



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

HANNES MÄKELÄ

MATERIAALITEHOKAS TALONRAKENTAMISPROSESSI

Diplomityö

Tarkastajat: professori Kalle Kähkönen
ja tekniikan lisensiaatti Olli Teriö
Tarkastajat ja aihe hyväksytty
Tuotantotalouden ja rakentamisen
tiedekuntaneuvoston kokouksessa
6. helmikuuta 2013

TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Rakennustekniikan koulutusohjelma

MÄKELÄ, HANNES: Materiaalitehokas talonrakentamisprosessi

Diplomityö, 76 sivua

Helmikuu 2013

Pääaine: Rakennustuotanto ja talous

Tarkastajat: professori Kalle Kähkönen, tekniikan lisensiaatti Olli Teriö

Avainsanat: rakentaminen, materiaalitehokkuus, jätehuolto, ominaisjätemäärä

Luonnonvarat, ympäristövaikutukset sekä taloudelliset ja poliittiset syyt ovat kehittäneet kannustavia tekijöitä materiaalitehokkuuden parantamiseksi. Materiaalitehokkuutta parantamalla voidaan saavuttaa lisäarvoa, parantaa kilpailukykyä ja lisätä tuottoa. Yhteiskunnan vaatimusten ja lupaehtojen täyttäminen edellyttää myös tehostamistoimia.

Materiaalitehokkuuden perusideana on tuottaa mahdollisimman suuri hyöty käytettyyn materiaalipanokseen verrattuna. Tutkimuksen tarkoituksena oli löytää parannuskeinoja materiaalitehokkuuteen talonrakentamisprosessissa. Case-yrityksellä oli selkeä tarve materiaalitehokkuuden parantamiseksi ja siten löytää selkeitä kustannussäästöjä.

Tutkimustyö tehtiin kirjallisuusselvityksen, havainnoinnin, haastattelujen ja tilastollisen menetelmän avulla. Kirjallisuudesta selvitettiin materiaalitehokkuuden parantamisen mahdollisuuksia sekä lainsäädännön ja määräysten vaatimuksia. Haastattelu- ja havainnoinnilla selvitettiin case-yrityksen nykytilaa, kehittämiskohteita ja -mahdollisuuksia. Tutkimuksen tärkeimpiin tuloksiin lukeutuu case-yrityksen ominaisjätemäärän selvittäminen yrityksen tämän hetkessä tilanteessa. Ominaisjätemäärien perusteella yritys voi asettaa työmailleen jätemäärän vähentämistavoitteet. Tutkimuksessa selvitettiin myös kustannussäästömahdollisuuksia, jos lajittelun määrää kasvatetaan työmaalla. Syntyvän jätteen lajittelua lisäämällä on mahdollista alentaa jätehuoltokustannuksia, koska yhteiskunnan ohjauksella on rakennussekajätteen toimittaminen kaatopaikalle tehty kustannuksiltaan korkeaksi.

Materiaalitehokkuusasioihin paneutumisella pystytään vaikuttamaan useisiin rakentamisen osa-alueisiin, kuten hävikkiin, materiaaleihin, jätteisiin, yhteistyöhön, varastointiin sekä hyötykäyttöön ja kierrätykseen. Tutkimuksen tulokseksi saatiin toimenpiteitä, joita toteuttamalla voidaan saavuttaa kustannussäästöjä.

Materiaalitehokkuuden parantamiskeinot ovat tutkimuksessa jaettu kolmeen kategoriaan suunnittelu-, hankinta- ja tuotantovaiheeseen. Suunnitteluvaiheessa tärkeimmässä roolissa ovat rakenteellinen ja tekninen toiminta, jotta saavutetaan rakennukselle suunniteltu elinkaari. Suunnitteluvaiheessa tulee huomioida myös tuotantovaiheen rakennettavuus. Hankinnat on tehtävä yhteistyössä laskenta- ja työmaaorganisaatioiden kanssa. Hankinnat on suunniteltava, ajoitettava ja toimitettava huolellisesti, jotta työmaalla voidaan keskittyä rakentamiseen. Tuotantovaiheessa on huolehdittava hankkeen organisoinnista, jotta suunniteltu rakennus valmistuu vastuiden ja velvoitteiden mukaisesti. Työmaalla tuotannon suunnittelu on tehtävä tarkasti ja materiaalivirrat on kartoitettava huolellisesti.

ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Construction Technology

MÄKELÄ, HANNES: Material Efficient Construction Process

Master of Science Thesis, 76 pages

February 2013

Major: Construction Management and Economics

Examiners: Professor Kalle Kähkönen, Licentiate in Technology Olli Teriö

Keywords: Construction, Material efficiency, Waste management, Specific amount of waste

Natural resources, environmental effects, economic and political reasons have developed incentive factors to improve material efficiency. Added value, better competitiveness and profit can be achieved by improving material efficiency. Fulfilling the requirements and permit conditions of the society also demand efficiency measures.

The basic idea of material efficiency is to produce maximum benefit in relation to used material input. The purpose of this research was to find methods to improve material efficiency in the house building process. The case company had a proper need to improve material efficiency and thus to find true cost savings.

The research was carried out by using literature review, observation, interviews and statistical methods. Improvement opportunities of material efficiency and demands of the laws and commandments were reported in the literature. The current state and the development targets and opportunities of the case company were solved with interviews and observation. One of the most important results of this study was the specific amount of waste in the case company at the moment. Based on the specific amount of waste the company can devise targets to reduce the amount of waste in its construction sites. This study also examined the opportunities for cost savings by increasing the assortment in the sites. By increasing the assortment of the produced waste is possible to reduce the costs of the waste disposal because the control of the society has caused that delivering the mixed construction waste to landfill produces high costs.

Exploring the material efficiency issues can affect several construction areas. Several operations were found as a result of the study. These operations can provide cost savings.

The improving methods of material efficiency have been distributed to three categories: planning, purchasing and production. In the planning phase constructive and technical actions are in the most important role so that planned lifespan can be reached. Also, in the planning phase, one has to pay attention to the constructability of the production phase. Purchases have to be made in co-operation with calculation and site organizations. Purchases have to be planned, scheduled and delivered carefully so that workers in the site can concentrate on the construction. In the production phase, it is very important to take care of organization of the project so that the planned building is made according to responsibilities and liabilities. Production planning in the construction site has to be made precisely and material flows have to be thought carefully.

ALKUSANAT

Tämä tutkimus on tehty opinnäytteenä diplomi-insinööritutkintoon Tampereen teknillisessä yliopiston Rakennustekniikan laitoksen rakennustuotannon ja -talouden yksikköön. Diplomityön rahoittajana toimi Peab Oy, jolla oli käynnissä ProEko-tutkimushanke. Opinnäyte liittyi tähän tutkimushankekokonaisuuteen ja tutkimus toteutettiin pääasiassa vuoden 2012 aikana.

Tutkimuksen ohjaajina toimivat Timo Laapio Peab Oy:stä sekä Olli Teriö ja Teuvo Tolonen Tampereen teknilliseltä yliopistolta. Tarkastajina toimivat Kalle Kähkönen ja Olli Teriö Tampereen teknilliseltä yliopistolta.

Kiitän kaikkia henkilöitä ja yrityksiä, jotka ovat antaneet panoksensa tämän tutkimuksen etenemiseksi. Lisäksi haluan erityisesti kiittää Tampereen teknillisen yliopiston rakennustuotannon ja -talouden henkilökuntaa antamastaan tuesta ja kannustuksesta, jota tämä tutkimus on vaatinut valmistuakseen.

Lähimmäiseni ja ystäväni ansaitsevat myös erityiskiitoksen, koska heidän kiinnostuksen, kannustuksen ja tarvittaessa pienen painostuksen avulla olen päässyt näin pitkälle. Opiskeluajalle on mahtunut monenlaisia elämän vaiheita ja tilanteita, jotka ovat unohtumattomia, ja niistä kiitos kuuluu kaikille ystävilleni. Vaikka tämä opiskeluvaihe lähestyy loppumistaan, niin elämäkoulussa riittää vielä opittavaa.

Kiitos!

