkasijoittamisen tulisi vähentyä ja sitä tulisi käyttää uudelleen tai hyödyntää materiaalina tai energiana. (Pohjois-Karjalan ympäristökeskus 2009, 24.)

Kehittämistoimina tavoitteen saavuttamiseksi jätesuunnitelmassa on esitetty rakennusjätteen vastaanottoa Itä-Suomen alueella jäteasemille kohtuullisten etäisyyksien päässä. Tämän tulisi lisätä erilliskerätyn rakennusjätteen määrää ja näin ollen mahdollistaa jätteen käsittelyn ja hyödyntämisen kehittyminen. (Pohjois-Karjalan ympäristökeskus 2009, 32.)

Kehitysideoina on esitetty myös rakennusmateriaalien kierrätysasemien perustaminen uudelleenkäyttöä ja kierrättämistä varten ja tilapäisten kierrätysasemien perustamista uudisrakennusalueille. Toimijoiksi tällaisille asemille on ehdotettu kylä- tai asukasyhdistyksiä, mutta valtion ja kuntien tulisi edesauttaa

toteuttamista. Kierrätysasemien ideana olisi, että rakentajat voivat viedä asemalle ylimääräiset rakennusmateriaalinsa ja joku toinen niitä voisi sitten hyödyntää omassa rakennusprojektissaan. Tämä vähentäisi muodostuvien jätteiden määrää. (Pohjois-Karjalan ympäristökeskus 2009, 32.)

Muina keinoina on rakentamisenjätteiden tavoitteiden saavuttamiseksi esitetty nopeutettua rakennuslupakäsittelyä niille, jotka toimittavat hakemuksen yhteydessä arviot syntyvistä jätteistä ja rakennustyömaiden jätehuoltoon puuttumista. Lisäksi vielä mainitaan, että kierrättävään korjausrakentamiseen ja purkukäytäntöön aiotaan kiinnittää enemmän huomiota koulutusvaiheessa kaikilla opintotasoilla. (Pohjois-Karjalan ympäristökeskus 2009, 32.)

## **2.3 Rakennusten purkaminen**

Purkutöihin ryhtyvälle yritykselle on olemassa tarkat ohjeistukset ennen purkutyön aloittamista tehtävistä selvityksistä ja suunnitelmista. Tämän työn kannalta oleellinen näistä on turvallisuustoimenpiteiden yhteydessä tehtävä purkutuotteiden kartoitus, jossa listataan purettavat materiaalit ja niiden sijoituspaikat sekä kierrätys. (Palolahti ym. 2009, 16). Kartoitus tehdään, jotta saataisiin rakennuksen mittojen perusteella suurpiirteinen arvio muodostuvista jätteistä. Purkurakoitsijat tekevät arviot omien tietojensa ja kokemustensa pohjalta ”tupakka-askin kanteen”, joten tietoja ei ole saatavilla kerätyksi yhteen laskurin taustatietoja varten (Ollilainen 2015).

### **2.3.1 Purkamisen suunnittelu ja toteuttaminen**

Kun purkamispäätös on tehty, tulee ensimmäiseksi huolehtia tarvittavat viranomaisluvut ja ilmoitukset kuntoon, jotta purkutyöt voidaan suorittaa lainvoimaisella luvalla (Palolahti ym. 2009, 19). Ennen purkutöihin ryhtymistä tulee kohteella suorittaa katselmus, jossa rakennuttaja tai valtuutettu suunnittelija käy läpi purkukohteen rakenteet. Katselmuksen tarkoituksena on muun muassa kartoittaa purettavat materiaalit ja tehdä kuntotutkimus. Erityistä huomiota tulee kiinnit-

tää kantavien rakenteiden selvittämiseen ja niiden purkujärjestykseen ja tuetaan, purkumateriaalien siirtoon ja poiskuljetukseen sekä siihen, että sisältääkö purettavat rakenteet terveyden kannalta vaarallisia tai haitallisia aineita. (Palo-lahti ym. 2009, 17.)

Purkusuunnitelman tavoitteena ei ole pelkästään viranomais määräysten mu-kaisten vaatimusten toteutuminen. Niiden lisäksi purkutyöt tulisi suunnitella, jot-ta työt saadaan suoritettua mahdollisimman tehokkaasti ja uudelleen- ja uusio-käytön tavoitteet toteutuisivat. Kierrätysmahdollisuudet materiaaleille riippuvat rakennuksen rakennusosista ja materiaaleista siltä osin, kuinka hyvin ne on teh-ty ja mitä materiaalia ne ovat. Lisäksi vaikuttaa myös se, että miten kierrätyk-seen on varauduttu jo rakennuksen suunnitteluvaiheessa. (Rakennusinsinööri-en liitto 2001, 247.)

Hyvien suunnitelmien pohjalta itse purkamisen pitäisi toteutua tehokkaasti ja kierrätettäviä materiaaleja suojellen. Purkusuunnitelman mukaisesti suoritetta-vaan purkamista kutsutaan **lajittelevaksi purkamiseksi**. Käsite on kestävän ke-hityksen periaatteiden mukaan muotoutunut, ja sen tarkoituksena on taata ra-kennusosien ja -materiaalien säilyminen käyttökelpoisina uusio- ja uudelleenkäyttöä varten. (Ympäristöministeriö 2016c.)

### 2.3.2 Rakennusten purkujätteet

Rakennusten purkamisen yhteydessä muodostuu monia eri jätejakeita. Tässä kappaleessa on esitelty niistä yleisimmät. Eritellessä näitä kyseisiä jätteitä on hyvä muistaa se, että läheskään kaikki purettava materiaali ei tule olemaan hel-posti kierrätettävissä. Esimerkiksi kipsilevyt ja kaakelit olisivat omina jätejakei-naan hyödynnettävissä uusiokäyttöön, mutta purkujätteen seassa nämä ainek-set saattavat olla niin tiiviisti kiinni toisissaan, ettei niiden erottelu ole kannattavaa. Tällöin ne päätyvät sekajätteeksi.

Ongelmajätteeksi luokiteltavaa **asbestia** voi löytyä vanhoista (sen käyttö kiellettiin Suomessa 1993) taloista. Sitä on käytetty muun muassa palonsuojaukseen, eristykseen ja sideaineeksi. (Oksa, Korhonen & Koistinen 2015, 4-5.)

**Asbestipöly** on hengitettynä vaarallista. Ennen purkutöiden aloittamista tulee kohteella suorittaa asbestikartoitus käymällä tarkasti läpi kaikki mahdolliset käyttökohteet. Mikäli kohteessa on käytetty asbestia joissakin rakenteissa, tulee niiden purkutyöt suorittaa ennen muun purkutyön aloittamista. Purkutyöt tulee tehdä erillisillä asbestinpurkumenetelmillä ja ne saa suorittaa vain työsuojeluhallituksen valtuuttamat urakoitsijat. (Suomen rakennusinsinöörien liitto 2001, 263.)

Asbestijätteet tulee pakata tiiviisti suljettuihin pakkauksiin ja ne täytyy merkitä tekstillä ”asbestijätettä”. Vaarallisuutensa vuoksi asbestijätteitä ei kierrätetä, vaan ne sijoitetaan kaatopaikalla merkitylle alueelle erilleen muista jätteistä. Uudelleen käyttö täyttömaana ei tule kysymykseenkään eikä asbestia saa hävittää polttamalla sen aiheuttaman terveysvaaran vuoksi. (Suomen rakennusinsinöörien liitto 2001, 264.)

Hyödynnettävistä jätteistä **betoni** muodostaa useimmiten merkittävän osan purkukohteelta muodostuvasta materiaalista. Lajiteltu betoni saa sisältää betonite-rästä, mutta ei muita epäpuhtauksia, kuten puuta tai muovia. Betonijätteen vastaanottajat voivat veloittaa hieman eri hinnat betonin palakoon mukaan. Betoni voidaan kierrättää murskattuna esimerkiksi maarakennuskohteisiin hyödynnettäväksi. (Palolahti ym. 2009, 27.)

Rakennuksissa **bitumia** käytetään tunnetuimmin katteina ja kosteuden eristeenä (Siikanen 2009, 279). Kattomateriaalina käytettävä bitumi voidaan kerätä erilleen ja kierrättää asfaltin raaka-aineeksi (PHJ 2014, 18). Rakennuksen purkamisen yhteydessä on huomioitava se, että vanhoissa taloissa voi olla bitumin ainesosana käytetty asbestia. Mahdolliset asbestipitoisuudet tulee selvittää ennen purkutöihin ryhtymistä. (Huttunen, Komulainen & Säntti 2011, 99.)



Purkutyömailta mahdollisesti muodostuvaan **energiajätteeseen** kuuluvia materiaaleja ovat muun muassa muovit (höyrynsulkumuovi), polystyreeni eli styrox, kierrätykseen kelpaamaton pahvi ja käyttökelvottomat tekstiilit (Jätekukko 2016a)

**Keraamiset laatat** voidaan kierrättää ehjinä sellaisinaan uudellaan tai murskatuina uusien laattojen valmistukseen tai tienrakennukseen (Siikanen 2009, 97).

Purkutöiden yhteydessä syntyvät puhtaat **kipsijätteet** voidaan yleensä toimittaa jätekeskukselle (Palolahti ym. 2009, 28). Kipsikartonkilevyistä muodostuva puhdas kipsijäte voidaan kierrättää sataprosenttisesti osaksi uusien kipsilevyjen valmistusta tai jauhattuna se sopii myös maanparannusaineeksi (Siikanen 2009, 228.)

Purkutyömailta muodostuva **lasijäte** saa sisältää puhtaan lasin lisäksi karkaisua, sävytettyä ja maalattua lasia. Keraaminen lasi, posliini ja pakkauslasit, kuten pulloet eivät kuulu joukkoon. (PHJ 2014, 20.) Lasi voidaan kierrättää monella tapaa; valmiina lasituotteena tai murskattuna ja sulatettuna uusien lasituotteiden ja esimerkiksi lasivillan valmistuksessa (Siikanen 2009, 246.)

Jätekukon lajitteluohjeiden mukaan **loppujätteeksi** katsotaan hyödykseen kelpaamattomat materiaalit, kuten PVC-muovit, rakennusputket ja -letkut sekä muovimatot (Jätekukko 2016b).

Suurin osa suhteellisen puhtaista **muoveista** on hyödynnettävissä kierrättämällä uusiksi tuotteiksi, kuten esimerkiksi muoviämpäreiksi ja jätessäkeiksi. Sekaisin olevista eri muovijätteistä voidaan kierrättämällä valmistaa esimerkiksi meluaitoja tai muoviparruja. (Siikanen 2009, 276.) **Kumituotteita** voidaan puolestaan uusiokäyttää laitoksissa, jotka voivat hyödyntää jättekumia esimerkiksi asfaltin valmistukseen (Siikanen 2009, 291). Muoveja ja kumeja voidaan käyttää myös energianlähteenä polttolaitoksella (katso kohta Energiajäte), mutta hyödynnettäväksi kelpaamattomat materiaalit päätyvät loppujätteeksi (katso kohta Loppujäte) (Siikanen 2009, 276 ja 291.)

Purkutöistä syntyviä **metallijätteitä** ovat mm. raudoitusteräket, peltilevyt, katopellit, ilmastointiputket ja tiskipöydät. Metallijätteet voidaan toimittaa kierrätettäväksi metallijätteisiin erikoistuneille toimijoille. (Palolahti ym. 2009, 29.) Teräs, alumiini ja kupari ovat kaikki kierrätettävissä valmiina materiaalina tai uusien materiaalien valmistuksessa (Siikanen 2009, 196, 208, 215.)

**Puujätteet** kuuluu lajitella puhtaaseen puuhun ja sekalaiseen tai purkupuuhun. Puhdasta puuta on käsittelemättömät puut ja sekalaiseen luetellaan lastu-, liima- ja kovalevyt, vanerit, puu- ja levykalusteet sekä maalatut puut. (Palolahti ym. 2009, 28 - 29.) Kaikki puuaines soveltuu käytettäväksi energialähteenä asianmukaisessa polttolaitoksessa. Puhdasta puuta voi kuitenkin myös hakettaa esimerkiksi kompostin seosaineeksi. (Siikala 2009, 325.) **Kyllästetty puu** luokitellaan ongelmajätteeksi. Kestopuutkin kuitenkin hyödynnetään energialähteeksi niille tarkoitetuissa polttolaitoksissa (Kestopuuteollisuus ry 2016.)

