

# Pientalon rakennusmateriaalien kierrätys ja hiilijalanjälki

Aku Virmavirta

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2014

Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Tekniikan ja liikenteen ala



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU  
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Tekijä(t) VIRMAVIRTA, Aku	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 23.05.2014
	Sivumäärä 37	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty (x)
Työn nimi Pientalon rakennusmateriaalien kierrätys ja hiilijalanjälki		
Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) LÄHDESMÄKI, Pekka		
Toimeksiantaja(t) Inmeco Oy Rakennuskonsultit		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Ilmastonmuutos on erittäin ajankohtainen ja globaali asia, johon pyritään vaikuttamaan monin keinoin. Rakentamisan on arvioitu olevan yksi helpoimmista sektoreista pienentää ilmaston kuormitusta ja saavuttaa selviä päästöleikkauksia</p> <p>Opinnäytetyössä selvitetään pientalon rakennusmateriaalien hiilijalanjälki, ja syvennyttään rakentamisen ympäristövaikutuksiin sekä niiden määrittämiseen ja kierrättämiseen. Hiilijalanjäljen määrittämiseen syvennyttään elinkaariarviota apuna käyttäen. Työssä tarkastellaan Jyväskylän asuatomessualueelle rakennettavan pientalon rakennusmateriaalien hiilijalanjälkeä ja siinä käytettävien materiaalien kierrättämisen vaikutusta hiilijalanjälkeen.</p> <p>Tuloksissa käy selvästi ilmi, kuinka rakennusmateriaaleja kierrättämällä saadaan selviä säästöjä rakennuksessa käytettävien materiaalien hiilijalanjälkeen. Uusio- ja uudelleenkäytön tehokkaalla hyödyntämisellä tarkasteltavan pientalon rakennusmateriaalien hiilijalanjälkeä voidaan pienentää jopa 70 % verrattuna siihen, että materiaaleja ei kierrätettäisi ollenkaan. Laskelmat on suoritettu suunnitteluarvojen pohjalta ja tulokset ovat teoreettisia maksimiarvoja kierrättämisellä saatavista hyödyistä. Laskelmat on suoritettu ilman kierrättämistä, uusiokäyttämällä mahdolliset materiaalit ja uudelleen käyttämällä mahdolliset materiaalit.</p> <p>Tulevaisuudessa on erittäin todennäköistä, että suunnittelun yhteydessä hyödynnetään materiaalien hiilijalanjälkitarkastelua ja kierrättämisen suunnittelua, jotta rakentamisen ympäristövaikutuksia saadaan pienennettyä. Suurella todennäköisyydellä tulevaisuudessa tullaan asettamaan rakennusten hiilijalanjäljelle tiettyjä raja-arvoja ja säädöksiä.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Hiilijalanjälki, kierrättäminen, rakennusmateriaalit		
Muut tiedot		



Author(s) VIRMAVIRTA, Aku	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 23.05.2014
	Pages 37	Language Finnish
		Permission for web publication ( X )
Title RECYCLING AND CARBON FOOTPRINT OF CONSTRUCTIONS MATERIALS OF SMALL HOUSE		
Degree Programme Civil Engineering		
Tutor(s) LÄHDESMÄKI, Pekka		
Assigned by Inmeco Oy Rakennuskonsultit		
<p>Abstract</p> <p>Climate change is a very current and global issue and attempts have been made to, affect it in many ways. Construction industry has been rated as one of the easiest sectors where the climatic load can be cut and significant emission decrease can be reached.</p> <p>The bachelor's thesis researches carbon footprint of construction materials, and discusses in detail their environmental effects with possible reuse of the construction materials. The purpose of the definition of the carbon footprint is to focus on lifecycle estimate. The thesis examines the carbon footprint of a small house at the Housing fair in Jyväskylä and how the recycling of the materials used in it affects the carbon footprint.</p> <p>As the results of the thesis show, by recycling construction materials a decrease in carbon footprint can be achieved. By reusing construction materials, the carbon footprint can be reduced by up to 70% compared to a case with no recycling at all. Calculations have been executed based on designing values and figures, and the results are theoretical maximum values of benefits gained by recycling. The calculations have been executed without recycling and by reusing possible materials.</p> <p>In future, it is very likely that the carbon footprint of the material is examined and recycling planning benefits at the moment designing, thus, the environmental effects on constructions can be reduced. With high probability, a certain limit and statutes are set in future to the carbon footprint values.</p>		
Keywords Carbon footprint, construction materials, recycling		
Miscellaneous		

# SISÄLTÖ

TERMIT .....	4
 1 TYÖN LÄHTÖKOHDAT .....	 5
1.1 Taustat .....	5
1.2 Toimeksiantaja.....	5
1.3 Tavoitteet .....	6
1.4 Rajaukset .....	6
 2 YMPÄRISTÖ JA RAKENTAMINEN .....	 7
2.1 Yleistä.....	7
2.2 Rakentamisen ympäristövaikutukset .....	7
2.3 Materiaalit ja tuotteet .....	8
2.4 Rakentamisen tulevaisuus .....	9
2.5 Päästöjen jakautuminen .....	10
2.6 Suunnittelun merkitys .....	10
 3 KIERRÄTYS .....	 11
3.1 Yleistä.....	11
3.2 Rakennusjätteen kierrätyksellä suuret hyödyt.....	12
3.3 Lainsäädäntö.....	13
3.4 Suunnittelun rooli.....	14
3.5 Vastuut.....	14
3.6 Kierrätysuunnitelma.....	15
 4 ELINKAARIARVIO .....	 16
4.1 Vaiheet.....	16
4.2 Tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely .....	17
4.3 Inventaarioanalyysi.....	17
4.4 Vaikutusarviointi.....	17
4.5 Tulosten tulkinta.....	19

5	HIILIJALANJÄLKI .....	19
5.1	Yleistä.....	19
5.2	Laskentaprosessi.....	20
5.3	Hiilijalanjälki osana elinkaariarviota .....	22
5.4	Viestintä .....	23
5.5	Tarkasteluajanjakso .....	23
5.6	Hiilijalanjälkilaskennan yleinen rajaussääntö (cut off) .....	23
5.7	Laskennan yksinkertaistaminen .....	24
5.8	Jätteen päästöt .....	25
5.9	Hiilivarastoa ei huomioida laskennassa.....	25
6	ELÄMÄN LANKA, REKOOLIKATU 1 .....	26
7	LASKELMAT .....	28
7.1	Yleistä.....	28
7.2	Rakennusmateriaalin hiilijalanjälki ilman kierrätystä.....	28
7.3	Uusiokäytöllä saavutettavat säästöt .....	30
7.4	Uudelleenkäytöllä saavutettavat säästöt .....	31
7.5	Yhteenveto .....	32
8	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	34
	LÄHTEET.....	37

## KUVIOT

KUVIO 1. Kasvihuonekaasupäästöt toimialoittain vuonna 2011.....	8
KUVIO 2. Päätöksenteon merkitys .....	11
KUVIO 3. Suomen yhdyskuntajätteet käsittelytavoittain.....	12
KUVIO 4. Purkumateriaalin hyödyntäminen .....	13
KUVIO 5. Elinkaariarvioinnin vaiheet.....	16
KUVIO 6. Vaikutusarviointivaiheen (LCIA) osat .....	18
KUVIO 7. Moduulien tiedot prosessin eri vaiheissa .....	21
KUVIO 8. Elämän Lanka, teräsrunko.....	27
KUVIO 9. Esimerkki laskennasta .....	30

## TAULUKOT

TAULUKKO 1. Ulkopuoliset vaikutukset .....	22
TAULUKKO 2. Hiilijalanjäljen elinkaarivaiheet.....	22
TAULUKKO 3. Mahdolliset laskennan yksinkertaistukset.....	24
TAULUKKO 4. Uusiomateriaalien päästöjen huomiointi .....	25
TAULUKKO 5. Materiaalien kasvihuonekaasupäästöt ilman kierrätystä.....	29
TAULUKKO 6. Uusiokäytöllä saavutettavat säästöt.....	31
TAULUKKO 7. Uudelleenkäytöllä saavutettavat säästöt .....	32
TAULUKKO 8. Laskelmien tulokset .....	33

## TERMIT

**End of waste-tila**= Tila, jolloin jäte ei ole enää jätettä vaan se on käsitelty muutettu esimerkiksi uusiokäyttömateriaaliksi tai polttoaineeksi.

**GWP -kerroin** = Painokerroin, jonka avulla voidaan muuntaa eri kasvihuonekaasujen lämmittävä vaikutus hiilidioksidiekvivalentiksi.

**Hiilidioksidiekvivalentti (CO<sub>2</sub>-ekv.)** = Suure, joka kuvastaa kasvihuonekaasujen yhteenlaskettua ilmastoa lämmittävää vaikutusta.

**Hiilijalanjälki** = Mittaa kasvihuonekaasupäästöjä, jotka aiheuttavat ilmaston lämpenemistä.

**Hiilivarasto**= On vastakohta hiilen lähteelle. Sinne varastoituu ilmakehän hiilidioksidia fotosynteesin yhteydessä. Luonnon pääasiallisia hiilivarastoja ovat meret, metsät, suot ja kasvit. (Tunnetaan myös hiilinieluna).

**LCA** = Life Cycle Assessment tarkoittaa elinkaariarviota, joka ilmoittaa tuotteen tai palvelun koko elinkaaren ympäristövaikutusten tutkimista.

**LCI** = Life Cycle Inventory on elinkaariarvioinnin vaihe, joka sisältää tiedon keruun ja laskennan menettelytavat sekä kerätyn tiedon saamisen määrälliseen muotoon.

**LCIA** = Life Cycle Impact Assessment on elinkaariarvioinnin vaihe, jossa arvioidaan ympäristövaikutusten merkittävyyttä.

**Uudelleenkäyttö** = Jonkin tuotteen tai osan käyttöä sellaisenaan muualla kuin alkuperäisessä kohteessa tai tarkoituksessa.

**Uusiokäyttö** = Hankkeen hukkamateriaalien kierrätystä takaisin raaka-aineeksi tai materiaaliksi muuhun tarkoitukseen.

# 1 TYÖN LÄHTÖKOHDAT

## 1.1 Taustat

Ilmasto on vapautuu jatkuvasti erilaisia haitallisia kasvihuonekaasuja, jotka ovat peräisin ihmisten toimista. Ihmisten synnyttämistä päästöistä aiheutuu ilmastonmuutos, mikä on ajankohtainen asia lähes joka alalla, ja sitä hillitsemään on myös luotu erilaisia ohjeistuksia ja rajoitteita. Ennen ilmastonmuutokseen pyrittiin vaikuttamaan pelkästään ohjeistetuilla suositusarvoilla, mutta onneksi nykypäivänä monissa toimisissa nämä ohjeistukset ovat muuttuneet selviksi rajoituksiksi. Rakennusalaalla kyseiset rajoitukset koskevat pääosin vain energiankulutusta eri olosuhteissa, millä pyritään saamaan myös rakennusten energiankulutusta entistä pienemmäksi kohti nollaenergiataloja. Nollaenergiatalot tuottavat yhtä paljon energiaa kuin kuluttavatkin, mikä on huomattava edistysaskel kohti ilmastonmuutoksen pysäyttämistä. Kun energiankulutukselle on keksitty näin hyviä ratkaisuja, olisi syytä kiinnittää katseet kohti rakennusmateriaaleja. Rakennusmateriaalien valmistukseen kuluu suunnattomat määrät energiaa ja ilmasto on vapautuu paljon haitallisia päästöjä. Kun näiden tuotteiden valmistamiseen löydettäisiin mahdollisimman optimaaliset valmistusmenetelmät ja kierrättämisasteet saataisiin korkeammiksi, kantaisi rakennusala mallikkaasti oman kortensa kekoon ilmastonmuutoksen pysäyttämiseksi.

Vuoden 2014 asuntomessut järjestetään Jyväskylän Äijälänrannassa heinä-elokuun vaihteessa. Messualue sijaitsee Jyväsjärven rannalla, johon rakentuu 37 pientaloa, yksityinen päiväkotia ja 13-kerroksinen tornitalo. Monipuolisen asuntomessualueen pientalojen joukosta löytyy eräs kaksikerroksinen kohde, jonka rakennusmateriaaleihin tässä työssä paneudutaan.

