

# **KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU**

## **Rakennustekniikan koulutusohjelma**

**Sami Huotari**

## **TYÖMAAN MATERIAALIHUKAN HALLINNAN KEHITTÄMINEN**

Opinnäytetyö  
Syyskuu 2014



**OPINNÄYTETYÖ**  
**Syyskuu 2014**  
**Rakennustekniikan koulutusohjelma**

Karjalankatu 3  
80200 JOENSUU  
p. (013) 260 6800

Tekijä  
Sami Huotari

Nimeke  
Työmaan materiaalihukan hallinnan kehittäminen

Toimeksiantaja  
Lujatalo Oy

Tiivistelmä

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin rakennustyömaalla tulevaa jätettä ja tapoja joilla voidaan välttää jätteiden syntyä sekä jätteisiin liittyviä kustannuksia. Työssä käsitellään yleisesti jätemääriä ja perehdytään jätelain velvoitteisiin sekä pääpainoisesti keinoja välttää materiaalinylijäämästä jäävää jätettä. Tutkimuksen toimeksiantajana on Lujatalo Oy, joten työssä käytetään heidän tutkimuksia apuna työn tekemisessä.

Rakennusjätteiden määrät ovat aiheuttaneet keskustelua uusien EU:n jätedirektiivien vaatimuksen lähestyessä. Näissä vaatimuksista EU jäsenmaissa rakennus- ja purkujätteistä materiaalien kierrätyksen osuus on oltava 70 % vuoteen 2020. Suomessa tämä osuus on arvioitu olevan 26 %.

Työmaiden materiaalienhukan hallinnassa nykypäivänä on vielä paljon parantamisen varaa, joihin suurin ratkaisu löytyy suunnittelusta ja materiaalin oikeaoppisesta käsittelystä. Suunnittelu vaiheessa on oltava tietoinen materiaalin oikeasta mitoituksesta ja työmaalla työnjohdolla ja työntekijöillä oltava tarpeellinen ohjeistus ja motivointi materiaalin ja materiaalin jätteen käsittelyssä.

Kieli  
suomi

Sivuja 42  
Liitteet 1  
Liitesivumäärä 1

Asiasanat  
Materiaalihukka, Kehittäminen



**THESIS**  
**Month 2014**  
**Degree Programme in**  
**Structural Engineering**  
Karjalankatu 3  
FI 80200 JOENSUU  
FINLAND  
The Centre number (013) 260 6800

Author

Sami Huotari

Title

Construction site material loss management development

In this thesis the upcoming construction site waste and methods which can avoid the generation of waste and waste-related costs. The work deals with general waste volumes and introduction to the Waste Act obligations and the main focus of this work is to avoid the material surplus of residual waste. The research was commissioned by Lujatalo Oy, I use their research to help proceed on my work.

Construction Waste volumes have led to discussion of new EU waste directives when requirement is approaching. Requirement for EU member states that construction and demolition waste recycling of materials must be accounted for to 70% by the year 2020. In Finland, this proportion is estimated to be 26%.

Worksite loss of materials management nowadays is still have a lot of improved, which is found the main solution for planning and the material orthodox handling. Planning phase must be aware of the correct dimensioning of the material and the construction site supervisors, and employees have the necessary guidance and motivation of the material and the material waste treatment.

Language  
Finnish

Pages 42  
Appendices 1  
Pages of Appendices 1

Keywords

material loss, development

## Sisältö

Nimikkeistö ja terminologia.....	4
1 Johdanto.....	6
2 Rakennustyömaan ylijäämät.....	8
2.1 Puu .....	9
2.2 Kivipohjaiset rakennusmateriaalit.....	10
2.3 Metalli .....	12
2.4 Vaaralliset jätteet.....	12
3 Jättemäärät Suomessa.....	13
3.1 Jättemäärien muutos .....	13
3.2 Jätteiden käsittelyyn liittyvät velvoitteet.....	16
3.3 Kierrätyksen nykytilanne .....	18
3.4 Työmaiden jätteiden kierrätys ja jättemäärät.....	<b>VIRHE. KIRJANMERKKIÄ EI OLE MÄÄRITETTY.</b>
3.5 Kierrätyksen kustannukset .....	19
5 Työmaahukkien hallinta .....	21
6 Hukanhallinta rakennuksen eri vaiheissa .....	24
6.1 Rakennuksen suunnittelu .....	24
6.2 Työmaan aikana .....	27
7 Materiaalikohtaisia hukkia ja ratkaisuja.....	30
7.1 Betoni .....	30
7.2 Betoniteräs.....	32
7.3 Puutavara.....	32
7.4 Rakennuslevyt .....	33
7.5 Lämmöneristeet.....	34
Pohdinta .....	35
Lähteet.....	36

## Liitteet

Liite 1      Lassila ja Tikanojan hintatarjous Lujatalolle Mikkelissä 2014

## **Nimikkeistö ja terminologia**

Tässä kappaleessa on selitetty materiaalihukkaan liittyviä eri nimekkeitä ja niiden merkityksiä.

<b>Elinkaari</b>	Tuotteen tai materiaalin elinkaari käsittää raaka-aineiden hankinnan, valmistuksen, kuljetukset, tuotteen valmistuksen, käytön ja käytön jälkeisen tuhoamisen (Green Net Finland ry, 2012).
<b>Jätehuolto</b>	Käsittää jätteiden keräyksen, kuljettamisen, hyödyntämisen ja käsittelyn sekä näiden toimintojen kontrolloinnin ja käsittelypaikan jälkihoidon (Green Net Finland ry, 2012).
<b>Jätteen hyödyntäminen</b>	Jätteestä tulevan aineen ja energian talteen tai käyttöönotto (Green Net Finland ry, 2012).
<b>Jätteen käsittely</b>	Jäte tehdään vaarattomaksi tai käsitellään lopulliseksi, ettei se enää ole vaaraksi luonnolle tai terveydelle. (Green Net Finland ry, 2012)
<b>Kierrätys:</b>	Jätteiden käyttäminen raaka-aineena tai materiaalina alkupe- räisessä tai muussa tarkoituksessa. Jätteiden energiakäyttö, polttoaineen valmistus niistä tai käyttö maatäyttöihin ei ole kierrätystä, vaikkakin se on resurssien hyödyntämistä (Green Net Finland ry, 2012).
<b>Moduulirakentaminen:</b>	Tarkoittaa rakennuksen tilakappaleiden esivalmistusta teh- dasmaisesti ja niiden kokoamista rakennuspaikalla.
<b>Ongelmajäte</b>	On ominaisuuksiltaan vaarallista terveydelle tai ympäristölle. (Jätelaki 1072/1993 3 § 1. momentin kohta 1)

<b>Rakennusjäte</b>	Rakennettavassa kohteessa syntynyt materiaali tai aine, jota sen haltija ei enää tarvitse ja on poistanut sen käytöstä (Green Net Finland ry, 2012).
<b>Rakentaminen:</b>	Rakentaminen luokitellaan talonrakentamiseen, maa- ja vesirakentamiseen sekä, myös erikoistuneeseen rakennustoimintaan. Talonrakentamista ovat uudisrakentaminen, perusrantaminen, korjausrakentaminen sekä muutos-, laajennus- ja kunnossapitotyöt (Green Net Finland ry, 2012).
<b>Uudelleen käyttö:</b>	Tuotteen tai sen osan käyttö uudestaan alkuperäisessä tarkoituksessa (Jätelaki 646/2011).
<b>Uusiokäyttö:</b>	Jätteen käyttäminen uudelleen raaka-aineena (Green Net Finland ry, 2012).
<b>Yhdyskuntajäte:</b>	Jäte joka tulee muualta kuin maa- ja metsätaloudessa, ammattimaisessa rakentamisessa ja teollisuudessa syntyvää jätettä. Käytännössä tarkoittaa kotitalouksien, julkishallinnon, kauppojen ja myös pienyritysten jätettä (Green Net Finland ry, 2012).
<b>Ympäristövaikutus</b>	Käsittää ympäristöön kohdistuvan haitallisen tai hyödyllisen toiminnan, esimerkiksi luonnon varojen kuluttaminen, ympäristön kuormitus ja jätteiden tuotto (Green Net Finland ry, 2012).

# 1 Johdanto

Tässä työssä tutkitaan kuinka työmaalta tulevaa materiaalilisää saadaan vähennettyä sekä mietitään ratkaisuja jätteiden käsittelyyn. Työ painottuu erityisesti työmaan hukanhallintaan, sillä hukan vähentämisellä puututaan jo suoraan myös työmaanjätteen määrään. Tämä tarkoittaa mitä vähemmän ylijäämää on, sitä vähemmän on työmaajätettä jota joutuu kierrättämään. Tämä taas vähentää kustannuksia työmaalle. Työmaahukkien käsittelyssä perehdyn työssäni erityisesti työmaalla tapahtuviin työtapoihin ja materiaalin työmaakäsittelyyn.