Kuten betonikin, myös **tiili** on lajiteltava erikseen ja toimitettava ympäristöluvaliselle vastaanotto paikalle (Palolahti ym. 2009, 28). Puretut tiilet voidaan hyödyntää uudelleen, jos ne ovat käyttökelpoisessa kunnossa. Rikkoutuneet tiilet puolestaan voidaan kierrättää uusien tiilien raaka-aineeksi tai tienrakennukseen. (Siikala 2009, 90.)

**Ylijäämämaat** saa läjittää ilman erillistä lupaa, jos ne ovat peräisin maainesten otosta tai rakennustoiminnasta ja ne ovat vaarattomia tai jos ne hyödynnetään tai käsitellään esim. ottamis- tai rakentamispai kalla lupamääräysten mukaisesti. Jos ylijäämämaat eivät kelpaa hyödynnettäviksi muualla, tulee ne toimittaa ympäristöluvalliselle läjitysalueelle. (Palolahti ym. 2009, 29 - 30.)

## 2.4 Rakennusjätteiden kierrättäminen

Kierrätykseen suurin kannustava peruste on taloudellisuus. Jätteiden käsittelystä tulee useita erilaisia maksuja, joita voidaan kierrätyksellä pienentää. Jätteiden käsittelystä tulevia maksuja on muun muassa jätevero, jätteiden käsittelymaksu, arvonlisävero sekä kuljetusmaksut. Jäteverosta on säädetty niin, että

sitä ei makseta erotelluista maa- ja kiviaineksista tai välivarastoitavasta hyötyjätteestä. Maksut sekajätteen osalta ovat yleensä korkeampia kuin lajitellulta jätteeltä. Joistakin hyötyjätelajeista, kuten esimerkiksi metalliromusta voi jopa mahdollisesti saada tuloja. (Rakennusinsinöörien liitto 2001, 234.)

Materiaaleja voidaan karkeasti sanottuna kierrättää kahdella tavalla; uusiokäyttöön ja uudelleenkäyttöön. Uusiokäytössä purkumateriaalit kierrätetään uuden tuotannon raaka-aineiksi. Uudelleenkäyttö puolestaan tarkoittaa materiaalien käyttämistä uudelleen toisessa kohteessa tai käyttötarkoituksessa. (Rakennusinsinöörien liitto 2001, 238.)

**Uudelleenkäytöllä** tarkoitetaan purkumateriaalin käyttämistä uudelleen toisella kohteella tai toiseen käyttötarkoitukseen. Esimerkiksi puretun talon hyväkuntoinen ovi voidaan käyttää uuden talon rakentamiseen. Parhaiten uudelleen käytettäviksi osiksi sopivat materiaalit, jotka ovat koostumukseltaan mahdollisimman yksipuolisia ja ne on helppo purkaa irti toisista rakennusosista. Tällaisia materiaaleja ja kappaleita ovat esimerkiksi ovien lisäksi lautalattiat, pesualtaat, kattotiilet ja rakenneteräkset. Mikäli kysyntää on, voidaan käytännössä kaikki purkukohteen materiaalit kierrättää uudelleen käytettäviksi. Jotta kysyntä ja tarjonta kohtaisivat, on netissä olemassa erilaisia palveluita käytettyjen rakennustuotteiden myyntiä varten. (Rakennusinsinöörien liitto 2001, 238.)

**Uusiokäytössä** purkujätteet käytetään joko uuden materiaalin tuotannon raaka-aineeksi tai materiaalit hyödynnetään sellaisinaan (Rakennusinsinöörien liitto 2001, 239). Uusiokäyttöä on esimerkiksi puretun bitumikatteen käyttäminen uuden bitumin valmistukseen tai purettujen kiviainesten hyödyntäminen murskatuna tienrakentamiseen. Varsinaisesti jätteiden kierrättäminen energiaksi ei ole uusiokäyttämistä, mutta se on hyvä vaihtoehto silloin, kun uusiokäyttö ei ole mahdollista ja materiaali on polttolaitokselle soveltuvaa. (Rakennusinsinöörien liitto 2001, 239.)

Hyvin uuden tuotannon raaka-aineeksi soveltuvia materiaaleja ovat esimerkiksi metallit, kipsilevyt ja kivennäispohjaiset materiaalit. Nämä hyödynnettäväksi kelpaavat jätejakeet tulee ohjata hyötykäyttöön. Jätejakeet, joita ei voida hyö-

dyntää, tulisi puolestaan toimittaa tarkoituksenmukaiseen jätteenhoitoprosessiin, kuten esimerkiksi polttolaitokselle tai maanlastausalueelle. (Rakennusinsinöörien liitto 2001, 239.)

Uusiokäyttöön menevillä materiaaleilla on olemassa laatuvaatimukset, joita tulee valvoa purkujätettä vastaanottaessa (Rakennusinsinöörien liitto 2001, 244).

## **2.5 Rakennusten elinkaarimallintaminen**

Elinkaarimallintaminen on tapa tarkastella kohteen potentiaalisia ympäristövaikutuksia raaka-aineen hankinnasta aina tuotteen loppusijoitukseen asti. Menetelmällä pyritään selvittämään haitallisten ympäristökuormien syntyminen. (Siikanen 2001, 326.)

Rakennustuotteiden elinkaaritarkastelussa selvitetään materiaalien valmistukseen kuluneiden resurssien käyttö ja haitallisten päästöjen osuus ilmaan, veteen ja maahan sekä jätteet valittua toiminnallista yksikköä kohden elinkaaren aikana. (Siikanen 2001, 326.) Näiden arvioiden pohjalta tuotteille on laadittu RT-ympäristöselosteet.

RT-ympäristöseloste on Suomessa käytössä oleva rakennustuotteiden ympäristöselostus, jonka tietojen pohjalta kuluttajat voivat arvioida tuotteen ekologisuutta. Seloste ei ole ympäristömerkki. Sen käyttämisellä pyritään edistämään sellaisten tuotteiden käyttöä, jotka aiheuttavat vähemmän kuormitusta ympäristölle verrattuna muihin vastaaviin tuotteisiin. (Rakennustietosäätiö RTS 2016, 2.)

Selosteista käy ilmi rakennusaineen energian ja raaka-aineiden kulutus ja tärkeimmät päästöt tuotteen koko elinkaaren ajalta. (Siikanen 2001, 327.) Esimerkkejä rakennusmateriaalien valmistuksen päästöistä on koottu taulukkoon 1. Taulukossa on esitetty ilmaston lämpenemiseen vaikuttavat (ILV), happamoitumiseen vaikuttavat (HV) ja oksidanttien muodostumiseen vaikuttavat (OMV) päästöt (Rakennustietosäätiö RTS 2016, 2).

Taulukko 1. Esimerkkejä rakennusmateriaalien valmistuksen päästöarvoista (Suomen rakennusinsinöörien liitto 2001, 287).

Materiaali	Yksikkö	ILV CO <sup>2</sup> -ekv. (g/kg tai m <sup>2</sup> )	HV SO <sub>2</sub> ekv (g/kg tai m <sup>2</sup> )	OMV eteeni ekv (g/kg tai m <sup>2</sup> )
Betoni elementti	m <sup>2</sup>	70 000	390	15
Rakenneteräs	kg	250	2	1
Poltettu tiili	kg	230	0,55	0,025
Kipsilevy, 13 mm	kg	440	4,8	0,075
Sahatavara	kg	80	0,62	0,06
Vuorivilla	kg	1620	8,2	0,37
Polystyreenieriste	kg	2753	190	88
Keraamiset laatat	kg	571	4	51

Kuten taulukosta 1 nähdään, joidenkin rakennusmateriaalien tuottamisesta muodostuu huomattavan suuria päästöjä toisiin verrattuna. Näiden päästöjen muodostumista voidaan välttää kierrättämällä vanhoja jo käytössä olleita materiaaleja uudelleenkäyttöön. Myös ohjaamalla käytettyjä materiaaleja uusiokäyttöön valmistuksen raaka-aineeksi päästöt pysyvät teoriassa alhaisempina, kuin jos materiaali valmistettaisiin uusista raaka-aineista. Elinkaarianalyysin näkökulmasta päästöiksi huomioidaan kuitenkin myös materiaalien kuljetuksesta muodostuvat päästöt. Tämä tarkoittaa sitä, että materiaalien kierrättämisen kannattamiseksi ympäristönäkökulmasta, tulisi etäisyyksien olla kohtuullisia. Mikäli kuljetuksesta aiheutuvat päästöt ovat suuremmat kuin neitseellisen raaka-aineen käyttämisestä tulevat päästöt, ympäristönsuojelullinen puoli kierrättämisestä ei toteudu.

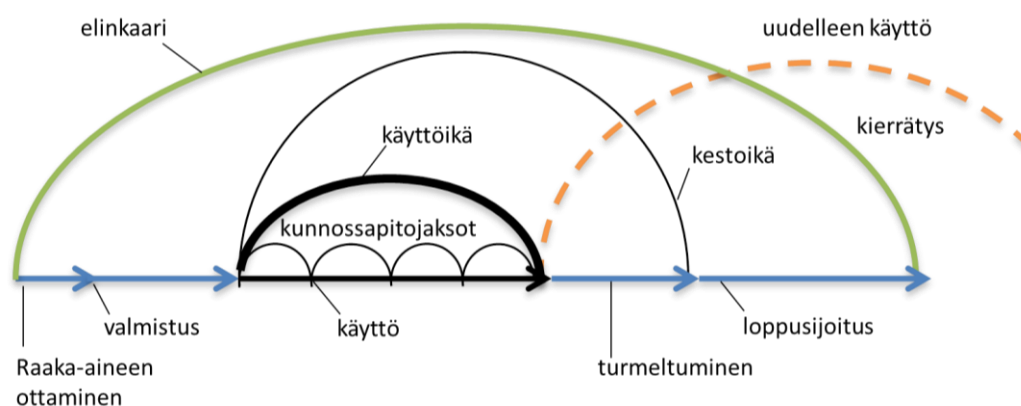
Materiaalien päästöiksi lasketaan myös niiden käytön aikana muodostuvat energiankulutuksesta johtuvat päästöt. Näitä päästöjä muodostuu rakentamisesta, korjausrakentamisesta ja myös purkamisen aikana. (Ympäristöministeriö 2013b, 15.) Arvioita kasvihuonekaasujen muodostumisesta edellä mainituissa prosesseissa tarvittavan arvioidun energiankulutuksen osalta on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Kasvihuonekaasupäästöjen muodostuminen rakennuksen eri vaiheiden aikana (Ympäristöministeriö 2013b, 15).

Prosessi	Khk-päästöt CO <sub>2</sub> -ekv (tn)
<b>Rakentaminen</b>	90...240
<b>Korjausrakentaminen 50 vuotta</b>	10...15
<b>Korjausrakentaminen 100 vuotta</b>	20...30
<b>Purkutyö</b>	40...90

Taulukossa 2 esitetyt prosessit ”korjausrakentaminen 50 vuotta” ja ”korjausrakentaminen 100 vuotta” tarkoittavat skenaarioita, joissa rakennuksen käyttöikä on 50 tai 100 vuotta. Päästöinä esitetyt CO<sub>2</sub>-ekv tonnit ovat arvioidut vaihteluvälit päästöille. Energian tarve on suurin rakennusvaiheessa ja myös purkuvaiheeseen kuluu melko paljon energiaa. Itse rakennuksen korjausrakentaminen ei kuitenkaan muodosta merkittäviä päästöjä purkamiseen verrattuna, joten kiinteistön elinkaarta ajatellen korjaus ja huolto ovat erittäin suositeltavia toimenpiteitä elinkaaren pidentämiseksi ja purkupäätöksen siirtämiseksi.

Purkuoperaatiossa on kyse elinkaarianalyysin loppupuolesta eli materiaalien kierrättämisestä ja uusiokäytöstä (kuva 1). Rakennuksen elinkaaren kuormittavuutta voidaan vähentää hyvällä suunnittelulla ja kunnossapitooperaatioilla, joiden avulla kohteen käyttöikä on tarkoitus saada mahdollisimman pitkäkestoiseksi (Myyryläinen 2008, 22).



Kuva 1. Rakennusmateriaalien elinkaari (Myyryläinen 2008, 22).