## 1.2 Toimeksiantaja

Inmeco Oy Rakennuskonsulttien toimitusjohtajan Pasi Korhosen pyynnöstä tässä työssä keskityttiin arvioimaan pientalokohteen rakennusmateriaalien valinnan vaikutusta ilmastonmuutokseen hiilijalanjäljen avulla. Inmeco Oy Rakennuskonsultit on vuonna 1987 perustettu, jyväskyläläinen rakennus- ja kiinteistöalan palveluja tarjoa-



va yritys. Yksityisessä omistuksessa olevan Inmecon palveluihin kuuluvat rakennuttaminen, valvonta sekä kosteus- ja tiiveysmittaukset. Yrityksessä työskentelee kuusi henkilöä, jotka toimivat niin talo- kuin infrarakentamisen toimialueilla. Inmecon Oy Rakennuskonsulttien pitkä historia on poikunut asiakkuussuhteita, jotka ovat jatkuneet vuosikymmenten halki.

### **1.3 Tavoitteet**

Kun talojen energiankulutus pienenee entisestään, nousevat rakennusvaiheen ja materiaalivalintojen kasvihuonekaasupäästöt entistä suurempaan osaan.

Tavoitteena oli luoda hiilijalanjälkilaskelma Jyväskylän messualueella sijaitsevan pientalon rakennusmateriaaleille. Laskelmien oli tarkoitus ulottua tuotevaiheesta seuraavan rakennuksen rakentamisvaiheeseen, jolloin saatiin laskettua, kuinka paljon säästöä syntyy, kun tuotetta ei tarvitse tuottaa kokonaan neitseellisistä raaka-aineista.

Laskelmien vertailtavuuden vuoksi tehtiin kolme eri vaihtoehtoa rakennusmateriaalien jatkokäytölle: purkaminen ilman kierrätystä, purkaminen ja materiaalien mahdollinen uusiokäyttö sekä purkaminen ja materiaalien mahdollinen uudelleenkäyttö.

Hiilijalanjälkilaskelman lisäksi työssä kerrotaan, kuinka suunnitteluvaiheessa pystytään parhaiten vaikuttamaan rakennuksen kasvihuonekaasupäästöihin. Kun kohteessa on käytetty runsaasti kierrätykseen soveltuvia materiaaleja, tarkoituksena oli myös selvittää materiaalien erilaisia kierrätysprosesseja niiden poistuttua ensisijaisesta käyttökohteesta.

### **1.4 Rajaukset**

Hiilijalanjälkilaskelmat perustuvat CEN/TC 350 standardiperheen määritelmiin, ja niitä soveltamalla pyrittiin selvittämään Elämän Lanka -nimisen omakotitalon kierrätettävistä rakennusmateriaaleista saatava potentiaalinen hyöty. Rakentamisen ja käytönaikaisen energiankulutuksen päästöt rajataan työn ulkopuolelle, koska ne eivät vaikuta suoraan materiaalien aiheuttamiin päästöihin. Materiaalien valmistukseen kuluvan energian päästöt otettiin huomioon, kuten rakennuksen purkamisesta

aiheutuvat päästöt. Pääperiaate on, että hiilijalanjälki syntyy materiaaleista, jolloin laskelmat kertoisivat materiaalien valinnan merkityksestä ja kierrätettävyyden edusta ilmastomuutoksen kannalta.

## 2 YMPÄRISTÖ JA RAKENTAMINEN

### 2.1 Yleistä

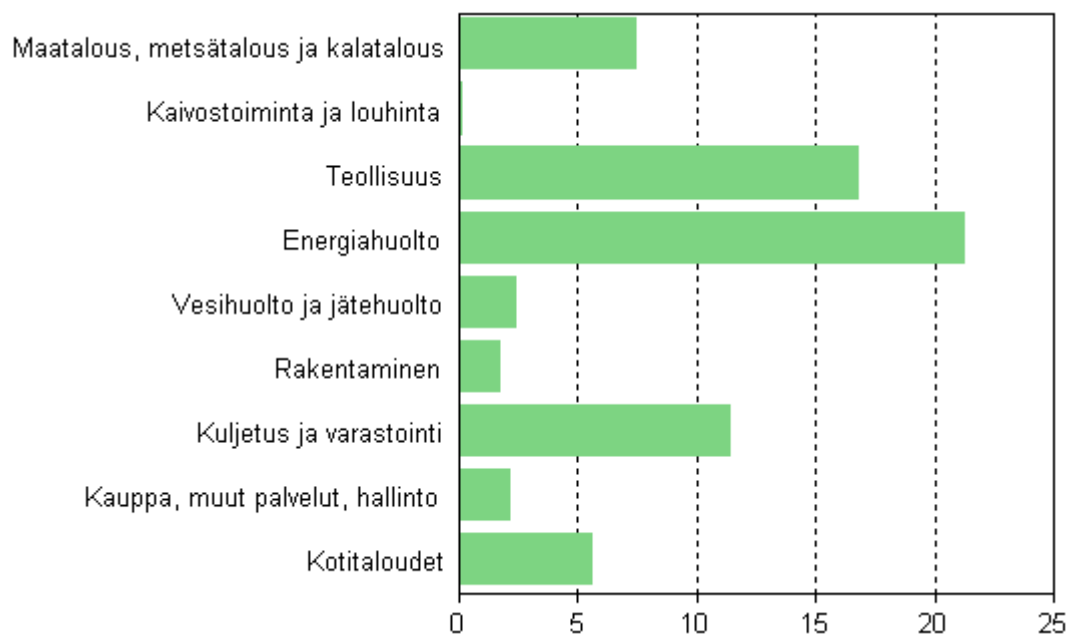
Kuluttajille tarjoillaan yhä enemmän tietoa eri tuotteiden ilmastovaikutuksista ja useimmiten vaikutus ilmaistaan hiilijalanjälkenä. Näiden vaikutusten vertaileminen keskenään on kuitenkin vaikeaa, koska hiilijalanjäljen määrittäminen on melko uusi asia ja sen määrittämiseksi olevien ohjeiden voidaan sanoa olevan vähintäänkin moniulotteisia. Käytännössä jokaisella on mahdollisuus soveltaa niitä tyyliinsä mukaan ajamaan omia etujaan. Hyvä asia on, että kasvihuonekaasupäästöihin kiinnitetään enemmän huomiota, mutta yksikään lainsäädäntö ei velvoita hiilijalanjäljen mittaamista. Rakennuslalla on myös pikku hiljaa alettu huomioida ympäristövaikutuksia; E-luku on hyvä esimerkki energiatehokkuuden säätelymiseen, mutta se ei todellisuudessa kerro talon elinkaaren aikaisista kasvihuonekaasupäästöistä. Toisten mielestä käytön aikaiset päästöt ovat ratkaisevia, mutta nykyään ja varsinkin tulevaisuudessa, energiatehokkuuden parantuessa, muiden kuin energiankulutuksen osuus elinkaaren aikaisista päästöistä kasvattaa osuuttaan. Tämän vuoksi on syytä kiinnittää huomiota talon muihin päästölähteisiin.

### 2.2 Rakentamisen ympäristövaikutukset

Rakennussektorin merkitys ihmisten aiheuttamissa kasvihuonekaasupäästöissä on merkittävä. Arvioiden mukaan jopa kolmannes koko Euroopan CO<sub>2</sub>- päästöistä liittyy rakennuksiin joko välillisesti tai välittömästi. Samoissa arvioissa on esitetty rakennussektorin olevan yksi tehokkaimmista osa-alueista leikata koko Euroopan kasvihuonekaasupäästöjä. Euroopan komission vuonna 2011 julkaiseman vähähiilisen Euroopan tiekartan mukaan on asetettu tavoitteita, että vuoteen 2030 kasvihuonekaasupäästöt ovat vähentyneet 37–53 % ja vuoteen 2050 mennessä 88–91 % verrattuna vuo-

teen 1990. (Häkkinen, Korhonen, Myllymaa, Ruuska & Vares 2013; A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050 2011.)

Rakennuskanta, johon ei lasketa kesämökkejä eikä myöskään maatalous- tai muita talousrakennuksia, käsitti vuoden 2012 lopussa kaikkiaan 1,5 miljoonaa rakennusta. Tästä määrästä asuinrakennusten osuus oli todella suuri ja peräti 85 % koko rakennuskannasta oli pientaloja. Kuviossa 1 on esitetty päästöt toimialoittain. (Rakennuskanta 2012)



KUVIO 1. Kasvihuonekaasupäästöt toimialoittain vuonna 2011, miljoonaa tonnia hiilidioksidiekvivalentteina (Ilmastopäästöt toimialoittain 2013)

## 2.3 Materiaalit ja tuotteet

Rakennusmateriaaleista ja erilaisista rakennustuotteista on saatavilla tänä päivänä hyvin tietoa niiden ympäristövaikutuksista. 1990-luvulta lähtien on ollut käytössä järjestelmä, joka ohjaa tuotteiden ympäristöselosteiden laatimiseen ja julkaisemiseen. Myös eri yritysten kilpailu markkinoilla on ajanut valmistajia tuottamaan ympäristöystävällisempiä ratkaisuja rakennusmateriaaleihin. Näiden tietojen hyödyntäminen käytännön rakentamisessa on kuitenkin jäänyt vähäiseksi. Rakentamisen ohjaamiseen on kuitenkin olemassa jo tarvittavia yhteiseurooppalaisia arviointimenetel-

miä materiaalien ja tuotteiden huomioimiseksi, rakennustuoteasetuksen ja Euroopan standardisointielimen harmonisointityönä. (Häkkinen, Korhonen, Myllymaa, Ruuska & Vares 2013.)

Suomen nykyisen hallituksen ohjelmaan kuuluu yhtenä tavoitteena, että edistetään puurakentamista ja rakentamisen energiatehokkuuden laskennassa elinkaarilaskentaa, joka ottaa huomioon myös rakennusmateriaalien ja -tuotteiden valmistuksen. Pääpainona on selvittää materiaalien elinkaarenaikaiset ympäristövaikutukset. Tällä pyritään tekemään Suomesta tulevaisuudessa hiilineutraali yhteiskunta. (Häkkinen, Korhonen, Myllymaa, Ruuska & Vares 2013.)

## **2.4 Rakentamisen tulevaisuus**

Tulevaisuudessa tullaan melko varmasti asettamaan rakentamiseen määräyksiä, joissa otetaan huomioon myös rakennusmateriaalien ympäristövaikutukset. Rakennus voi olla kuluttamatta ulkopuolista energiaa käyttönsä aikana, mutta se aiheuttaa silti merkittäviä päästöjä. Suurimmat päästöt syntyvät rakennusvaiheessa, mutta ei pidä unohtaa myöskään korjaus- tai huoltotoimenpiteitä, jotka laajuudestaan riippuen aiheuttavat myös päästöjä. Rakennuksen purkutyöt ja materiaalien loppusijoitus aiheuttavat myös suuria päästöjä, jotka vaikuttavat koko elinkaaren aikaiseen hiilijalanjälkeen. Rakennusmateriaalien loppusijoituksesta tai uudelleenkäytöstä riippuen saadaan pienennettyä materiaalien aiheuttamaa hiilijalanjälkeä (Rakennusmateriaalien hiilijalanjälki 2011; Rakennusten elinkaarimittarit 2013.)

Kesällä 2013 voimaan tullessa rakennustuoteasetuksessa otetaan entistä rakennustuotedirektiiviä paremmin huomioon ympäristönäkökohdat. Valmistaja laatii tuotteen perusominaisuuksista ilmoituksen aina, kun markkinoille tuodaan uusi tuote. Uusi asetus ottaa huomioon luonnonvarojen kestävä kehityksen, ja näin pyritään varmistamaan osien ja materiaalien uusiokäyttö ja kierrätys purkamisen jälkeen. Uusi asetus ei kuitenkaan tuo vielääkään minkäänlaisia määräyksiä päästöjen määrästä. Tulevaisuudessa olisi kuitenkin tarkoitus vaatia julkisten rakennushankkeiden hiilijalanjälki informaation julkaisua. (Häkkinen, Korhonen, Myllymaa, Ruuska & Vares 2013.)

## 2.5 Päästöjen jakautuminen

Päästöjen jakautuminen rakentamisessa vaihtelee paljon eri kohteiden välillä riippuen siitä, minkälaisia menetelmiä ja rakenneratkaisuja käytetään. Rakennuskohteen sijainnin merkitys on oleellinen jo pelkästään maaperästä johtuen. Tontin rakentaminen saattaa aiheuttaa suuren hiilijalanjäljen, jos maaperälle joudutaan tekemään suuria muutoksia. Maaperän lujittamisessa käytettävien sideaineiden hiilijalanjälki on merkittävä. Muista vaihtoehtoista esimerkiksi teräspaalujen hiilijalanjälki on suuri kuten kaikilla muillakin teräsmateriaaleilla johtuen niiden valmistamisessa kuluvaan energiaan. Pitää ottaa kuitenkin huomioon, että teräsmateriaalien käyttöikä on pitkä, ja suunniteltaessa niiden jatkokäyttö hyvin käyttöiän tullessa loppuun saadaan säästettyä ympäristöä. Tontin rakentamisen jälkeen eniten päästöjä aiheuttavat ne rakennuksen osat, joissa käytetään yksinkertaisesti suurimpia materiaalmassoja kuten ala- ja välipohjat, runko sekä ulkokuoret. (Rakennusmateriaaleilla on väliä 2013.)