Tampereella 13.3.2013

Hannes Mäkelä

SISÄLLYS

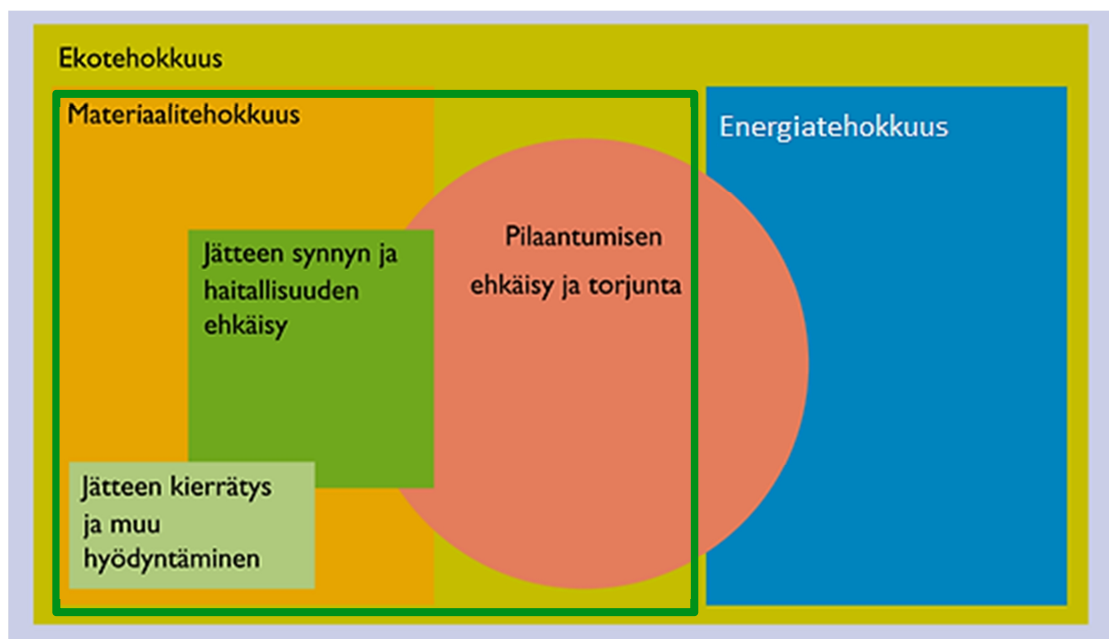
Tiivistelmä	i
Abstract	ii
Alkusanat	iii
1 Johdanto	1
1.1 Tausta	1
1.2 Tavoite ja rajaus	2
1.3 Työn suoritus.....	3
2 Materiaalitehokas rakentaminen	4
2.1 Materiaalitehokkuus.....	4
2.1.1 Materiaalitehokkuus rakentamisessa	4
2.1.2 Materiaalitehokkuus rakennuksen elinkaaren aikana	6
2.2 Rakentaminen ja jätteet	9
2.2.1 Rakentamisen jätemäärät	9
2.2.2 Ominaisjätemäärä	10
2.2.3 Rakennusjätteen kustannukset	12
2.2.4 Korjausrakentamisen jätteet.....	13
2.2.5 Vaaralliset jätteet	13
2.3 Materiaalitehokkuus suunnittelussa	14
2.3.1 Hankesuunnittelu	14
2.3.2 Rakennussuunnittelu	15
2.4 Työmaan prosessit.....	16
2.4.1 Työnsuunnittelu ja pelisäännöt	16
2.4.2 Hankinta.....	17
2.4.3 Logistiikka	19
2.4.4 Varastointi.....	21
2.5 Työmaan jätehuolto.....	22
2.5.1 Jätteiden siirrot.....	23
2.5.2 Rakennusjätteiden lajittelu.....	23
2.5.3 Rakennusjätteiden hyötykäyttö, kierrätys ja uudelleen käyttö	25
2.6 Materiaalimenekki ja -hukka.....	26
2.6.1 Materiaalimenekki	26
2.6.2 Materiaalihukka	27
2.6.3 Lean Construction.....	28
3 Materiaalitehokkuuden ohjaus, mittaus ja raportointi.....	30
3.1 Ohjauskeinot	30
3.1.1 Jätelainsäädäntö	30
3.1.2 Jätevero	34
3.1.3 Kunnalliset jätehuoltomääräykset.....	34
3.1.4 Ympäristöstandardi SFS-EN ISO 14001	35
3.2 Materiaalitehokkuuden mittaaminen ja parantaminen	36
3.2.1 Tehokkuuden mittaamisen vaatimukset.....	36

3.2.2	Ympäristöasioiden mittaaminen	37
3.2.3	Toimitusten mittaus	39
3.2.4	Jätetilastointi	39
3.2.5	Yhteiskuntavastuuraportti	40
3.2.6	Materiaalitehokkuuden parantaminen.....	42
4	Tutkimusmenetelmät.....	45
4.1	Havainnointi ja haastattelut.....	46
4.2	Tilastollinen menetelmä.....	47
4.3	Tutkimuksen suoritus ja aineiston kerääminen	47
4.3.1	Jätetiedot	48
4.3.2	Ympäristömittaus.....	49
4.3.3	Asiantuntijahaastattelut.....	49
4.4	Tutkimustiedon jalkauttamisen ohjelmointi.....	49
5	Materiaalitehokkuus rakennusyrityksessä.....	51
5.1	Yrityksen nykytila.....	51
5.1.1	Havaintoja yrityksen työmailta.....	51
5.1.2	Materiaalilisiä ja -hukka	52
5.1.3	Työmaan jätteet.....	53
5.1.4	Jätteiden kustannukset	57
5.1.5	Hyötykäyttö ja kierrätys.....	59
5.2	Materiaalitehokkuuden parantamiskeinot	60
5.2.1	Suunnitteluvaihe	61
5.2.2	Hankinta.....	62
5.2.3	Työmaa	63
5.3	Materiaalitehokkuustoimien käyttöönotto	64
6	Pohdinta	67
6.1	Tutkimuksen tarkastelu	67
6.2	Tulosten tarkastelu	68
6.3	Virhelähteitä.....	69
6.4	Jatkotutkimusaiheet.....	69
	Lähteet.....	70

1 JOHDANTO

1.1 Tausta

Materiaalitehokkuus on laajempi kokonaisuus, kuin yleensä ymmärretään. Materiaalitehokkuuden kokonaisuutta havainnollistetaan kuvassa 1.1. Materiaalitehokkuus on sopivampi käsite jätteen vähentämiselle kuin jätteen synnyn ehkäisy, koska tällöin ohjauskeinot eivät rajoitu pelkästään jätteen vähentämiseen, ehkäisyyn tai kierrätykseen. Materiaalitehokkuus huomioi myös materiaalien hankinnan, kuljetukset ja käsittelyn, jolloin materiaalien koko toimitusketju tulee käsittelyyn kattavammin. (Kautto, Mela, & Mickwitz 2006). Materiaalitehokkuus tarkastelee materiaalivirtaa enemmän ylävirran suunnasta, koska jätteen ehkäisy tarkastelee sitä alavirran suunnasta. Jos lisäksi vielä minimoidaan päästöt, energian kulutus ja muut elinkaaren haitalliset ympäristövaikutukset, niin tällöin puhutaan ekotehokkuudesta. (Kojo & Lilja 2011.)



Kuva 1.1. Käsitteiden väliset suhteet. Materiaalitehokkuuden osa-alueiksi lukeutuvat jätteiden ja materiaalien käsittely. (Kojo & Lilja 2011.)

Materiaalitehokkuusajattelu on kasvattamassa tärkeyttään niin Suomessa kuin maailmanlaajuisesti. Luonnonvarat, ympäristövaikutukset sekä taloudelliset ja ympäristöpoliittiset syyt ovat materiaalitehokkuuden kehittämiseen kannustavia tekijöitä. Näiden avulla saavutetaan tuoteketjuun lisäarvoa, yritykselle kilpailukykyä ja tuottoa sekä yhteiskunnan vaatimusten ja lupaehtojen täyttämisen. Materiaalitehokkuus voidaan määrittellä monella eri tavalla, mutta perusideana on tuottaa mahdollisimman suuri hyöty suhteessa käytettyyn materiaalipanokseen (Kautto et al. 2006).

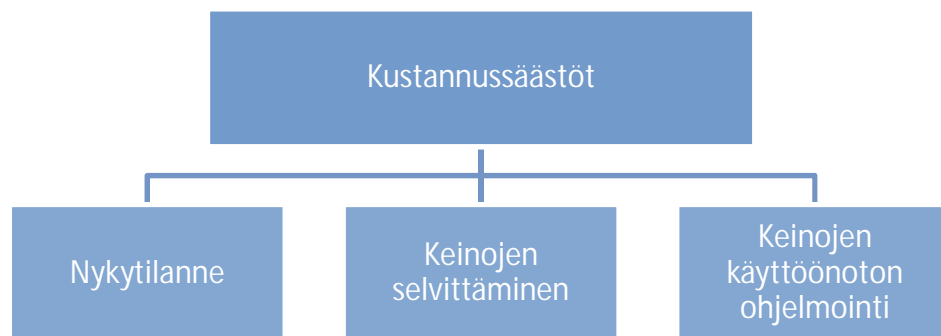
Motiva määrittelee materiaalitehokkuuden tarkemmin ja huomioi myös rakennuksen elinkaaren: "Materiaalitehokkuus on kilpailukykyisten tuotteiden ja palvelujen aikaansaamista pienenevin materiaalipanoksin siten että haitalliset vaikutukset vähenevät elinkaaren aikana." (Motiva 2011).

Uudessa Euroopan unionin jätedirektiivissä veloitetaan edistämään jätteen kierrästyä, jotta vuonna 2020 vähintään 70 prosenttia rakennus- ja purkujätteestä kierrätettäisiin (Kautto et al. 2010). Valtiovallalta on tullut myös selkeitä ohjauskeinoja, joista esimerkkinä jätevero. Vuoden 2011 alussa jäteveron suuruus nousi 40 euroon tonnilta ja vuonna 2013 vero nousee 50 euroon tonnilta (Jäteverolaki 1126/2010).

Tämä diplomityö on tehty osana ProEko-kehityshanketta. Hankeen taustalla oli tilaajan tarve vahvistaa toimintaansa energia- ja materiaalitehokkuudessa. Kehityshankkeella tavoiteltiin myös edelläkävijyyttä yhteiskuntarakentamisessa sekä asiakassuhteiden vahvistamista ja kehittämistä. Tutkimuksen tilaaja oli asettanut strategiseksi tavoitteekseen kustannustehokkuuden, joka on keskeinen edellytys kannattavalle liiketoiminnalle.

1.2 Tavoite ja rajaus

Tutkimuksen päätavoitteena oli synnyttää materiaalitehokkuudella selkeitä kustannussäästöjä. Osatavoitteita olivat yrityksen materiaalitehokkuuden nykytilanteen selvittäminen sekä materiaalitehokkuuden parantamisen keinojen ja mahdollisuuksien selvittäminen. Tutkimusta tehtiin yhdessä toimivan organisaation kanssa, jolloin myös toimijat pääsivät osallistumaan tutkimukseen.



Kuva 1.2 Tutkimuksen tavoitteena olivat materiaalitehokkuudella saavutettavat kustannussäästöt rakennustuotannossa. Tavoitteeseen pääsemiseksi tuli selvittää tutkimuksen osatavoitteet eli yrityksen nykytila, materiaalitehokkuuden parantamisen keinot sekä keinojen käyttöönotto.

Materiaalitehokkuutta voidaan hakea pelkästään rakentamisvaiheesta tai huomioida materiaalitehokkuus koko rakennuksen suunnitteluprosessissa tarpeesta käyttöönottoon (Kojo & Lilja 2011). Tutkimuksella tavoiteltiin ensisijaisesti rakentamisvaiheen materiaali- ja kustannustehokkuutta. Kirjallisuuskatsauksessa oli tavoitteena tarkastella rakennusprosessia kokonaisuudessaan.

Materiaalitehokkuuteen kuuluvat jätteen synnyn ja haitallisuuden ehkäisy sekä jätteen kierrätys ja muu hyödyntäminen. Suurimmat hyödyt saadaan jätteen synnyn ehkäisyllä, koska esimerkiksi materiaalien hankintavaiheessa oikeilla materiaalmäärillä on mahdollista kasvattaa sekä materiaali- että kustannustehokkuutta.