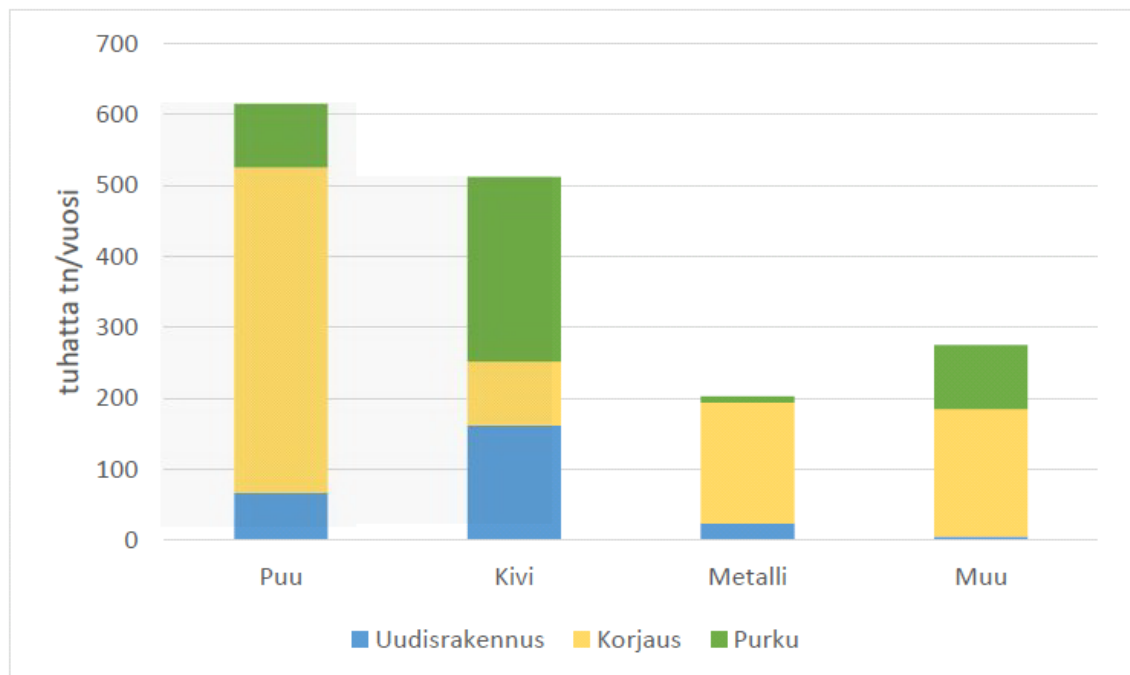
Tässä työssä tarkastellaan Suomen jätteiden nykytilannetta talonrakennustyömailla ja työmaiden yleisiä syitä materiaalin ylijäämään. Työssä myös kerrotaan kuinka suuri määrä tästä ylijäämästä saadaan kierrätettyä. Tämä työ puuttuu keskeisesti jätteiden ennalta ehkäisyyn. Tässä työssä pohditaan myös kuinka voimme vähentää ympäristöön tulevia rasitteita ja säästää luonnon varoja taloudellisesti.

Työtä tehdessäni toimin Lujatalon As Oy Mikkelin Lehmus -työmaalla työnjohtoharjoittelijana ja seurasin työmaalla eri työvaiheiden materiaalimenekkejä ja pyrin etsimään parhaimmat keinot vähentää materiaalimenekkiä. Valitettavasti työmaa ei ehtinyt edetä runkovaihetta pitemmälle tämän opinnäytetyön aikana.

## 2 Rakennustyömaan ylijäämät

Materiaalihukalla tarkoitetaan materiaalista jääviä määriä, jotka jäävät käyttämättä hyödyksi. Materiaalihukan syitä voivat olla väärä rakentamisen ajoitus, riittämätön ja virheellinen suunnitelma, työmaa erkaantuu suunnitelmista, suunnitelmassa käytetyn materiaalin ja materiaalistandardien laiminlyönti, vääränlainen työn suorittaminen, heikko ja puutteellinen työsuunnittelu, työmaajärjestyksen puutteellisuus ja poikkeavat sääolosuhteet, jotka voivat muuttaa materiaalin käyttökelvottomaksi. Työmaan tavat ovat suuressa roolissa työmaahukkien osuudessa (RATU-kortti 1191-S).

Anna-Leena Perälä on tutkinut vuonna 2004 jätejakeiden syntyä materiaalin elinkaaren eri työvaiheissa ja saanut kuvan 1 mukaiset tulokset (Perälä et al. 2004, s. 13- 17).



Kuva 1. Jätejakeiden synty materiaalin elinkaaren eri vaiheissa (Perälä, Rintanen, Nuutila & Mäensivu. 2006)



## 2.1 Puu

Maailmanlaajuisesti yli 50 % puusta poltetaan tai käytetään energian lähteenä ja alle 50 % puusta käytetään teollisuuteen, paperina, sahapuuna, paneeleissa, sahanpuruna ja kuitulevyissä. Puun käyttö rakentamisessa on merkittävässä roolissa varsinkin Suomessa. Rakentamisessa esiintyviä puutuotteita ovat esimerkiksi kattotuolit, muotit, puulattiat, kaapit ja ovet (Bio Intelligence Service raportti 2011,86).

Rakentaminen on merkittävin puujätettä tuottava toiminta vuosittain ja osa näistä puujätteistä täytyy esikäsitellä ennen hyödyntämistä energiana. Esikäsiteltyä voi olla esimerkiksi murskaaminen (Metla 2010).

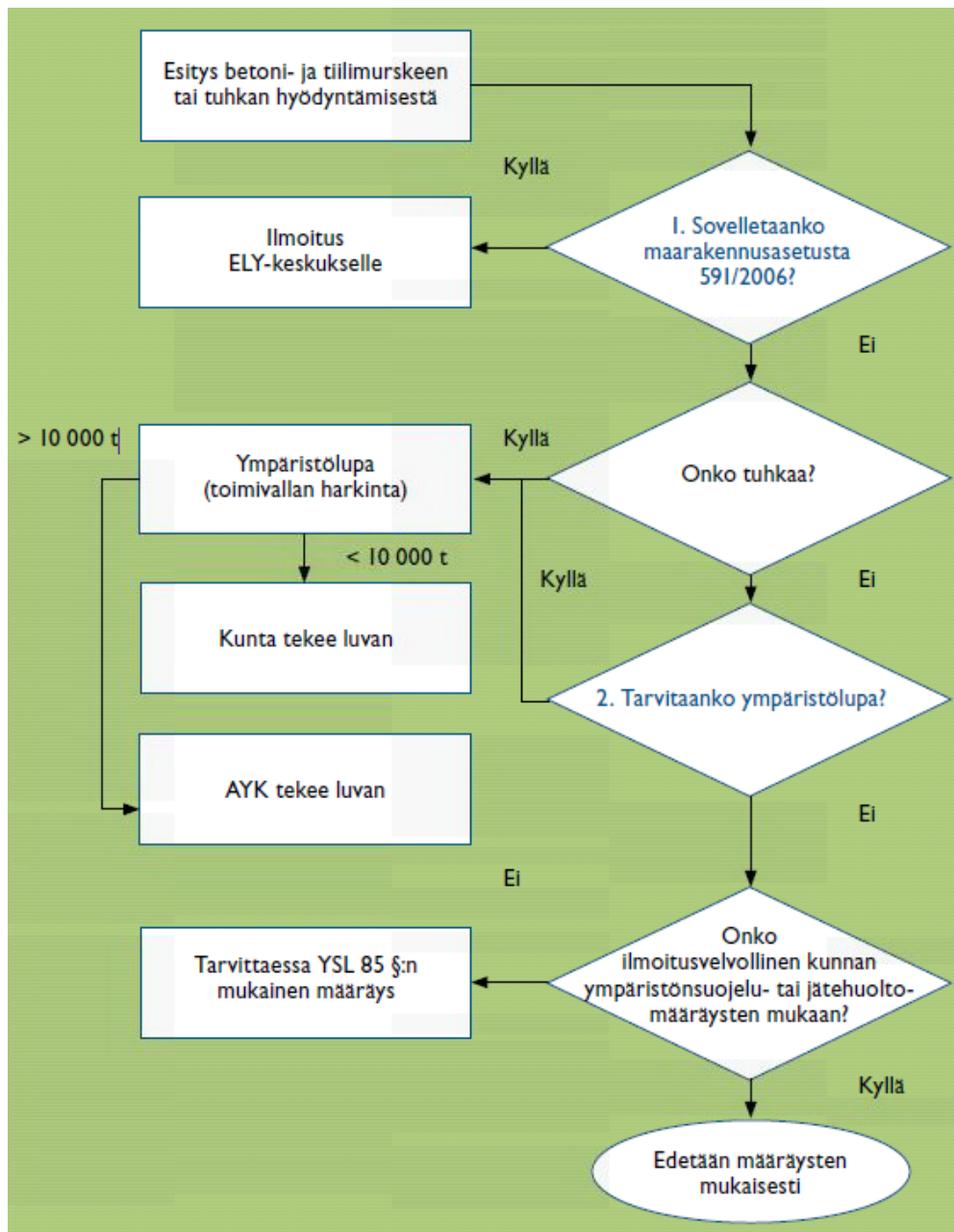
Ympäristöministeriön tutkimus-ryhmän Ramaten mukaan kaatopaikalle päätyvässä rakennus- ja purkujätteiden vähentämisessä on paljon tekemistä Suomessa. Varsinkin puun materiaalikierrytykseen keskittyminen vaatii kasvua, jotta saadaan puun polttamista vähemmäksi. Varsinkin huonolaatuiset puujätteet menevät suurimmaksi osaksi polttoon, sillä niiden hyödyntäminen on vaikeaa. Tilastokeskuksen mukaan rakentamisessa tulevaa puuainesta jätettä käytettiin energiatuotannossa 250 000 tonnia (Tilastokeskus 2013).

Rakennuksista tuleva puujätteen hyödyntäminen on tärkeä asia määränsä vuoksi. Puujäte on biohajoavaa eikä siksi kuulu kaatopaikalle. Muuhun kuin energiana puuta on vaikea hyödyntää, sillä siihen liittyy useita teknisiä ongelmia. Esimerkiksi puumateriaalin laadun varmistaminen ei vielä ole tarpeeksi luontevaa Ramaten tutkimus-ryhmän mielestä. (Ramate 2013). Tähän ongelmaan VTT (Valtion teknillinen tutkimuskeskus) on ehdottanut eri laatuluokituksia puujätteille. A- ja B-luokka ovat biopolttoaineita, luokka C kierrätyspolttoainetta ja D-luokka sisältäisi vaaralliset jätteet. Nämä luokat sisältävät vielä alaluokitukset (Alakangas & Wiik 2008, 42- 49).