## 2.6 Suunnittelun merkitys

Rakennusten suunnitteluun tulee kiinnittää entistä enemmän huomiota, kun siirrytään kohti vähäpäästöisempiä ratkaisuja. Hankkeiden alkuvaiheissa on suurimmat mahdollisuudet vaikuttaa hiilijalanjälkeen. Jos jo suunnitteluvaiheeseen saataisiin asetuksia, jotka ohjaisivat kohti ympäristöystävällisempiä vaihtoehtoja, voitaisiin kasviuonekaasupäästöistä leikata suuri osa pois. Kuviossa 2 on kuvattu suunnitteluvaiheen merkitystä päätöksen tekemiseen. (Rakennusten elinkaarimittarit 2013.)

Rakennusmateriaalien tulee olla helposti vaihdettavissa, ja niiden poistaminen, joko korjaamisen tai purkamisen yhteydessä, tulee olla yksinkertaista. Yleensä tällä päästään myös hyviin asennusratkaisuihin, mikä tuo taloudellisia ja ajallisia säästöjä. Rakennesuunnittelija vaikuttaa materiaalien valintaan sekä liitosten ja saumojen purettavuuteen. Näin ollen jo suunnitteluvaiheessa pystytään määrittämään loppusijoitus- tai jatkokäyttötarkoitus, jolloin materiaalien kierrätysprosentti saadaan mahdollisimman korkeaksi. Tämä on osa kierrätys suunnitelmaa, eikä sen ole tarkoitus määrittää tarkemmin, missä ja miten materiaaleja käytetään ensisijaisen kohteen jälkeen

vaan yleisesti, onko niitä tarkoitus kierrättää vai ei. Kierrätysuunnittelu on tärkeää tehdä ajoissa, jotta asennusmenetelmät toteutetaan siten, että purkaminen onnistuu materiaaleja särkevät, ja näin mahdollistetaan kierrättäminen. (RIL-216 2013.)

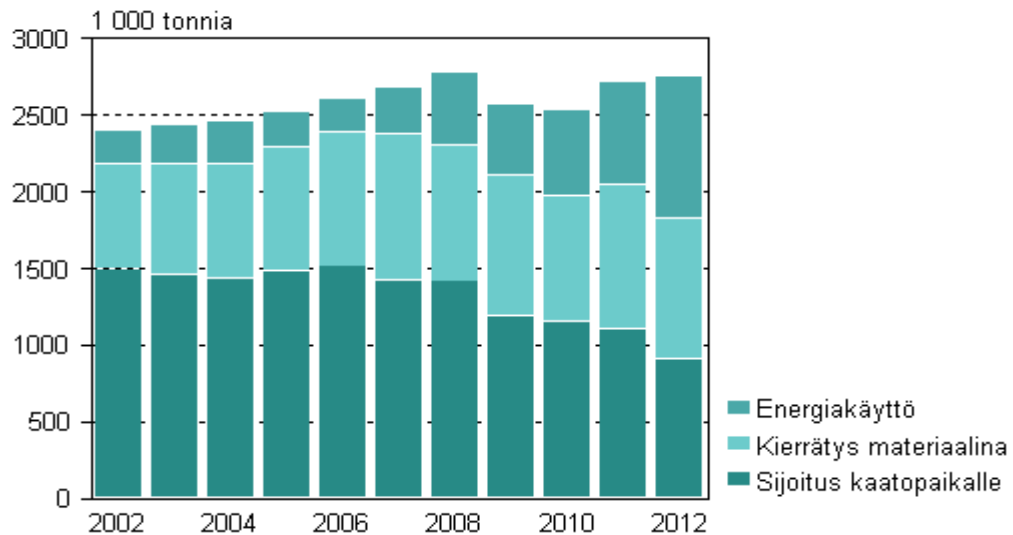


KUVIO 2. Päätöksenteon merkitys (Rakennusten elinkaarimittarit 2013)

## 3 KIERRÄTYS

### 3.1 Yleistä

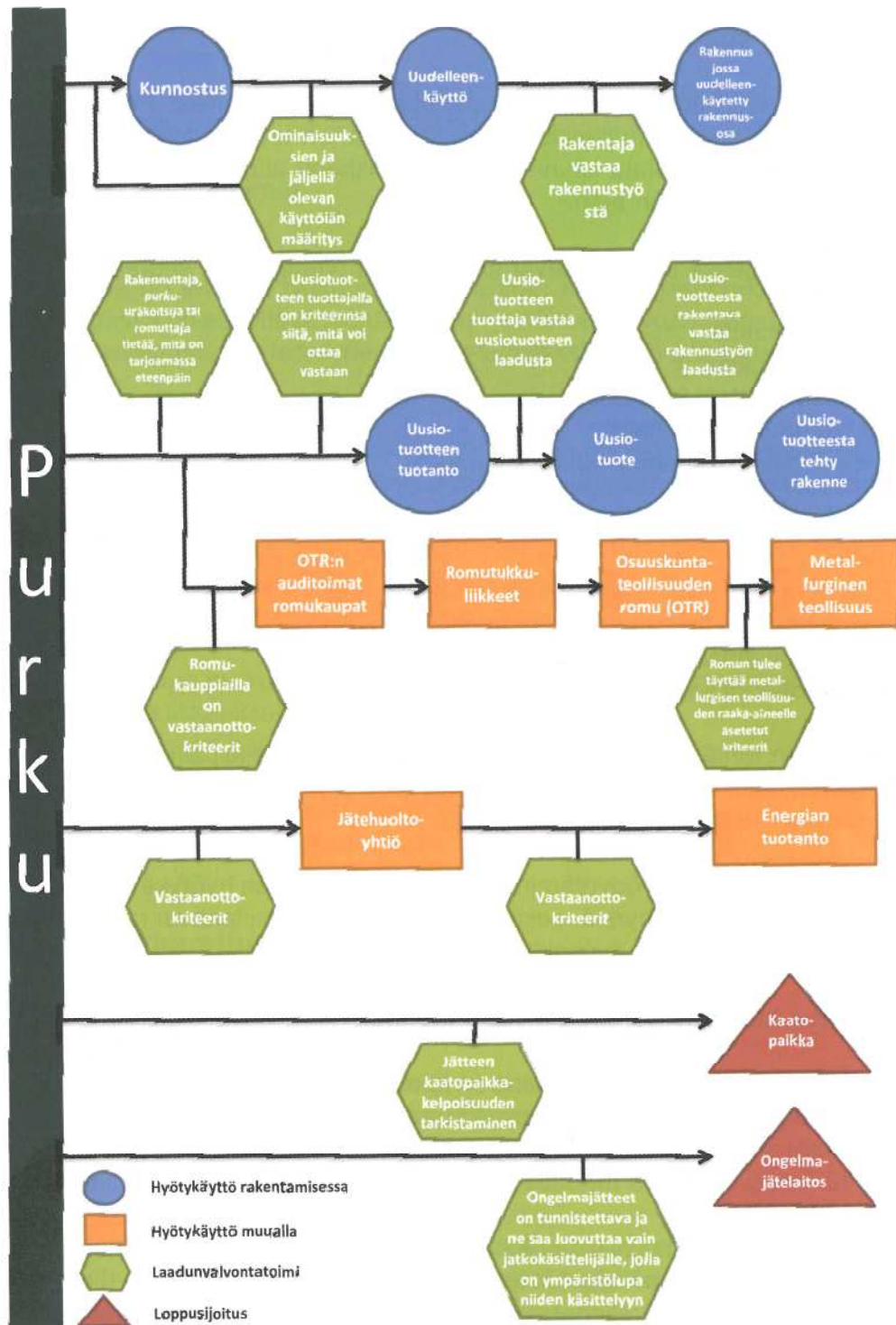
Ympäristöä vähän kuluttava, ekologisesti kestävä rakentaminen lähtee energia- ja materiaalivirtojen pienentämisestä, jolloin niistä ei aiheudu niin suuria jätteitä eikä päästöjä. Tulevaisuudessa kierrättämisen rooli kasvaa, kun luonnonvarojen jatkuvaa käyttämistä pitää saada pienennettyä. Ympäristön säästäminen ei ole ainoa peruste kierrättämiselle, koska oikein suunniteltuna sillä saavutetaan selviä taloudellisia säästöjä. Kuviossa 3 on esitetty Suomen yhdyskuntajätteen osuudet käsittelytavan mukaan.



KUVIO 3. Suomen yhdyskuntajätteet käsittelytavoittain vuosina 2002–2012 (Yhdyskuntajätteen poltto kasvoi liki miljoonaan tonniin 2013)

### 3.2 Rakennusjätteen kierrätyksellä suuret hyödyt

Nykyisin suurin osa rakennusten poltettavaksi soveltuvista jätteistä käytetään energiantuoton polttoaineeksi. Materiaalien poistuessa niiden ensisijaisesta käyttökohteesta niitä tulisi kuitenkin hyödyntää sellaisenaan tai käyttää jonkin muun materiaalin valmistukseen. Tällä tavalla kierrättämällä saataisiin tutkimusten mukaan jopa yli 10 prosentin pienennykset päästöihin. Myös taloudellisia etuja on saavutettavissa kierrättämällä: kierrätysmaksuissa saadaan välittömiä taloudellisia säästöjä, ja kierrätettävien tuotteiden myynti eteenpäin poikii jopa tuottoja. Välillisiä säästöjä saadaan esimerkiksi hankkeiden materiaalien ja ajankäytön parantumisena. Jatkossa näitä purkujätteitä tullaankin hyödyntämään materiaaleina, sillä uuden jätedirektiivin mukaan vuoteen 2020 mennessä rakennus- ja purkujätteestä tulee hyödyntää vähintään 70 % muuten kuin energiana tai polttoaineena. Tähän 70 prosenttiin ei kuitenkaan sisälly maa-ainesta, kiviainesta, ruoppausjätettä tai vaarallisia jätteitä (ks. kuvio 4). (Rakennusmateriaaleilla on väliä 2013; RIL-216 2013.)



KUVIO 4. Purkumateriaalin hyödyntäminen (RIL-216 2013)

### 3.3 Lainsäädäntö

Suomen jätelainsäädäntöön on lisätty rakennusjätteisiin liittyviä seuranta- ja raportointivelvoitteita, joiden tavoitteina on saada tarkempaa tietoa jätteiden alkuperästä ja niiden määrästä. Näiden lainsäädäntöjen avulla meillä on paremmat työkalut ke-



hittää rakennusalan materiaalitehokkuutta. Suomen jätelainsäädäntö seuraa EU:n jätelainsäädäntöä, mutta on joiltain osin EU:n vastaavia säädöksiä tiukempi. Kaiken kaikkiaan koko Eurooppaa koskeva lainsäädäntö on hyvin tarkka ja yksityiskohtainen. (RIL-216 2013.)

### **3.4 Suunnittelun rooli**

Suurin potentiaali säästää rakennusmateriaaleja ja välttää jätteiden syntyä piilee suunnittelussa ja hankkeen osapuolten yhteistoiminnassa. Kun rakennusmateriaalit valitaan oikein, kierrätys suunnitellaan toimivaksi, organisoidaan työmaa hyvin ja ohjataan rakentamista myös kierrättämisen kannalta, päästään hyvään lopputulokseen. Kierrättämisen yleistymisen ja ammattimaisuuden ansiosta meillä on suuret säästömahdollisuudet niin taloudellisesti kuin ekologisestikin, kunhan vain kaikki hankkeen osapuolet perehdytettäisiin rakennusmateriaalin kierrättämiseen ja sen tarkoitusperiin. (RIL-216 2013.)

### **3.5 Vastuut**

Rakennuttaja, suunnittelija ja rakentaja kantavat kaikki vastuuta jätemäärien pienentämisestä. Rakennuttajalla on suuri mahdollisuus vaikuttaa kantaessaan vastuun hankkeen sisällöstä ja toteutuksesta. Suunnittelija pystyy valitsemaan tuotteet, jotka rasittavat ympäristöä mahdollisimman vähän, ja muutoinkin vaikuttamaan suunnitelmillaan syntyviin jätemääriin. Rakennesuunnittelija voi pitkän käyttöiän takaavalla suunnittelulla vaikuttaa myös kierrätettävyyteen ja uudelleenkäyttöön. Rakentajalla on työn toteuttajana vastuu syntyvistä jätteistä, jolloin tämän tulee huolehtia jätteiden keräys ja jätehuolto. Ensisijainen tavoite on saada jätemäärät pieniksi, toissijainen tavoite on hyödyntää syntyvät jätteet ja viimeisenä vaihtoehtona hoidetaan jätteiden sijoitus kaatopaikalle. (RIL-216 2013.)