Käyttöään päätyttyä puolestaan kohteen aiheuttamia kuormituksia voidaan pitää kurissa kierrättämällä mahdollisimman suuri osa jätejakeista asianmukaisesti. Kaatopaikoille lajittelemattomana sekajätteenä päätyvät materiaalit nostavat päästömääriä, sillä maahan haudattuina ne muodostavat erilaisia ilmakehää kuormittavia kaasuja.

### 3 Työn tavoitteet ja tutkimustehtävä

Tutkimuksen tavoitteena on muodostaa laskuri purkamisen kustannusten arvioimisen tueksi. Lähtökohtana on, että vastaavanlaista laskuria ei ole saatavilla yritysten käyttöön vielä. Kysyntää laskurin antamille tiedoille kuitenkin on ja sillä voidaan parantaa pienten jätealan yritysten asiakaspalvelutasoa.

Idea purkujättemääriä ja niiden kustannuksia arvioivasta laskurista oli tullut toimeksiantajalle asiakkaan kysellessä aiheesta tarkempia tietoja. Laskuria olisikin tarkoitus pystyä hyödyntämään asiakaspalvelutilanteessa helposti ja nopeasti suuntaa-antavien tietojen saamiseksi purkukohteesta. Lisäksi laskuria on mahdollista käyttää purkukohteella varsinaisen purkus suunnitelman tietojen tueksi. Pelkästään laskurin tietojen pohjalta ei voida kuitenkaan purkus suunnitelmaa laatia, koska tiedot ovat vain viitteellisiä todellisesta jätteiden määrästä.

Laskuri tulee olemaan Excel- taulukkolaskentaohjelmalla tehty yksinkertainen sovellus, johon käyttäjän tulee lisätä vain talon tiedot pinta-alan ja keskimääräisen huonekorkeuden osalta. Näiden tietojen pohjalta laskuri kertoo muodostuvien purkujätteiden määrän ja arviot niiden kierrättämisen kustannuksista eri jäteasemille. Excel-taulukkolaskentaohjelman käyttö on perusteltua sovelluksen laatimiseksi siksi, että se on helppokäyttöinen ja tietojen päivittäminen onnistuu sillä helposti. Lisäksi se on yleisesti käytetty ja tunnettu ohjelma, joten laskuria on helppo jakaa muiden käytettäväksi niin halutessaan.

Toimeksiantaja toimii Nurmeksessä, joten laskuri on suunnattu käytettäväksi Pohjois-Karjalassa Nurmee-Joensuu- akselilla aluksi. Laskuria voidaan tarvittaessa täydentää, jotta sen käyttäminen olisi mahdollista laajemmalla alueella. Nyt laskurissa on tiedot jätehinnoista Nurmeksen paikalliselta jäteasemalta, Kuopion Jätekeskuksen jäteasemalta ja Joensuusta Kuusankosken toimipisteeltä.

Kohderymänä laskurin käyttäjiksi ovat pienet jätealan yritykset, jotka voivat sen avulla saada kilpailuetua. Laskurista on pohdittu tehtäväksi myös mahdollisesti nettiversio, jolloin yksityishenkilöt voisivat alustavia kustannuksia tarkastel-



la laskurin avulla ennen purkupäätöksen tekemistä. Laskuria käytettäessä tulee kuitenkin muistaa sen olevan vain suuntaa-antava, joten sen käytön lisäksi tulee purkutyömaalla tehdä rakennusmääräysten velvoittamat purkusuunnitelmat. Laskurin yhteydessä on selkeä maininta asiasta, jotta välttyttäisiin väärinymmärryksiltä.

## 4 Laskurin toteutus

### 4.1 Taustatiedot

Laskuria varten oli tarkoitus kerätä tietoja yrityksen siirtoasiakirjoista ja niiden perusteella laskea kertoimet jätejakeille. Siirtoasiakirjoista paljastui kuitenkin merkittäviä puutteita tiedoista, jotta niistä olisi voinut saada luotettavat lähtötiedot laskurille. Niinpä laskuri päädyttiin toteuttamaan tutkimustuloksiin perustuvilla tiedoilla. Taustatiedot on saatu Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen julkaisemasta raportista ”Rakentamisen jätteet ja niiden hyötykäyttö” (1998, 30) ja lisäksi tietoja on täydennetty KLARA.net-sovelluksesta (Rakennustieto 2016a) saaduilla esimerkkitapausten rakennusmateriaalien tiedoilla (taulukko 3).

Klara.net on rakennusalan asiantuntijoille tai rakentamista suunnitteleville yksityisillä ihmisillä suunnattu palvelu, jolla voidaan laskea rakentamisen materiaali- ja työpanoskustannukset. Lisäksi ohjelmasta saa myös tiedot materiaalien tarpeesta kaikilta rakentamisen vaiheilta. Ohjelmaan saa viikon ajaksi ilmaisen käyttölisenssin, jonka aikana ohjelmaan ehtii tutustua ja sillä voi tehdä esimerkiksi laskelmia. (Rakennustieto 2016b, 1-2.) Sovellus vaatii kuitenkin asiantuntemusta, joten tätä työtä varten sovelluksesta on poimittu vain sovelluksen omat esimerkkitapaukset erillisten pientalojen rakentamisesta.

Koska Klara.net on rakentamisen suunnittelua ja toteuttamista varten oleva laskuri, siitä saatuihin tietoihin tulee suhtautua hieman varauksella kun niitä käytetään purkamisjätteiden arviointiin. Periaatteessa tietojen tulisi pitää paikkansa, sillä rakentamiseen käytetty materiaalmäärä tulisi pysyä samana aina siihen asti että rakennus puretaan. Näitä tietoja käyttämällä saadaan kuitenkin aikaiseksi suuntaa-antava laskuri, ja se on tämän opinnäytetyön tavoite.

Taulukko 3. Laskurin taustatietoja (Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus 1998, 30).

Rakennusjätteen määrä uudisrakentamisessa (kg/r-m <sup>3</sup> )	Betoni-tuotteet kg/r-m <sup>3</sup>	Tiilet kg/r-m <sup>3</sup>	Muut kivip. tuotteet kg/r-m <sup>3</sup>	Saha-tavara kg/r-m <sup>3</sup>	Muut puu-tuotteet kg/r-m <sup>3</sup>	Teräs-levyt kg/r-m <sup>3</sup>	Muut teräs-tuotteet kg/r-m <sup>3</sup>	Yhteensä kg/r-m <sup>3</sup>
Erill. pientalot	3,97	1,74	0,89	3,60	0,44	0,36	0,14	11
Kyt. pientalot	2,42	1,16	1,20	3,38	0,20	0,31	0,16	9
As.kerrostalot	3,38	0,82	0,71	0,84	0,02	0,19	0,23	6
Vapaa-aj. as.	3,45	0,18	0,41	10,74	0,19	0,29	0,14	15

Laskurin rakentaminen aloitettiin siitä, että VTT:n raportin ja KLARA.netin tiedot syötettiin Excel-taulukkolaskentaohjelmaan. VTT:n julkaisussa oli valmiiksi lasketut kertoimet yksikkönä kg/r-m<sup>3</sup>, joten näitä tietoja ei tarvinnut enää erikseen muokata. VTT:n taulukossa on kerrottu kertoimet monelle erityyppiselle rakennukselle, mutta tähän työhön on poimittu tiedot vain erillisistä pientaloista, kytetyistä pientaloista, asuinkerrostaloista ja vapaa-ajan asunnoista. Näistä talotyypeistä laskurissa on käytetty erillisten pientalojen kertoimia, koska ne sopivat yhteen Klara.netistä saatujen täydentävien tietojen kanssa. Myös muille talotyypeille on mahdollista tehdä laskurit käyttämällä näitä kertoimia, mikäli niille on tarvetta ja puuttuvat tiedot saadaan kerättyä.

## 4.2 KLARA.netin tietojen käsittely

KLARA.netin tiedot olivat suurin osa muotoa jm eli juoksumetriä. Laskurin seuraavien vaiheiden helpottamiseksi tiedot on muunnettu metreistä neliömetreiksi ja edelleen kuutiometreiksi, mikäli se palveli tarkoitusta. Esimerkiksi eriste-muovin kanssa kuutiomäärien laskeminen ei ole kovin käyttökelpoista tietoa, joten sitä käsitellään neliömetriyksikköinä. Tämä asia tulee ottaa huomioon, kun arvioidaan kustannuksia materiaalin kierrättämiselle, sillä käytöstä poistettu muovi ei käytännössä mene niin pieneen tilaan, kuin sen voidaan laskea menevän. Tämä voi aiheuttaa vaihtelua kun arvioidaan tarvittavien kuormien määriä jäteasemille.

KLARA.netin tiedot pohjautuvat seitsemän erityyppisen erillistalon rakentamiselle. Ensimmäiset neljä ovat erilaisilla pohjaratkaisuilla olevia puurunkoisia taloja pinta-alaltaan 140 htm<sup>2</sup>. Kolme viimeistä olivat kivrunkoisia taloja, harkkotalo 178 brm<sup>2</sup>, harkkopientalo 290 brm<sup>2</sup> ja täystiilipientalo 132 brm<sup>2</sup>. Tarkemmat kuvaukset talojen ominaisuuksista on liitteessä 2.

Jokaisen esimerkin kohdalta on kerätty tiedot tietyistä materiaaleista, jotka rakennuksen purkamisen yhteydessä ovat helposti lajiteltavissa ja muodostavat suurimman osan purkamisen jätteistä. Näitä materiaaleja ovat mm. bitumi, eristevilla, höyrynsulkumuovi, kipsilevyt ja polystyreeni eli styrox. Jokaisesta rakentamisen vaiheesta, eli maanrakennuksesta, rungosta ja rakennuttamisesta, sisäpuolisista töistä ja lvis-töistä, käytiin läpi tarvittavat materiaalit ja niiden määrät ja tiedot laskettiin yhteen. Tämän jälkeen kukin luku jaettiin talon pinta-alalla, jolloin tulokseksi saatiin materiaalin määrän kerroin yksikössä m<sup>2</sup> tai m<sup>3</sup> rakennettua neliometriä kohden. Näiden kertoimien avulla on tarkoitus laskea, että paljonko kyseistä jättemateriaalia muodostuu talon pinta-alan mukaan. Kun kertoimet materiaalmäärille olivat tiedossa, ne aseteltiin taulukkomuotoon, josta erottuisi selkeästi kunkin talotyypin kertoimet eri materiaaleille (taulukko 4).

Taulukko 4. Kertoimet materiaalmääristä KLARA.netin tietojen pohjalta

0	KLARA.net							
1		malli1 140htm2	malli2 140	malli3 140 ht	malli4 140 ht	malli5 178 brm2	malli6 290 b	malli7 132 brm
2	Bitumi m2/m2	0,414	0,406	0,406	0,057	0,310	0,134	0,358
3	polystyreeni	0,285	0,270	0,270	0,404	0,167	0,121	0,284
4	höyrynsulkumuovi (PE-LD) n	2,62	2,66	2,66	2,71	1,06	0,507	1,129
5	kipsikartonki m2	3,86	3,56	3,66	3,66	0,88	0,000	0,500
6	kipsikartonki	0,050	0,046	0,058	0,058	0,013	0,000	0,007
7	mineraalivilla (m3/m2) kerre	0,74	0,75	0,246	0,515	0,414	0,197	0,519
8								

Seuraavana vaiheena tarkasteltiin keskiarvoja edellisen vaiheen kertoimista, jotta tietoa voitaisiin hieman yleistää ja hyödyntää laskurissa erilaisia taloja arvioitaessa. Koska puurunkoisilla taloilla oli kivirakenteisiin verrattuna joitakin suurempia vaihteluja kertoimissa, selvitettiin ensiksi keskiarvot puu- ja kivitaloista erikseen. Taulukossa 5 olevista kertoimista näkee, että esimerkiksi höyrynsulkumuovin osalta talon runkomateriaalilla on suuri vaikutus kertoimen suuruuteen.

Laskurin yksinkertaistamiseksi kuitenkin puu- ja kivrunkoisista taloista laskettiin yhteinen keskiarvo, koska lähdetietoja on muutenkin vähäinen määrä, täten talotyyppien erilliset kertoimet saattavat olla hyvin kärjistyneitä ja kaukana totuudesta. Yhdistämällä kaikki tiedot keskeiseksi keskiarvoksi saadaan suuntaantavat tiedot talotyyppistä riippumatta. Tuloksia tulkittaessa on kuitenkin hyvä muistaa, että saadut tulokset eivät ole täsmälleen samat kuin mitä purkukohteesta paljastuu.