## 2.2 Kivipohjaiset rakennusmateriaalit

Kivipohjaisiin rakennusmateriaaleihin kuuluvat esimerkiksi betoni, tiili ja harkko. Kivipohjaisten kierrätyksen tilanne on hyvä Suomessa, sillä ne valmistetaan pääosin maaperäisistä luonnollisista raaka-aineista ja ovat valtaosaltaan kotimaisia tuotteita. Nämä kiviperäiset aineet ovat kestäviä, koska ne eivät lahoa tai haperru ajan kanssa. Tämän takia ne ovat erittäin uusiokäyttöisiä ja kestävät kierrätyksen hyvin. Esimerkiksi harkon valmistuksessa käytettävät raaka-ainekset ovat sora, kevytsora, eri kiviainekset, sementti ja vesi. Myös tiili valmistetaan erittäin luonnollisista raaka-aineista, jotka ovat savi, hiekka ja sahanpuru. Suomessa kiviainesten käyttö on valtaosin infrarakentamisessa, jossa käyttö on yli 80 %, kun taas talonrakentamiseen kuluu noin 15 prosenttia. Betonin kierrättävyys on jo hyvällä mallilla, siitä kierrätetään jo yli 80 prosenttia. Purkubetonit hyödynnetään murskaamalla ja käytetään valtaosin uudelleen maanrakentamisessa. Maanrakentamisessa purkubetonia käytetään betonin suuren kantokyvyn vuoksi. Purkubetonin kantavuus on 1,5-kertainen luonnonkiviainekseen verrattuna. Betonijäte syntyy tuotteiden valmistuksessa ja rakentamisessa, mutta suurin betonipurku tulee purkutyömailta (Kivestä muuraamalla 1 / 2014, s.18.19).

Purkurakennuksilla tulevat tiilet voidaan puhdistaa ja käyttää uudelleen esimerkiksi väliseinässä kierrätystiilenä. Vanhemmissa remonttikohteissa on hyvä säästää puretut tiilet, sillä niiden valmistaminen on mitä yleisimmin lopetettu. Vanhan tiilen väristä uutta tiiltä on hankala valmistaa. Myös tiilimursketta voidaan käyttää korvaavana maa-aineksena. Yhteenveto betoni- ja tiilimurskeen (sekä tuhkan) hyödyntämisen lupamenetelystä maanrakentamisessa on esitetty kuvassa 8 (Ympäristö 2010e).



Kuva 2. Betoni- ja tiilimurskeen sekä tuhkan hyödyntäminen maarakentamisessa (Ympäristö 2010e).

### **2.3 Metall**

Metallia pystytään uudelleen käyttämään lajittelemalla, silloin sitä voidaan käyttää teollisuudessa uudelleen raaka-aineena, eli voidaan tehdä uusien metallien tuotannossa. Ympäristöministeriön mukaan metallin kierrätys on kasvanut yritys tahoilta (Kojo & Lilja, 2011).

### **2.4 Vaaralliset jätteet**

Talonrakentamisessa kohtaamat vaarallisia jätteitä ovat mm. asbestijäte, kyllästetty puutavarajäte, elohopealamput, aerosolit, maalit, liimat, lakat ja myös jotkut saumausaineet. Talonrakentamisessa vaarallisten jätteiden osuus kokonaisjätteistä oli noin 1 % (ympäristö 2009c)

Vaaralliset jätteet, joilla on uusiokäyttömahdollisuus, ovat etupäässä sähkö ja elektroniikkajäte sekä loisteputket. Esimerkiksi Ekokem hyödyntää loisteputkia noin 5 miljoonaa putkea. Loisteputkien hyödyntämisaste on noin 96 %. Pelkästään elohopeasulfidi joudutaan sijoittamaan loppusijoitukseen (ekokem, 2010).

### **3 Jättemäärät Suomessa**

Rakentaminen on yksi Suomen suurimmista jätteiden tuottamistavoista. Näihin jätteisiin kuuluu rakentamisessa, korjaamisessa ja purkamisessa syntyvä jättemateriaali, joita ovat muuan muussa maa- ja kiviainekset, puu-, lasi- ja paperijäte sekä metalliromu. Näistä suurin massaperäisesti on maa- ja kiviainekset, jotka ovat mineraalijätteitä (Kojo & Lilja 2011, 22.)

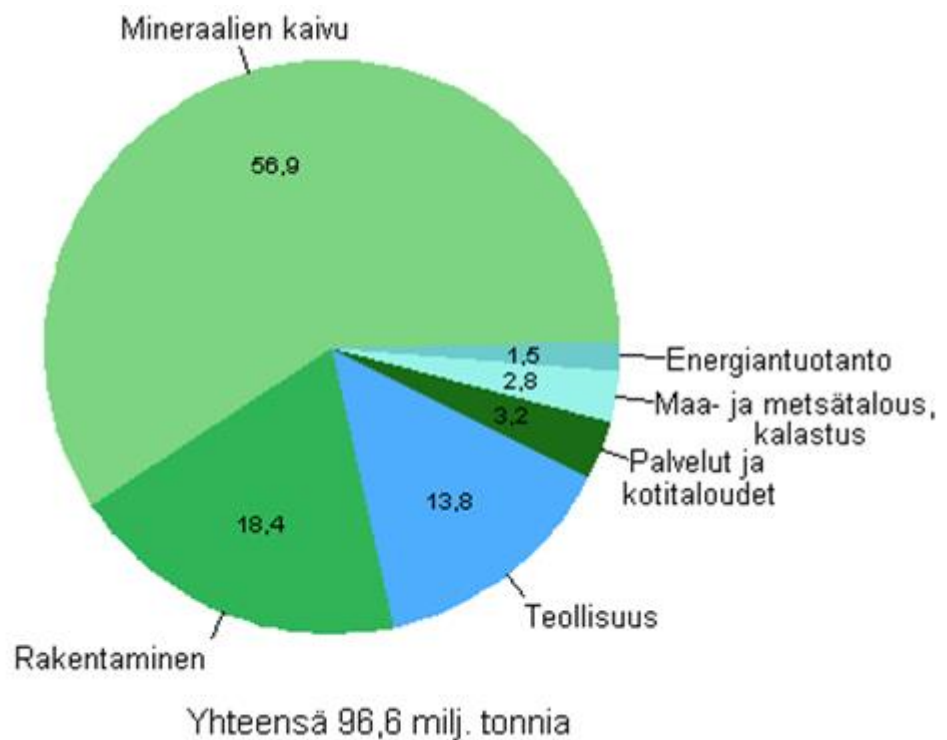
Rakennustuotteella on oma elinkaarensa kuten kaikella muullakin. Tuotteella voi olla uusiutuvia elinkaaria. Tuotteen käytöllä voimme vaikuttaa, kuinka pitkä elinkaari tuotteella on tai kuinka useasti voimme sitä käyttää. Tuotteen elinkaaren suurimmat vaiheet ovat valmistus, kuljetus ja käyttö. Jokaisessa vaiheessa pystymme vaikuttamaan tuotteen ympäristövaikutukseen. Tässä työssä perehdytään tuotteen käyttöön ja kuinka voimme parantaa tuotteen ikää työtavoilla ja varastoinnilla. Näillä keinoilla pystytään välttämään jätteiden kustannuksia ja parantamaan tuotteiden uusiokäyttöä.

#### **3.1 Jättemäärien muutos**

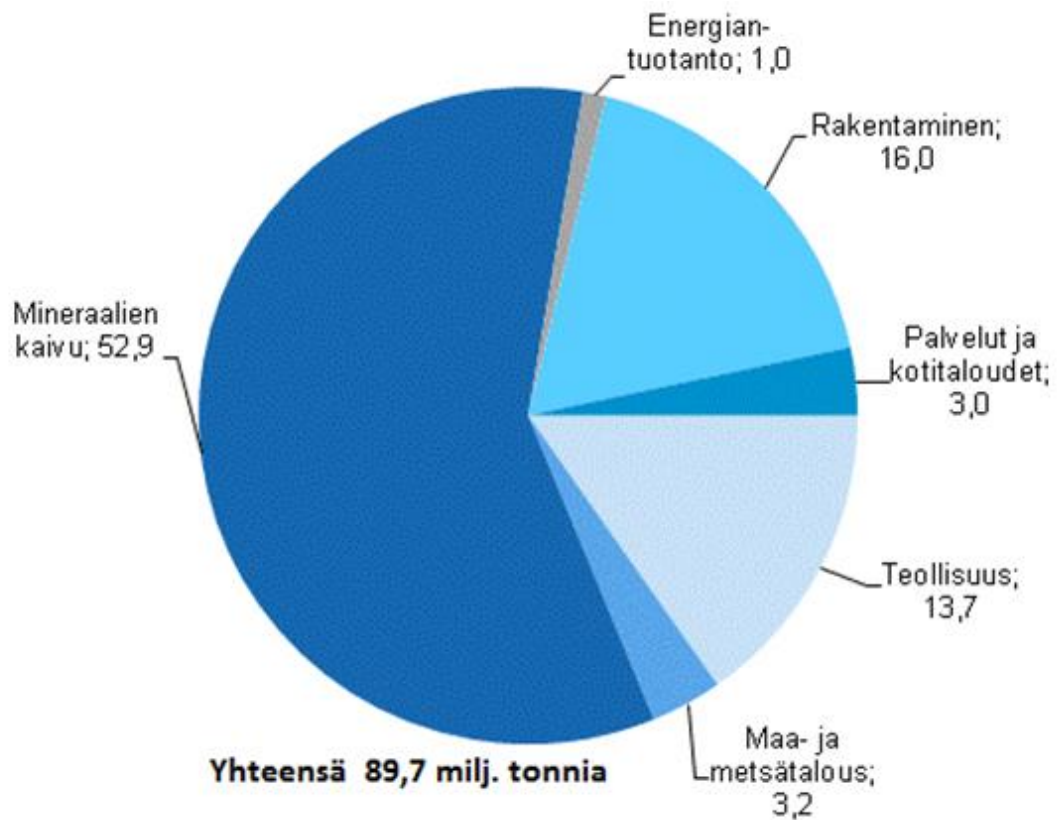
Tilastokeskuksen (2013) julkaisun mukaan jätteiden käsittelyssä on tapahtunut jo voimakas muutos 2011 vuodesta vuoteen 2012. Vuonna 2012 jätettä poltettiin 22 % eli yhteensä yli 10 miljoonaa tonnia jätettä enemmän kuin edellisvuonna. Myös kierrättäminen kasvoi vuodesta 2012 vuoteen 2013 18 prosenttia, eli lähes 34 miljoonaa tonnia. Kaatopaikoille ja pitkäaikaislajitteluun jätteitä tuli 19 prosenttia vähemmän kuin vuonna 2011 (Jätetilasto 2013).