### 3.6 Kierrätysuunnitelma

Kierrätysuunnitelmilla tavoitellaan raaka-aineiden ja energian säästämistä, minkä avulla saadaan myös päästöt ja jätemäärät pienenemään. Suunnitelman laatiminen vaatii laajaa tietoutta kierrätykseen liittyvistä yleisistä periaatteista. Kierrätysuunnitelman sisältö tulee aina laatia kokonaisuuden osana, eikä vain uudelleenkäyttöä tai kierrätystä tarkastellen. Ratkaisuja tehtäessä tulee myös ottaa huomioon kierrättämisen ja uudelleenkäytön aiheuttamat ympäristökuormat. Nykypäivän menetelmillä uudelleenkäyttötavat ja kierrätettävyyshmahdollisuudet ovat luonnollisesti arvioitavissa.

Jätehuolto ja kierrättäminen tulee sijoittaa osaksi suunnitteluvaihetta, jolloin ne saadaan tarpeeksi varhain mukaan hankkeeseen, ja näin ollen voidaan lisätä myös tarjouspyyntöasiakirjoihin. Jätehuollon liittäminen osaksi suunnitteluvaihetta mahdollistaa tehokkaan kierrättämisen. Kierrätysuunnitelman laatimista ohjaavat valtakunnalliset lait ja asetukset sekä paikalliset jätteenkäsittelymahdollisuudet, joihin rakennuspaikka vaikuttaa oleellisesti. Rakennuspaikan sijainnilla on muutenkin merkitystä, koska olosuhteet voivat vaikuttaa myös kierrättämisen järjestämismahdollisuuksiin. (RIL-216 2013.)

Kierrätysuunnitelmassa tulee määrittää tehtävät ja vastuut rakennushankkeen eri osapuolille. Jätteiden määrästä tehdään arviot, joiden perusteella suunnitellaan niiden lajittelu ja sen organisointi. Erityisen tärkeää on sisällyttää tieto siitä, mitkä jätelajit lajitellaan jo työmaalla ja mitkä kuljetetaan lajittelukeskukseen. Suunnitelman tulee myös sisältää purkuvaihe, mistä ilmenee, kuinka uudelleenkäytettävät osat pidetään kunnossa ja suojataan. Mahdollisesti voidaan esittää myös ohjeet, kuinka kierrätettäväksi menevät rakennusosat tulee testata. Uudelleen- tai uusiokäytön yhteydessä tulee rakennusmateriaaleille määrittää tarkkaan laatu ja käyttöikä sekä niiden kelpoisuus jatkokäyttöön. (RIL-216 2013.)

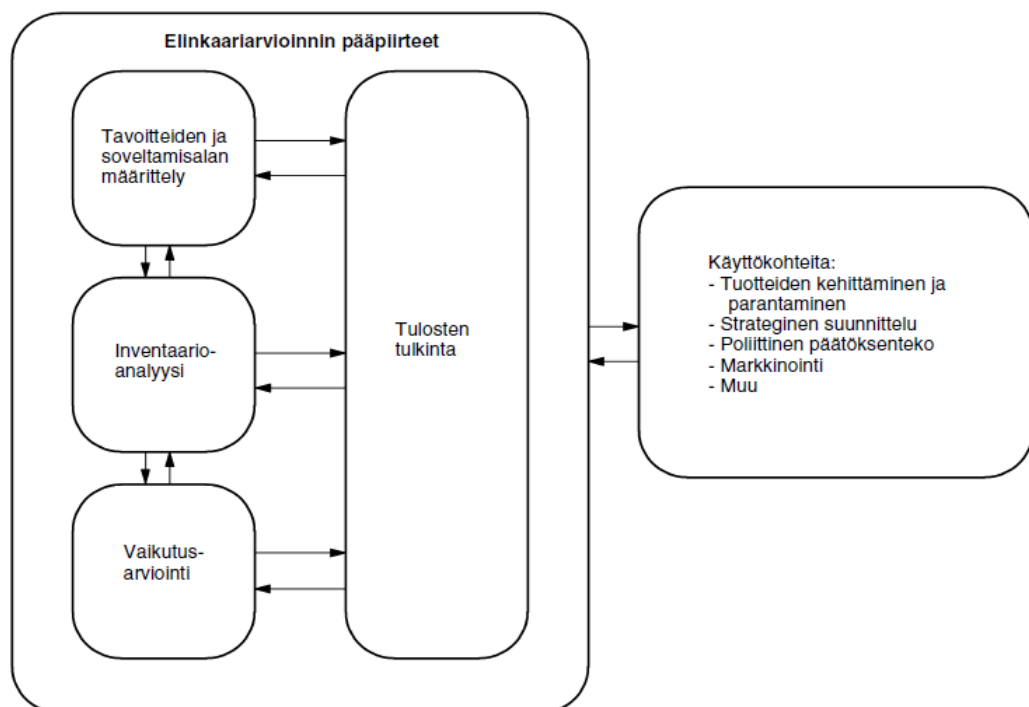
## 4 ELINKAARIARVIO

### 4.1 Vaiheet

Elinkaariarviointi, LCA, pitää sisällään neljä vaihetta (ks. kuvio 5):

- Tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely
- Inventaarioanalyysi, LCI
- Vaikutusarviointi, LCIA
- Tulosten tulkinta (SFS-EN 14040 2006)

Elinkaariarviointi käsittelee tuotteiden ja järjestelmien ympäristönäkökohtia ja – vaikutuksia. Yleensä elinkaariarvioinnissa ei oteta huomioon yhteiskunnallisia eikä taloudellisia vaikutuksia. Arvioinnissa esitetään jonkin tuotteen tai palvelun ympäristövaikutuksia raaka-aineen hankinnasta tuotteen käytöstä poistamiseen asti. Elinkaariarvio rakennetaan koostuen pienemmistä yksiköistä jonkin toiminnallisen yksikön ympärille, joka ilmaisee tuotteen tai palvelun toiminnot määrällisessä muodossa. Elinkaariarvion avulla tehtävällä järjestelmällisellä tarkastelulla voidaan tunnistaa ja välttää potentiaalisten ympäristökuormien siirtymistä elinkaaren vaiheiden ja prosessien välillä. (SFS-EN 14040 2006.)



KUVIO 5. Elinkaariarvioinnin vaiheet (SFS-EN 14040 2006)

## 4.2 Tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely

Ensimmäisessä vaiheessa, tavoitteiden ja soveltamisalan määrittelyssä, määritellään, mihin tarkoitukseen ja miksi elinkaariarvio tehdään. Ensimmäinen vaihe on tärkeä, sillä siinä määritellään tavoitteet, tutkimusten laajuus sekä minkälaisia rajoituksia ja oletuksia arviolle asetetaan. Järjestelmälle asetettavien rajausten kriteerit ovat tärkeitä arvioinnin tulosten luotettavuuden ja sen tavoitteiden saavuttamisen kannalta. Ennen arviointia tulee tiedostaa kenelle tuloksia halutaan viestittää ja aiotaanko niitä julkaista julkisesti. Tulosten viestinnän kohde on oleellinen asia, jotta tulokset pystytään muuttamaan ymmärrettävään muotoon. Työlle tulee asettaa tavoitteet, jotta voidaan kerätä tietoa riittävän yksityiskohtaisesti ja valmistella arviointia inventaarioanalyysiin. (SFS-EN 14040 2006.)

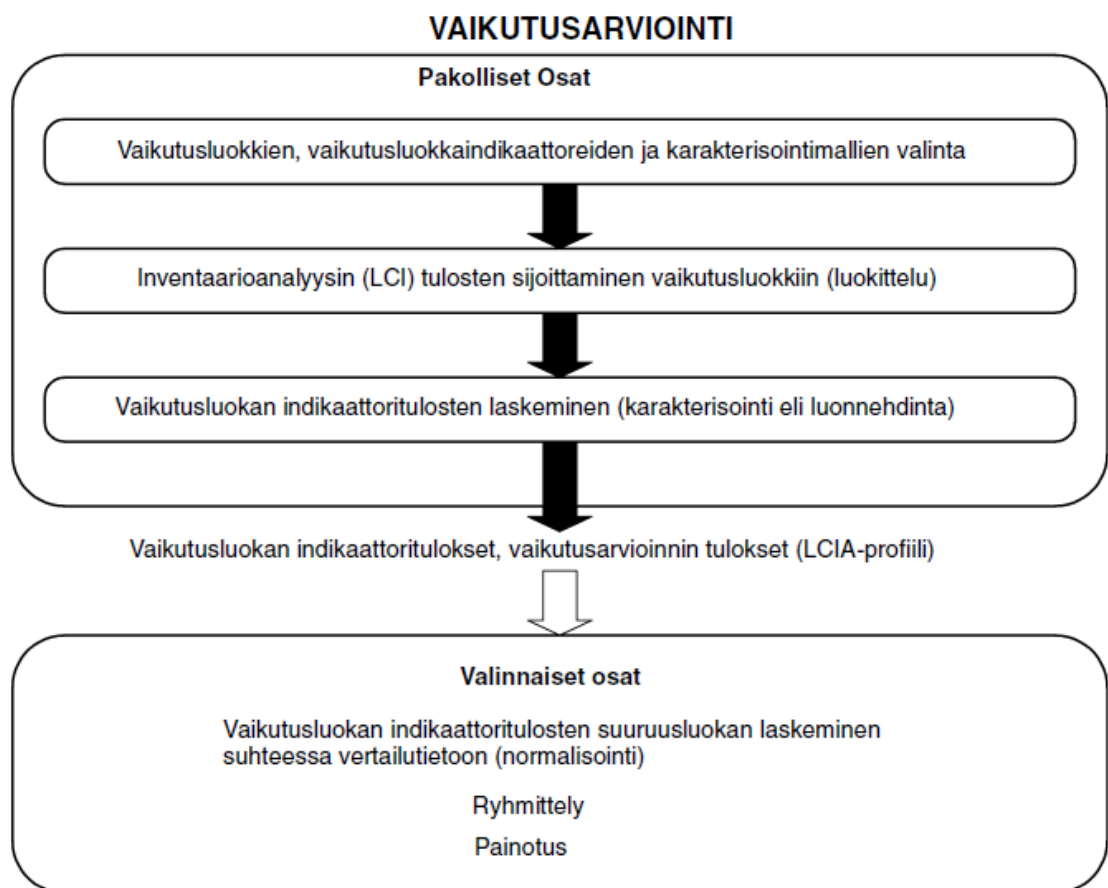
## 4.3 Inventaarioanalyysi

Inventaarioanalyysissä kerätään tietoja laskentaa varten ja määritellään laskennan menettelytavat, joilla saadaan tuotteen tai palvelun toiminnot määrälliseen muotoon. Inventaarioanalyysi on iteratiivinen prosessi, ja usein tietoa kerättyä esille tulee tietovaatimuksia tai -rajoituksia, jotka johtavat selvitysten ja tavoitteiden uudelleenmäärittämiseen. Vasta tietojen keräämisen yhteydessä saadaan usein kattavampi näkemys koko järjestelmästä ja luodaan selkeämpi kuva kyseisestä elinkaariarviointista. Inventaarioanalyysi on monesti koko elinkaariarvioinnin työläin vaihe johon tiedonkeräämiseen liittyvistä ongelmista ja tietojen suhteuttamisesta prosessiin. Kun tiedot on saatu kerättyä kasaan ja varmennettua riittävässä määrin, voidaan suorittaa laskenta. Laskenta on myös osa inventaariovaiheita, mutta tuloksia tarkastellaan vasta myöhemmin. (SFS-EN 14040 2006; SFS-EN 15804 2012.)