1.3 Työn suoritus

Tutkimustyö aloitettiin kirjallisuusselvityksellä, jolla selvitettiin sekä kansallisia että globaaleja tavoitteita ja keinoja materiaalitehokkuuden parantamiseksi. Työtä varten kartoitettiin materiaalitehokkuuden nykytila tutustumalla tilaajan työmaihin ja organisaation toimintaan. Selvitettävänä asioina olivat jätemäärät, työmaan prosessit, varastointi, logistiikka ja hankinta.

Selvitystyön pohjalta ideoitiin tutkimuksen toimintamalli. Ideointi suoritettiin keskusteluin hankkeen tutkimusryhmän kesken kokouksissa ja tapaamisissa, joissa jaettiin selvitystyön tuloksia. Ideointia jatkettiin myös materiaalitehokkuuden parantamiskeinojen hakemiseen.

Tutkimusstrategiana käytettiin toimintatutkimusta. Toimintatutkimuksessa tehdään havainnointia yrityksen toiminnasta (Vilkkä 2007). Havainnoinnilla ymmärrettiin organisaation toimintatapoja ja käytäntöjä sekä ratkaistiin aiheeseen liittyviä ongelmia. Organisaation toimintatapoihin ja käytäntöihin haettiin muutoksia. Osaltaan myös organisaation toimijat pääsivät osallistumaan tutkimukseen. Tutkimuksen lopputuotteena saatiin yritykselle ehdotus materiaalitehokkuustoimenpiteistä, joilla saavutetaan kustannussäästöjä. Keinot ovat yksinkertaisia, selkeitä ja toteutettavissa olevia, jotta toimenpiteet tulevat myös työmaiden käyttöön.

2 MATERIAALITEHOKAS RAKENTAMINEN

2.1 Materiaalitehokkuus

2.1.1 Materiaalitehokkuus rakentamisessa

Materiaalien käyttö ja käsittely tuo kustannuksia, joihin voi vaikuttaa parantamalla materiaalitehokkuutta. Materiaalitehokkuus näin ollen lisää tuottavuutta ja kilpailukykyä. Tämä tehostamisajattelu kannattaa suunnata koko arvoketjuun. Motiva (2012) määrittelee materiaalitehokkuuden keinoksi, jolla pyritään vaikuttamaan kolmeen taustatekijään:

- taloudellinen vaikuttavuus
- luonnonvarojen kestävä käyttö ja
- ympäristövaikutusten vähentäminen.

Yritykselle materiaalitehokkuus mahdollistaa kustannussäästöjä, pienentyneitä ympäristövaikutuksia, uusia innovaatioita sekä vähentynyttä materiaalien varastointi ja käsittelyn tarvetta (Halme et al. 2005). Materiaalitehokkuuden tuomia positiivisia ympäristövaikutuksia voi hyödyntää markkinoinnissa sekä yrityksen imagon kohentamisessa. Tämä voi tuoda yritykselle kasvavia markkinaosuuksia ja vaikutusmahdollisuuksia sekä lisääntyneitä arvostusta. Materiaalitehokkuus tuo myös lisäarvoa asiakkaalle ja koko arvoketjulle, sekä vähentää päästöjä ja päästöriskejä. Yritykselle saattaa muodostua materiaalitehokkuuden kautta uusia tuotteita tai liiketoimintamahdollisuuksia ja asiakkaalle voidaan tarjota kokonaan uutta palvelua tai tuotetta. (Motiva 2011.)

Resurssien käytön tehokkuus tuo selkeitä kilpailuetuja sekä yritykselle että sen asiakkaille. Sama heijastus näkyy myös kansantalouksien kohdalla. Kilpailukyvyttömäksi jäävät ne kansantaloudet, jotka juuttuvat resursseja tuhlaileviin tuotantomenetelmiin ja tuotteisiin. (Porter 1995.)

Ennakoiva ja materiaalitehokkuuden huomioiva suunnittelu on järkevän materiaalien käytön avaintekijä. Tehokkuuttaan lisännyt yritys on paremmin suojautunut myös tuleviin luonnonvarojen hintojen nousuun, lainsäädännön ja lupaehtojen kiristämiseen ja markkinoiden vaatimusten tiukkenemiseen. (Motiva 2011.)

Porterin (1995) mukaan materiaalitehokkuuden parantaminen kannattaa toteuttaa järjestelmällisesti. Yritysten tulisi päästä eroon tuottamattomista tehtävistä, kuten tarpeettomasta jätteiden käsittelystä, jotka aiheuttavat resurssitehottomuudellaan lisäkustannuksia.

Tehostamistoimet voivat liittyä materiaalien käyttöön, tuotantotapojen parantamiseen sekä koko prosessin tehostamiseen (Motiva 2011). Materiaalitehokkuus kattaa täysin toimenpiteet, joilla ehkäistään materiaalihävikkiä eli ehkäistään tai vähennetään syn-

tyvän jätteen määrää. Materiaalitehokkuuden keinovalikoimaan kuuluu myös jätteiden hyödyntäminen materiaalina tai energiana. (Kojo & Lilja 2011.)

Ympäristöpolitiikan kannalta on keskeistä mitata tuotettujen palvelujen (esimerkiksi huoneistoalan neliömetrejä) suhdetta kulutettuihin luonnonvaroihin. Ympäristövaikutuksiltaan materiaalit ovat hyvin erilaisia, joten materiaalit eivät ole ympäristönäkökulman kannalta samanarvoisia. Materiaaleilla on taakkanaan erilaisia ympäristövaikutuksia, joista käytetään nimitystä ekologinen selkäreppu. Ekologinen selkäreppu tai piilovirrat tarkoittavat luonnon ekosysteemeistä alkuperäiseltä paikalta siirrettyjen luonnonvarojen määrää, jonka raaka-aine, tuote tai toiminta vaatii koko elinkaarensa aikana. Materiaalitehokkuustoimenpiteitä tehtäessä tulee huomioida eri materiaalien elinkaaren erilaiset ympäristövaikutukset pelkän tonnimääräisen vähentämisen lisäksi. (Kojo & Lilja 2011; Autio & Lettenmeier 2002.)

Materiaalitehokkuus ei ole yksiselitteinen ja ongelmaton käsite. Materiaalitehokkuus voi kasvaa, mutta luonnonvarojen käyttö voi silti lisääntyä kestävämmälle tasolle. Materiaalitehokkuus ei kerro myöskään missä ollaan lähtötilanteessa. Jos materiaalitehokkuudella pyritään kertomaan kokonaisvaikutuksia, niin silloin on mahdollista hävittää suuretkin erot tuloksia yhteen laskettaessa (Anttonen et al. 2008). Yleisesti materiaalitehokkuudesta puhuttaessa ei erotella uusiutuvia ja uusiutumattomia materiaaleja. Saksassa tämä asia on huomioitu ja siellä puhutaan paljon uusiutuvista materiaaleista materiaalitehokkuuteen liittyen (Kojo & Lilja 2011).

Materiaalitehokkuutta voidaan lisätä jo olemassa olevien luonnonvarojen tuottamaa arvoa ja niiden käytöllä tuotettuja palveluja tehostetaan. Tällaisia keinoja ovat olemassa olevien rakennusten käyttämättömien tilojen käyttöönotto, julkisten rakennusten iltakäytön edistäminen ja tyhjillään olevien rakennusten käytön sekä käyttötarkoituksen muuttamisen edistäminen. (Kojo & Lilja 2011.)

Käytännön tehostamistoimet voivat liittyä paitsi raaka-aineiden käyttöön ja tuotantotapojen parantamiseen, myös innovaatioiden kehittämiseen koko tuoteketjussa. Yritysten kannattaa hyödyntää tämä säästöpotentiaali esimerkiksi uusien niukkoihin resursseihin perustuvien teknologiaratkaisujen ja liiketoimintamallien avulla. (Motiva 2011.)

Kojo ja Lilja (2011) raportissaan toteavat, että rakennussuunnittelu ja korjaava rakentaminen ovat merkittävässä roolissa. Näillä toimilla voidaan pidentää rakennusten elinkaarta ja suunnitteluratkaisuilla voidaan vaikuttaa materiaalien haitattomuuteen. Itse rakentamisprosessissa voidaan materiaalitehokkuuden parantamista kehittää. Parantamiskeinoina on enakoiva suunnittelu, kuten työn suunnittelu ja hankintojen tarkkuus. Rakennettavan rakennuksen materiaalivalintoihin ja materiaalien toimitusketjuihin voidaan vaikuttaa myös rakennuttajan toimesta.

2.1.2 Materiaalitehokkuus rakennuksen elinkaaren aikana

Materiaalitehokkuus tulee huomioida koko rakentamisprosessissa ja rakennuksen elinkaaren ajalta (Motiva 2011). Elinkaaritarkastelussa tarkastellaan tuotteen elinkaaren eri vaiheita raaka-ainelähteiltä jalostuksen ja valmistuksen kautta kulutukseen sekä käytön jälkeen tapahtuvaan hyötykäyttöön ja loppusijoittamiseen. Rakennuksen kumulatiivisia ympäristövaikutuksia pyritään vähentämään koko elinkaaren ajalta. Tarkastelussa otetaan huomioon kaikki elinkaaren aikaiset panokset ja tuotokset. (Mikkola 2009.)

Materiaalitehokkuus toimia priorisoidessa tulee kiinnittää huomiota myös materiaalien elinkaaren ympäristövaikutuksiin, eikä pelkästään materiaalien tonnimääräiseen vähentämiseen (Kojo & Lilja 2011). Rakentamisessa on otettava materiaali- ja energiatehokkuus yhtä aikaa huomioon, koska rakennusvaiheen ratkaisut vaikuttavat rakennuksen koko elinkaareen. Laadukkailla materiaalivalinnoilla voidaan vaikuttaa sekä materiaali- että energiatehokkuuteen, joka huomataan esimerkiksi lämmityksessä.