Itse rakentamisessa syntyvä jäte, mitä toimitettiin esikäsittelyyn hyödyntämistä varten tai hyödynnettiin vuonna 2011, oli yli 17 miljoonaa tonnia. Uudis-, korjaus- ja purkurakentamisessa kertyneet metalli, palavat jätteet ja mineraalisia jätteet pyritään jo tällä hetkellä voimakkaasti hyödyntämään (Jätetilasto 2011).

Vuonna 2011 Tilastokeskuksen mukaan noin 250 000 tonnia rakennusjätteitä päätyi kaatopaikalle. Kumminkin käytetty tai käsittelemään otettu jätteiden määrä oli mineraalijätteistä 1,3 miljoonaa tonnia ja metallijätettä 100 000 tonnia. Puuainejätettä hyödynnettiin energiantuotannossa 250 000 tonnia. Vuonna 2011 Rakennusjätteen kokonaismääräksi kertyi 2,2 miljoonaa tonnia. Tässä luvussa ei ole huomioitu mineraalijätteitä. Kuviossa 1 näkyy 2011 vuoden jätteiden jakauma (Jätetilasto 2011).



Kuvio 1. Jättemäärät sektoreittain vuonna 2011, miljoonaa tonnia (Tilastokeskus 2013)



Kuvio 2 Jättemäärät sektoreittain vuonna 2011, miljoonaa tonnia

15.5.2014 ilmestyneen tilastokeskuksen jätetilaston tutkimuksen tulokset kertovat, että jätteiden poltto-osuus on kasvanut hurjasti, jopa 66 %. Tämä tarkoittaa kiloissa 10,7 miljoonaa tonnia. Rakentamisessa tulevat jättemäärät ovat vähentyneet vuodesta 2011 vuoteen 2012 2,4 prosenttia. Kuviossa 2 näkyy vuoden 2012 jätteiden jakaumat ja taulukossa 1 on tarkempia jätteiden määriä vuodelta 2012. (Jätetilasto 2014).

Taulukko 1 Rakentamisessa syntyneet jätteet vuonna 2012 (jätetilasto 2014)

Jätelaji	Määrä 1 000 tonnia vuodessa
Kemialliset jätteet	1
Metallijätteet	78
Paperi- ja pahvijätteet	5
Muovi- ja kumijätteet	14
Puujätteet	238
Eläin- ja kasvijätteet	3
Sekalaiset, ml. kotitalousjätteet	5
Mineraalijätteet	15 682
<b>Yhteensä</b>	<b>16 027</b>
josta vaarallista jätteiden osuus	150

### 3.2 Jätteiden käsittelyyn liittivät velvoitteet

Vuonna 2011 Kataisen hallituksen ohjelmassa kerrotaan Suomen tukevan EU:n yhteisiä päästövaatimuksia. Hallituksen päämääränä oli saavuttaa Suomesta maailman eturintamassa ympäristöystävällisessä, resurssi- ja materiaalitehokkaassa taloudessa sekä kestävien kulutus- ja tuotantotapojen kehittäjänä (Hallitusohjelma 2011, s.8.).



Tämän tutkimuksen lähtökohdat liittyvät uuteen EU:n jätedirektiivin (2008/98/EY) vaatimukseen. EU:n jäsenmaissa on kierrätettävä 70 % rakennus- ja purkujätteistä materiaalina vuoteen 2020 (Euroopan parlamentti ja neuvosto 2008, s.11). Tämän jätedirektiivin pyrkimyksenä on vähentää jätteen syntyä ja edistää jätteen käyttöä materiaalina. Tavoitteena on vähentää kasvihuonekaasupäästöjä edistämällä jätteiden uudelleenkäyttöä ja pienentäen jätteiden päätymistä kaatopaikalle. EU:n jätedirektiivin mukaan vaarattoman rakennus- ja purkujätteen uudelleen käytettävyyttä ja materiaalin hyödyntämistä on vähintään nostettava 70 painoprosenttiin. Jätedirektiivillä vaaditaan tarkempaa rakennusjätteiden määrän seuranta EU:n jäsenmaissa. 2011/753/EU komission päätöksessä on määritelty tarkat säädökset ja laskentamenetelmät, joiden avulla jätedirektiivin tavoitteiden saavuttaminen todennetaan. (EU komissio 2011, 4-6).

Tämän EU:n jätedirektiivin käytäntöön panemiseksi Suomessa laadittiin uusi jätelaki vuonna 2011 (Jätelaki 646/2011), Tämä uusi jätelaki tuli voimaan 2012 toukokuussa ja tämän uuden jätelain yhtenä tarkoituksena on panna käytäntöön EU:n vaatimat tavoitteet. Jätelain tarkoituksena on ensisijaisesti vähentää jätteen syntymistä ja jätteiden haitallisuutta. Jätteiden syntyessä on jätteiden haltijan velvollisuus valmistella jäte uudelleenkäyttöä varten tai kierrättää jäte. Jos kierrättäminen ei ole mahdollista, täytyy jätteen haltijan hyödyntää jäte muulla tavoin, esimerkiksi energiana, Mikäli jätteen hyödyntäminen ei ole mahdollista, jäte täytyy loppukäsitellä (Jätelaki 646/2011, 1: 5-6 §, 2:8§).

Vanhan jäteasetuksen mukaan täytyi eritellä betoni-, tiili-, kivennäislaatta-, keramiikka- ja kipsijätteet, kyllästämättömät puujätteet, metallijätteet sekä maa-aines-, kiviaines- ja ruoppausjätteet. Tämän uuden säännöksen mukaan täytyy myös lisäksi eritellä muovi-, lasi-, paperi- ja kartonkijätteet. Kaikki vaarallinen jäte kerätään vanhan asetuksen mukaisesti erillään muista jätteistä. Myös jätteiden vähimmäismäärä 5 tonnia poistettiin, jolloin erilliskierrätysvelvoite koskee nyt myös pieniä jätemääriä (ramete tutkimusryhmä 2013, 8).

### **3.3 Kierrätyksen nykytilanne**

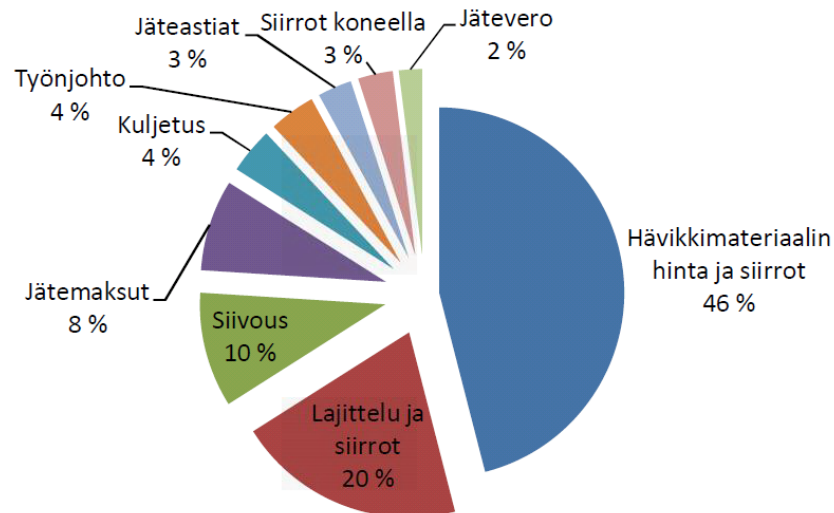
Ympäristöministeriön työryhmä Ramaten (Rakentamisen materiaalitehokkuuden edistämishjelma) tutkimusten mukaan EU:ssa rakennus- ja purkujätteen kierrätysaste on keskimäärin 47 % ja Suomen rakennus- ja purkujätteen kierrätysasteeksi on tällä hetkellä arvioitu 26 %. Tämä luku on ilman jätteen hyödyntämistä energiaksi. Näin suureen eroon vaikuttaa Suomen puujätteiden suuri osuus rakentamisessa, sillä Suomessa puujätte hyödynnetään usein energiana (Ramate 2013, s.6).

Euroopan rakennusteollisuuden arvioidaan kuluttavan 40 % Euroopan kokonaisenergiasta ja tuottavan jopa kolmanneksen hiilidioksidi-päästöistä (Energy Efficient Building 2014) ja Ilmasto-oppaan mukaan Suomessa rakentaminen kattaa on 10- 20 % hiilidioksidi-päästöistä. (Ilmasto-opas 2010). Näiden tutkimuksien pohjalta Ramaten tutkimusryhmä arvioi rakennusteollisuuden olevan suurin ja kustannustehokkain osa-alueista vaikuttaa CO<sub>2</sub>- päästöihin ja jätteiden määrään (Rakentamisen materiaalitehokkuuden edistämishjelma, 2013).

### 3.4 Kierrätyksen kustannukset

Lassila & Tikanojan aluemyyntipäällikkö Henri Tullisen mukaan työmaiden jätekustannukset pyörivät Itä- ja Keski-Suomessa 500–1000 €/tn jätettä ja Tullinen kertoi puhelinhaastattelussa, että tällä hetkellä käynnissä olevassa uudiskerrostalo urakassa Kuopiossa jätekustannukset olevan 850€ per kuukausi (Tullinen 2014).