## 4.4 Vaikutusarviointi

Vaikutusarvioinnissa hyödynnetään inventaarioanalyysissä saatuja tuloksia ja näiden avulla pyritään arvioimaan ympäristövaikutusten merkittävyyttä. Tulokset luokitellaan niiden ympäristövaikutusten mukaan. Yleensä inventaarioanalyysissä saadut

tiedot yhdistetään vaikutusluokkaindikaattoreihin ja yritetään näin ymmärtää paremmin kyseisten ympäristövaikutusten merkittävyyttä. Vaikutusluokkaindikaattorit kuvaavat vaikutusluokkaa määrällisessä muodossa, johon se karakterisointikertoimen avulla muunnetaan. Esimerkiksi ilmastomuutoksen yhteydessä inventaarioanalyysissä tulos muunnetaan hiilidioksidiekvivalentiksi. Tuloksia on tarkoitus ryhmitellä vaikutusluokkiin, jotta niitä pystyttäisiin hahmottelemaan paremmin. Esimerkiksi hiilijalanjälki laskelmissa voidaan päästöjä luokitella eri rakennusvaiheiden tai rakennusosien mukaan. Vaikutusarvioinnissa hyödynnetään edellisen vaiheen tietoja ja samalla saadaan myös tietoja tulkintavaiheeseen. Vaikutusarvioinnin yhteydessä saatetaan toisinaan tarkastaa uudelleen elinkaariarvioselvityksen tavoitteet ja soveltamisala, minkä avulla voidaan selvittää, onko selvityksen päämäärät saavutettu (ks. kuvio 6). (SFS-EN 14040 2006; SFS-EN 15804 2012.)



KUVIO 6. Vaikutusarviointivaiheen (LCIA) osat (SFS-EN 14040 2006)

## 4.5 Tulosten tulkinta

Viimeisenä neljästä elinkaariarvioinnin vaiheesta on tulosten tulkinta, jossa yhdistetään samaan tarkasteluun inventaarioanalyysin ja vaikutusarvioinnin tiedot ja tulokset. Tulosten tulkinnassa arvioidaan, mitkä tekijät ovat vaikuttaneet tulosten syntymiseen, ja tarkastetaan, ovatko saadut tulokset aiemmin määriteltyjen tavoitteiden ja soveltamisalan mukaisia. Jotta voidaan tehdä oikeita johtopäätöksiä ja antaa mahdollisia suosituksia, tulee arvioida myös tulosten johdonmukaisuutta ja herkkyyttä. Tulosten tulkinnassa tulisi käydä ilmi, että vaikutusarvioinnin tulokset perustuvat lähestymistapaan, jotka osoittavat potentiaalisia ympäristövaikutuksia. Tulkinnan yhtenä tärkeimmistä asioista on saada tulokset helposti ymmärrettävään muotoon tavoitteiden ja soveltamisalan mukaisesti. Kun tulokset on saatu, on syytä vielä kerran arvioida kerätyn tiedon luonnetta ja laatua tavoitteiden ja tulosten johdonmukaisuuden suhteen. (SFS-EN 14040 2006; SFS-EN 15804 2012.)

# 5 HIILIJALANJÄLKI

## 5.1 Yleistä

Hiilijalanjälkitarkastelu on luotu, jotta pystyttäisiin tarkastelemaan eri tuotteiden ja järjestelmien elinkaaren aikaisia ilmastovaikutuksia. Tarkastelua voidaan käyttää hyvänä apuvälineenä kun halutaan määrittää, missä vaiheessa suurimmat päästöt syntyvät. Ilmastopäästöt syntyvät eri kasvihuonekaasuista, jotka muutetaan hiilijalanjälkitarkastelussa yhdeksi helpommin ymmärrettäväksi arvoksi. Rakennusten hiilijalanjäljen mittaamisessa pyritään ottamaan huomioon mahdollisimman tarkasti kaikki rakennusmateriaalien energiavirrat valmistuksesta purkuun, jolloin voidaan myös selvittää kierrättämisestä saatavat päästöhyödyt. Laskennassa huomioidaan kuitenkin vain ne energiavirrat joilla on oleellinen vaikutus hiilijalanjälkeen. (Rakennusten elinkaarimittarit 2013.)

## 5.2 Laskentaprosessi

Laskenta koostuu vaiheista, jotka sisältävät informaatiomoduuriryhmät A, B, C ja D.

- A1-A3, Tuotevaihe
- A4-A5, Rakentamisvaihe
- B1-B5, Käyttövaihe
- B6-B7, Käytönaikainen energian- ja vedenkulutus
- C1-C4, Purkuvaihe
- D, Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset

Ensimmäinen vaihe (A1-A3) sisältää tiedot raaka-aineiden käsittelystä, kuljetuksen valmistelusta ja tuotteiden valmistamisesta. Nämä tiedot saadaan ympäristöselosteista, jotka valmistaja määrittää. Näihin moduuleihin sisältyy tuotteiden ja energian hankinta ja syntyvät jätteet. A4-A5 sisältää päästöt kuljetuksista työmaalle ja työmaan toiminnassa käytettävästä energiasta. Edellä mainittuihin moduuleihin sisältyvät myös asennuksissa tarvittavat lisä- ja apumateriaalit, kuten betonointimuotin materiaalit. Käyttövaiheen moduuleissa B1-B5 kerrotaan rakennuksen kunnossapitoon ja korjauksiin liittyvät työt sekä näihin kuluvat materiaalit. Moduulit B6-B7 sisältävät rakennuksen toimintoihin kuluvan energian- ja vedenkäytön. C1-C4-moduulit sisältävät tiedot rakennuksen purkamisesta. Näihin tietoihin kuuluu purkamiseen kuluva energia, purkuvaiheen kuljetukset, purkujätteen jatkokäsittelyt ja loppusijoitukset (ks. kuvio 7). (SFS-EN 15804 2012.)

Moduuli D:n tietojen hallinta kattaa rakennuksen elinkaaren ulkopuoliset ympäristövaikutukset. Rakennusmateriaalien uusio- ja uudelleenkäyttö rakennuksen purkamisen jälkeen määritellään ulkopuolisiksi ympäristövaikutuksiksi. Osaksi tämän takia moduuli D on luotu, jotta rakennuksen hiilijalanjälkitarkastelussa välttyttäisiin kaksoislaskennalta, kun kierrätettävän materiaalin hyödyt lasketaan. Nämä hyödyt ilmaistaan nettomääräisenä moduuli D:ssä. Taulukossa 1 on esitetty elinkaaren ulkopuolisia vaikutuksia. (SFS- EN 15978 2012.)





TAULUKKO 1. Ulkopuoliset vaikutukset (Rakennusten elinkaarimittarit 2013)

OSA-ALUE	MITÄ KATTAÄ	MISSÄ ELINKAAREN VAIHEISSA
UUELLEEN-KÄYTTÖ	Materiaalien uudelleenkäyttö sellaisenaan	Materiaaleja, joita jää pääosin A5- ja C3-vaiheissa, mutta myös huollossa ja korjattaessa.
TALTEENOTTO	Rakennusjätteestä tuotettu energia	Samoin kuin yllä
KIERRÄTYS	Materiaalien uudelleenkäyttö jalostusprosessin kautta	Jätettä, jota syntyy pääosin A5- ja C3-vaiheissa, mutta myös huollon ja korjausten yhteydessä.
ULKOPUOLELLE MYYTTY ENERGIA	Rakennuksessa tuotettu ja ulkopuolelle toimitettu energia	B6 Energian käyttö. Ei sisällä energiaa joka käytetään kuluttajalaitteissa.
KULUTTAJALAITTEISIIN TOIMITETTU ENERGIA	Rakennuksessa tuotettu ja kuluttajalaitteisiin toimitettu energia	B6 Energian käyttö. Kattaa vain itse tuotetun energian, jolla käytetään kuluttajalaitteita.

### 5.3 Hiilijalanjälki osana elinkaariarviota

Hiilijalanjälki on yksi osa rakennuksen elinkaariarviota. Tässä työssä käsiteltävän kohteen laskelmissa ei oteta huomioon talon käytön aikaista energiankulutusta, vaan hiilijalanjäljen laskemisella on tarkoitus saada selville rakennusmateriaalien vaikutus ympäristöön. Selvitetään talon rakentamiseen käytettyjen eri tuotteiden massat ja niiden hiilidioksidiekvivalentti. Suuri osa materiaaleista on tarkoitettu kierrätettäväksi sellaisinaan tai käytettäväksi uusien materiaalien valmistamiseen purkamisen jälkeen. Materiaalien kierrättämisestä uusio- tai uudelleenkäyttöön saadaan vähennettyä ympäristökuormaa (ks. taulukko 2). (Rakennusten elinkaarimittarit 2013.)

TAULUKKO 2. Hiilijalanjäljen elinkaarivaiheet (Rakennusten elinkaarimittarit 2013)

ELINKAAREN VAIHE	ELINKAARIPÄÄSTÖT TN CO <sub>2</sub> e	LISÄTIETOA
A1-A3 TUOTEVAIHE		
A4-A5 RAKENTAMISVAIHE		Ilmoitettava jos käytetty taulukkoarvoa
A ENNEN KÄYTTÖVAIHTETTA YHTEENSÄ		
B1 KÄYTTÖ		Ilmoitettava jos ei ole huomioitu
B2 KUNNOSSAPITO		Ilmoitettava jos käytetty taulukkoarvoa
B3 KORJAUS		Ilmoitettava jos ei ole huomioitu
B4 OSIEN VAIHTO		
B5 LAAJAMITTAISET KORJAUKSET		Ilmoitettava jos ei ole huomioitu
B6 ENERGIAN KÄYTTÖ		Lasketaan 6.3.1 mukaan, peruste tähän
B7 VEDEN KÄYTTÖ		
B KÄYTTÖVAIHE YHTEENSÄ		
C1-C4 PURKUVAIHE YHTEENSÄ		Ilmoitettava jos käytetty taulukkoarvoa
A-C RAKENNUKSEN ELINKAARI YHTEENSÄ		
D ELINKAAREN ULKOPUOLISET VAIKUTUKSET		Ilmoitettava jos ei ole huomioitu

## 5.4 Viestintä

Miksi hiilijalanjäljestä tulisi viestittää? Hiilijalanjäljen laskemisella mahdollistetaan eri menetelmien kasvihuonekaasupäästöjen tarkkailu. Tällä tavoin voidaan lisätä yleistä tietoutta ilmastonmuutoksesta ja ympäristöä koskevista tekijöistä, sekä oppia tunnistamaan suurimmat päästölähteet. Myös uusia tahoja saadaan sitoutumaan ilmastomuutoksen torjumiseen, kun yhä useammat käyttävät sitä positiivisena etuna markkinoilla. Tämä luo myös paremmat tiedonlähteet kuluttajille ja päättäjille päätöksentekoa varten. Kun tietoa on paremmin saatavilla tuotteen hiilijalanjäljestä, on jokaisella, myös yksilötasolla, paremmat mahdollisuudet vaikuttaa ilmastonmuutokseen. Laskelmien avulla pystytään luomaan koko tuotantoketjuun uusia, tehokkaampia menetelmiä esimerkiksi raaka-aineiden valintaan, valmistusmenetelmiin sekä käytöstä poistamiseen ja kierrättämiseen. (ISO/TS 14067 2013.)

## 5.5 Tarkasteluajanjakso

Laskennassa saadut päästöt tuleen kohdistaa tarkastelujaksolle, joka määräytyy rakennuttajan tai käyttäjän ilmoittaman vaaditun käyttöiän mukaan. Mikäli vaadittua käyttöikää ei ole saatavilla, käytetään suunniteltua teknistä käyttöikää. Rakennusmateriaalien käyttöikä tiedon tarkoitus on kuvata realistisesti tuotteiden elinkaari vaikutuksia, jotta tehokkaita ratkaisuja tehdessä pystyttäisiin huomioimaan niiden koko elinkaaren aikaiset ympäristövaikutukset. (Rakennusten elinkaarimittarit 2013)

## 5.6 Hiilijalanjälkilaskennan yleinen rajaussääntö (cut off)

Rajauskriteereitä voidaan käyttää arvioinnin yhteydessä tarkoituksenmukaistamaan laskentaprosessia, mutta sitä tulee käyttää niin, ettei mitään olennaista informaatiota jää tarkastelun ulkopuolelle. Tarkastelun ulkopuolelle jätetyt kohteet tulee dokumentoida arviointiin. Hiilijalanjäljen laskennassa voidaan rajata pois vähämerkitykselliset päästölähteet, jos niistä ei ole saatavilla riittäviä tietoja. Jos yksittäisen poisrajatavan lähteen osuudeksi arvioidaan alle 1 % tai poisjätettävien lähteiden yhteenlaskettu osuus arvioidaan olevan alle 5 % kokonaismassasta, ne voidaan rajata pois.

Materiaalit, joilla tiedetään olevan merkittäviä ympäristövaikutuksia, tulee huomioida niiden absoluuttisesta määrästä huolimatta. Rajaussääntöä ei saa kuitenkaan käyttää minkään osan piilottamiseksi, jos tietoa on saatavilla. (SFS-EN 15804 2012.)