Rakennuksen elinkaaren kannalta oleelliset päätökset tehdään jo hankkeesta päätettäessä. Elinkaaren pidentäminen on materiaalitehokkuuden ja jätehierarkian kannalta tärkein strategia. Elinkaaren pituuteen vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa (Kojo & Lilja 2011):

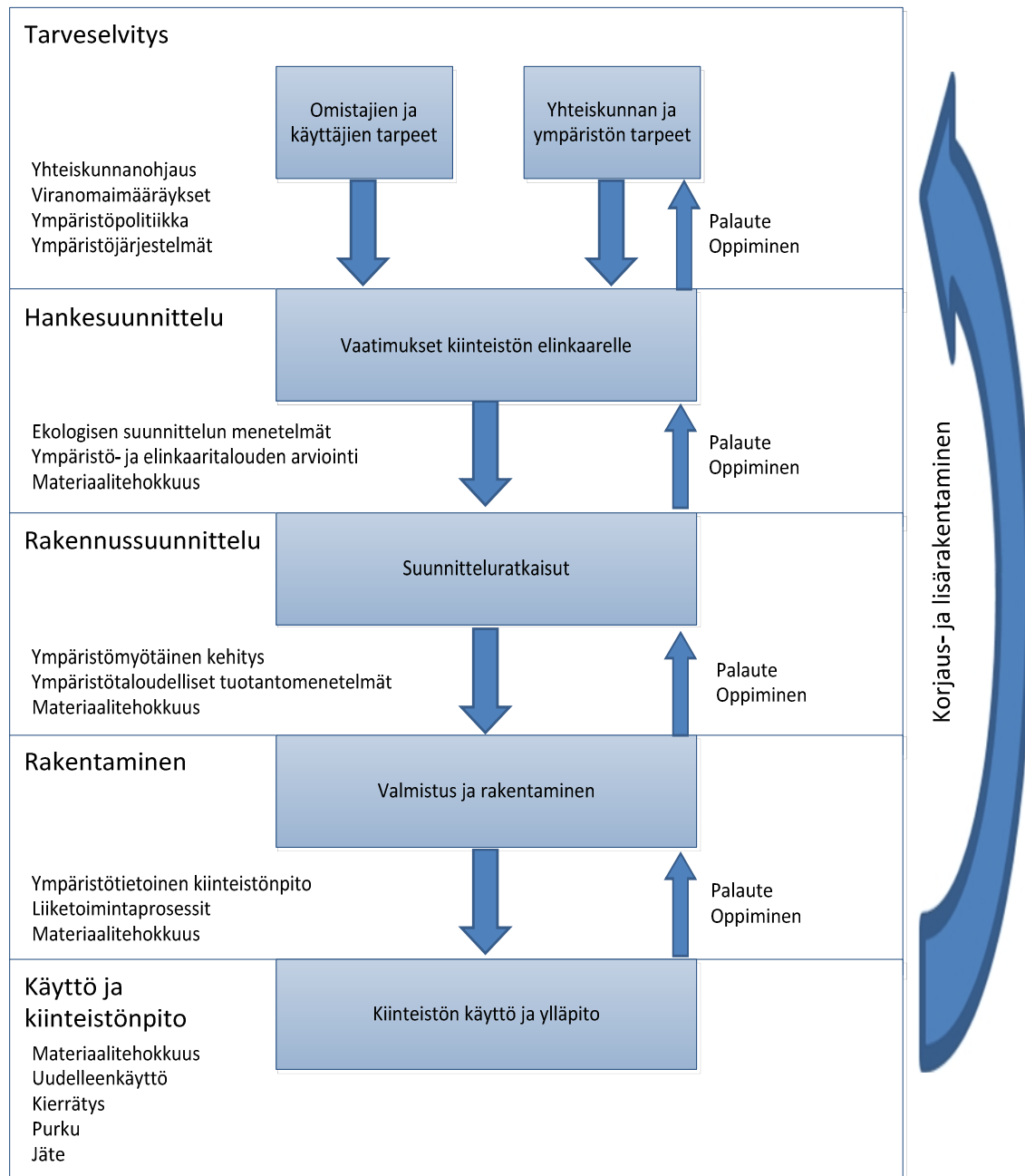
- rakenteiden ja materiaalien kestävyys suunnitelluissa olosuhteissa
- materiaalien yhteensopivuus
- rakenteiden ja materiaalien helppo korjattavuus ja päivitettävyyys
- rakennusosien ja rakenteiden muuntojoustavuus käyttötarkoituksen tai vaatimusten muuttuessa sekä
- rakennuksen huollon ja ylläpidon vaatimien materiaalipanosten minimointi.

Rakennusmateriaalien elinkaaren määrittämiseen on kehitetty erilaisia tietokantoja, joista yksi on Lifeplan-hanke, jossa ovat olleet mukana VTT, Rakennusteollisuus RT ry, Tekes, Ympäristöministeriö sekä yritysmaailman edustajia. Projektissa luotiin tuotekohmainen käyttöikäinformaation tietokanta. Julkiselta verkkopalvelimelta on saatavissa rakennustuotteiden kokonaisinformaatiota seuraavasti (Häkkinen et al. 2004.):

- 1) Tuotteen luokittelu ja tunnistaminen
- 2) Tuotteen kuvaus ja tuotteen tekniset ominaisuudet
- 3) Tuotteen käyttöikä ja käyttöiän edellytykset sekä
- 4) Ympäristövaikutukset.

Rakennuksen nykyisen käyttötarkoituksen päättyessä tulisi rakennukselle löytää uusi käyttötarkoitus, jolloin rakennukseen sidottujen materiaalien elinkaari kasvaa. Tämä parantaisi myös rakennuksen materiaalitehokkuutta. Vanhoja teollisuus-, toimisto- ja sairaalarakennuksia sekä kerrostaloja tulisi kyetä muuttamaan nykyistä joustavammin ja taloudellisemmin muuhun käyttöön. (Häkkinen et al. 2004.)

Rakennusvaiheessa rakennuksen elinkaaren kannalta oleellisia asioita ovat rakentamisvaiheen valvonta, käyttöönottotarkastukset sekä luovutusasiakirjat. Osaavalla valvonnalla voidaan välttyä useilta ongelmilta rakennuksen käytön aikana. Rakennusaikataulun tulee huomioida kuivumisajat, mittaukset ja koestukset. Rakentamisvaiheessa



Kuva 2.1 Materiaalitehokkuus tulee huomioida jokaisessa suunnittelun ja toteutuksen vaiheessa, jotta saavutetaan ympäristöä säästävää rakennus. (Mukailtu lähteestä Häkkinen et al. 1999.)

tulee olla riittävät puhtaustasot, jotka korostuvat laitteita ja järjestelmiä asennettaessa, kuten ilmastointikanavat tulee olla aina suojattuina. Muutenkin rakennusaikainen suojaus on tärkeässä roolissa, jotta kosteus ja epäpuhtaudet eivät pääsisi rakenteisiin. Käyttöönottotarkastuksissa kaikki säädöt laitteissa ja järjestelmissä tulee tehdä huolellisesti, esimerkkinä sähköistys, automatiikka, ilmanvaihto ja patteriverkosto. Näillä on pitkäaikaiset vaikutukset, jotka vaikuttavat rakennuksen energiankulutukseen. Myös luovutusasiakirjojen pitää olla huolellisesti laadittu, joista selviävät muun muassa materiaalien ja tuotteiden mallit, tyypit sekä värisävyt. (Kytölä 2012.)

Rakennuksen elinkaaren suunnittelussa voidaan vaikuttaa materiaalien haitallisuuden vähentämiseen. Materiaalien ja kemikaalien tunnistaminen on erittäin tärkeää, jotta voidaan välttää terveyshaitoilta rakentamisen, käytön, huollon tai purkamisen yhteydessä. Tulisi myös välttää materiaaleja, joista muodostuu valmistuksessa tai käyttöajan jälkeen vaarallisia jätteitä, ympäristöhaittoja tai muutoin ongelmia. (Kojo & Lilja 2011.)

Kestävien rakennustuotteiden ja -materiaalien valinnalla on vaikutusta käyttöiän aikaisiin ympäristökuormiin ja jätteen syntyyn. Kunnossapito- ja korjaustoimien laajuus ja toistuvuus riippuvat sekä materiaalien ominaisuuksista että suunnitellusta asennuksesta rakennukseen. Materiaalivalinnoissa huomioon otettavia asioita ovat käyttöikä, huollettavuus, korjattavuus, muuntojoustavuus, ympäristöystävällisyys ja materiaalien päästöt. Materiaalien elinkaaren vaikuttavia asioita ovat: viihtyisyys, kulutuksen kesto, siivottavuus, oikeat siivoustavat sekä hoito-ohjeet. Erilaisia materiaaleja on tarjolla paljon, joista kohteeseen on valittava sopivimmat. Materiaalien tulee sopia myös keskenään yhteen, jotta vältetään materiaalien toisilleen aiheuttamista ongelmista. (Kytölä 2012; Hänninen & Rahkila 2005.)

Käyttö- ja ylläpitotoimiin järjestetään riittävä koulutus, koska laitteet ja järjestelmät ovat automatisoinnin myötä tulleet haasteellisimmiksi. Rakennuksen turvallisuusasioihin tulee kiinnittää entistä enemmän huomiota. Poikkeus- tai häiriötilanteisiin tulee varautua ja niihin on suunniteltava toimintamallit. (Kytölä 2012.)

Elinkaaren pidentämisellä on myös rakennuksen ympäristöön liittyviä vaikutuksia. Rakennusten säilyttäminen luo lähiympäristöön turvallisuuden tunnetta, kun rakennuksia ei pureta. Rakennuksilla on ihmisille monenlaisia merkityksiä ja muistoja. Pitkäikäiset rakennukset synnyttävät myös rakennuskulttuuria.

Huolellisella suunnittelulla ja virheiden välttämällä ehkäistään turhan jätteen syntyä koko rakennuksen elinkaaren aikana. Rakentamisen aikana havaitusta laatuvirheistä neljännes ja käytönoton jälkeisistä laatuvirheistä miltei puolet on aiheutunut puutteellisesta suunnittelusta. Suunnitteluvirheet johtavat korjaamiseen jo rakentamisen tai käytön aikana ja lyhentävät rakennuksen elinkaarta. Purkutöiden takia korjaamisesta syntyy tarpeetonta jätettä. (Hänninen & Rahkila 2005; Laine & Heljo 2007b.)