Taulukko 5. Keskiarvokertoimet KLARA.netin materiaaleille

19				
20	Keskiarvokertoimet	Puutalot	Kivitalot	Kaikki
21	bitumi	0,32	0,27	0,30
22	poly	0,31	0,19	0,26
23	höyrynsulkumuovi (PE-LD)	2,66	0,90	1,91
24	kipsi m3	0,05	0,01	0,03
25	villa	0,56	0,38	0,48
26	kipsi m2	3,68	0,46	2,30
27				

Kun laskurin kertoimet ja taustalaskennat on toteutettu, lisättiin laskuriin vielä kustannuksiin liittyvät tekijät. Koska toimeksiantaja toimii itse Pohjois-Karjalan Nurmeksessa, on laskuriin kustannuksia arvioimaan kerätty tiedot Nurmeksien jäteaseman hinnaston mukaisesti. Lisäksi vertailun vuoksi on hinnastoksi valittavana Kuopion jäteasema tai Kuusankosken Joensuun toimipisteen hinnastot. Erilaisia hinnastoja voidaan laskuriin lisätä tarpeen mukaan kattavamman valikoiman saamiseksi. Eri jäteasemia vertaillessa käyttäjä voi valita halutessaan edullisemmän jäteaseman, vaikka se ei olisikaan lähin vaihtoehto. Tarkoituksena on, että käyttäjä voi suunnitella jätteiden kuljettamiset huomioiden hinnastojen lisäksi kuljetuskustannukset saadakseen lopulliset kustannukset selville.

### 4.3 Laskurin tekeminen

Kun laskurin taustatiedot olivat käsitelty, oli seuraavana työvaiheena laskurin toiminnallisuuden rakentaminen. Laskurin ulkoasun pitämiseksi selkeänä, taustatietoina olevat taulukot sijoitetaan eri välilehdille kuin varsinainen käyttösiivu eli "Laskuri". Muut välilehdet tiedostossa ovat "Kertoimet", "Hinnastot" ja "Testit".

### 4.3.1 Kertoimet

"Kertoimet" laskentataulukkosivulla on kerätty edellä mainitut kertoimet VTT:n julkaisusta ja KLARA.net-palvelusta. Lisäksi taulukosta löytyy kertoimia, joilla eri materiaalien tietoja on muutettu kuutiometreistä kilogrammoiksi ja laskettu joitakin keskiarvoja esimerkiksi kipsilevyn painon selvittämiseksi. Taulukossa 6 on näkymä "Kertoimet"- laskentataulukosta.

Taulukko 6. "Kertoimet"- laskentataulukko

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	(VTT 1998, 30)	<a href="http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/1998/t1936.pdf">http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/1998/t1936.pdf</a>								
2										
3	rakennusjätteen määrä uudisrakennuksissa	betonituotteet	tiilet kg/r	muut kivip.	Tsahatavara kg	muut puutuotteet	teräslevyt k	muut terästuotteet	muut terästuotteet	yhteensä kg/r-m <sup>3</sup>
4	erill. Pientalo	3,97	1,74	0,89	3,6	0,44	0,36	0,14	0,14	11
5	kytk.pientalo	2,42	1,16	1,2	3,38	0,2	0,31	0,16	0,16	9
6	as.kerrostalo	3,38	0,82	0,71	0,84	0,02	0,19	0,23	0,23	6
7	vapaa-aj.as.	3,45	0,18	0,41	10,74	0,19	0,29	0,14	0,14	15
8										
9										
10	KLARA.net									
11		malli1 140htm2	malli2 140	malli3 140 ht	malli4 140 ht	malli5 178 brm2	malli6 290 b	malli7 132 brm		
12	Bitumi m2/m2	0,414	0,406	0,406	0,057	0,310	0,134	0,358		
13	polystyreeni	0,285	0,270	0,270	0,404	0,167	0,121	0,284		
14	höyrynsulkumuovi (PE-LD) n	2,62	2,66	2,66	2,71	1,06	0,507	1,129		
15	kipsikartonki m2	3,86	3,56	3,66	3,66	0,88	0,000	0,500		
16	kipsikartonki	0,050	0,046	0,058	0,058	0,013	0,000	0,007		
17	mineraalivilla (m3/m2) kerro	0,74	0,75	0,246	0,515	0,414	0,197	0,519		
18										
19										
20	Keskiarvokertoimet	Puutalot	Kivitalot	Kaikki						
21	bitumi	0,32	0,27	0,30						
22	poly	0,31	0,19	0,26						
23	höyrynsulkumuovi (PE-LD)	2,66	0,90	1,91						
24	kipsi m3	0,05	0,01	0,03						
25	villa	0,56	0,38	0,48						
26	kipsi m2	3,68	0,46	2,30						
27										
28										
29	Materiaalien painoja (tihey	Käytettävä keski	Arvo(t)							
30	Bitumi (Siikanen 2001, 285)	9,15	7,8-10,5 kg/m2							
31	Kipsilevy (Siikanen 2001, 225)	770,00	770 kg/m3 vakiolevy							
32	Mineraalivilla (Siikanen 2001, 225)	22,5	10-35 kg/m3 ja 45-250 kg/m3							
33	Höyrynsulkumuovi (Smarta)	0,18	20 kg/ 110 m2 ja 0,2 mm paksua							
34	Styrox (Merilehto, K. & Rytkä)	20	20 kg/m3 (15-30 kg/m3)							
35										

Kertoimien alapuolella näkyvät materiaalmäärien arvioimiseksi ja muunnosten tekemiseksi tehdyt laskelmat. Taulukossa on laskettu painot kilogrammoina bitumille, kipsilevyille, mineraalivillalle, höyrynsulkumuoville ja styroxille. Bitumin, kipsilevyn ja mineraalivillan osalta tiedot löytyivät helposti Unto Siikasen Rakennusaineoppi-nimisestä teoksesta, mutta muiden aineiden kohdalta tietoa on etsitty muista lähteistä. Vaihtoehtoisia kertoimia materiaaleille löytyi useita, ja vaihteluväli oli joillakin osin erittäin suuri. Laskurissa tällä hetkellä näkyvät ker-

toimet ovat valittu odottamaan koekäyttöä, minkä jälkeen kertoimia voi mahdollisesti vaihtaa täsmällisempiin. Valitut arvot ovat peräisin höyrinsulkumuoville Smartia-rakennusmateriaaliverkkokaupasta ja polystyreenille Suomen Ympäristökeskuksen julkaisemasta raportista ”Opas jätetietoa toimittavalle VAHTI-asiakkaalle” (2001, 61).

### 4.3.2 Hinnastot

”Hinnastot”-laskentataulukko (taulukko 7) sisältää nimensä mukaisesti laskuriin tarvittavat hinnastot jätteiden kierrättämisen kustannusten arvioimiseksi. Vertailun vuoksi hinnastoja on useampia laskurissa käytettäväksi ja toimeksiantajan toiveesta kohteiksi on valikoitunut Nurmeksen jäteasema, Kuopion Jätekeskuksen jäteasema ja Kuusankosken Joensuun toimipiste.

Taulukko 7. ”Hinnasto”-laskentataulukko

	A	B	C	D	E	F	G
1	Hinnastot						
2		Nurmes jäteasema					Paikkakunnat:
3		1 m3 tai 1 t	3 m3 tai 300 kg				Nurmes
4	Energia (muovi, s	12,25	24,4				Joensuu
5	Loppu (eristevilla	12,25	24,4				Kuopio
6	betoni	12,25	24,4				
7	tiili	12,25	24,4				
8	puu	0	0				
9	metallit	0	0				
10	eristevilla	12,25	24,4				
11	kipsi	12,25	24,4				
12	bitumi	12,25	24,4				
13	muovi	12,25	24,4				
14	styrox	12,25	24,4				
15							
16							
17	Jätekeskus	Kuopio jätekeskus €/t alv 0 %					
18							
19	Energi	62,0					
20	Loppu	135,1					
21	betoni	13,0					
22	tiili	13,0					
23	puu	40,0					
24	metallit	0,0					
25	eristevilla	95,0					
26	kipsi	95,0					
27	bitumi	85,0					
28	muovi	62,0					
29	styrox	62,0					
30	sekajäte	117,0					
31	hyödynnettävä jä	112,6					
32	muu kivi	16,0					
33	lajiteltavat ja hyc	113,6					
34							
35	Kuusankoski	Joensuu					
36	Jäte	€/t					
37	Energiajäte	75					
38	Rakennusjäte	149					
39	Puujäte	29					



Nurmeksen jäteaseman hinnasto on suunnattu vain pienille eli alle 3 m<sup>3</sup>:n tai 300 kg:n kuormille, mutta hinnasto on mukana tuomassa vertailua isoille jäteasemille etunaan veloitusettomat metallijätekuormat. Muilta osin jäteasemalla ei ole erillisiä hinnastoja eri jätejakeille. Materiaalit tulee kuitenkin lajitella paikanpäällä niille varattuihin astioihin. (Jätekukko 2016c.) Kuormakoon rajausta täytyy huomioida kustannusten laskennassa.

Kuopion Jätekukon toimipisteen hinnasto on jätelavalla tuotavia kuormia varten, joten hinnat ovat muodossa €/tonni (Jätekukko 2016d). Painon mukaan määräytyvän hinnan lisäksi jäteasema perii punnitusmaksun jokaisesta kuormasta. Jätejakeille on omat materiaaliikohtaiset hintansa ja lisäksi jäteasema vastaanottaa kuormia nimikkeillä ”Energiajäte”, lajiteltavat ja hyödynnettävät jätteet” ja ”loppusijoitettavat jätteet” (Jätekukko 2016d).

Kuusakoski Joensuun toimipisteeseen vastaanotetaan jätteitä nimikkeillä ”rakennusjäte”, ”energiajäte” ja ”puujäte”. Myös Kuusakoski veloittaa kuormia painon mukaan eli hinnastot ovat €/tonni ja lisäksi on punnitusmaksut. (Ollilainen 2016).

Hinnastot on kirjoitettu taulukoiksi, jotta laskurin viittaukset ovat helppo tehdä niihin. Lisäksi välilehdellä on lista valituista hinnastoista laskurissa olevaa askel-luspainiketta varten. Hinnastot ovat helposti muunneltavissa ja päivitettävissä jäteasemien hintojen muuttuessa, ja tarvittaessa myös uusien hinnastojen lisääminen sujuu ongelmitta pitämällä kaavat yksinkertaisina.

### **4.3.3 Laskuri eli käyttösiivu**

”Laskuri”-laskentataulukkosivu koostuu kolmesta osasta. Ensimmäisenä on purettavan talon tietojen syöttäminen (taulukko 8). Tällä hetkellä laskurissa tarvittavina tietoina ovat pinta-ala ja huonekorkeus, ja lisäksi avattavasta luettelosta on valittavissa talon tyyppi. Valittavana on puutalo, kivitalo tai keskiarvo, joka on yhdistelmä puutalojen ja kivitalojen tiedoista. Laskurin kehittämistyötä jatketta-

essa tässä kohtaa voisi olla lisäksi valittavissa esimerkiksi talon rakennusvuosikymmen tarkempien lopputulosten saamiseksi.

Taulukko 8. Talon tietojen syöttäminen laskuriin

Erillisen pientalon jätemäärät		
talon tiedot		
Pinta-ala	0	m <sup>2</sup>
Keskimääräinen huonekorkeus	0	m
Talotyyppi	Puutalo	▼
	Puutalo	
	Kivitalo	
	Keskiarvo	

Kun laskuriin on syötetty talon mitat ja valittu halutun talotyypin mukaisesti käytettävät kertoimet, tulee tietojen alapuolella olevaan taulukkoon näkyviin kertoimilla lasketut materiaalmäärät (taulukko 9).