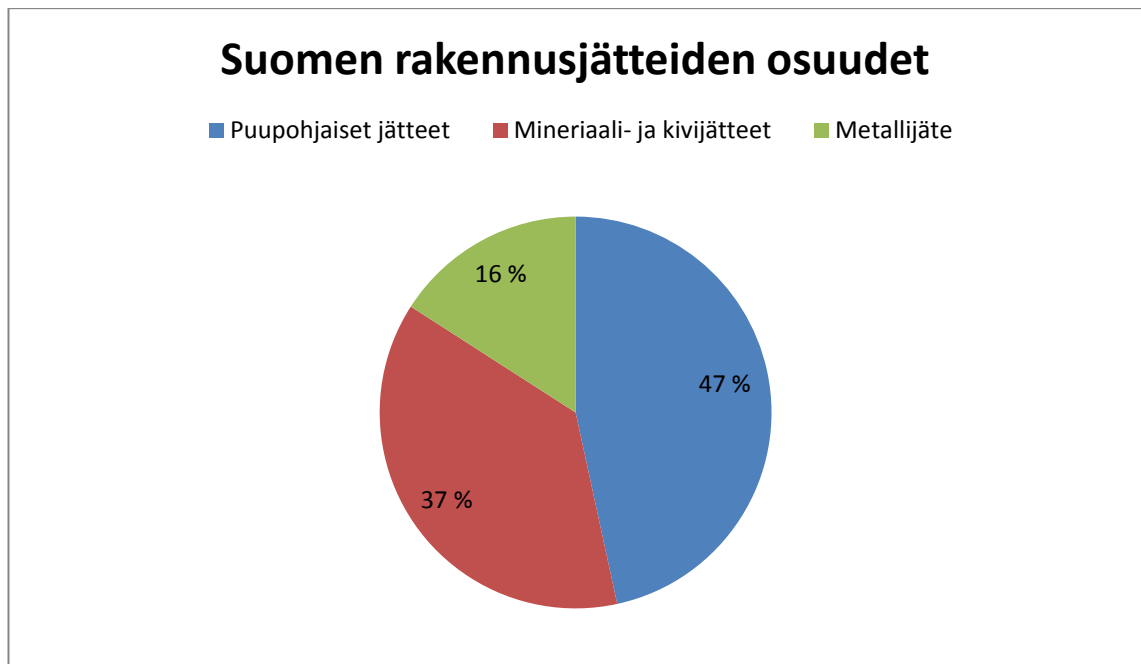
#### Työmaan jätekustannukset; 400-500 €/tn



Kuvio 5 jätehuollon kehittäminen Koski H, Perälä 1998, s 26

Kuviossa 5 oleva arviointi on tehty vuonna 1998, eli 16 vuotta sitten. Mutta useat tutkimukset pitävät näitä kustannuksien jakoa vielä oikean mukaisena. Kustannuksien jakautuminen on muuttunut jäteveron kasvaessa. Vuonna 1998 jätevero oli 90 mk per tuhatta kiloa jätettä, joka on euroissa noin 15 euroa, kun taas nykyisin jätevero on jäteverolain (1126/2010) mukaan on maksettava 50 euro per tonnia jätettä. Tämä säädös tuli voimaan vuonna 2013 tammikuun ensimmäisenä päivänä.

Suurimmat jätejakaumat Suomessa kuuluvat puu-, mineraali- ja kivijäte-, ja metallipohjaisille jätteille. Alla olevasta kuvassa (kuva 6) näkyy Ramaten tutkimus-ryhmän jätejakautumisen prosentteina. Tutkimusryhmän mukaan kansainvälisissä tutkimuksissa on huomattu että Suomessa puupohjaisten jätteiden osuus on paljon suurempi kuin Etelä- ja Keski-Euroopassa, joissa puhutaan puupohjaisten osuuden olevan 5 %:n luokkaa. Mutta tutkimusryhmä uskoo, että Etelä- ja Keski-Euroopassa tutkimukset ja tilastointi eivät ole yhtä tarkkoja kuin esimerkiksi pohjoismaissa.



Kuva 6 Suomen rakennusjätteiden osuudet

Rakennus jätteiden kustannuksia voi etukäteen jo arvioida työmaakohtaisesti, kun ollaan asetettu jätteille omat kierrätystavoitteet.

Esimerkiksi uudiskohde jossa on 10 000 m<sup>3</sup> ja kohteelle arvioidaan jätemääräksi 8,0 kg /m<sup>3</sup> eli jätettä tulisi 10 000 m<sup>3</sup> kokoisessa kohteessa 80 tuhatta kiloa. Suurimmat rakennusjätteet Rameten-tutkimuksen mukaan ovat puupohjaiset jätteet 41 prosentilla, mineraali- ja kivijätteet 33 % ja metallijätteiden osuus 14 %. Mutta yleisesti työmaiden laskelmien mukaan työmaalla suurimmat jätejakaumat ovat rakennus- ja saneerausjäte (tn): 49,4 %, betoni-, harkko- ja tiilijäte n. 20 %, puujäte n. 28 %.

Kun kustannukset lasketaan jälkimmäisten prosenttien mukaan arvioiden mukaan 80 tuhatta kiloa jätettä ja edellä mainituilla prosentti jakaumilla, niin sekajätteen osuus 80 tn olisi 39,52 tn, betoni-, harkko- ja tiilijätteen osuus 80tn olisi 16 tn ja puujäte olisi 22.4 tn. Kustannukset yksiköille ovat yleisiä noin hintoja

Puujätteiden kustannus 22.4 tn x 15 €/tn = 336 €

Kivijätteiden kustannus 16 tn x 30€/tn = 480 €

Rakennussekajätteen kustannus 39,52 tn x 98,00€/tn= 3873 €

Kustannukset yhteensä 4689 €

Tähän täytyy myös lisätä lavavuokrat ja palvelumaksut, jotka ovat 36 % kustannuksista eli 1688 €

Lopullinen jätehuollon kustannukset ovat noin. **6367 €**

Täihin laskelmiin ei ole lisätty hyvitysmaksuja metallijätteistä, jonka osuus olisi noin 900 €

Näitä kustannuksia voidaan saada vähennettyä lisäämällä työmaalla kierrätystä, esimerkiksi ottamalla pahvin keräykselle oma puristin työmaalle, jos pahvin jätemäärä on suuri. Kivi- ja tiilijätteissä voidaan säästää murskaamalla jätteitä pienempiin eriin jo työmaalla. Myös tärkeä vaikuttava tekijä on työntekijöiden opastus kierrätykseen ja siihen motivointi. Näistä materiaalihukan vaikuttavista tekijöistä lisää kappaleessa hukanhallinta rakennuksen eri vaiheissa

## **4 Työmaahukkien hallinta**

Valtionneuvosto on hyväksynyt jätesuunnitelman vuodelle 2016 vuonna 2008, jolla on tavoite parantaa jätteiden käsittelyä. Tässä suunnitelmassa tärkeimmät pääasiat ovat:

- On estettävä jätteen syntymistä.
- Jätteen kierrätystä kasvatettava ja on myös kasvatettava jätteen biologista käyttämistä.
- Jätteitä joita ei voida kierrättää, on kasvatettava niiden mahdollisuutta polttamiseen.
- Turvataan jätteiden loppusijoitus ja haitaton käsittely.
- Jätehuollosta johtuvien kasvihuonekaasupäästöjä vähennetään erityisesti pienentämällä biohajoavan jätteen siirtoa kaatopaikoille ja kasvattamalla kaatopaikoilla tulevaa metaanin talteenottoa (Suomen ympäristö 32 | 2008 Ympäristöministeriö, Ympäristönsuojeluosasto).

Ramaten tutkimusryhmä on selvittänyt materiaalitehokkuuteen liittyviä ongelmia ja esteitä. Tutkimusryhmä on tutkinut uudisrakentamista. Huomioita joita tutkimusryhmä huomasi. Asiat joihin on puututtava materiaalitehokkuuden edistämiseksi, ovat:

- Rakennus suunnitellaan mahdollisimman pitkäikäiseksi ja helposti ylläpidettäväksi ja kunnostettavaksi
- Rakentamisessa käytetään koskemattomien luonnonvarojen tilasta mahdollisimman runsaasti kierrätettyjä materiaaleja
- Rakennus suunnitellaan tehtäviltään, tiloiltaan, järjestelmiltään ja rakennusosiltaan vaihdettavaksi
- Suunnittelu ja toteutus tehdään niin, että kun kohde elinkaarensa jälkeen voidaan purkaa sitten että saadaan rakennusosat ja eri materiaalit kätevästi kierrätykseen
- Rakennuksen teko vaiheessa ehkäistään materiaalihukkaa ja rakennusjätteen tuleamista.
- Rakentamisvaiheessa keskitytään laadunvarmistukseen, jolla vältetään rakennusvirheiden tuleamista.

Ramaten-tutkimusryhmän mukaan tämpäpäiväisessä rakennustavassa on tässä kehitettävää. Rakennukset täytyy saada pitkäikäisemmäksi ja laadunvarmistamisella puuttava rakennusaikaisiin virheisiin. Tutkimusryhmän mukaan uudisrakentamisessa ei ole mietitty rakennuksen muunto mahdollisuuksiin, jotta rakennus saataisiin eri käyttö tarkoitusten mukaiseksi tai uuden tekniikan käyttöönottoa. Tämä yleensä johtuu rakentamisaikaisten kustannuksien noususta, mutta tutkijoiden mielestä investointi maksaisi itsensä takaisin jo käyttöaikana. Tilanteeseen ratkaisua haetaan käyttöikäsuunnittelulla ja suunnittelussa käytettävän mallinnuksen kasvulla.

Motivan-asiantuntijat ovat luetelleet 10 tapaa miten parantaa yrityksen materiaali tehokkuutta.

1. Selvittää toiminnan materiaali- ja energiavirrat. Voidaanko käyttää vähän hukkaa tuottavaa tuotetta
2. Kartoita mitkä tehostamismahdollisuudet voivat olla raaka-aineilla. Materiaali jättemäärät saadaan vähennettyä, vähentyvät myös jätteiden käsittelyyn liittyvät suorat ja välilliset kustannukset. Materiaalikatselmus paljastaa parantamiskohteet.
3. Muodosta järjestelmällinen miten huomioit ympäristönäkökohdat jo tuotesuunnitteluvaiheessa.
4. Selkeytä lopputuotteiden ympäristöhaitat elinkaariarviointimenetelmiä käyttäen.
5. Etsi eri mahdollisuuksia siirtyä haitattomampiin raaka-aineisiin ja/tai materiaaleihin tai korvaavaan ne vähäpäästöisemmellä teknologialla.
6. Tutki eri mahdollisuuksia sivutuotteiden hyötykäyttöön. Eri yrityksiltä voi myös löytyä prosessissa hyödynnettäviä sivutuotteita tai uusiomateriaaleja, jotka voivat olla koskemattomia raaka-aineita halvempia.
7. Etsi edellytyksiä siirtyä aineettomiin tuotteisiin tai palveluihin. Onko yrityksellä mahdollisuutta tarjota materiaalitehokkuuspalveluita muille?
8. Paranna yrityksesi hankinnanosaamista. Tarkastamalla ympäristönäkökohdat hankinnoissa, jotta voidaan kehittää suuria taloudellisia säästöjä ja ympäristöetuja.
9. Tiedota toiminnan ja tuotteiden ympäristöominaisuuksista muille sidosryhmille.