Rakentamisen laatu kärsii virheistä, joita tulee prosessin aikana. Rakennuttamisen virheet johtuvat heikosta johtamisesta, koordinoinnista ja valvonnasta. Myös rakentamisen aikana tehdyistä suunnitelmanmuutoksista syntyy helposti virheitä, joita usein joudutaan poistamaan purkamalla ja tekemällä uudestaan. Rakentamisen aikana laatuvirheiden aiheuttajia ovat myös urakoitsija, suunnittelijat ja rakennusteollisuus. Virheitä voidaan välttää hyvällä tiedon kululla, kokemuksella, osaamisella, huolellisuudella ja kiireettömyydellä. Rakentamisen laatu vaikuttaa sekä rakentamisen että valmiin rakennuksen ympäristövaikutuksiin. Rakentamisen huolellisuus on tärkeimpiä käyttöikänsä vaikuttavia tekijöitä. Virheet rakennusvaiheessa johtavat yleensä virheen poistamiseen ja työn uudelleen tekemiseen, mikä laskee materiaalitehokkuutta. (Hänninen & Rahkila 2005; Laine & Heljo 2007b.)

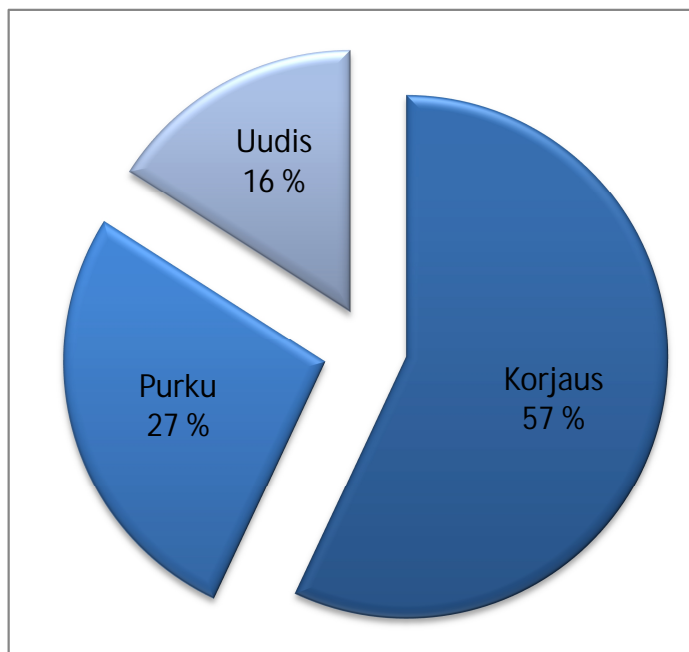
2.2 Rakentaminen ja jätteet

2.2.1 Rakentamisen jätemäärät

Yritykset, jotka päästävät haitallisia aineita tai energiaa saasteina ympäristöön, toimii tehottomasti ja resursseja tuhlaavasti. Nämä toimet pakottavat yrityksen tuottamattomiin toimiin, kuten jätteen käsittelyyn. (Halme 2005.)

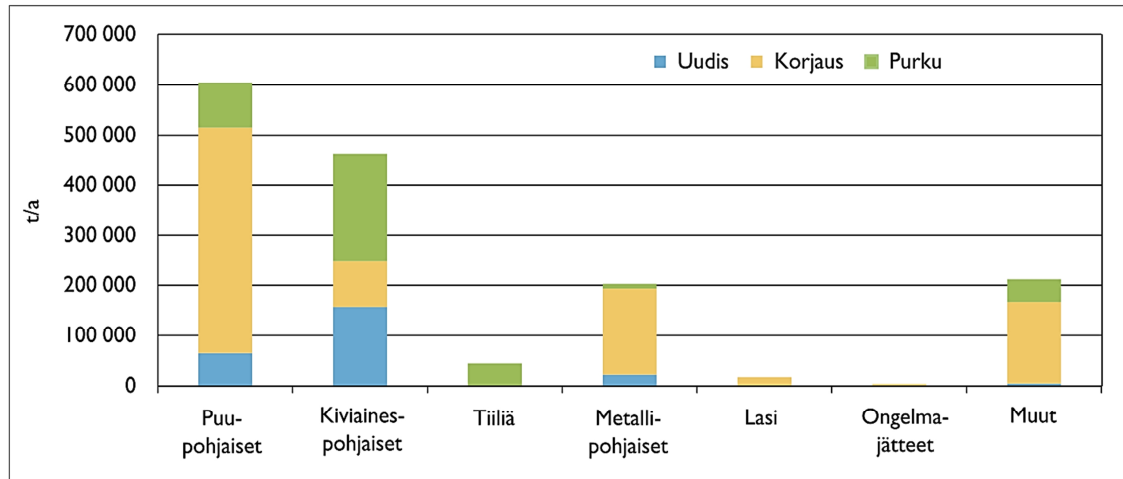
Euroopan unionin alueella syntyy rakennusjätettä keskimäärin 850 miljoonaa tonnia, mikä on 31 prosentin osuus kaikesta EU:n alueella syntyvästä jätteestä. Rakentamisen arvonlisäykseen verrattuna jätemäärissä on suuria eroja jäsenmaiden välillä. Kun verrataan syntyvää rakennusjätettä alan arvonlisäykseen, niin Suomessa rakentaminen tuottaa Euroopan ympäristöviraston vuoden 2004 tilastojen mukaan jätettä viisinkertaisesti Tanskaan ja kolminkertaisesti Ruotsiin verrattuna. (EU as a Recycling Society, 2009.)

Suomessa syntyy jätettä keskimäärin 80–85 miljoonaa tonnia, josta rakentamisesta syntyneen jätteen osuus on keskimäärin 20–25 miljoonaa tonnia. (Tilastokeskus, 2011) Jättemäärä riippuu vuosittaisesta rakentamisen määrästä, joka määräytyy vallitsevien suhdanteiden mukaan. Talonrakentamisen osuus on vuosittain 1,6–1,8 miljoonaa tonnia, joka jakautuu uudis- ja korjausrakentamiseen sekä purkamiseen. Talonrakennustyömaista korjaushankkeissa syntyi jätettä 57 prosenttia, uudisrakennustyömailla 16 prosenttia ja purkutyömailla 27 prosenttia (kuva 2.2).



Kuva 2.2 Talonrakennusjätteen jakautuminen eri rakennushanketyyppien kesken. Korjausrakentaminen on suurin jätteiden tuottaja, kun uudisrakentaminen tuottaa vain 16 prosenttia talonrakentamisen jätteistä. (Seppälä et al. 2009.)

Talonrakentamisessa jätteet jakautuvat pääasiassa puupohjaisiin, kiviaineksiin sekä metalleihin. Vuoden 2007 tilastoissa puupohjaisia jätteitä oli noin 40 prosenttia, kiviaineksiä noin 30 prosenttia ja metallijätettä 14 prosenttia. Huomattava osuus puujätteestä syntyy korjausrakentamisesta, joka on 74 prosenttia puujätteen kokonaismäärästä. Lisäksi rakennusjätteessä on eriste- ja pakkausmuoveja, lasia ja yhdyskuntajätteitä. (Seppälä et al. 2009.)



Kuva 2.3 Talonrakentamisen jätteiden jakautuminen erityyppisille rakennushankkeille. Puupohjaisia jätteitä 40 prosenttia, kiviainespohjaisia 30 prosenttia ja metallijätteitä 14 prosenttia jätteiden kokonaismäärästä. (Kojo & Lilja 2011.)

Ympäristöministeriön valtakunnallinen jätesuunnitelma vuodelle 2016 määrittelee jätteen hyödyntämistavoitteeksi 70 prosenttia. Ministeriön tavoitteiden lisäksi on esitetty jätteen määrän vähentämiseksi vähentämisprosentit rakennustoimialalle. Talonrakentamisessa tavoitteet vuoteen 2020 ovat uudisrakentamisessa 50 prosenttia vähemmän jätettä suhteessa uudisrakentamisen arvoon ja korjausrakentamisessa 25 prosenttia vähemmän jätettä suhteessa sen arvoon. (Sallialmi & Mela 2009.)

2.2.2 Ominaisjätemäärä

Vuonna 1997–1998 tehdyn VTT:n tutkimuksen mukaan vähän jätettä tuottavalla työmaalla muodostuu alle 8 kg/r-m^3 rakennusjätettä. Tämä tulos on arvioitu työmaaseurantojen ja laskelmien perusteella.

Vuonna 1997 aloitettuja ja valmistuneita uudisrakennuskohteita oli 31,6 miljoonaa m^3 . Jättemäärä kohteissa vaihteli $3,8\text{--}15 \text{ kg/r-m}^3$ välillä. Mitä enemmän rakennuksessa oli tilavuuteen nähden vaippapintoja ja mitä suurempi oli paikalla rakentamisen määrä, sitä suurempi oli ominaisjättemäärä. Tutkimuksen avulla laskettiin ominaisjättekertoimia erilaisille uudisrakentamisen kohteille, joita käytetään rakennusjätetilastoinnin taustaineistona (Taulukko 2.1). Tämä VTT:n tutkimus on uusin rakennusalan jättemääriä koskeva tutkimustulos. (Perälä & Nippala 1998; Perälä 2012.)

Taulukko 2.1 Rakennustyömaan tunnuspiirteitä rakennusjätteen näkökulmasta. Ominaisjättemäärä vaihtelee rakennettavan kohteen mukaan. Keskimäärin ominaisjättemäärä on 4–12 kg/r-m³ välillä riippuen kohteesta. (Perälä & Nippala 1998.)

Rakennusjätteen ominais määrä uudisrakennuksissa	Jättemäärä vähäinen kg/r-m ³	Jättemäärä keskimääräinen kg/r-m ³	Jättemäärä suuri kg/r-m ³
Rivitalo	4 - 8	9 - 12	> 12
Asuinkerrostalo	2 - 5	6 - 10	>10
Liike/julkinen rak.	2 - 4	5 - 8	>8
Teoll./varastorak.	2 - 3	4 - 6	>6

Tutkimuksessa oli havaittavissa jättemäärän väheneminen vuodesta 1990 vuoteen 1997 noin 30 prosentilla. Osittain tämä muutos on tapahtunut tilastoinnissa tehdyillä muutoksilla. Odotettavasti tämä sama trendi on jatkunut 2000-luvulla, sillä yhteiskunta on asettanut selkeitä tavoitteita jättemäärän vähentämiseksi ja hyötykäytölle. (Perälä & Nippala, 1998.)