Taulukko 9. Laskurin antamat materiaalitiedot

Erillisen pientalon jätemäärät		
talon tiedot		
Pinta-ala	0	m <sup>2</sup>
Keskimääräinen huonekorkeus	0	m
Talotyyppi	Puutalo	
Rakennuksen jätteet		
betoni	0,0	kg
tiili	0,0	kg
muut kivi	0,0	kg
sahat	0,0	kg
muu puu	0,0	kg
teräslevy	0,0	kg
muut teräst	0,0	kg
eristevillat	0,00	m <sup>3</sup> /talo
kipsilevyt	0,00	m <sup>3</sup> /talo
Styrox	0,00	m <sup>3</sup> /talo
bitumi	0,00	m <sup>2</sup> /talo
höyrynsulkumuovi	0,00	m <sup>2</sup> /talo

Jättemäärien laskemiseen VTT:n julkaisusta saatujen kertoimien osalta on käytetty kaavaa

$$K \times (A \times h)$$

, jossa

K = materiaali-kohtainen kerroin

A = talon pinta-ala

h = huonekorkeus,

koska julkaisun kertoimien yksikkönä oli kilogrammaa rakennettua kuutiometriä kohden. Muiden materiaalien osalta, joiden yksikkönä on taulukossa m<sup>3</sup> tai m<sup>2</sup> talolta, on käytetty samaa kaavaa ilman huonekorkeutta, koska nämä kertoimet olivat yksikössä neliometriä kohden.

Kolmas osio laskurissa kertoo jätteiden arvioidut painot tonneiksi muutettuina ja niiden perusteella lasketut kustannukset jäteasemien hinnastojen mukaisesti (taulukko 10).

Taulukko 10. Laskurin antamat hintatiedot

Jätehinnastot		
Paikkakunta:	Kuopio	
	Nurmes	Hinta €
	Joensuu	
Betoni	Kuopio	0,00
Tiili		0,00
Muut kiviainekset		0,00
Sahatavarat		0,00
Muut puuainekset		0,00
Metallit		0,00
Eristevillat		0,00
Kipsilevyt		0,00
Bitumi		0,00
Styrox		0,00
Höyrynsulkumuovi		0,00
<b>Yhteensä</b>		<b>0</b>

Taulukossa 10 näkyy myös askelluspainike, josta haluttu paikkakunta valitaan. Paikkakuntaa vaihtamalla laskuri laskee uudet hinnat näkyvään taulukkoon. As-

kelluspainikkeen tiedot löytyvät ”Hinnastot”-välilehdeltä, jonne hinnastoja lisätessä voidaan samalla lisätä uuden paikkakunnan askelluspainikkeen paikkakuntalistaukseen, minkä jälkeen se tulee näkyviin aukeavaan valikkoon.

Taulukon ensimmäiseen numeeriseen sarakkeeseen on laskettu jätteiden painot tonneina. Edellisessä taulukossa kilogrammoina olleet tiedot oli helppo muuntaa tonneiksi jakamalla luvut tuhannella. Kuutiometreinä ja neliömetreinä olleet luvut puolestaan kerrottiin niille lasketuilla painokertoimilla, jotka näkyvät taulukon 5 alalaidassa, ja sen jälkeen nekin jaettiin tuhannella.

Hintojen lisäämistä varten tarvittiinkin hieman monimutkaisempi kaava, jotta laskuri näyttäisi oikein hinnan paikkakunnan mukaisesti. Tämä kaava onnistui JOS- funktiolla, johon kirjoitettiin sisäkkäin vaihtoehtoiset totuustestin tulokset kaikille valittaville paikkakunnille. Kaava on nähtävissä kuvassa 1.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with a formula in cell B1: `=JOS(G8="Nurmes";(B10/300)*Hinnasto!C6;JOS(G8="Kuopio";G10*Hinnasto!B21;JOS(G8="Joensuu";G10*Hinnasto!$B$38;"Valitse paikkakunta")))`. Below the formula is a table with columns B through L. A red arrow points from the formula to the 'paino tonneina' column in the table. A red circle highlights the value '0,00' in the 'Betoni' row.

Jätehinnastot		Paikkakunta: Nurmes	
		paino tonneina	
0,0 kg	Betoni	0,0	0,00
0,0 kg	Tiili	0,0	0,00
0,0 kg	Muut kiviainekset	0,0	0,00

Kuva 2. Sisäkkäisten JOS- funktioiden käyttäminen hintojen laskemisessa

Tässä vaiheessa laskuria käytettäessä on hyvä huomioida se seikka, että jätteiden vieminen jätekeskukselle on kannattavampaa täysinä kuormina, kuin pelkästään yhtä ainesta kerrallaan kuljettaen. Jätekeskuksilla onkin erikseen hinnastoissa kerrottu hinnat rakennusjätteille tai lajiteltaville jätteille. Tämä ei ole sama asia kuin sekajäte. Jätteiden tulee olla eroteltuina ja helposti kerättävissä erilleen muista aineksista. Esimerkiksi Kuopion jätehinnastossa on hinnoiteltu erikseen ”Lajiteltavat ja hyödynnettävät jätteet”. Tämän vuoksi materiaali-kohtaisen hinnaston alapuolella on kenttä, jossa näkyy paikkakuntakohtaisesti ns. yhdistetyn jätekuorman hinta koko jätemäärälle..

#### 4.4 Laskurin käyttäminen

Laskurin käyttäminen tapahtuu ”Laskuri”- laskentataulukkosivulla, joka on esitelty aikaisemmassa kappaleessa. Ainoat käyttäjän tarvitsemat tiedot ovat purkamisen kohteena olevan rakennuksen pinta-ala ja keskimääräinen huonekorkeus. Esimerkkinä on käytetty 2,5 metriä, joka on rakentamismääräysten mukainen minimikorkeus asuintiloissa (Ympäristöministeriö 2005, 5). Lisäksi laskurista voi valita erikseen käytettävät kertoimet puu- ja kivitaloille.

Syötettyään tiedot käyttäjä pääsee näkemään arvioidut jätemäärät, mitä kyseisen talon purkamisesta muodostuisi ja kuinka paljon jätteiden kierrättäminen eri jäteasemille maksaisi. Laskurissa ei ole vielä ominaisuutta, jolla voisi tarkastella mahdollisia tuloja, mikäli purkukohteesta saisi esimerkiksi osan puujätteistä myytyä uudelleen käytettäviksi toiselle työmaalle. Laskurin käyttäjän kannattaisi ehdottomasti miettiä kuitenkin uusiokäyttömahdollisuudet läpi ennen purkamiseen ryhtymistä, jotta mahdolliset materiaalit saataisiin säilymään käyttökelpoisina.

## 5 Laskurin testaus

Laskurin antamien arvojen tarkastamiseksi laskurin toimintaa tulisi testata käytännössä jonkin kohteen purkutyömaalla. Aikataulullisista syistä käytännöntehtämissä tuloksia ei kuitenkaan ole mahdollista saada opinnäytetyön tueksi. Teoriapohjainen testi laskurilla kuitenkin toteutettiin ja sen tuloksena laskuri toimii suuntaa-antavasti puutalojen osalta. Laskurin testausta teoriapohjalta vaikeutti se, että VTT:n raportissa käytettäviä kertoimia ei ole selitetty kovin tarkasti. Tämän vuoksi teoriapohjalta kerättyjen tietojen jakaminen oikeisiin kategorioihin on lähes mahdotonta. Ongelmia tuottavat esimerkiksi kategorian ”sahatavara” ja ”muut puutuotteet”. Näiltä osin laskuria tulisikin testata käytännössä purkutyömaalla, jossa lajittelusta vastaava asiantuntija varmistaisi materiaalien oikeapaisen jaottelun ja todellisen kierrätyskelpoisen purkujättemateriaalin.

### 5.1 Testi 1

Testi toteutettiin keräämällä lähdetietoinakin käytettyjen KLARA.net-sovelluksen antamien esimerkkirakennusten materiaalityiedoista kaikki samaa materiaalia olevat määrät yhteen ja niitä verrattiin laskurin kertomiin tietoihin. Näin saaduista luvuista laskettiin vielä erotus ja prosentuaalinen ero tulosten tulkinnan helpottamiseksi. Tämän testin tulokset ovat esitetty taulukoissa liitteessä 3.

Testin tuloksia tarkastellessa huomataan, että vaihtelua on melko paljon kerättyjen tietojen ja laskurin antamien tietojen välillä. Osa testin tuloksista oli  $\pm 10$  prosenttia, ja näiden arvojen osalta laskuria voisi siis pitää suuntaa-antavana. Suurimmat virhearvot laskuri antaa kivitalojen osalta, joiden kohdalla laskurin tuloksia ei ole tämän testin perusteella suositeltavaa käyttää. Puutalojen osalta on pari yksittäistä suurempaa virhearviota, mutta suurin osa tuloksista on  $\pm 24$  prosenttia.

Virheelliset tulokset selittyvät osaksi sillä, että esimerkkien joukossa on ääritapauksia erilaisista taloratkaisuista. Epätarkkuutta tuloksiin antaa eniten puutalo-

jen osalta malli 4, joka on energiatehokas talo. Eroavaisuuksia vertailtaessa prosentteina huomataan selkeä ero puutalojen tuloksissa, johtuen malli 4:n joko arvoja korottavasta tai laskevasta vaikutuksesta. Ainoastaan eristevillan osalta suurin virhe laskurin tuloksiin nähden ei ole malli 4:llä. Muita eroavaisuuksia aiheuttavat tekijät ovat talojen perustusten ja kattoratkaisujen eroavaisuudet. Laskurin jatkokehittämisen kannalta olisikin hyvä selvittää mahdollisuuksia myös näiden ominaisuuksien erottelemiseen talon tietojen syöttämisen vaiheessa.

Kivitalojen osalta testin tulokset ovat enimmäkseen selkeästi vääristyneitä. Tämä tieto ei ollut yllättävää, sillä talot ovat jokseenkin erilaisia materiaaleiltaan ja ominaisuuksiltaan. Kivitalojen osalta laskuriin tarvitaan siis lisää ominaisuuksien määrittelemistä laskuriin syötettävien talon tietojen osalta ja enemmän vertailukelpoisia lähtötietoja.

## 5.2 Testi 2

Ensimmäisestä testistä saatujen tulosten perusteella todettiin, että puutalojen osalta tuloksiin aiheutuu vaihtelua osittain siitä syystä, että esimerkkitapaukset ovat kärjistettyjä malleja erityyppisistä taloratkaisuista. Seuraava testi toteutettiin laskemalla keskiarvot edellisen testin talokohtaisista kerätyistä materiaalityiedoista.

Tällä laskentatavalla tehdyllä testillä laskurista saatavat arvot ovat huomattavan paljon lähempänä todellisia kerättyjä materiaalmääriä (taulukko 11). Ainoastaan bitumin osalta laskuri antaa erittäin vääristyneen luvun puutalojen jätteistä. Bitumia muodostuu laskurin mukaan noin 80 neliometriä, mutta laskennallisesti saatuna sitä pitäisi olla vain noin 45 neliometriä eli laskurin arvo on 75 prosenttia liian suuri. Muiden materiaalien osalta vaihtelut ovat enimmillään viiden prosenttiyksikön luokkaa.

Kivitalojen osalta prosentuaaliset luvut ovat kaikki alle 20 prosenttia. Huomioitavaa on kuitenkin se, että kaikki laskurin antamat arvot olivat liian pieniä lasken-

nallisiin lukuihin verrattuna. Prosenttilukujen lisäksi on hyvä tarkastella tuloksia myös kuutiometreinä ja neliömetreinä (höyrynsulkumuovin ja bitumin osalta), jolloin paljastuu se, että kuinka paljon erotus on käytännössä. Enimmillään erot ovat jopa noin kymmenen kuutiometriä eristevillan osalta ja höyrynsulkumuovia on 26 neliometriä enemmän kuin laskurin antama määrä. Jättemääriä arvioidessa kymmenen kuutiometrin heitto voi aiheuttaa ongelmia kierrätysastioiden ja kuljetusten suunnittelun kanssa.

Taulukko 11. Testi 2:n tulokset

Määrät	keskiarvo puutalot	laskuri	keskiarvo kivitalot	laskuri	keskiarvo kaikki	laskuri
bitumi	44,9	78,7	47,1	40,1	45,8	44,7
kipsi	7,2	7,4	1,1	1,0	4,6	5,0
muovi	372,8	372,7	161,3	134,6	282,1	285,9
villa	75,0	78,7	66,4	56,5	71,3	72,4
styrox	43,0	43,0	34,1	28,6	39,2	38,6
Erotukset	m3 tai m2	%	m3 tai m3	%	m3 tai m2	%
bitumi	33,8	75 %	-7,0	-15 %	-1,2	-3 %
kipsi	0,2	3 %	-0,1	-8 %	0,4	9 %
muovi	-0,1	0 %	-26,7	-17 %	3,7	1 %
villa	3,7	5 %	-9,9	-15 %	1,1	1 %
styrox	0,0	0 %	-5,5	-16 %	-0,6	-2 %

Teoriapohjaisen testauksen jälkeen laskuri näyttäisi antavan suuntaa-antavia tietoja jätemääristä. Tämä pätee kuitenkin vain niiden jätteiden osalta, joiden kertoimet on laskettu KLARA.netin tietojen perusteella. Koska testissä käytettiin myös KLARA.netin samoja talotietoja kuin laskurin taustatietoina on käytetty, eivät nämä testit ja tulokset ole riittäviä laskurin toiminnan todistamiseksi. VTT:n raportin tietojen puolesta teorieastaaminen ei onnistu, koska VTT on antanut kertoimet esimerkiksi nimillä "sahatavara" ja "muut puuainekset" ja raportista ei ole saatavilla selkeää kuvausta siitä, mitä kaikkea luokitellaan sahatavaraksi rakentamiseen käytettävistä puumateriaaleista.