## 5.7 Laskennan yksinkertaistaminen

Rakennuksen aiheuttamiin päästöihin on helpointa vaikuttaa mahdollisimman varhain suunnitteluvaiheessa, jolloin on oletettavaa, ettei kaikkea tarvittavaa tietoa ole saatavilla. Esimerkiksi rakennuksen purkamisen viemää energiaa on hyvin vaikea arvioida vielä suunnitteluvaiheessa, varsinkin jos erillistä purkus suunnitelmaa materiaalien kierrättämiseksi ei ole luotu. Tällöin on mahdollista käyttää laskennassa yksinkertaistuksia, joita varten on luotu tiettyjä oletusarvoja. Näiden oletusarvojen käyttö on sallittua vain silloin kun tarkempaa tietoa ei ole saatavilla. Esimerkiksi suunnittelun alkuvaiheessa, jolloin pystytään parhaiten vaikuttamaan syntyviin päästöihin, ei ole tietoa rakennustöihin kuluva energiasta, Yksinkertaistuksista on kerrottu tarkemmin taulukossa 3. (Rakennusten elinkaarimittarit 2013.)

TAULUKKO 3. Mahdolliset laskennan yksinkertaistukset (Rakennusten elinkaarimittarit 2013)

ELINKAAREN VAIHE	YKSINKERTAISTUS	EDELLYTYKSET JA YKSINKERTAISTAMISEN TOIMINTATAPA
<b>A4-A5 RAKENTAMIS-VAIHE</b>	Laskea oletusarvolla	Voidaan käyttää ennen urakkatarjouksien saamista tai urakkasuunnitelmien laadintaa. Lasketaan työmaan lämmitysenergialla 200 kWh / brm <sup>2</sup> , jos energiamuoto ei tiedossa lasketaan sähköinä.
<b>B1 KÄYTTÖ</b>	Jättää huomioimatta	Voidaan jättää huomioimatta, jos kohteeseen ei tule merkittävästi kylmäaineita (arviointiperusteena jäähdytysteho alle 40 W / brm <sup>2</sup> ).
<b>B2 KUNNOSSAPITO</b>	Laskea oletusarvolla	Jos rakennuksen todellista huolto-ohjelmaa ei tunneta, voidaan laskea oletusarvolla, arvona 2 kg CO <sub>2</sub> e / brm <sup>2</sup> / vuosi.
<b>B3 KORJAUS</b>	Jättää huomioimatta	Voidaan jättää huomioimatta, jos korjaustarvetta ei pystytä arvioimaan.
<b>B5 LAAJAMITTAISET KORJAUKSET</b>	Jättää huomioimatta, jos käyttöikä alle 30 v	Voidaan jättää huomioimatta jos käyttöikä on alle 30 v., tai jos voidaan osoittaa että rakennus ei tarvitse käyttöiän aikana peruskorjausta.
<b>B6 ENERGIAN KÄYTTÖ</b>	Laskea ostosähköllä	Jos kohteen energiaratkaisua ei ole suunniteltu tai siitä ei ole päätetty
<b>B7 VEDEN KÄYTTÖ</b>	Jos ei teollisuus-kiinteistö, laskea kokonaiskulutuksella	Kaikille muille kuin teollisuuskiinteistöille voidaan halutessa huomioida kohteen kaikki vedenkäyttö. Teollisuuskohteissa näin ei voida toimia, koska veden kulutus voi olla hyvin merkittävää.
<b>C1-C4 PURKUVAIHE</b>	Laskea oletusarvolla	Ennen kuin massoitelu on suunniteltu / tiedossa, voidaan laskea oletusarvolla, arvona 20 kg CO <sub>2</sub> e / brm <sup>2</sup> .
<b>D ELINKAAREN ULKOPUOLISET VAIKUTUKSET</b>	Jättää huomioimatta	Ennen kuin massoitelu on suunniteltu / tiedossa.

## 5.8 Jätteiden päästöt

Jätteiden käsittelyssä syntyvät päästöt tulee huomioida siihen saakka kunnes jäte on käsitelty hyödyntämiskelpoiseksi materiaaliksi (End of Waste-tila). Kaikki päästöjen leikkaukset, joita saadaan materiaalien kierrättämisestä joko energiana tai materiaalihyötynä, tulee ilmoittaa lisätiedoissa(moduuli D), mutta niitä ei saa hyödyntää itse hiilijalanjälkilaskelmassa.

Materiaaleista ei tarvitse huomioida alkuperäisen valmistuksen vaatimia päästöjä, jos ne tulevat kierrätyksen kautta rakennukseen, esimerkiksi purkukohteesta tai jätevirroista. Näissä tapauksissa huomioidaan vain ne päästöt, jotka syntyvät edellisen kohteen loppusijoituksen jälkeen (ks. taulukko 4). (Rakennusten elinkaarimittarit 2013.)

TAULUKKO 4. Uusiomateriaalien päästöjen huomiointi (Rakennusten elinkaarimittarit 2013)

MATERIAALIN LÄHTÖTILA	VAATIMUKSET / MÄÄRITELMÄ	HUOMIOITAVAT PÄÄSTÖT
YLIJÄÄMÄMATERIAALI	Materiaali on hankittu ylijäämänä alun perin muuhun kohteeseen	Kuljetus ja asennus
JÄTEMATERIAALI	Materiaali on jalostettu jätteestä	Jalostaminen, kuljetus ja asennus
UUSIOKÄYTTÖ PURKUKOhteesta	Materiaali tulee purkukohteesta käyttövalmiina osina tai aineksina	Kuljetus, kunnostaminen ja asennus

## 5.9 Hiilivarastoa ei huomioida laskennassa

Koska hiilijalanjäljen määrittämisessä materiaaleja tarkastellaan niiden koko elinkaaren puitteissa, ei hiilivarastoja voida huomioida laskuissa. Hiilivarastot ovat luonteeltaan väliaikaisia varastoja, ja ne ovat jo olemassa ennen kuin materiaalin jalostus alkaa. Varastot vapautuvat, kun materiaali muutetaan energiaksi. Päästötietoina ei voida käyttää tietoja, joista on vähennetty hiilivarastot. Tämän voi usein päätellä negatiivisesta päästökertoimesta. Tietojen uskottavuutta voidaan arvioida tarkemmin vertailemalla ympäristötietojen laskentamenetelmien yhdenmukaisuutta, ja sitä ovatko ne linjassa EN 15804-standardissa esitettyjen määrittelyjen kanssa. CEN/TC 350 – standardityöryhmä ei ole myöskään hyväksynyt hiilivarastojen ilmoittamista

lisätiedoissa. Näin ollen hiilivarastoihin ei tule ottaa mitään kantaa hiilijalanjäljen määrittämisen yhteydessä. (Rakennusten elinkaarimittarit 2013; SFS-EN 15804 2012.)

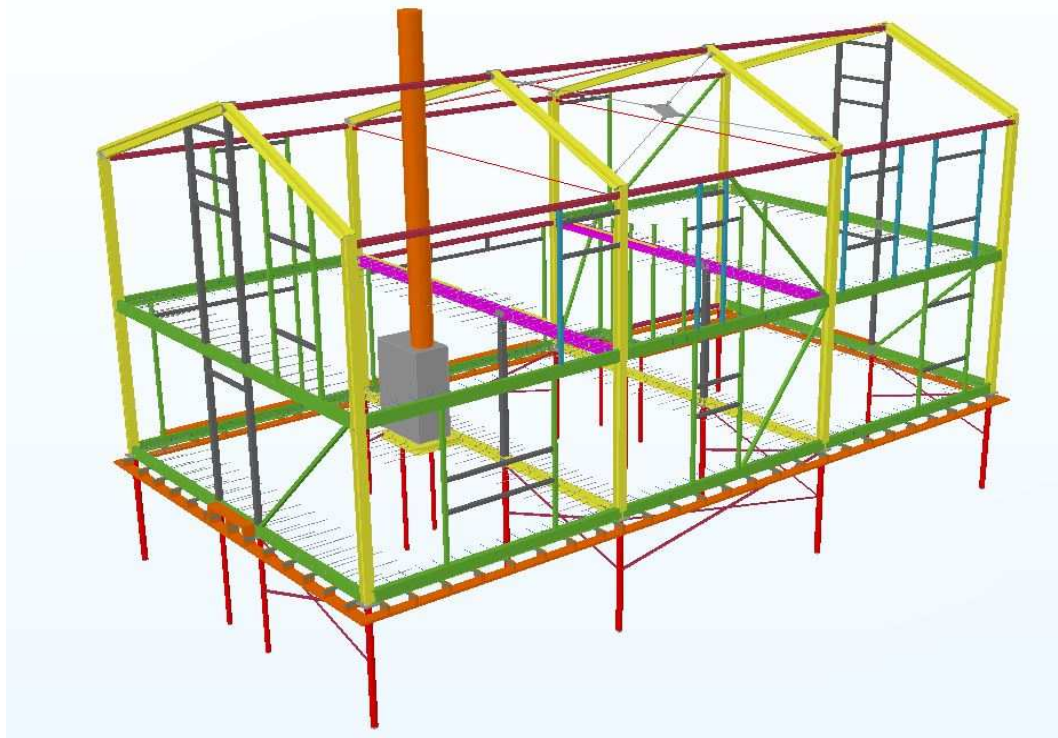
Usein tuotevalmistajat, jotka käyttävät materiaaleja, joilla on merkittävät hiilivarastot, laskevat hiilivarastot mukaan tuotteiden ympäristötietoihin. Etenkin puutuotteiden valmistajat ilmoittavat puuhun varastoituneen hiilen, mikä saa tuotteiden päästöille negatiivisen kertoimen. Esimerkiksi puukerrostaloon varastoituneen hiilen määrä on todella merkittävä, mutta tämä hiili on varastoituneena jo luonnossa raaka-aineeseen, eikä varasto synny rakentamisen yhteydessä. Kun ilmoitetaan tuotteen valmistamisessa syntyneitä päästöjä, pitäisi hiilivaraston syntyä myös tässä vaiheessa, jotta sen voisi hyödyntää laskelmissa.

## 6 ELÄMÄN LANKA, REKOOLIKATU 1

Elämän Lanka on Jyväskylän asuntomessualueella sijaitseva kaksikerroksinen omakotitalo, jonka kerrosala on 215 m<sup>2</sup>. Rakennuksessa on panostettu materiaalien kierrätettävyyteen ja pyritty saamaan siitä ympäristöystävällisempi. Talo on rakennettu teräspaalujen päälle, ja alapohjana toimii valettu 220 mm:n teräsbetonilaatta. Rakennuksen runkona toimii teräksinen kehä (ks. kuvio 8). Paalujen ja rungon terästen määrä on lähes kymmenen tonnia ja ulkoseinissä käytettävät elementit ovat myös terästä mikä mahdollistaa materiaalien korkean kierrätysasteen. Ulkoseinissä on teräsohutellevypintainen eristetty peltikasetti, jotka ovat Kingspanin valmistamia ja niitä mainostetaan kestävästä kehitystä edustavina tuotteina ja ympäristöystävällisinä ratkaisuina. Rakennuksessa on melko suuri määrä ikkunoita, jotka tulisi myöhemmin saada uusiokäyttöön. Ikkunoiden uudelleenkäyttö on varsin yleistä, koska niitä pystytään hyödyntämään toisarvoisissa kohteissa kuten varistorakennuksissa. Välipohjassa on alapohjan tapaan paikalla valettu 220 mm:n teräsbetonilaatta. Yläpohjassa on puurunkoiset kattoelementit, joiden päällä on pellitys.

Suurista massoista erityisesti ulkoseinät ja runko, jotka sisältävät paljon terästä, on suunniteltu kierrätettäväksi. Kingspanin elementtejä voidaan käyttää uudelleen, tai

eritellä teräs sekä villa ja kierrättää molemmat uusiokäyttöön materiaaleiksi. Teräksistä runkoa pystytään myös hyödyntämään, mikäli osille löydetään hyviä uudelleen käyttökohteita tulevaisuudesta. Toinen vaihtoehto teräsosille on sulattaa ne raaka-aineeksi uusille tuotteille, jolloin saavutetaan myös erittäin hyviä säästöjä kasvihuonekaasupäästöihin. Ala- ja yläpohjissa käytetyt polyuretaanieristeet voidaan hyödyntää uudelleen, jos ne pystytään purkamaan siten, ettei niiden kunto kärsi. Toinen vaihtoehto on polttaa ne energiaksi. Polyuretaanin kierrättäminen olisi erittäin suotavaa, sillä sen valmistamisessa syntyy suuri määrä päästöjä. Betoniset ala- ja välipohja aiheuttavat myös suuria päästöjä, koska niiden massa on 111 tonnia eikä paikalla valettu betoni sovellu kovinkaan hyvin kierrätykseen. Betoni voidaan murskata joko betonituotannon omaan käyttöön raaka-aineeksi tai murskeeksi maanrakentamiseen. Puiset kattoelementit pystytään hyödyntämään uudelleen, mutta muuten puumateriaali menee lähes järjestään poltettavaksi. Puumateriaalien kierrättämistä raaka-aineiksi on yritetty kasvattaa, mutta vielä sen yleistyminen on saanut odottaa.