Taulukko 2.2 Ehdotus rakennusjätteen ominaismääristä uudisrakentamisessa rakennusjätetilastointiin. Tilastoa käytetään myös valtakunnallisessa rakennusjätetilastoinnissa. (Perälä & Nippala 1998; Perälä 2012.)

Rakennusjätteen määrä uudisrakentamisessa (kg/r-m ³)	Betoni-tuotteet kg/r-m ³	Tiilet kg/r-m ³	Muut kivip. tuotteet kg/r-m ³	Saha-tavara kg/r-m ³	Muut puu-tuotteet kg/r-m ³	Teräs-levyt kg/r-m ³	Muut teräs-tuotteet kg/r-m ³	Yhteensä kg/r-m ³
Erill. pientalot	3,97	1,74	0,89	3,60	0,44	0,36	0,14	11
Kytk. pientalot	2,42	1,16	1,20	3,38	0,20	0,31	0,16	9
As.kerrostalot	3,38	0,82	0,71	0,84	0,02	0,19	0,23	6
Vapaa-aj. as.	3,45	0,18	0,41	10,74	0,19	0,29	0,14	15
Myymälät	2,94	0,42	0,37	0,42	0,03	0,36	0,21	5
Hoitoalan rak.	3,64	1,12	0,51	0,30	0,01	0,36	0,31	6
Toimistot	3,14	0,51	0,41	0,24	0,01	0,37	0,38	5
Kokoontumisr.	3,13	0,95	0,21	0,54	0,04	0,27	0,47	6
Opetusrak.	2,62	0,98	0,22	0,42	0,03	0,32	0,30	5
Teollisuusrak.	2,00	0,18	0,15	0,24	0,03	0,48	0,34	3
Varastot	1,93	0,11	0,12	0,30	0,01	0,39	0,21	3
Maatalousrak.	3,97	0,17	0,09	0,45	0,02	0,48	0,17	5
Liikenteen rak.	4,88	0,49	0,31	2,63	0,03	0,29	0,31	9

Tilastokeskus on tehnyt tilaston uudisrakentamisen rakennusjätteistä talotyyppikoh-
taisesti vuosilta 1995–2002. Vuonna 2002 talonrakentamisen kokonaisjättemäärä oli 1,4
miljoonaa tonnia ja uudisrakentamisen jättemäärä 200 000 tonnia. Pientalorakentamisen
jätteiden määrä oli 70 000 tonnia, joka on kolmannes kaikista uudisrakentamisen jätteis-
tä. (Kojo & Lilja 2011.)

2.2.3 Rakennusjätteen kustannukset

Rakennustyömaan tuotannosta tulleen jätteen kustannus sisältää materiaalien hankinta-
hinnan, kuljetukset, siirrot, varastoinnin sekä jätteeksi päätyneiden materiaalien varas-
toinnin, siirrot, kuljetukset ja kaatopaikka- ja muut maksut. Työmaalla olevat jätteet
aiheuttavat epäjärjestystä, jotka alentavat tuottavuutta sekä kasvattavat tapaturmariskiä.
Nämä voidaan laskea tuotantojätekustannuksiksi. (Hänninen & Rahkila 2005.)

Uudisrakennustyömaalla jätekustannuksista noin 40 prosenttia on työvoimakustan-
nuksia ja 46 prosenttia koostuu hävikkimateriaalien kustannuksista ja siirroista. Ainoas-
taan 10 prosenttia on varsinaisia jätemaksuja ja -veroja. (Perälä & Nippala 1998.) Ra-
kennustyömailla jätemateriaalien kustannuksista puhuttaessa nähdään vain jätehuolto-
kustannukset. Materiaali on kuitenkin tuotu työmaalle ja se on hankittu tavarantoimitta-
jalta tai valmistajalta, joten näistä syntyy myös kustannuksia. Materiaalien prosessointi
työmaalla vaatii energiaa ja työtä. Materiaalien tehokkaampi käyttö vähentää useimmi-
ten myös energiakulutusta ja prosessien työpanosta. Materiaalitehokas toiminta pienentää
myös muita välillisiä kustannuksia.



Kuva 2.4 Hukkamateriaalien kustannusvaikutukset. Yleensä jätehuollon hoitamisessa
nähdään vain jätehuoltokustannukset, vaikka kustannuksia syntyy moninkertaisesti ma-
teriaalien hankinnasta, käsittelystä ja varastoinnista. (Waste minimisation for managers
2002; Motiva 2012.)

Rakennustyö suunnitellaan ennalta siten, että rakennusmateriaaleja käytetään sääste-
liäästi. Uusien materiaalien käyttöä pyritään vähentämään hyödyntämällä jo syntynyttä
hukkamateriaalia. Näin saadaan kustannussäästöä säästyvänä materiaalina, jätteiden
siirtokustannuksissa työmaalla, kuljetuskustannuksissa kaatopaikalle, jätteiden käsitte-
lymaksuissa ja jäteverossa.

Materiaalitehokkuuden ja jätehuollon kannalta rakentamisen suhde materiaaliteolli-
suuteen on ongelmallinen. Yleisesti teollisuus määrittelee liikaa materiaalitoimitusten
ehtoja. Tavoitteena olisi, että materiaaliteollisuus palvelisi enemmän rakennustyömailta,
eikä päinvastoin. Työmaan näkökulmasta materiaalien esikäsittely tai pakkaus tulisi
tehdä työmaan toivomalla tavalla, jolloin kuorman purkaminen tai asennustyö helpottui-
si. (Motiva 2012.)

2.2.4 Korjausrakentamisen jätteet

Korjausrakentamisella voidaan pidentää rakennuksen elinkaaren materiaalitehokkuutta,
kun rakennuksen elinkaari kasvaa. Rakennus- ja purkujätettä syntyy huomattavasti
enemmän korjaustyömailta kuin uudisrakennustyömailta. Jätteenmäärä on voimakkaasti
riippuvainen korjaustoimenpiteistä ja suurin osa jätteestä syntyy kohteen purkamisvai-
heessa. Purkuvaiheen jätemäärätiedot ovat yleensä tiedossa purku-urakoitsijalla, tosin
tämä on riippuvainen tehdyistä sopimuksista. (Perälä & Nippala 1998.)

Perälän ja Nippalan (1998) tutkivat myös korjauskohteiden jätemääriä. Tutkimuksen
kohteet edustivat tyypillisiä korjauskohteita. Korjauskohdetta vaikuttavampi rooli oli
korjausasteella työmaan purku- ja jätemääriin. Tutkimus antoi tyypillisille remonteille
seuraavat ominaisjätemäärät:

- pintaremontti 0,5–2 kg/r-m³
- keskiraskaskorjaus 2–15 kg/r-m³
- raskaskorjaus 15–100 kg/r-m³
- koko rakennuksen purku 200–500 kg/r-m³.

Keskiraskaissa korjauksissa rakennuksen ulko- ja/tai sisäpintojen uusimisen lisäksi uu-
sitaan LVIS-tekniikkaa. Raskaissa korjauksissa tehdään näiden lisäksi vielä tilamuutok-
sia ja lisärakentamista, jotka kasvattavat purettavan materiaalin määrää. Näissä korjaus-
kohteissa purkujätteen määrästä 90 prosenttia on kiviainespitoista.

2.2.5 Vaaralliset jätteet

Uuden jätelain (646/2011) myötä myös ongelmajäte-termi jäi historiaan, mikä korvataan
vaarallinen jäte -termillä (Ekoasiaa 2/2012). Vaarallisia jätteitä voidaan välttää ja niiden
syntyminen estää tekemällä oikeita valintoja. Rakentamisen pinnoitusmateriaaleina voi-
daan suosia vesiliukoisia maaleja, lakkoja ja liimoja. Paineekyllästettypuu hankitaan
työmaalle määrämittaisena ja sitä käytetään sellaisissa kohdissa, joissa sitä todella tarvi-
taan. Ensisijaisen tärkeää on suunnitteluvaiheessa selvittää materiaalien ominaisuudet ja
sisältämät aineet. (Hänninen & Rahkila 2005.)

Vaaralliset jätteet on eroteltava kaikista muista jätteistä täydellisesti, muuten koko jätekuormasta tulee kierrätyskelvotonta. Vaarallisten jätteiden käsittelyssä käytetään ehjiä, tiiviitä ja kestäviä astioita jätteiden leviämisen estämiseksi. Astioihin merkitään selkeästi jätteen nimi. Tarvittaessa jätteet on säilytettävä lukitussa varastorakennuksessa siten, etteivät aineet pääse kosketuksiin avotulen tai kipinöiden kanssa. Rakennuksen ilmastoinnista on huolehdittava. Rakennuksen välittömään läheisyyteen tulee asettaa suojele- ja ensiapuvälineistö, imeytysaine, lapio ja keräysastia sekä AB III E-teholuokan sammutin. (Ekokem 2012; Ongelmajäte 2012.)

Vaaralliset jätteet merkitään kemikaalilain mukaan oranssipohjaisilla merkinnöillä, mutta aina merkinnät eivät ole riittäviä. Rakennustoiminnassa vaarallisiksi jätteiksi luettavia jätteitä ovat esimerkiksi painekyllästetty puu, maalit, lakat, puunsuojakemikaalit, liuottimet, liimat, eristysmassat, hartsit, kitit ja tasoitteet sekä öljypohjaiset aineet. Huoltotoiminnassa syntyvät jätteet, kuten loisteputket, paristot, käytöstä poistetut muuntajat ja kondensaattorit, ovat vaarallista jätettä. Tunnistamatonta yhdistettä hävitettäessä sitä tulee kohdella kuin vaarallista jätettä. Rakenteiden purkamisen yhteydessä selvitetään ensin mahdolliset vaaralliset aineet. Vaaralliset jätteet on toimitettava aina vaarallisten jätteiden vastaanottopisteeseen. (Ekokem 2012; Ongelmajäte 2012.)

Tietoja vaarallisten jätteiden hävittämisestä saa tavarantoimittajilta, ongelmajätelaitos Ekokemiltä, paikallisilta jätehuoltolaitoksilta sekä Internetissä toimivasta palvelusta, www.ongelmajate.fi.