Laskurin käytännön testaamisella saataisiin selville se, että pitävätkö VTT:n laajemman tietoperustan pohjalta laaditut kertoimet paikkaansa ja ovatko KLARA.netin kertoimet ollenkaan käyttökelpoisia. Mikäli KLARA.netin tiedot



varmistuisivat toimiviksi, laskuriin olisi hyvä muuttaa myös VTT:n raportista saadut kertoimet KLARA.netistä laskettuihin versioihin. Tämä varmistaisi sen, että käyttäjä tietäisi tarkalleen, mihin kategoriaan menevät esimerkiksi parketit ja sokkelit.

## **6 Tulokset**

### **6.1 Laskurin tulokset**

Testien perusteella laskurin voidaan katsoa antavan haluttuja suuntaa-antavia tuloksia jätemääristä puutalojen osalta. Koska testit kuitenkin perustuvat teoriapohjalle ja samoihin tietoihin kuin mitä itse laskurin kertoimien määrittelyssä on käytetty, on näihin tuloksiin vielä syytä suhtautua varauksella.

Tulokset antavat kuitenkin viitettä laskurin toiminnasta suuntaa-antavana apuvälineenä purkutyön suunnittelulle. Käytännön testaamista ei kuitenkaan ole vielä tehty. Purkutyömaalla tehtävän testauksen myötä voitaisiin saada kattavammin tietoa siitä, onko laskurin tuloksia sovellettavissa laajemmassa mittakaavassa erilaisiin purkukohteisiin.

Tämän hetkisen laskurin pohjalta on hyvä lähteä työstämään seuraavaa ja tarkempaa versiota. Tässä vaiheessa laskurin voidaan sanoa olevan ensimmäinen demoversio, joka odottaa tulevia kehitysvaiheita, joilla laskurista saadaan tarkempi ja kohdennetumpi jätteiden määrien osalta.

### **6.2 Tulokset kustannusten osalta**

Työn tarkoituksena laskurin tekemisen lisäksi mainittiin mahdollisten kustannussäästöjen saaminen yrityksille. Laskurin tietojen perusteella kokonaiskierrätyskustannukset jäävät pienemmiksi lajittelemalla jätteet omiksi kuormikseen, kuin jos jätteet vietäisiin sekalaisena kuormana jäteasemalle (taulukko 12). ”Sekalaisena”-sarake taulukossa on siis kaikkien muodostuvien jätteiden yhteispainolla laskettu hinta. Jäteasemien nimikkeistöjen mukaan nämä kuormat olisivat oikeilta nimiltään Nurmekseen vietyinä ”Loppujätettä”, Joensuuhun ”Rakennusjätettä” ja Kuopioon ”Lajiteltavat ja hyödynnettävät jätteet”.

Poikkeuksena kuitenkin oli Nurmeksen jäteasema. Tämän poikkeuksen selittää se, että Nurmeksen jäteaseman vastaanottohinnat ovat pienille, enintään 300 kg:n kuormille eikä asemalla ole eriteltyjä hintoja eri jätejakeille. Laskurin laskiessa tonneiksi muutetut jätemäärät 300 kg:n jätekuormiksi luvut ovat muodossa esimerkiksi 1,27 kuormaa. Jäteaseman hinnat ovat kuitenkin ns. täyden kuorman hintoja, joten tässä tapauksessa kuormia tulisi kaksi. Näiden desimaalilukujen vuoksi Nurmekseen vietävien jätteiden kustannuksen näyttävät todellisuutta pienemmiltä.

Taulukko 12. Jätekuustannusten erot

Puutalo, A = 140 m <sup>2</sup> , h = 2,5 m		
Kustannukset	Lajiteltuna	Sekalaisena
Joensuu	1659,5	1900,6
Kuopio	892,9	1449,0
Nurmes	1239,8	1037,5
Kivitalo, A = 140 m <sup>2</sup> , h = 2,5 m		
Kustannukset	Lajiteltuna	Sekalaisena
Joensuu	802,0	1028,8
Kuopio	344,2	784,4
Nurmes	841,8	561,6
Keskiarvo, A = 140 m <sup>2</sup> , h = 2,5		
Kustannukset	Lajiteltuna	Sekalaisena
Joensuu	1292,0	1527,0
Kuopio	657,8	1164,2
Nurmes	1069,2	833,5

Kustannuksia arvioidessa on myös hyvä pohtia jäteasemalla käyntien määrää, sillä ajokilometrit ja punnitusmaksut nostavat hintoja jonkin verran. Optimaalista olisi kustannusten kannalta selvittää kokonaiskustannukset huomioiden jätemaksut, punnitusmaksut ja matkakustannukset todellisten kulujen selvittämiseksi.

### 6.3 Tulokset elinkaariarvioinnin ja päästöjen osalta

Kustannusten lisäksi ajokilometrit vaikuttavat rakennuksen elinkaaren mallinukseen, sillä materiaalien kuljetukset ja kuljetuksesta aiheutuvat päästöt huomioidaan elinkaarianalyyssissä. Esimerkiksi pienen jakelukuorma-auton päästöt hiilidioksidiekvivalenteina (CO<sub>2</sub>-ekv.) maantieajossa ovat ajokilometriä kohden 310 g/km, kun autossa on 50 prosentin kuorma. Täydellä kuormalla vastaavat päästöt ovat 331 g/km. (LIPASTO- laskentajärjestelmä VTT 2012). Luvuista näkee sen, että täyden kuorman päästöt eivät ole merkittävästi suuremmat puolikkaaseen kuormaan verrattuna. Polttoainekulujen, punnitusmaksujen ja päästöjen kannalta jätekuormien kuljettaminen kannattaa toteuttaa mahdollisimman täysillä kuormilla. Tällöin jäteasemalle käynnit ja kilometrien kokonaismäärä vähenevät, mikä johtaa kustannushyötyihin. Samalla myös päästömäärät pysyvät mahdollisimman pieninä.

Laskurista saatuja jäte-erien painoja tarkasteltaessa huomataan, että joitakin jätteitä muodostuu niin vähän, että niiden kuljettaminen omina jätelakeinaan ei ole kustannuksien saati päästömäärien puolesta järkevää. Tämän vuoksi esimerkiksi höyrynsulkumuovit ja polystyreenit (styrox) on kannattavampaa yhdistää energijätteeksi sen sijaan, että niitä kuljetettaisiin omina jätekuorminaan jäteasemille.

Elinkaariarvioinnissa merkitystä oli myös sillä, että kuinka suuri osa purkumateriaaleista saadaan kierrätykseen kaatopaikalle sijoittamisen sijasta. Koska materiaalien uudelleenkäyttö riippuu täysin niiden kunnosta ja purkutyön onnistumisesta, niin kierrätykseen päätyvien materiaalien osuutta on mahdotonta arvioida teoriapohjalta. Kaatopaikkasijoittamisesta ja jätteiden energiahyödyntämisestä aiheutuvia päästöjä voidaan kuitenkin tarkastella.

Aiheesta on tehnyt tutkimuksia ja arvioita mm. Suomen ympäristökeskus julkaisussaan ”Jätteiden kierrätyksen ja polton ympäristövaikutukset ja kustannukset – jätehuollon vaihtoehtojen tarkastelu alueellisesta näkökulmasta (2008, 119). Tutkimuksen mukaan, kasvihuonekaasupäästöt kaatopaikalla vaihtelevat jätela-jeista riippuen 500–1200 kilogrammaan CO<sub>2</sub>-ekv/ jätetonnei. Vertailun kohteena

on esitetty sekajätteen poltosta syntyvät päästöt (noin 350 kg CO<sub>2</sub>.ekv/t) ja kuitu-, puu ja muovijätteestä peräisin olevan kierrätyspolttoaineen päästöt (enimmillään noin 650 kg CO<sub>2</sub>-ekv/t). Kaatopaikkasijoittamisesta aiheutuvat päästöt ovat huomattavasti suuremmat kuin polttamisen päästöt, joten jätteiden hyödyntäminen toissijaisesta energiana on kannattavampaa kuin kaatopaikkasijoittaminen. Uudelleenkäyttöön päätyvien materiaalien osalta päästöiksi lasketaan kuljetuksesta aiheutuvat päästöt.

## **7 Pohdinta**

### **7.1 Sisältö ja tulokset suhteessa tavoitteisiin**

Opinnäytetyön tavoitteena oli saada aikaiseksi suuntaa-antava laskuri, jonka tietoja voidaan käyttää purkus suunnitelman tukena. Tavoitteeseen on päästy puutalojen KLARA.netin tietoihin pohjautuvien tulosten osalta. Kivitalojen ja VTT:n raportin tietojen osalta laskuri vaatii vielä testikäyttöä, jotta mahdolliset ongelmakohdat saadaan korjattua.

Taustatietoina aiheesta esitellyt purkumateriaalit eivät kuitenkaan ole kaikki vielä mukana laskurin tuloksissa. Laskuria jatkojalostamalla ja uusia tutkimustuloksia käyttämällä laskuriin voitaisiin lisätä vielä arviot esimerkiksi ovien tai ikkunoiden määristä. Asbestin osalta laskuriin pitäisi lisätä arvio talon rakennusvuosikymmenestä ja kyllästettyjen puiden osalta tarvitaan myös tarkempia taustatietoja kertoimien laskemiseksi.

### **7.2 Toteutuksen ja menetelmien tarkastelu**

Alkuperäinen suunnitelma siirtoasiakirjojen käyttämisestä tutkimuksessa jouduttiin muuttamaan valmisaineistotutkimukseksi tietojen epävarmuuden vuoksi. Valmisaineiston pohjalta tehty tutkimus aiheutti jonkin verran muutoksia työ toteutuksen ja etenemisen kannalta ja aineiston vähyys tuotti myös lisää työtä laskurin toteuttamiseksi. Lopputuloksena laskuri kuitenkin tuottaa tietoa luotettavien, joskin vanhahkojen taustamateriaalien perusteella.

Menetelminä käytetyt Excel-taulukkolaskentaohjelman avulla tehdyt laskennat ja arvojen käsittelyt ovat luotettavalla tasolla. Mikäli laskurissa esiintyy soluviit-  
tausvirheitä tai virheellisiä laskukaavoja, ne ovat helposti korjattavissa yksinker-  
taisen käyttöjärjestelmän ansiosta. Arvojen monenlainen laskeminen ja muun-  
taminen eri yksiköihin kasvattavat virheiden mahdollisuutta, minkä vuoksi  
mahdollisimman vähäinen laskeminen oli paras mahdollinen tekniikka laskurin  
tekemisessä.

Menetelmänä eri lähteiden käyttö eri materiaalien tietojen saamiseksi toi vaihte-  
levuutta arvojen luotettavuuksiin ja lisää se myös osaltaan laskurin päivittämi-  
sen tärkeyttä. Useamman lähteet kuitenkin antavat myös mahdollisuuden lasku-  
rin tulosten säätämiseksi tarjoamalla vaihtoehtoisia tiheyksiä esimerkiksi  
eristevillan osalta. Käytännön testauksen jälkeen nähdään, että onko kertoimia  
tarpeen muuttaa.