10. Johdon täytyy sitoutua ja tukea, jotta voisi olla oletukset paremmalle lopputulokselle. Materiaali- ja energiatehokkuus on hyödyllistä lisätä osaksi yrityksen strategiaa ja johtamisjärjestelmää. Johdon tehtävänä on varmistaa tarpeelliset resurssit, osaaminen ja motivaatio. (Motiva 2014)

## **5 Hukanhallinta rakennuksen eri vaiheissa**

### **5.1 Rakennuksen suunnittelu**

Rakentamisessa tulevan jätteen minimointi alkaa jo kohteen suunnitteluvaiheessa, joka on suurin tekijä materiaalihukassa. Vain itse rakentamisessa ei voida kuin rajallisesti enää vaikuttaa materiaalitehokkuuteen. Suunnittelulla pystytään vaikuttamaan rakennuksen ikään ja materiaalien haitattomuuteen.

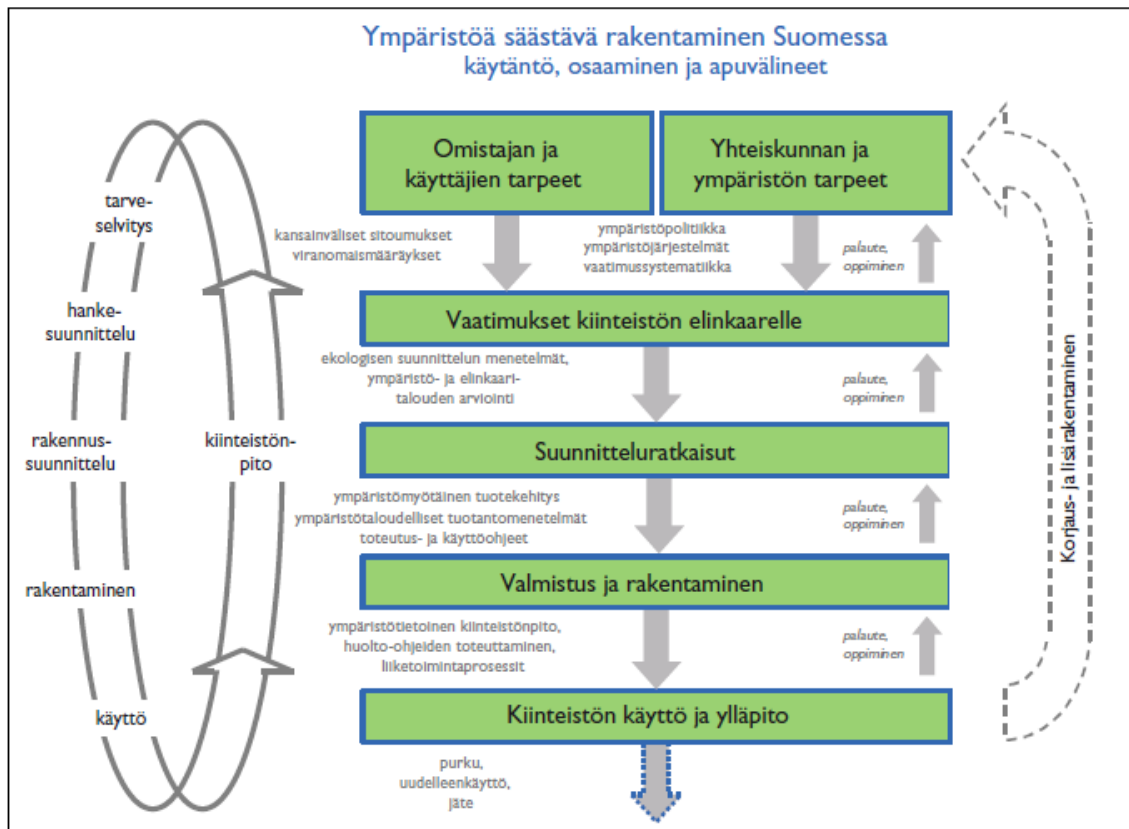
Riitta Kojo ja Raimo Lilja kertovat ympäristöministeriön raportissa, että heidän mielestä rakennuksen käyttökelpoisen eliniän kasvattaminen on jätehierarkian kannalta ensisijainen strategia. (Kojo & Lilja 2011, s 36)

Tärkeimmät elinikään vaikuttavat päätökset tehdään jo kohteen suunnittelun aikana. Kuva 10 kuvaa hankkeen elinkaarta (Häkkinen, Vares & Siltanen 2004). VTT tiedotteessa myös otettiin kantaa valintoihin jotka vaikuttavat rakennuksen eliniän pituuteen. Näistä valinnoista kolme tärkeintä ovat (Häkkinen, Vares & Siltanen 2004):

- Valitaan rakenteet ja materiaalit sitten, että niillä voidaan lisätä rakenteiden kestävyyttä mm. kulutusta, kosteusrasitusta, korroosiota, UV-säteilyä tai jopa lahoamista vastaan. On myös otettava huomioon materiaalien yhteensopivuus keskenään.
- On mietittävä rakenteiden ja materiaalien huollon sujuvuutta sekä mahdollisuutta päivittää rakenteita ja materiaaleja helposti.
- Rakennusosilla ja rakenteilla on oltava hyvä muuntojoustavuus tarkoituksenmukaisuuden tai vaatimusten muuttuessa



Itse rakentamisprosessissa voidaan enää rajallisesti parantaa materiaalitehokkuutta. Keinoja on mm. työn ennakoiva suunnittelu, joka mahdollistaa esimerkiksi materiaalien hankinnan ajoittamisen siten, ettei hukkaa synny. Työmaalla jätteen määrään voidaan vaikuttaa myös edistämällä syntypaikkalajittelua ja lisäämällä jätteen hyötykäyttöä.



Kuva 10 Häkkinen T., Vares S. ja Siltanen P. 2004. Tuotteiden käyttöikäinformaatio ja sen käyttö rakennushankkeessa. VTT tiedotteita 2231

Rakennuskohteelle pystytään saamaan aivan uusi käyttötarkoitus. Esimerkiksi pois käytöstä olevia teollisuus-, toimisto- ja sairaalarakennuksia sekä vuokrakerrostaloja voidaan ottaa uusiokäyttöön joustavammin ja taloudellisemmin. Kuvassa 11 on esitetty esimerkiksi rakennuksen käyttöikään liittyvä muutosjoustavuuksia eri vaiheissa (Ympäristöraportti 28/ 2007 Korjausrakentamisen strategia 2007- 2017. s22).

**LifePlan-hanke määrittelee, että rakennuksen tavoitellun käyttöikänsä aikana**

**rakennuksen runkorakenteiden ja perustusten**  
tulee säilyä teknisesti turmeltumattomina vähäisin ko. tuotteille suositelluin huoltotoimenpitein ja ilman kunnossapitotoimenpiteitä (edellyttäen, että ko. tuotteille suositellut käyttöolosuhteita ja rakenteita koskevat reunaehdot täyttyvät)

**rakennuksen julkisivu ja vesikatto**  
tulee olla mahdollista säilyttää toteuttamalla ko. tuotteille suositeltuja ylläpitotoimenpiteitä, so. hoitamalla tarkoituksena estää vikojen ilmaantuminen ja pitää kohde käyttökunnossa sekä pysyttämällä kohteen ominaisuudet uusimalla tai korjaamalla vialliset ja kuluneet osat.

**rakennuksen talotekninen järjestelmä ja sen osat**  
on pystyttävä kokonaan tarpeen vaatiessa uusimaan säilyttäen rakennuksen käyttökäytännön pitemmät osat

**rakennuksen sisäosien pintaverhoilu**  
on pystyttävä uusimaan tarpeen vaatiessa useita kertoja

**rakennuksen aukotuksia**  
on pystyttävä muuttamaan muuntojoustotavoitetta vastaavasti

**rakennuksen väliseiniä**  
on pystyttävä muuttamaan muuntojoustotavoitetta vastaavasti.

Kuva 11 LifePlan- hankkeen määritelmät

Häkkinen ym. (2004) kumppanit kehottavat myös, että materiaalihävikkiä pystytään ehkäisemään suunnittelu vaiheessa vaikuttamalla moduulirakenteiden suosimiseen, jonka avulla pystytään ehkäisemään rakenteiden rakennus osien ylimitoitusta.

## 5.2 Työmaan aikana

Ennen työmaan aloittamista on laskettu urakalle hinta, jossa otetaan huomioon materiaalikustannuksia ja niihin kuuluvat materiaali menekit. Hankinnat pyritään suosimaan uudelleen käytettäviä ja kierrätettäviä pakkauksia materiaali kuljetuksissa. Tilaa materiaalit hyvissä ajoin työmaalle, ei liian aikaisin, eikä liian myöhään vaan juuri oikeaan tarpeeseen, eli käyttämällä JIT/JOT ajatusmaailmaa.