KUVIO 8. Elämän Lanka, teräsrunko

## 7 LASKELMAT

### 7.1 Yleistä

Rakennuksessa käytettyjen materiaalien hiilijalanjälkeä tarkastellaan kolmessa eri tapauksessa. Ensiksi tarkastellaan hiilijalanjälki ilman materiaalien minkäänlaista kierrättämistä. Tämän jälkeen hiilijalanjälki tarkastellaan niin, että mukana on uusiokäyttö ja viimeisenä huomioidaan materiaalien uudelleenkäyttö. Laskuissa huomioidaan kaikki materiaalit, mitkä pystytään teoriassa kierrättämään uusio- tai uudelleenkäyttöön. Laskennassa on käytetty suunnittelu arvoja, eli rakennusvaiheen materiaalihukkaa ei oteta laskuissa huomioon. Rakennusvaiheen viemä energia jätetään myös laskuista pois, koska laskelma suoritetaan tämän kohteen tuotevaiheesta seuraavan oletetun kohteen rakennusvaiheeseen, jolloin rakennusvaihe tulee kahteen kertaan. Tämä tehdään, jotta saataisiin päästöt koskemaan mahdollisimman tarkasti rakennusmateriaaleja. Koska tarkoituksena on laskea materiaalien aiheuttamat päästöt, jätetään laskuista pois myös käytön aikaiset päästöt, ja tarkempien tietojen puuttuessa ei oteta kantaa mahdollisiin korjaustoimenpiteisiin. Rakennuksen purkamiseen kulutettu energia oletetaan joka tapauksessa samaksi. Purkamiseen kulutettu energia on laskettu siten, että jokaista bruttoneliötä kohden hiilidioksidiekvivalentti on 20 kg. Rakennuksen bruttoalan ollessa  $231\text{m}^2$  saadaan purkamisen kokonaispäästöiksi 4 620 CO<sub>2</sub>-ekv. kg.

### 7.2 Rakennusmateriaalin hiilijalanjälki ilman kierrätystä

Ensimmäisessä tarkastelussa ei huomioida rakennusmateriaalien kierrättämistä. Taulukossa 5 on ilmoitettu merkittävimpien rakennusmateriaalien hiilidioksidiekvivalentti ilman kierrätystä. Materiaaleille on huomioitu purkamisen jälkeen ainoastaan kuljetus lähimpään jätteenkäsittelykeskukseen. Tämä tarkastelu ulottuu siis A1-vaiheesta A4-vaiheeseen. Koko rakennuksen hiilidioksidiekvivalentti kaikkien materiaalien, purkamisen ja kuljettamisen osalta on 65 656 kg. Vertailun vuoksi rakennusmateriaalien päästöjä voidaan verrata esimerkiksi henkilöautolla ajamiseen, missä ilmaan vapautuu CO<sub>2</sub>-päästöjä keskimäärin noin 160g/km. Tämä tarkoittaa, että au-



tolla pitäisi ajaa reilut 400 000 km, jotta sen päästöt olisivat yhtä suuret kuin tämän rakennuksen materiaalien aiheuttamat päästöt. (Motiva, 2013)

TAULUKKO 5. Materiaalien kasvihuonekaasupäästöt ilman kierrätystä

Rakennusmateriaali	Määrä	CO <sub>2</sub> -ekv. (kg)
Teräs(runko ja paalut)	9 640 kg	19 486
Betoni	111 000 kg	11 636
Seinäelementit	586 m <sup>2</sup>	12 977
Eristeet (polyuretaani ja villa)	2 810 kg	10 064
Kevytsorabetoniharkot	1 530 kg	423
Puu	4 212 kg	581
Ikkunat	41 m <sup>2</sup>	3 428
Kipsilevyt	2 900 kg	812
Peltikate	660 kg	1 301
Kuljetukset		330
<b>Yhteensä</b>		<b>61 036</b>

Kuviossa 9 on esimerkki teräksen CO<sub>2</sub>- päästöjen laskennasta. Ensiksi on taulukoitu kaikki teräsosat ja niiden massat, jonka jälkeen kokonaismassa kerrotaan ympäristöselosteessa annetuilla kasvihuonekaasujen määrillä. Eri kasvihuonekaasuille on annettu GWP-kertoimet, joilla kasvihuonekaasut kerrotaan, jotta niistä saadaan hiilidioksidiekvivalentti. Yleisimmistä kasvihuonekaasuista hiilidioksidilla on kerroin yksi, metaanilla 21 ja typpioksiduulilla 310. Koska teräsosien ympäristöselosteessa oli jo huomioitu kierrätyksen tuoma hyöty, on kokonaispäästöjen määrään jouduttu lisäämään CO<sub>2</sub>- päästöjä, jotta saadaan tuotteen alkuperäiset ilmastovaikutukset. Laskennan vaihtelevuus riippuu siitä, missä muodossa tuotteen ympäristövaikutukset on selosteessa ilmoitettu. Ympäristöselosteessa voidaan kohdistaa tiedot joko massaa tai alaa kohden. Esimerkiksi ikkunoiden kasvihuonekaasupäästöt ovat ilmoitettu alaa kohden ja teräksellä massaa kohden.



TERÄS					
Nimi	Profil	Materiaali	Lkm	Paino [kg]	Paino yht.
KONSOLI	L150*90*12	S355J2	4	3,0	12,0
KONSOLI	L150*90*12	S355J2	4	3,2	12,9
PLATE	PL10*121	S355J2	1	1,0	1,0
PLATE	PL10*121	S355J2	1	1,0	1,0
PLATE	PL10*135	S355J2	3	0,9	2,7
PLATE	PL10*131	S355J2	1	0,9	0,9
PLATE	PL10*121	S355J2	2	1,0	2,0
PLATE	PL10*80	S355J2	8	0,9	7,5
PLATE	PL10*70	S355J2	24	1,1	25,4
PLATE	PL10*72	S355J2	40	0,7	29,1
PLATE	PL10*120	S355J2	2	2,7	5,4

TERÄS-CFRHS					
	g/kg	gwp	kg	*lisäys g/kg	co2 ekv
co2	1050,0	1	2540,95		2667999
ch4	5,8	21	2540,95		309488
n2o	0,021	310	2540,95		16541,6
			2540,95	908,996	<b>5303745</b> g
					<b>5303,75</b> kg

TERÄS-S355J2-PAALUT					
	g/kg	gwp	kg	*lisäys g/kg	co2 ekv
co2	1070,0	1	7099,4		7596358
ch4	0,8	21	7099,4		119270
n2o	0,006	310	7099,4		13204,9
			7099,4	908,996	<b>1,4E+07</b> g
					<b>14182,2</b> kg

MATERIAALI	CO2 ekv. (kg)/A1-A3	Kuljetukset
TERÄKSET	19486	
ERISTEET	10064	
SEINÄ ELEMENTIT	12977	
BETONI	11636	
PUU	581	
PELTIKATE	1301	
KEVYTSORABETONIHAR	423	
KIPSILEVY	812	
IKKUNAT	3428	
	<b>61036</b>	330

KUVIO 9. Esimerkki laskennasta

### 7.3 Uusiokäytöllä saavutettavat säästöt

Taulukossa 6 on esitetty rakennusmateriaalien päästöt sekä uusiokäytön tuomat CO<sub>2</sub>-säästöt verrattuna edellä esitettyyn tapaukseen, jossa ei ollut mukana kierrättämistä. Päästöarvot perustuvat siihen, että kaikki materiaalit pystytään toimittamaan uusiokäytettäviksi ja näistä raaka-aineista valmistettuja tuotteita käytetään jossain rakennuksessa uudestaan. Käytännössä tarkastelu ulottuu A1-vaiheesta seuraavan rakennuksen A5-vaiheeseen. Tässä tapauksessa kuljetusmatka huomioidaan paljon pidempänä, koska materiaalit tulee toimittaa pääsääntöisesti takaisin tehtaalle, jossa suoritetaan niiden jatkojalostus. CO<sub>2</sub>-päästöjen määrää saadaan tiputettua reilu 20 000kg kun rakennusmateriaalit toimitetaan uusiokäytettäviksi. Kun rakennuksen purkaminen otetaan huomioon, saadaan tässä tapauksessa rakennuksen kokonaispäästöiksi 44 804 kg. Taulukosta 6 on paksunnettu niiden materiaalien arvot, joista ainakin osa täytyy kierrättää uusiokäyttöön, koska niitä ei ole mahdollista uudelleen käyttää. Esimerkiksi paikalla valettu betonilaatta on mahdotonta käyttää uudelleen, mutta se on mahdollista murskata uusiokäyttöön.

TAULUKKO 6. Uusiokäytöllä saavutettavat säästöt

Rakennusmateriaali	CO <sub>2</sub> -ekv. (kg)	CO <sub>2</sub> -ekv. (kg) säästö
Teräs(runko ja paalut)	10 723	8 763
Betoni	<b>10 181</b>	<b>1 454</b>
Seinäelementit	6 553	6 423
Eristeet (polyuretaani ja villa)	<b>6 341</b>	<b>3 723</b>
Kevytsorabetoniharkot	360	63
Puu	<b>292</b>	<b>289</b>
Ikkunat	2 742	689
Kipsilevyt	<b>609</b>	<b>203</b>
Peltikate	<b>701</b>	<b>600</b>
Kuljetukset	1 682	
<b>Yhteensä</b>	<b>40 184</b>	<b>20 852</b>

#### 7.4 Uudelleenkäytöllä saavutettavat säästöt

Taulukossa 7 on esitetty rakennusmateriaalien päästöt, kun kaikki uudelleenkäytettäväksi soveltuva materiaali käytetään sellaisenaan uudestaan vähintään jossain vähäarvoisemmassa kohteessa kuten varistorakennuksessa. Taulukossa esitetään myös kuinka paljon CO<sub>2</sub>-päästöjä voidaan säästää uudelleen käyttämällä rakennusmateriaaleja verrattuna tapaukseen, jossa materiaaleja ei kierrätetty lainkaan. Tarkastelu ulottuu A1-vaiheesta teoreettisen seuraavan rakennuksen A5-vaiheeseen, jolloin saadaan uudelleenkäytöstä syntyvät päästöhyödyt. Uudelleen käytettävien materiaalien laskennassa on huomioitu, ettei kaikkia uudelleenkäytettäväksi soveltuvista materiaaleista pysty purkamaan niin, että ne säilyisivät ehjinä. Kokonaispäästöt jäävät 26 823 kg:aan, mikä on reilusti alle puolet ilman kierrätystä aiheutuviin päästöihin verrattuna.

TAULUKKO 7. Uudelleenkäytöllä saavutettavat säästöt

Rakennusmateriaali	CO <sub>2</sub> -ekv. (kg)	CO <sub>2</sub> -ekv. (kg) säästö
Teräs(runko ja paalut)	1 113	18 373
Betoni	11 636	0
Seinäelementit	0	12 77
Eristeet (polyuretaani ja villa)	5 420	4 643
Kevytsorabetoniharkot	0	423
Puu	239	342
Ikkunat	0	3 428
Kipsilevyt	812	0
Peltikate	1 301	0
Kuljetukset	1 682	
<b>Yhteensä</b>	<b>22 203</b>	<b>38 833</b>

Kun halutaan saada teoreettisesti maksimaaliset kierrättämisellä saavutettavat CO<sub>2</sub>-päästö säästöt, kierrätetään osa materiaaleista uusiokäyttöön, mikäli ne eivät sovellu uudelleenkäytettäviksi, ja muut materiaalit kierrätetään uudelleenkäyttöön. Kierrättämällä rakennuksessa käytettävät materiaalit, hiilidioksidiekvivalentti jää 18 279 kg:aan ja säästöjä saavutetaan jopa 42 757 kg:aa. Tämä tarkoittaa, että Elämän Lan-ka-nimisen omakotitalon materiaaleja kierrättämällä voidaan säästää rakennusmateriaalien CO<sub>2</sub>-päästöjä 70 %. Kun materiaaleja pystytään hyödyntämään uudelleen sellaisinaan, säästetään valtavat määrät energiaa niiden valmistuksessa ja näin päästöt jäävät pieniksi. Uudelleenkäytettäville materiaaleille syntyy päästöt vain niiden kuljettamisesta. Uudelleenkäytettäviä materiaaleja voidaan myös ehostaa esimerkiksi pinnoittamalla niitä, mutta tällöin tulee tarkastella uudelleen päästövaikutuksia.