### **7.3 Opinnäytetyön eettisyys**

Tutkimuksen eettisyydestä puhuttaessa nousee esiin kysymys siitä, että miksei  
lukuisista aiheeseen liittyvistä opinnäytetöistä ja tutkimuksista huolimatta lasku-  
riin tarvittuja jätekertoimia ole helposti saatavilla? Purkumateriaalien määristä  
on kuitenkin oltava jonkinlaiset oletusarvot, koska purkusuunnitelmaa tehdessä  
niistä tulee kirjata arviot ylös. Purkusuunnitelmien tekijöille on siis oltava joko  
koulutuksesta saatua tietoa tai työn ohessa opittua alan perehtyneisyyttä, jolla  
purkumateriaalit osataan arvioida. Laskurilla tarkoituksena oli saada näitä tietoja  
muidenkin ihmisten käytettäväksi, mutta laskurin käyttö ei silti sulje pois asian-  
tuntijan tietämystä ja kattavan purkusuunnitelman tekemistä, koska sen tiedot  
ovat vain suuntaa-antavia ja niitä voi käyttää suunnittelun tukena

.

Työtä tehdessä eettisyys on otettu myös huomioon noudattamalla laadittua sa-  
lassapitovelvollisuutta. Laskurin tietoja ei ole esitelty ilman toimeksiantajan  
suostumusta.

## 7.4 Laskurin tietojen luotettavuus

Laskurissa on käytetty lähtötietoina aikaisempaa tutkimustietoa, joista valtiollisen tutkimussäätiön julkaisemia raportteja voidaan pitää luotettavina organisaation tunnettavuuden vuoksi. KLARA.netin tietojen voidaan myös olettaa olevan luotettavia ja ajantasaisia julkaisijan merkittävyyden vuoksi. KLARA.netiä hallinnoi Rakennustietosäätiö RTS sr, joka on puolueeton rakennusalan vaikuttaja jonka toimintaa ohjaavassa edustajistossa on jäseniä 52:sta eri järjestöstä ja yhteisöstä (Rakennustietosäätiö, 2016). Samoin kirjalliset lähteet voidaan katsoa luotettavaksi alansa julkaisuiksi ja oppaiksi. Ainoastaan höyrynsulkumuovin painon osalta tietolähde voidaan katsoa hieman epäluotettavammaksi, koska kyseessä on rakennustarvikkeiden verkkokauppa.

Tietojen käsittelyn osalta luotettavuus voi vaihdella sen mukaan, kuinka paljon arvoja on jouduttu muuntelemaan laskuria varten. Laskukaavojen luotettavuus perustuu tekijän pätevyyteen ja kaavojen moninkertaiseen tarkastukseen. Lisää varmuutta laskukaavojen toimivuudesta tuo kaavojen testaaminen, jonka perusteella voidaan tarvittaessa tehdä parannuksia ja muutoksia laskuriin.

Luotettavuuden arvioinnissa tulee muistaa se, että laskurin on tarkoitus tuottaa suuntaa-antavaa tietoa, joten täysin tarkkoja lukuja jätteen määrästä laskuri ei tule antamaan. Lisäksi laskurin luotettavuuteen vaikuttaa osaltaan lähtötietojen vähäinen määrä osalle materiaaleista. KLARA.netistä saatuihin tietoihin pohjautuvat materiaalmäärät vaihtelevat melko paljon ja luotettavuutta lisäisi suurempi otanta.

VTT:n raportin kertoimien tarkat laskentatavat ja taustatietojen määrät olisi hyvä tietää luotettavuuden varmentamiseksi. Raportista ei myöskään selvinnyt kertoimien taustalla olevat materiaali- jaot. Kun kiviaineksesta, puusta ja metallista on olemassa useampia kertoimia, on niiden paikkansapitävyyksiä vaikeampi arvioida kun ei ole tarkkaa tietoa siitä, kuinka materiaalit tulisi jaotella kyseisiin kategorioihin. Lisäksi laskurin toiminnassa ei ole huomioitu sitä vaihtoehtoa, että kaikki materiaalit eivät ole purettavissa ja/tai lajiteltavissa omina jakeinaan.



## 7.5 Oppimisprosessi ja ammatillinen kasvu

Suunnitelmien muuttuessa siirtoasiakirjojen käytöstä valmisaineistotutkimukseksi muuttui opinnäytetyö asteen verran haastavammaksi ympäristöteknologian koulutusohjelmaan soveltumisen kannalta. Aihe vaati alkuun paljon perehtymistä toisen koulutusohjelman aiheisiin, mutta rakennusalan ja ympäristöalan tietojen sulautuessa yhteen opinnäytetyön aiheen tärkeys alkoi tulla esiin. Lainsäädännön uudistukset vaikuttavat rakennuspuolella tiukoilta ja aiheuttavat paljon enemmän työtä rakennusjätteiden osalta tulevaisuudessa, mutta ympäristöpuolelta katsottuna uudistukset ovat aiheellisia ja tarpeellisia.

Opinnäytetyöhön liittyi rakennuspuolen käsittelyn lisäksi myös elinkaarimallintaminen, mikä toi osaltaan näkökulmaa ympäristöpuolesta aiheeseen. Varsinaista elinkaarianalyysiä esimerkkirakennuksista ei ole tehty, mutta jatkokehittelyn kannalta sitä voidaan myös harkita. Kaiken kaikkiaan opinnäytetyön tekeminen käsitti paljon Excel-taulukkolaskentaohjelman käsittelyä ja laskemista, mitkä osaltaan tukevat ammattiosaajalta vaadittavia tietoteknisiä taitoja. Tiedonhaku ja analysointi tukivat kehittymistä myös lähdekirittisyyden osalta ja vahvistivat tiedonhakutaitoja.

## 7.6 Jatkotutkimus ja -kehittämisideat

Lainsäädännöt vaatimien rakennusjätetilastojen ilmestyessä laskurin tietoja olisi hyvä päivittää tai jopa uudistaa kokonaan vastaamaan uusinta saatavilla olevaa tietoa.

Tässä työssä lyhyesti sivuttu elinkaarimallintaminen olisi hyvä lisä tutkimukseen ja laskurin tietojen pohjalta päästömäärät olisivat helposti selvitettävissä elinkaarianalyysejä tuottavan sovelluksen avulla. Laskurin kertomien jätemäärien perusteella saataisiin helposti selville rakennuksen elinkaari, koska päästömäärät perustuvat rakentamisen materiaalivalintoihin ja jätemääriin.

Laskurin osalta jatkokehittämistä on mahdollista tehdä vielä paljonkin. Tämän opinnäytetyön tuloksena syntynyt laskuri antaa vasta suuntaa-antavia tietoja, mutta jatkokehityksen kautta laskurista on mahdollista saada entistä tarkempi lisäämällä siihen uusia muuttujia. Esimerkkinä laskuriin voisi olla mahdollista merkitä talon kerrosluku tai kattomateriaali, joilla on laskurin tietojen kannalta oleellisesti merkittäviä vaikutuksia jätemäärien suuruuteen. Muita laskuriin mahdollisia lisättäviä tietoja olisi rakennuksen pohjaratkaisu ja rakennusvuosi, jotka osaltaan toisivat tarkennusta laskurista saataviin tietoihin.

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda laskuri, joka antaa suuntaa-antavia tietoja rakennuksen purkamisesta muodostuvista jätteistä ja niiden kierrättämisen kustannuksista, ja se tavoite on saavutettu. Tärkeää on kuitenkin muistaa laskuria käytettäessä, että sen tiedot perustuvat muihin tutkimuksiin ja laskentoihin, joten mitään ehdottomia päätelmiä sen avulla ei voi tehdä. Lisäksi se, että laskurissa on käytetty useita eri lähteitä taustatietojen saamiseksi voi vaikuttaa tulosten tarkkuuteen. Tulevaisuudessa jätemäärien tilastoinnin kehityttyä laskurin tiedot olisi hyvä korvata samasta tutkimuksesta saaduilla tiedoilla yhtenäisyyden varmistamiseksi. Eri lähteiden käyttämisen vuoksi on myös erittäin tärkeää pitää laskurin tiedot päivitettyinä, jotta se voi tarjota ajantasaista tietoa käyttäjilleen. Laskurin testauksesta saatujen tulosten perusteella voisi olla kannattava ajatus jättää kokonaan pois VTT:n antamat arvot. Käyttämällä samaa tekniikkaa kaikkien kertoimien laskemiseen tiedettäisiin tarkalleen, että mihin kategoriaan mikäkin materiaali tulisi luokitella.