Työmaa alue suunnitellaan hyvin jossa otetaan huomioon jätteiden lajittelu. Esimerkiksi riittävät tilat eri jätelavoille. Talonrakentamisen materiaalitehokkuuden edistämisen raportissa Kojo & Lilja ovat listanneet eri tapoja ehkäistä hävikki mm. seuraavasti:

- työmaa tontin hyvä suunnittelu ja siisteys
- kaikkien materiaalitoimittajien valinta, laatu- ja toimitusvaatimusten dokumentointi ja seuranta
- virhetoimitusten ehkäisy ja tunnistaminen
- materiaalien varastointiajan minimointi ja varastointiolosuhteisiin panostus (JIT/JOT)
- rakenteiden rakennusaikainen suojaus ja riittävä kosteuden hallinta
- kuljetusvaurioiden ennaltaehkäisy
- työvirheiden ennaltaehkäisy esimerkiksi kiinnittämällä riittävää huomiota betonirakenteiden minimikuivumis- aikaan, betonirakenteiden jälkihoitoon, mahdollisiin kosteus- ja lämpöeristysvirheisiin ja rakenteiden tarpeelliseen tuulettumiseen sekä painumiseen.

Samassa raportissa Kojo & Lilja painottavat, että on myös hyvä käyttää uudelleen käytettäviä valumuotteja ja telineitä työmaalla. Uudiskohteita valmistaessa on jo Suomessa pitkään ollut trendi käyttää tehdastuotteita ja kehittyvämpiä elementtejä. Korjausrakentamisessa näiden käyttäminen on suppeampaa (Kojo & Lilja, 2011).

Talonrakennusteollisuus ry:n ja Rakennustieto Oy on julkaissut rakennustuotannon ammattilaisille tarkoitettu tietopankki, jonne tutkimus-ryhmä on tehnyt Ratu kortin 1191-S. Missä käsitellään Rakennustyön materiaalilisiä ja – hukkia. Tässä ohjekortissa on mainittu viisi hukan päätekijää, jotka tulevat virheellisestä työtavasta. Jotka ovat Materiaalin ylipituudet, materiaalien tarpeettoman suuret pitoisuudet, asennettu ylimääräiset materiaalit, materiaali paloittelusta syntyvä hukkapalat, joita ei käytetä hyödyksi ja virheelliset materiaalin asennukset. Tässä täytyy myös ottaa huomioon muottien ja telineiden purku väärin tehtynä jolloin ei pystytä käyttämään materiaali uudelleen, sen käyttötarkoituksen mukaisesti. Kaikki näihin hukcatekijöihin ratkaisu löytyy työntekijän ohjauksessa ja työnjohdon valppaudesta.

Syitä ja ratkaisuja materiaalihukkiin, jotka eivät johdu työskentelystä:

**Työmaalle tulleet käyttämättömät materiaalit**, jotka ovat tulleet kun työmaalle on tilattu liikaa materiaalia, jota ei voi käyttää rakennuskohteessa ja sitä ei voida hyödyntää taloudellisesti.

Ratkaisu: Tähän hukkaan ratkaisuna on hankintojen suunnittelun tarkkuus, hankinnat lasketaan tarkasti.

**Materiaalin turmeltuminen**, voi tapahtua kun materiaali tulee työmaalle vääränä hetkenä ja varastointi on puutteellinen. Esimerkiksi materiaali pääsee kastumaan ja sen seurauksena tuote voi värjäytyä, homehtua tai ruostua.

Ratkaisu: Työmaan materiaali tilaukset pyritään tekemään JOT-ajattelun avulla, eli juuri oikeaan tarpeeseen eli materiaalin käyttö kulkee toimituksen kanssa samassa tahdissa, joten vältytään turhalta varastoinnilta. Varastoinnissa täytyy ottaa huomioon, että työmaalla on tarvittavat sääsuojaus materiaalit.

**Materiaalin rikkoutuminen siirroissa**, materiaalia joudutaan liikuttelemaan edes ta-  
kaisin, jossa se voi vahingoittua.

Ratkaisu: Suunnitellaan materiaalin siirrot etukäteen. Materiaalit puretaan suoraan tar-  
vittavaan käyttökohteeseen ja vältetään niiden siirtelyä tarpeettomasti. Myös materiaalit  
on suojattava tarpeeksi hyvin siirtoja varten.

**Materiaalin katoaminen** esimerkiksi varastaminen tai tuhoutuminen.

Ratkaisu: Materiaalit säilytetään lukituissa tiloissa ja työmaalla järjestetään valvontaa  
esimerkiksi kamera valvota

**Materiaalinkäyttö muussa kuin sen tarkoituksen mukaisesti**. Esimerkiksi muiden  
materiaalien suojaamiseen tai tilapäiseen vesijohtojen lämmöneristämiseen.

Ratkaisu: Suunnittelulla varaudutaan materiaalin suojaamiseen sekä työnjohdolla valvo-  
taan ja ohjataan materiaalien oikeaa käyttöä.

## 6 Materiaalikohtaisia hukkia ja ratkaisuja

Ratu-tietopankin tutkijat ovat listanneet yleisimpiä materiaaleja jolla tulee suurimmat materiaalilisät Alla olevassa taulukko 8:ssa näkyy Talo 90 laskenta ohjeen mukaiset menekkilisät materiaaleille.

Talo 90	Materiaali	Materiaalilisä
312	Betoni	5-12 %
311	Betoniteräs	3-17 %
331	Tiilet	3-10 %
34	Puutavara	4-16 %
362	Kipsilevy	5-15 %
371	Mineraalivilla	2-7 %
375	Solumuovi	3-8 %
373	Kevytora	5-10 %

Taulukko 8, talo 90 materiaalilisät (Ratu 1191-S)

### 6.1 Betoni

Betonin käyttäminen rakentamisessa hyvin yleistä, joten myös betoninhukka on yleistä. Betoni valuja suunniteltaessa on suositeltavaa tehdä mahdollisimman suuria valuja keralla, joten betonin hukka olisi mahdollisimman pieni. Betonin materiaalikohtaisten hukkien syitä ja mahdolliset korjaustoimenpiteet voivat olla esimerkiksi:

**Työkohteeseen on tilattu liikaa betonia**, tämä voi johtua lasku virheestä betonimenekkiä laskiessa.

Ratkaisu: Betonin menekki lasketaan mahdollisimman tarkkaan määrälaskenta ohjeita käyttäen ja tarkistetaan laskelmat. Myös on tärkeää seurata betonin menekkiä valun yhteydessä ja olla valmiina muutoksiin tilauksissa. Suositeltavaa onkin varautua pienillä valu paikoilla, jos betonia jää ylimääräistä.

**Betoni kuivuu ennen käyttöä**, tämä ongelma voi ilmetä jos valun odottamisaika venyy pitkäksi.

Ratkaisu: Betonin käyttö täytyy suunnitella tarkasti ja vältettävä väliaikaista varastointia, varsinkin kesäkuumana betoni kuivuu erittäin nopeasti

**Betonimassa menee paksummin kohteeseen kuin suunniteltu**, esimerkiksi laajoissa maanvaraisissa valuissa menekki voi olla suurempi jos maanvaraiset rakenteet ovat epätasaiset.

Ratkaisu: suurissa vaakavaluissa korko merkit merkataan tarpeeksi tiheästi, ettei holviin tule epätasaisuuksia. Pinnan korkoa on hyvä tarkastaa vaaituskoneella ja lattamitalla

Betoni töissä voi myös sattua työtavasta johtuvia menekin kasvuja. Kaksi vaikuttavampaa syytä ovat:

**muotit pettävät** ja betonimassa valuu pois muotista

Ratkaisu: muotit täytyy tukea riittävän hyvin että, ne kestävät betonimassasta tulevan paineen. Pystyvaluissa on valettava muottiin vain n. 200- 300 mm kerroksina betonimassaa. Tällöin betonin täryttäminen ei rasita muotteja liikaa.

**muotin yli valuu betonimassaa**, esimerkiksi anturavaluissa muotin alta valuu betonia.

Ratkaisu: Muoteista tehdään tarpeeksi tiiviitä, käyttämällä esimerkiksi tiivistyslistoja. Myös muottiin ei tule laskea kerralla kaikkea massaa vaan se tehdään vähitellen jolloin määrän arviointi on helpompaa. Valaminen tehdään siististi sotkematta muotteja ulkopuolelta. Muottien alaosaan mahdollisesti tuleva rako täytetään ulkopuolelta hiekalla.

## 6.2 Betoniteräs

Rakennustyömaalla betoniterästen hukkaan pystytään parhaiten vaikuttamaan hyvällä suunnittelulla. Kun työmaalle tuodaan valmiiksi katkaistut ja taivutetut teräksen, niin teräksenhukka on minimaallinen. Riskinä on teräksien **turmeltumiseen kuljetuksessa ja varastoinnissa.**

Ratkaisu: Terästen tuonti työmaalle on hyvä saada juuri oikeaan tarpeeseen, ettei tarvitse suuria varastointitiloja järjestää raudoille. Teräkset on hyvä varastoida fakkeihin aluspuiden päälle. Varastointipaikka on oltava suojassa työmaaliikenteeltä, ettei se aiheuta teräksien turmeltumista. Talven aikana teräkset on suojattava suojapeitteillä lumelta ja jäältä.

## 6.3 Puutavara

Puun käyttö Suomen rakennusteollisuudessa on noin 40 % (puuinfo 2014). Puutavaran hukkaan vaikuttaa suuresti materiaalien käytön ennalta suunnittelu. Esimerkiksi vaikeasti tehtävät rakenteet, kuten kattotuolit, on hyvä tilata työmaalle esivalmistettuna. Puutavaran materiaalikohtaisten hukkien syitä ja mahdollisia korjaustoimenpiteitä:

**Puutavara on muuttuminen käyttökelvottomaksi varastoinnin yhteydessä.** Esimerkiksi puu on kostumisen takia vääntynyt tai homehtunut.

Ratkaisu: Puutavaran tilauksen ajoittaminen oikeaan ajankohtaan. Puutavaran varastoinnissa on puunipun alla käytettävä aluspuita, jotka nostavat nipun maasta vähintään 30 cm. Puutavaran väliin laitetaan välipuita, jotta puun väleistä ilma pääsee kiertämään, eikä puu pääse homehtumaan.