2.3 Materiaalitehokkuus suunnittelussa

2.3.1 Hankesuunnittelu

Rakennuttajan ympäristöpolitiikka, -järjestelmä sekä -ohjelma ovat perusta ympäristövaikutusten huomioon ottamiselle rakennushankkeessa. Materiaalitehokkuuden huomiointi tulee aloittaa jo hankesuunnitteluvaiheessa. Rakennusta suunniteltaessa tulee valmiille rakennukselle asettaa seuraavat tavoitteet: tilojen tulee olla terveelliset, turvalliset, siistit ja esteettömät (Kytölä 2012). Materiaalivalinnat sekä jätteen ehkäisy tulee huomioida hankkeen tässä vaiheessa, jotta asioihin voidaan vaikuttaa ja asiat onnistuvat hankkeen edetessä. Jätteen synnyn ehkäisylle asetetaan tavoitteet ja samalla määritellään eri osapuolten vastuut. (Hänninen & Rahkila 2005.)

Sopimukseen tulee sisällyttää hankkeelle asetetut tavoitteet ja valvonta tulee suorittaa todentamismenetelmin, joita tarvitaan niin suunnitteluratkaisujen kuin valmiin rakennuksen suhteen. Hankkeen ympäristönäkökohdat tunnistetaan ympäristöselvityksessä, josta selviävät ympäristötavoitteet tai -vaatimukset, kuten käyttöikätaavoite, muuntojoustavuus eri muodoissa, tavoitteet luonnonvarojen kulutukselle, tavoitteet ympäristökuormitukselle, tavoitteet jätteen synnyn ehkäisylle, vaatimukset sisäolosuhteille ja tavoitteet elinkaarikustannuksille. Kun hankkeeseen valitaan suunnittelijoita tai urakoitsijoita, tulee tarjouspyynnöissä esittää vaatimus ympäristöasioiden hallitsemisesta ja sitoutumisesta niiden toteuttamiseen. (Hänninen & Rahkila 2005.)

2.3.2 Rakennussuunnittelu

Rakennussuunnitteluvaiheessa tulee suunnitelmissa toteuttaa hankesuunnittelussa asetetut tavoitteet. Rakennussuunnittelu on elinkaarikustannusten ja käyttöikähallinnan kannalta tärkein suunnitteluvaihe. Suunnittelun alussa määrittelyt, valinnat ja päätökset määrittävät suurimman osan rakennuksen elinkaaren aikaisista kustannuksista ja toimivuudesta. Rakennuttaja voi asettaa ympäristökriteereitä, joiden perusteella rakennus tulee rakentaa.

Rakennushankkeen osapuolten yhteistyö on välttämättömyys hankkeen onnistumiseksi. Materiaalitehokkuus tavoitteiden toteuttamiseksi on suunnittelijoiden, rakennuttajan ja urakoitsijan keskusteltava keskenään eri vaihtoehdoista ja ratkaisuksista. Yhteistyöllä voidaan välttää liian myöhäiset muutokset suunnitelmiin ja suunnitelmat ovat työmaalla ajoissa. Suunnittelijoiden tulisi suhtautua positiivisesti sellaisten uusien rakennustuotteiden ja -materiaalien käyttöön, joissa on uudelleen käytettyjä tai kierrätettyjä osia. (Hänninen & Rahkila 2005.)

Rakennus tulee suunnitella käyttöikänsä ja muuntojoustavuudeltaan tarkoituksen mukaiseksi. Tavoitteena tulee olla rakennuksen käyttökelpoisuuden varmistaminen mahdollisimman pitkään mahdollisimman vähillä korjaus- ja muutostöillä. Kantavat rakenteet tulee suunnitella niin, että niitä ei tarvitse vaihtaa tai korjata käyttöikänsä aikana. Uusittaviksi tarkoitettujen materiaalien on helppo uusien ja materiaalit ovat myös uudelleen käytettävissä. Käyttöikäsuunnitteluun liittyy myös huollon ja uusimisjaksojen suunnittelu. Myös muuntojoustavuus lisää rakennuksen käyttöikää, joka siirtää jätteen syntymistä kauemmaksi tulevaisuuteen. Muuntojoustavuus ohjaa rakenteiden ja eri järjestelmien suunnittelua, koska suunnittelussa on otettava huomioon erilaiset käyttötarkoitukset. Huomioitavia seikkoja muunneltavassa rakennuksessa ovat: väliseinät, sähkö- ja vesijohtot, lämpöjohtot, ilmanvaihto sekä valaistus. Joustavan rakennuksen tiloissa on huomioitu runkosyvyys, huonekorkeus, huonejako ja jaettavuus. (Häkkinen et al. 2004; Hänninen & Rahkila 2005.)

Suunnittelussa tulee käyttää moduuli- ja standardimitoitusta, jotta voidaan käyttää vakiokokoisia rakennusmateriaaleja. Näin vältetään turhaa leikkaamista ja paloittelua, josta syntyy materiaalihukkaa. Rakenteet tulee suunnitella sellaisiksi, että rakennuksen runko saadaan nopeasti vesikattovaiheeseen. Elementit, valmisosat ja määrämittäisyys vähentää jätteen määrää työmaalla. Tehtaalla on helpompi löytää hukkapaloille uutta käyttöä. Asennusvalmiin tuotteen käyttö helpottaa ja nopeuttaa työmaatyöskentelyä ja samalla virheiden ja vaurioitumisten riski vähenee. Rakenteiden yhteensovittamisessa syntyvät pienet hukkapalat johtuvat siitä, että tilamitoituksessa käytetty moduulimitoitus ei toteudu tai sitä ei käytetä. Hukkapalat voivat johtua myös liian väljistä valmistus- ja asennustoleransseista. (Hänninen & Rahkila 2005.)

Uutta rakennettaessa tai vanhaa korjattaessa tulee projektissa käyttää ammattitaitoisia suunnittelijoita ja projekti täytyy dokumentoida tarkkaan. Dokumentoinnilla on suuri merkitys rakennuksen elinkaaren aikana. Tietojen tallettaminen ja päivittäminen ovat

ensiarvoisen tärkeää, jotta tulevaisuudessa tietojen seuraavat käyttäjät osaavat toimia materiaalien tai rakenteiden ominaisuuksien mukaan. (Kytölä 2012.)

Jotta tulevaisuudessa materiaalien talteenotto ja uudelleenkäyttö olisi helpompaa, tulee uusien rakennusten suunnittelussa huomioida rakennuksen korjattavuus ja purettavuus. Materiaalien kiinnitystavalla on merkitystä, silloin kun on tarkoitus purkaa rakennus. Tulevaisuudessa osa materiaaleista voi olla kierrätettäviä tai uudelleenkäytettäviä. (Hänninen & Rahkila 2005; Kytölä 2012.)

2.4 Työmaan prosessit

Työmaalla rakennus on toteutettava suunnitelmien mukaisesti. Rakennuksen suunnitelmat vaikuttavat osaltaan työmaan jätemääriin, mutta työmaalla on myös mahdollisuus vaikuttaa syntyvän jätteen määrään. (Hänninen & Rahkila 2005.)

2.4.1 Työnsuunnittelu ja pelisäännöt

Työmaan pelisäännöistä tulee sopia kaikissa urakka- ja hankintasopimuksissa ja materiaalihallinta on hyvä sisällyttää osaksi työnopastusta (Hänninen & Rahkila 2005). Työntekijöille ja aliurakoitsijoille tulee opastaa materiaalitehokkuuden kannalta oleelliset asiat, joita ovat materiaalien oikea käyttö, käsittely sekä suojaaminen (Heikkilä 2000). Rakennustyömaan kaikki työntekijät perehdytetään työmaan jätehuollon toimintaan sekä varmistetaan, että heillä on riittävästi tietoa materiaalitehokkaasta toiminnasta. Työntekijöille voidaan toteuttaa erilaisia tapahtumia, koulutuksia tai tiedotuksia, joilla voidaan kasvattaa työntekijöiden osaamista. Näitä voivat olla esimerkiksi (Hänninen & Rahkila 2005):

- kokoukset ja palaverit
- temaviikot
- tuloksista tiedottaminen
- motivointi ja palkitseminen
- johdon näkyvä sitoutuminen sekä
- henkilöstön osallistuminen auditointeihin.

Työnsuunnittelulla on tärkeä osa materiaalitehokkuuden hoitamisessa. Työnsuunnittelussa tulee valita työmaalle sopivat toimintatavat, kuten menetelmävalinta, materiaalinkäytön suunnittelu, työntekijöiden ohjaus, pakkauskoon valinta ja materiaalien uudelleenkäyttö (lajittelu, hukkapalat). Työmaalle on valittava sellaiset työmenetelmät, joissa materiaalihukka olisi mahdollisimman pieni. Materiaalien käytössä tulee huomioida kyseisen materiaalin käyttötarkoitus, jotta ei käytetä jonkin toisen tehtävän materiaaleja. Määrämittaisuus ja esivalmistusasteen nostamisella vähennetään työvaiheiden materiaalihukkaa. Materiaalien käyttö tulee suunnitella tarkasti ja hukkapalat tulee hyödyntää. (Heikkilä 2000.)

2.4.2 Hankinta

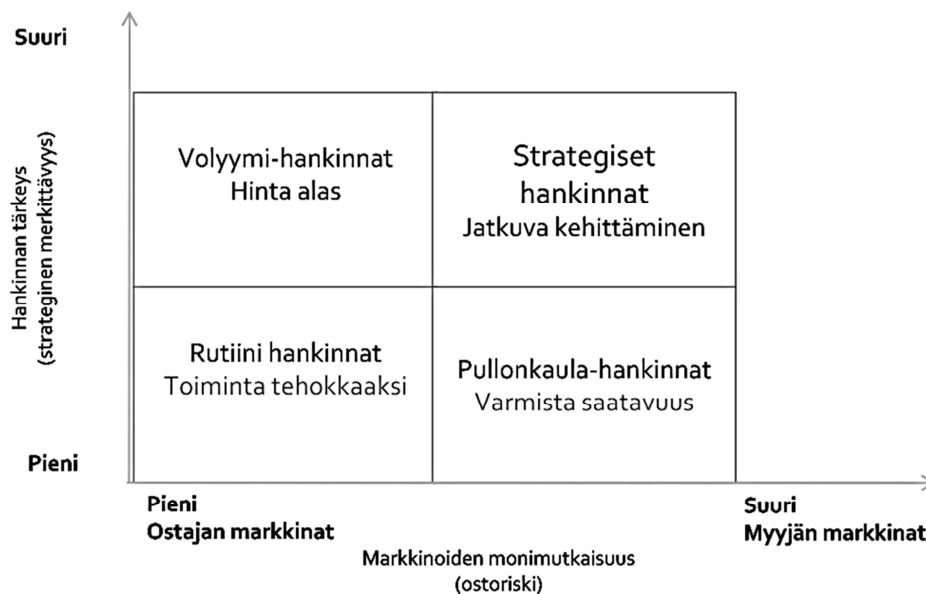
Rakennustyömaalle voidaan tehdä hankintoja omina hankintoina tai sitten ne sisältyvät aliurakoihin ja tuotesakauppoihin. Hankintamenettelyn valintaan vaikuttavat yrityksen hankintapolitiikka, rakennettava kohde ja tilaajan vaatimukset sekä vallitseva markkina-tilanne. (Koski, Kiviniemi, Palolahti ja Salhstedt 2009.)