## 7.5 Yhteenveto

Tulokset osoittavat, että kierrättämisellä on suuri merkitys ilmastomuutoksen hidastamisessa. Päästöjen kannalta on aina parempi, jos materiaaleja pystytään käyttämään uudelleen. Uudelleenkäyttäminen vähensi päästöjä kaksi kertaa enemmän

kuin uusiokäyttäminen, mikä myös toi selviä säästöjä päästöihin. Kaikki materiaalit eivät sovellu uudestaan käytettäviksi, jolloin ne kierrätetään raaka-aineiksi ja nämä kierrätysmenetelmät yhdistämällä saadaan suurin potentiaalinen hyöty. Teoreettisesti maksimaalisella kierrättämisellä kohteen CO<sub>2</sub>-päästöistä saatiin vähennettyä 70 % verrattuna siihen, jos materiaaleja ei kierrätettäisi lainkaan. Taulukossa 8 on esitetty laskemien tulokset.

TAULUKKO 8. Laskelmien tulokset

Rakennusmateriaali	Ilman kierrätystä CO <sub>2</sub> -ekv. (kg)	Materiaalien uusikäyttö CO <sub>2</sub> -ekv. (kg)	Materiaalien uudelleen- käyttö CO <sub>2</sub> -ekv. (kg)	Optimoitu kierrätys CO <sub>2</sub> -ekv. (kg)
Teräs(runko ja paalut)	19 486	10 723	1 113	1 113
Betoni	11 636	<b>10 181</b>	11 636	10 181
Seinäelementit	12 977	6 553	0	0
Eristeet (polyuretaani ja villa)	10 064	<b>6 341</b>	5 420	3 838
Kevytsorabetoniharkot	423	360	0	0
Puu	581	<b>292</b>	239	155
Ikkunat	3428	2 742	0	0
Kipsilevyt	812	<b>609</b>	812	609
Peltikate	1301	<b>701</b>	1 301	701
Kuljetukset	330	1 682	1 682	1682
<b>Yhteensä</b>	<b>61 036</b>	<b>40 184</b>	<b>22 203</b>	<b>18 279</b>

Päästöistä saadaan karsittua merkittävä osa pois, jos rakennusmateriaaleja kierrätetään. Vaikka kyseessä on pientalo, pitää muistaa, että niitä on suomessa reilut 1,2 miljoonaa, jolloin säästöjen mittasuhteet kasvavat jo merkittävälle asteelle. Kun päästöihin on mahdollista vaikuttaa näinkin paljon pelkästään materiaalivalinnoilla, on syytä miettiä mitä rakennusmateriaaleja käyttää.

Tulokset perustuvat Teklan mallinnuskuvista sekä suunnittelukuvista saatuihin materiaali määriin, jolloin niissä ei ole mukana työmaalla syntyvää hukkaa. Toisaalta pitää ottaa huomioon, että monesti hyvin kierrätettäviksi soveltuvat materiaalit eivät vaadi paljon hukkamateriaalia, kuten tämän kohteen ulkoseinäelementit. Tulosten tarkkuuteen varjostaa hieman valmistajien ilmoittamien ympäristöselosteiden yhdenmukaisuuden puute. Ympäristöselosteissa saattaa olla ilmoitettuna hiilivarastoja tai kierrätyksen tuomia etuja jo valmiina, jolloin niitä ei voi käyttää samoissa tarkasteluissa muiden tuotteiden kanssa. Lisäksi harvoilta valmistajilta on suoraan saatavilla tuotteiden ympäristöselosteita, ja tämän työn työläimpiä vaiheita olikin materiaalien ympäristöselosteiden kasaaminen, sekä niiden luotettavuuden varmistaminen.

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn alkuvaiheissa tuli konkreettisesti vastaan tosi asia, että hiilijalanjäljen määrittäminen on melko vähän käsitelty aihe rakennusten parissa. Rakennusprosesseissa on niin monta vaihetta, että hiilijalanjäljen tarkan määrittämisen tueksi vaadittaisiin paljon tietoa, jota usein on vaikea saada tarkasti. Hiilijalanjäljen laskemismenetelmät ovat koko ajan kehittyneet ja tulevat varmasti vielä kehittymään lähi aikoina, jotta rakennusten hiilijalanjäljen määrittäminen yleistyisi, ja tulisi jopa lain mukaan pakolliseksi uudisrakennuksille. Jotta tulevaisuudessa hiilijalanjälkeä olisi helpompi määrittää rakennuksille, tulisi tuotevalmistajille asettaa pakolliseksi ympäristöselosteiden julkinen jakaminen. Ympäristöselosteille tulisi myös asettaa tarkat ja yhdenmukaiset säännökset, jotta saatavilla olevat tiedot olisivat luotettavia.

Työn aikana opin paljon uutta asiaa kierrättämisestä ja ympäristöystävällisistä toimintatavoista niin yleisesti kuin rakentamisen parissa. Tuloksiin oleellisesti vaikuttavatekijä on tuotevalmistajien ilmoittamat tiedot tuotteen päästöistä ilmaan. Tietoja joita käytin laskelmissa ovat varmuudella melko lähellä oikeita arvoja, koska vertailin niitä muidenkin valmistajien arvoihin, jotta sain tuloksiin lisää luotettavuutta. Pitää kuitenkin muistaa, että vaikka tiedot ovat luotettavia, ne perustuvat teoreettisiin arvoihin kierrättämisen suhteen. Tulokset pitävät paikkaansa, mikäli tuotteet ovat

asennettu niin, että purkaminen ilman materiaalivahinkoja on mahdollista. Toivomisen varaa kuitenkin on, kun valmistajat eivät aina itsekään tiedä, onko tiedoissa käytetty esimerkiksi kierrättämisen tuomia päästövähennyksiä. Terästuotteiden kohdalla aloin miettimään, mikä on todellinen hiilijalanjälki, kun tuote valmistetaan osittain neitseellisistä raaka-aineista ja osittain uudelleen sulatetusta teräksestä. Miten tuloksiin saa varmuutta kun terästä kierrätetään useampaan kertaan, ja samalla lisätään uusia raaka-aineita joihinkin tuotteisiin ja osa pystytään valmistamaan täysin kierrätetystä teräksestä?

Saatujen tulosten perusteella rakennusmateriaalien kierrätettävyyteen kannattaa panostaa. Vaikka kyseessä onkin pientalo, on päästöissä mahdollista saavuttaa prosentuaalisesti niin suuria säästöjä, että materiaalivalinnoissa kannattaa olla ehdotoman huolellinen. Pelkästään materiaalien valinnoilla ei tosin taata hyvää kierrätettävyyttä vaan rakennus tulee myös toteuttaa niin, että purkaminen on mahdollista. Tässä työssä tarkasteltavana olleen kohteen materiaalien kierrätyksellä pystytään säästämään teoreettisesti yli 40 000kg CO<sub>2</sub>-päästöjä, mikä on pientalolle todella suuri määrä pelkistä materiaalikierrätyksistä. Päästöt laskettiin uudisrakennukselle, mutta yhtälailla hiilijalanjäljen määrittämistä voitaisiin hyödyntää korjausrakentamisen yhteydessä tehtäviin materiaalivalintoihin. Suomen rakennuskannasta on noin 85 % pientaloja, mikä kertoo suuresta mahdollisuudesta saada rakennusallalle merkittävät säästöt CO<sub>2</sub>-päästöihin, kun kierrätys otetaan mukaan osaksi suunnitteluvaiheita laajemmassa mittakaavassa.

Kaiken kaikkiaan työ oli siltä osin onnistunut, että siinä pystyttiin osoittamaan kierrättämisen tuomat edut CO<sub>2</sub>-päästöihin. Rakennusmateriaalien valinnalla voidaan vaikuttaa merkittävästikin ilmastonmuutokseen vähentämällä CO<sub>2</sub>-päästöjä. Toinen oleellinen seikka, joka tässä työssä tuotiin ilmi, mikä konkretisoitui vielä paremmin laskelmien yhteydessä, oli kierrättämisen ja hiilijalanjäljen liittäminen osaksi suunnitteluvaihetta. Kun nämä vaiheet olisivat mukana jo suunnitteluvaiheessa, pystyttäisiin suunnittelusta saatavia tietoja hyödyntämään paremmin hiilijalanjäljen laskennassa ja kierrättäminen pystyttäisiin toteuttamaan tehokkaammin. Kun hiilijalanjälki liitetäisiin osaksi suunnittelua, voitaisiin etsiä ympäristöystävällisempiä ratkaisuja, ja löytää myös taloudellisesti kultainen keskitie kierrättämiselle.

Tulosten perusteella hiilijalanjäljen määrittäminen on kannattavaa, jotta voidaan valita oikeat materiaalit, joilla pystytään säästämään ilmastoa. Kun ilmastonmuutos on keskeinen ja globaali ongelma, johon on pyrittävä vaikuttamaan monin tavoin, on rakennusmateriaalien kierrättäminen erittäin yksinkertainen keino saada suuriakin säästöjä aikaiseksi. Tulevaisuutta ajatellen laskelmilla pystyttiin osoittamaan, että rakennusmateriaaleille on kannattavaa suunnitella oikeanlainen kierrätys. Hiilijalanjäljen laskemista varten olisi viisasta kehittää laskupohja, jolla pystyttäisiin jo rakennusmateriaaleja valittaessa huomaamaan, mitkä ovat niiden ympäristövaikutukset.

## LÄHTEET

A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050. 2011. Euroopan komissio. Viitattu 9.5.2014.

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52011DC0112>

Häkkinen, T., Korhonen, M., Myllymaa, T., Ruuska, A. & Vares, S. 2013. Rakennusmateriaalien ympäristövaikutukset. Ympäristöministeriö.

ISO/TS 14067.2013. Kasvihuonekaasut. Tuotteiden hiilijalanjälki. Hiilijalanjäljen laskemista ja viestimistä koskevat vaatimukset ja ohjeet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.

Motiva. 2013. Viisaan liikkumisen valinnat.

[http://www.motiva.fi/liikenne/viisaan\\_liikkujan\\_valinnat/lomamatkat/lentaminen\\_ja\\_laivamatkailu](http://www.motiva.fi/liikenne/viisaan_liikkujan_valinnat/lomamatkat/lentaminen_ja_laivamatkailu). Viitattu 10.5.2014

Rakennusmateriaalien hiilijalanjälki. 2011. Puuinfo & Suomen Metsäsäätiö.

<http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/info/rakennusmateriaalien-hiilijalanjalki/rakennusmateriaalien-hiilijalanjalki-web.pdf>. Viitattu 13.4.2014.

Rakennusten elinkaarimittarit. 2013. Green Building Council Finland. Viitattu

6.5.2014. [http://figbc.fi/wp-content/uploads/2013/01/Rakennusten\\_elinkaarimittarit\\_2013.pdf](http://figbc.fi/wp-content/uploads/2013/01/Rakennusten_elinkaarimittarit_2013.pdf).

RIL -216. 2013. Rakenteiden ja rakennusten elinkaaren hallinta. Tammerprint Oy.

Rakennusmateriaaleilla on väliä. 2013. Ympäristö-lehti. Helsinki: Stellatum Oy.

SFS-EN 14040. 2006. Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Periaatteet ja pääpiirteet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.

SFS-EN 15804. 2012. Kestävä rakentaminen. Rakennustuotteiden ympäristöselosteet-Laadinnan yleissäännöt. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.

SFS-EN 15978. 2011. Sustainability of construction works. Assessment of environmental performance of buildings. Calculation method. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.

Rakennuskanta. 2012. Tilastokeskus. Viitattu 12.4.2014.

[http://www.stat.fi/til/rakke/2012/rakke\\_2012\\_2013-05-24\\_kat\\_002\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/rakke/2012/rakke_2012_2013-05-24_kat_002_fi.html).

Ilmastopäästöt toimialoittain. 2013. Tilastokeskus. Viitattu 1.5.2014.

<http://www.tilastokeskus.fi/til/tilma/index.html>

Yhdyskuntajätteen poltto kasvoi liki miljoonaan tonniin. 2013. Tilastokeskus. Viitattu 1.5.2014.

[http://www.tilastokeskus.fi/til/jate/2012/jate\\_2012\\_2013-11-26\\_tie\\_001\\_fi.html](http://www.tilastokeskus.fi/til/jate/2012/jate_2012_2013-11-26_tie_001_fi.html)