**Puutavaran katkaisusta tulevat ylijäämät.**

Ratkaisu: Puutavaran tilauksessa on suunniteltava puun käyttötarkoituksen mukainen pituus, ettei tarvitse sahata ylimääräistä tai ettei jää pätkiä jotka eivät ole riittävän pitkiä muuhun käyttöön. Kun puun tavarasta jää ylimääräisiä pätkiä, niitä kannattaa säästää ja hyödyntää rakentamisen seuraavissa vaiheissa.



## 6.4 Rakennuslevyt

Suurimmat materiaalilisen vähennykset tapahtuvat hyvällä suunnittelulla. Esimerkiksi levyt tilataan työmaalle oikean kokoisena ja lasketaan tarkat levyjen määrät kerroksittain. Vältä ylimääräisiä liikutteluja, jossa levyt voivat kärsiä käyttökelvottomaksi.

**Varastoinnin aikana turmeltuneet levyt.** Esimerkiksi levyt ovat kostuneet ja täten tulleet käyttökelvottomiksi

Ratkaisu: On vältettävä levyjen varastointia ja pyrittävä tilaamaan levyt työmaalle suoraan tarpeeseen. Varastoinnissa on huomioitava, etteivät levyt sijaitse kulkureittien varrella, missä niihin tulisi kolhuja. Varastoinnin aikana levyt täytyy suojata hyvin kosteudelta ja kolhuilta. Rakennuslevyt on hyvä säilyttää sisätiloissa muoveilla suojattuna.

**Työnaikana turmeltuneet levyt.** Esimerkiksi suunnittelun laiminlyönti, levyjen rikkominen työstövaiheessa tai väärät mitoitus

Ratkaisu: Työstövaiheessa on noudettava levyjakoa ja leikkaussuunnitelmaa. Leikkauspaikalla on pidettävä yllä hyvää järjestystä ja käytettävä oikeita työvälineitä.

Knauf Oy:n tuotekehityspäällikkö Max Tollander kertoo vuonna 2012 Rakennuslehden uutisissa, että kipsilevyjä työstetään vieläkin mattoveitsen avulla, eikä olla siirrytty levyynleikkaamiseen tarkoitettuihin leikkureihin ja teollisuudessa on jo mahdollisuudet tehdä kohteet suunnitelmien mukaan ja tarkkaa levyjen työstämistä on jo tehtaalla, mutta tämä mahdollisuus on jäänyt hyödyntämättä. Tollander mainitsee, että paljon putkiveitoja sisältävissä kohdissa levyjen työstöön kuluu runsaasti aikaa. Kokonaisasennusaika vähentyisi suuresti ja veikkaakin kymmenen prosentin pienennystä, jos siirryttäisiin käyttämään useammin mittojen mukaan esityöstettyjä levyjä (Rakennuslehden lehtiarasto 2012).

## 6.5 Lämmöneristeet

Lämmöneristeiden materiaalisiin vaikuttavat suuresti työkohteen koko ja rakenteiden muodot. Esimerkiksi rankajako kannattaa tehdä k600 tai k900, joten vältetään ylimääristä villanleikkaamista. Eli suunnitellaan asennusrankajaon mukaan.

**Varastoinnissa turmeltuneet lämmöneristeet.** Varastoinnin laiminlyönnillä vaikutaan suuresti materiaalisään, sillä eristeet ovat herkkiä kosteudelle.

Ratkaisu: Pyritään JOT-ajatukseen, välivarastointi paikkana käytetään mahdollisimman kuivaa ja suojattua paikka. On myös huolehdittava, että eristeiden ympärillä on olevat suojamuovit pysyvät ehjinä. Suojaa myös jo asennetut eristeet kastumiselta.

**Puhallusvillan ja kevytsoran hukka.**

Ratkaisu: Huolehdi että korot ovat oikeilla kohdilla ja tarpeeksi usein, käytä tarvittaessa ohjureita

## 7 Yhteenveto

Uusimman tilaston mukaan (vuodelta 2012) rakentamisessa tulevien jätteiden osuus on 14,35 miljoonaa tonnia. Talonrakentamisessa tulevan jätteen osuus on noin 2,2 miljoonaa tonnia. Tämä tarkoittaa, että yli 15 % Suomen jätteistä tulee talonrakentamisesta, 50 % korjausrakentamisesta ja 35 % purkamisesta. Eri tutkimuksien mukaan rakentamisessa energiahyödyntäminen on nouseva trendi. Suurimmat rakennusyrietykset ovat käyttäneet resursseja tutkimaan eri tapoja vähentää jättekustannuksiansa.

Tutkimuksessani huomasi, että materiaalihukan vähentämiseen liittyvä päätekijänä toimii rakennuksen suunnittelu. Suunnitteluvaiheessa pystytään vaikuttamaan useaan eri vaiheeseen, esimerkiksi materiaalien valintaan, määrään, ja pituuksiin. Kun pääsuunnitelmat ovat tehty materiaalitehokkaasti, siirrytään työmaanaikaiseen suunnitteluun, jotka käsittävät materiaalin ajankohdan, määrän ja varastoinnin työmaalla. Kun taas nämä kohdat ovat tehty oikein, päästään työnjohdon ja työntekijöihin vaikuttaviin asioihin. Työnjohdon tulee valvoa ja ohjeistaa, että työn tekeminen on materiaalitehokasta. Työntekijöiden sekä työnjohdolla täytyy olla motivoituneita käyttämään materiaaleja materiaalitehokkaasti ja lajittelemaan jätteet oikeaoppisesti. Työnjohto toimittaa selkeät lajittelumahdollisuudet työmaalle esimerkiksi puu-, metalli- sekä sekajäteastiat työkohteen läheisyyteen. Työntekijät motivoidaan sekä ohjeistetaan lajittelemaan jätteet työmaalla oikein. On tärkeää antaa samat ohjeistukset aliurakoitsijoille ja vaatia heiltä myös samaa lajittelua.

Jos rakennusyrietyksellä on useita työmaita samassa yksikössä, niin on hyvä keskustella muiden työmaiden materiaalarpeista keskenään. Yrietyksellä olisi myös hyvä olla omat varastointitilat, jonne voidaan viedä ylimääräiset materiaalit työmaalta odottamaan seuraava tarvetta. Tässä voi olla usein vaarana että varastosta tulee kaatopaikka ja ylimäärä materiaalit jäävät vain lojumaan varastolle. Jos varastolla on suurta käyttöä, on suositeltavaa palkata oma varastotyöntekijä pitämään varastoa käyttökunnossa, joka on tietoinen materiaaleista ja niiden määristä varastolla.

## Lähteet

Alakangas, E & Wiik, C. 2008 VTT puujäte raportti.

[http://energia.fi/sites/default/files/puujateraportti\\_r04989\\_08\\_final\\_suojattu.pdf](http://energia.fi/sites/default/files/puujateraportti_r04989_08_final_suojattu.pdf).  
14.7.2014.

European union. 2014. Energy Efficient Buildings European Initiative <http://www.e2b-ei.eu/default.php>.20.8.2014.

European commission Bio Intelligence Service. 2010 Management of construction and demolition waste, draft final report task 2, (Rakentamissa ja purkamissa tulevien jätteen hallinta). [http://ec.europa.eu/environment/waste/pdf/2011\\_CDW\\_Report.pdf](http://ec.europa.eu/environment/waste/pdf/2011_CDW_Report.pdf).  
10.9.2014.

Euroopan parlamentin ja neuvoston jätedirektiivi 2008/98/EY. 2008 <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0098&from=EN>.  
20.8.2014.

Euroopan unionin komission päätös. 2008 <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:310:0011:0016:EN:PDF>.

Häkkinen, T, Vares, S & Siltanen, P 2010 VTT tiedotteita 2231 Tuotteiden käyttöikäinformaatio ja sen käyttö rakennushankkeessa. Espoo. VTT. 12.9.2014

Ilmasto-opas 2010 [https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/artikkeli/e25090fe-19b6-40ae-a65b-78b901433a2a/kestava-tuotesuunnittelu.html#cli\\_references](https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/artikkeli/e25090fe-19b6-40ae-a65b-78b901433a2a/kestava-tuotesuunnittelu.html#cli_references). 5.8.2014

Jätelaki 646/2011, <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110646>. 23.6.2014

Katainen, J. Hallitusohjelma. 2011

<http://valtioneuvosto.fi/hallitus/hallitusohjelma/fi.jsp>. 23.6.2014

Kojo, R & Lilja, R. 2011 Talonrakentamisen materiaalitehokkuuden edistäminen:<http://www.ym.fi/download/noname/%7BF23DDA2A-1E58-4771-ACA8-90D06AB4FBE6%7D/32103>. 21.8.2014

Koski H., Lehtinen J., Perälä A-L., yms. 1998. Talonrakennustyömaan jätehuollonkehittäminen. Espoo. VTT. 24.8.2014

Ramate-tutkimus ryhmän loppuraportti. 2013, [http://www.ym.fi/fi/FI/Rakentamisen\\_materiaalitehokkuusohjelma%2826979%29](http://www.ym.fi/fi/FI/Rakentamisen_materiaalitehokkuusohjelma%2826979%29). 15.7.2014

Rakennustuoteteollisuus RTT ry Muuratut rakenteet 2014. Kivestä muuraamalla 1/2014

Tilastokeskus aine ja tarvikekäyttö. 2013

[http://www.stat.fi/til/ratipa/2012/ratipa\\_2012\\_2014-02-13\\_kat\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/ratipa/2012/ratipa_2012_2014-02-13_kat_001_fi.html). 13.6.2014

Tilastokeskuksen raportti. 2013 [http://tilastokeskus.fi/til/jate/2011/jate\\_2011\\_2013-05-17\\_tie\\_001\\_fi.html](http://tilastokeskus.fi/til/jate/2011/jate_2011_2013-05-17_tie_001_fi.html). 15.7.2014

Tilastokeskus jätetilasto. 2012. 16.7.2014

Henri Tullinen, aluemyyntipäällikkö, Lassila & Tikanoja 5.9.2014

Ympäristöministeriö, Suomen ympäristö 32 /2008. Ympäristönsuojeluosasto

Talonrakennusteollisuus ry:n ja Rakennustieto Oy. Ratu-kortti 1191-S.2000. 24.8.2014