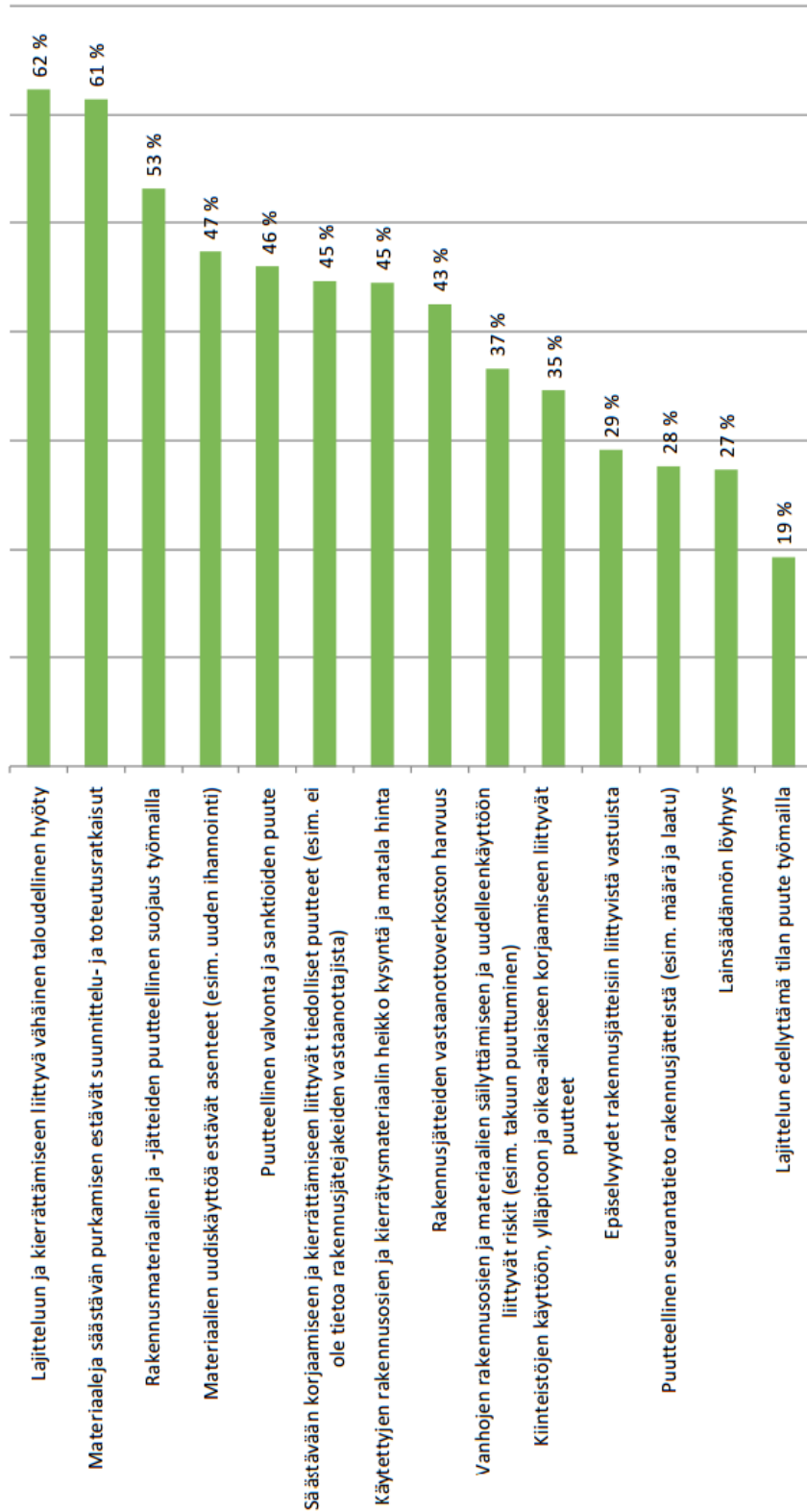
## Lähteet

- Espoon kaupunki: Kaupunginhallituksen tila- ja asuntojaosto. 2013. Pöytäkirjan liite 2: Pinta-alakäsitteet.  
<http://espoo05.hosting.documenta.fi/kokous/2013274736-5-7.PDF>.  
 20.5.2016.
- Huttunen, J; Komulainen, J. & Säntti, J. 2011. Rakentajain kalenteri 2011: Haitalliset aineet rakennuksissa ja niiden hallinta. Rakennustietosäätiö RTS, Rakennustieto Oy ja Rakennusmestarit ja insinöörit AMK RKL ry. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK110305.pdf>.  
 23.2.2016.
- Jätekkukko. 2016a. LAJITTELUN ABC – ENERGIAJATE.  
<http://www.jatekkukko.fi/lajittelun-abc/energiajate.html>. 19.5.2016.
- Jätekkukko. 2016b. LAJITTELUOHJEET.  
<http://www.jatekkukko.fi/palvelut/kuopion-jatekeskus/jatteiden-vastaanotto/pienkuormat/lajitteluohjeet.html>. 20.5.2016.
- Jätekkukko. 2016c. MAKSUT JÄTEASEMILLA.  
<http://www.jatekkukko.fi/hinnat/jateasemat.html>. 19.5.2016.
- Jätekkukko. 2016d. JÄTEKESKUKSEN VASTAANOTTOHINNAT 2016.  
<http://www.jatekkukko.fi/hinnat/kuopion-jatekeskus.html>. 19.5.2016.
- Jäteverolaki 1126/2010.
- Kestopuuteollisuus ry. 2016. Kyllästetyn puun kierrätys.  
<http://www.kestopuu.fi/kierratys/>. Luettu 27.4.2016.
- Kauppa- ja teollisuusministeriö. 2004. Pk-yritysten mahdollisuudet rakennusjätteen kierrätysliiketoiminnassa. Kauppa- ja teollisuusministeriön julkaisuja 2004:29. Helsinki. Kauppa- ja teollisuusministeriö.
- Myyryläinen, L. 2008. Elinkaariajattelu kiinteistönpidossa. Helsinki. Kiinteistöalan Kustannus Oy.
- LIPASTO-laskentajärjestelmä VTT. 2012. Tieliikenteen tavarakuuljetukset.  
<http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/tavaraliikenne/tieliikenne/kajakpienitie.htm>. 19.5.2016.
- Ollilainen, A. 2015. Re: Suunnitelmaseminaari. [sini.valkonen@edu.karelia.fi](mailto:sini.valkonen@edu.karelia.fi).  
 8.12.2015.
- Ollilainen, A. 2016. VS: Laskuriasiaa. [sini.valkonen@edu.karelia.fi](mailto:sini.valkonen@edu.karelia.fi). 15.4.2016.
- Palolahti, T., Koskenvesa, A., Lindberg, R. ja Sahlstedt, S. 2009. PURKUTYÖT – ohjeita teettäjälle ja tekijälle. Helsinki. Rakennusteollisuuden Kustannus RTK Oy
- Pohjois-Karjalan ympäristökeskus. 2009. Itä-Suomen jätesuunnitelma vuoteen 2016. SYKE 2009:47. Helsinki. Suomen ympäristökeskus.
- Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy (PHJ). 2016. Rakennusjäteopas. file:///C:/Users/Lyrics/Downloads/Rakennusj%C3%A4teopas%20RAKSA%202\_2016%20(1).pdf. 27.4.2016.
- Rakennustieto. 2016a. Klara.net – ohjelma rakennuskustannusten laskentaan.  
<https://www.rakennustieto.fi/index/tuotteet/klaranet.html>. 19.5.2016.
- Rakennustieto. 2016b. Klara net – rakennuskustannusten luotettavaan laskentaan.  
[https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/5duD2RhP/jxGOWAeuz/klara\\_net\\_kustannuslaskentaohjelma.pdf](https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/5duD2RhP/jxGOWAeuz/klara_net_kustannuslaskentaohjelma.pdf). 19.5.2016.

- Rakennustietosäätiö RTS. 2016. Rakennustuotteiden ja -tarvikkeiden ympäristöselosteet.  
<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK010401.pdf>.  
 18.5.2016.
- Siikanen, U. 2009. Rakennusaineoppi. Helsinki. Rakennustieto Oy.
- Smartia.fi. 2016. Rakentaminen - höyrynsulkumuovi SFS 0,20x3000, 20kg/rll 110m2.  
<http://www.smartia.fi/PublishedService?file=page&pageID=9&itemcode=T2002>. 20.5.2016.
- Suomen Rakennusinsinöörien liitto. 2001. Rakenteiden elinkaaritekniikka. RIL 2001:216. Helsinki. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y.
- Suomen ympäristökeskus SYKE. 2001. Opas jätetietoa toimittavalle VAHTI-asiakkaalle.  
[https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40840/SYKEmo\\_225.pdf?sequence=1](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40840/SYKEmo_225.pdf?sequence=1). 20.5.2016.
- Suomen ympäristökeskus SYKE. 2007. Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2016. SYKE 2007:16. Helsinki. Suomen ympäristökeskus.
- Suomen ympäristökeskus SYKE. 2008. Jätteiden kierrätyksen ja polton ympäristövaikutukset ja kustannukset – jätehuollon vaihtoehtojen tarkastelu alueellisesta näkökulmasta. SYKE 2008: 39. Helsinki. Suomen ympäristökeskus.
- Suomisanakirja.fi. 2015. ”Juoksumetri”.  
<http://www.suomisanakirja.fi/juoksumetri>. 17.5.2016.
- Tulli. 2016. Jätevero.  
<http://www.tulli.fi/fi/yrityksille/verotus/valmisteverotettavat/jatevero/index.jsp>. 19.5.2016.
- Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus VTT- Rakennustekniikka. 1998. Rakentamisen jätteet ja niiden hyötykäyttö.  
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/1998/t1936.pdf>. 19.5.2016.
- Ympäristöministeriö. 2004. G1 SUOMEN RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA, Asuntosuunnittelu, Määräykset ja ohjeet 2005: Ympäristöministeriön asetus asuntosuunnittelusta. <http://www.finlex.fi/data/normit/28204-G1su2005.pdf>. 19.5.2016.
- Ympäristöministeriö. 2013a. Valtioneuvoston asetus rajoittaa orgaanisen jätteen sijoittamista kaatopaikalle. [http://valtioneuvosto.fi/artikkeli/-/asset\\_publisher/forordning-av-statsradet-begransar-deponeringen-av-organiskt-avfall-pa-avstjalpn](http://valtioneuvosto.fi/artikkeli/-/asset_publisher/forordning-av-statsradet-begransar-deponeringen-av-organiskt-avfall-pa-avstjalpn). 19.5.2016.
- Ympäristöministeriö. 2013b. Rakennusmateriaalien ympäristövaikutukset.  
[https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/41423/YMra8\\_2013\\_Rakennusmateriaalien\\_ymparistovaikutukset\\_FINAL.pdf?sequence=1](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/41423/YMra8_2013_Rakennusmateriaalien_ymparistovaikutukset_FINAL.pdf?sequence=1). 19.5.2016.
- Ympäristöministeriö. 2014a. Valtakunnallisen jätesuunnitelman seuranta, 2. väliraportti. fi-  
 le:///C:/Users/Lyrics/Downloads/Johtop%C3%A4%C3%A4t%C3%B6kset%20(1).pdf. 27.4.2016.
- Ympäristöministeriö. 2014b. Rakentamisen materiaalitehokkuuden edistämishjelma.  
[https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/135172/YMra\\_17\\_%202014.pdf?sequence=2](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/135172/YMra_17_%202014.pdf?sequence=2). 19.5.2016.

- Ympäristöministeriö. 2015a. Jätealan lainsäädännön kokonaisuudistus.  
[http://www.ymparisto.fi/fi-fi/Ymparisto/Lainsaadanto\\_ja\\_ohjeet/Ymparistonsuojelun\\_valmisteilla\\_oleva\\_lainsaadanto/Jatealan\\_lainsaadannon\\_kokonaisuudistus](http://www.ymparisto.fi/fi-fi/Ymparisto/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Ymparistonsuojelun_valmisteilla_oleva_lainsaadanto/Jatealan_lainsaadannon_kokonaisuudistus).  
25.11.2015
- Ympäristöministeriö. 2015b. Jätelainsäädäntö edistää luonnonvarojen järkevää käyttöä ja ehkäisee jätteistä aiheutuvia haittoja. [http://www.ymparisto.fi/fi-fi/Ymparisto/Lainsaadanto\\_ja\\_ohjeet/Jatelainsaadanto](http://www.ymparisto.fi/fi-fi/Ymparisto/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Jatelainsaadanto). 25.11.2015
- Ympäristöministeriö. 2016a. Valtakunnallinen jätesuunnitelma.  
[http://www.ymparisto.fi/fi-fi/ymparisto/jatteet/valtakunnallinen\\_jatesuunnitelma](http://www.ymparisto.fi/fi-fi/ymparisto/jatteet/valtakunnallinen_jatesuunnitelma). 25.4.2016.
- Ympäristöministeriö. 2016b. Uusi valtakunnallinen jätesuunnitelma (VALTSU).  
<http://www.ymparisto.fi/valtsu>. 22.3.2016.
- Ympäristöministeriö. 2016c. Purkaminen ja lajittelu korjaushankkeissa.  
<http://www.korjaustieto.fi/pientalot/korjaushankkeet/materiaalitehokkuus/purkaminen-ja-lajittelu-korjaushankkeessa.html>. 27.4.2016.
- Ympäristönsuojelulaki 527/2014.

Liite 1 Kuvio rakentamisen materiaalitehokkuuden koetuista esteistä (Ympäristöministeriö 2014b, 16).



Liite 2. KLARA.netin esimerkkitalojen kuvaukset sovelluksesta saatujen tietojen perusteella (Rakennustieto 2016b)

Malli	Pinta-ala	Talotyyppi	Kattotyyppi	Muut tiedot
Malli 1	140 htm2	Puutalo	Tiilikatto	
Malli 2	140 htm2	Puutalo	Tiilikatto	Maanvarainen laatta, palkkiyläpohja
Malli 3	140 htm2	Puutalo	Tiilikatto	Maanvarainen laatta, palkkiyläpohja, kattoristikko
Malli 4	140 htm2	Puutalo	Tiilikatto	Maanvarainen laatta, kattoristikko, vaakasuorasisäkatto. Energiatehokas; paksumpi eriste ja maalämpö
Malli 5	178 brm2	Kivitalo	Tiilikatto	
Malli 6	290 brm2	Kivitalo	Peltikatto	
Malli 7	132 brm2	Kivitalo	Peltikatto	

Liite 3. Testi 1:n tulokset eli laskurista saatujen tietojen vertaaminen esimerkkitaloista kerättyihin tietoihin

	Malli 1		Malli 2		Malli 3		Malli 4		Malli 5		Malli 6		Malli 7	
	Kerätty	Laskuri	Kerätty	Laskuri	Kerätty	Laskuri	Kerätty	Laskuri	Kerätty	Laskuri	Kerätty	Laskuri	Kerätty	Laskuri
Bitumi	58,0	44,89	56,8	44,89	56,8	44,89	8	44,89	55,2	47,58	38,9	77,31	47,2	35,28
Kipsi	7,0	7,41	6,84	7,41	6,799	7,41	8,099	7,41	2,34	1,17	0	1,9	0,858	0,86
Muovi	367,0	372,7	372	372,7	372	372,7	380	372,7	188	135,72	147	260,21	149	118,44
Villa	103,9	78,71	89,8	78,71	34,4	78,71	72,05	78,71	73,62	67,02	57,16	109,19	68,485	49,7
Styrox	39,85	43	37,8	43	37,8	43	56,55	43	29,7	33,95	35,225	55,3	37,46	25,17
	Malli 1		Malli 2		Malli 3		Malli 4		Malli 5		Malli 6		Malli 7	
Erotus	m3 tai m2	Prosenttia	m3 tai m3	Prosenttia	m3 tai m4	Prosenttia	m3 tai m5	Prosenttia	m3 tai m6	Prosenttia	m3 tai m7	Prosenttia	m3 tai m8	Prosenttia
Bitumi	-13,11	-23%	-11,91	-21%	-11,91	-21%	36,89	461%	-7,62	-14%	38,41	99%	-11,92	-25%
Kipsi	0,39	6%	0,572	8%	0,611	9%	-0,689	-9%	-1,17	-50%	1,9	190%	0,002	0%
Muovi	5,70	2%	0,7	0%	0,7	0%	-7,3	-2%	-52,28	-28%	113,21	77%	-30,56	-21%
Villa	-25,19	-24%	-11,09	-12%	44,31	129%	6,66	9%	-6,6	-9%	52,03	91%	-18,785	-27%
Styrox	3,15	8%	5,2	14%	5,2	14%	-13,55	-24%	4,25	14%	20,075	57%	-12,29	-33%