Hankinnoista vastaava tekee hankinnat yhteistyössä työmaan kanssa, jolloin työmaa saa kertoa omat tarpeensa, jotka kirjataan tarjouspyyntöön ja sopimukseen. Tuotannon ja toimitusten ohjauksen onnistumisen kannalta onkin välttämätöntä, että työmaahenkilöstö osallistuu hankintojen suunnitteluun alusta lähtien.

Rakennusyrityksissä on olemassa erilaisia tilauskäytäntöjä, jotka ovat usein hyvin epäsystemaattisia. Organisaation kehittämisen kannalta toimintatapoja tulisi kehittää organisaation laajuisina. Kun selkeitä toimintatapoja ei ole, niin tällöin on myös erilaisten tunnuslukujen selvittäminen vaikeaa. Epäsystemaattinen tilauskäyttäytyminen vaikeuttaa myös esimerkiksi hankintavolyymien seuraamista, sillä tiedot hankinnoista joudutaan keräämään useasta eri lähteestä ja joissain tapauksissa lasku on ainoa dokumentti hankinnasta. (Kiljunen 2009.)

Hankinnat ovat suurin menoerä rakentamisen kokonaiskustannuksista. Hankintojen merkitys kasvaa sen mukaan, miten suuri vaikutus niillä on liiketoimintaan tai miten ison panostuksen hankinta vaatii. Hankinnoilla on merkittävä rooli koko hankkeen onnistumiselle, koska hankinnoissa epäonnistuminen voi tuhota koko projektin, mutta hankinnoissa onnistuminen ei takaa projektin onnistumista. (Pohjola 2003.)

Liiketoiminnan kannalta tärkeimmät hankinnat ovat volyyymi- sekä strategiset hankinnat. Volyymihankinnoissa keskitytään hankintojen kustannuksiin, johon vaikuttavina tekijöinä ovat vahva kilpailuttaminen, kausisopimukset, hankintojen yhdistäminen, toimittajien vähentäminen ja logistiikan kehittäminen. Tällaisia hankintoja ovat pientar-



Kuva 2.5 Rakennushankkeen hankintojen luokittelu. Hankintojen merkitys kasvaa markkinoiden monimutkaisuuden ja hankinnan tärkeyden mukaan. (Kraljic 1983; Anttila et al. 2008.)

vikkeet ja rautakauppatavara. Yksittäisen hankkeen kannalta strategiset hankinnat ovat tärkeimmässä roolissa, koska ne tehdään hankkeen alussa ja niiden tilausajat ovat pitkiä. Näitä ovat muun muassa talotekniikka ja betonielementit. Hankintojen osalta tulee tehdä pitkäjänteistä yhteistyötä, jotta toiminta kehittyy hankkeesta saadun palautteen perusteella. Pullonkaulahankinnat ovat myös kohdekohtaisia, jotka vaativat detaljisuunnittelua. Näitä hankintoja ovat erikoistyöt, suunnittelu ja betonihormit. Rutiinihankinnoissa on tehostettava hankintaprosessia, kuten niputtamalla hankintoja, karsimalla toimittajia ja tekemällä sähköistä hankintaa. (Hankintatoimen kehittäminen 2012; Anttila et al. 2008.)

Pohjolan (2003) mukaan hankintakriteerit määritellään suunnitelmissa ja urakkasopimuksissa. Määriteltäviä materiaaliominaisuuksia jätteen synnyn ehkäisyn kannalta on esimerkiksi käyttöikävaatimus. Hankintakriteereiden täytyminen varmistetaan ympäristöselosteella tai valmistajan muun selvityksen perusteella. Kun tuotteet tilataan oikeaan aikaan ja suoraan käyttökohteeseen, niitä ei tarvitse varastoida pitkiä aikoja eikä siirtää moneen kertaan, mikä pienentää vaurioitumisriskiä. Materiaalihankintojen ja toimitusten ohjauksessa tulee ottaa huomioon useita asioita, esimerkiksi:

- toimituserien koko ja ajoitus suunnitellaan
- työmaalle tilataan oikea määrä materiaaleja
- arat tuotteet tilataan mahdollisimman myöhään
- käytetään määrämittäisiä materiaaleja ja esivalmistettuja tuotteita
- optimoidaan pakkaustapa tuotteen, olosuhteiden, toimitustavan, varastoinnin ja siirtomenetelmän mukaan
- pakkausjätettä vähennetään tilaamalla materiaalit ja tuotteet pakkaamattomina tai mahdollisimman vähään pakkausmateriaaliin pakattuina
- käytetään uudelleen käytettäviä ja kierrätysmateriaalista valmistettuja pakkauksia sekä
- materiaalien vastaanotto suunnitellaan etukäteen (kuorman purku, siirto, suojaus ja varastointi).

Materiaalien, materiaalitoimittajien ja alihankkijoiden valinta on ensimmäinen vaihe. Hankkijan tulee määritellä ympäristökriteerit yhteistyökumppaneiden kanssa. Merkittävimmät ympäristöasiat ovat hankintojen, kuljetuksien ja pakkauksien ympäristönäkökohdat. Hankittavat materiaalit ja tuotteet ovat aiheuttaneet ympäristökuormituksia jo ennen kuin ovat tulleet yrityksen toimintaketjuun. Aiheutettuja ympäristökuormituksia ja -vaikutuksia voidaan arvioida tietyllä tarkkuustasolla toimittajalta saatujen tietojen perusteella. (Pohjola 2003.)

Hankintojen kuljetuksiin yritykset eivät useinkaan kiinnitä huomiota, koska tavaran-toimittaja usein vastaa niistä. Hankkijan tulisi kuitenkin vaatia ympäristöystävällisintä kuljetustapaa. Myös hankintapakkauksiin tulee kiinnittää huomiota. Hankintapakkaukset sisältävät sekä kuljetuspakkaukset että tuotteiden pakkaukset. Pakkausten ensisijainen kriteeri tulisi olla turvallisuus kuljetuksen ja varastoinnin aikana, mutta toinen kriteeri pitäisi olla ympäristömyönteisyys, johon sisältyy myös pakkausmateriaalin vähentäminen. (Pohjola 2003.)

2.4.3 Logistiikka

Logistiikan rooli on entisestään kasvamassa rakennustyömailla, koska esivalmistuksen määrä kasvaa. Logistiikan suunnitelmallisuus tuottaa selkeitä etuja koko toimitusketjussa. Työmaan toimivuuteen tulee panostaa, jotta rakennusmateriaalien käyttö olisi tehokasta. Kun kokonaisuus toimii hyvin, niin kaikki osa-alueet hyötyvät. (Wegelius-Lehtonen et al., 1996; Motiva 2012.)

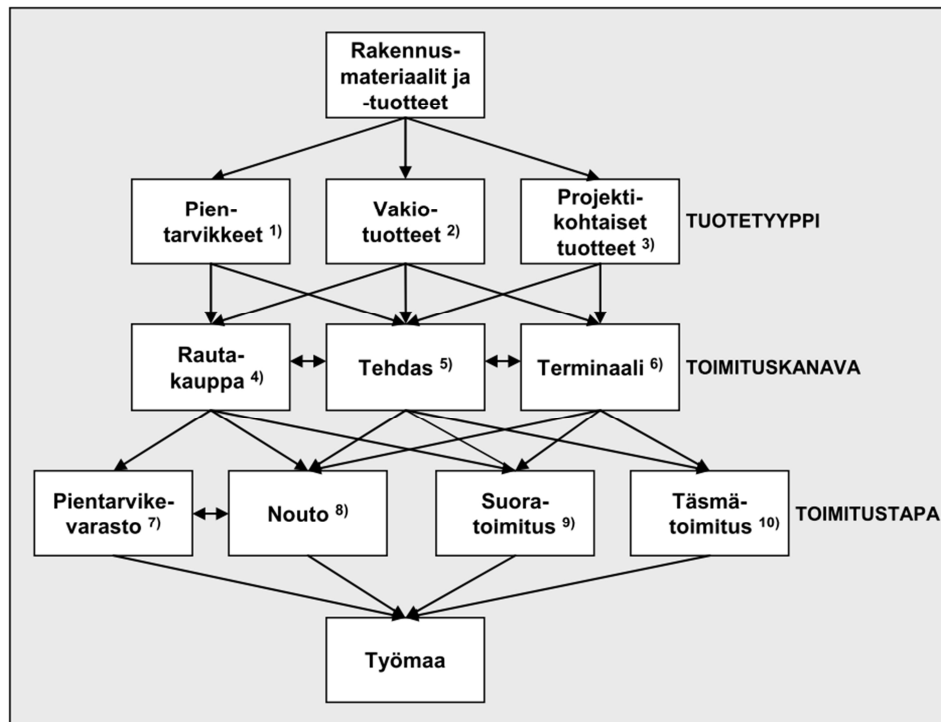
Toimitusketju koostuu useasta eri osasta, joita ovat suunnittelu, hankinta, valmistus, toimitusten ohjaus, kuljetuslogistiikka, työmaan logistiikka, varastointi sekä asennus. Kaikki työmaalle tulevat aineet, materiaalit ja tuotteet käyvät jokaisen vaiheen läpi. (Kiljunen 2009.) Kun tällä hetkellä materiaalit tulevat työmaalle ja menevät työmaalta usealla eri tavalla, niin tulevaisuudessa tulisi toiminta koordinoitua keskitetysti, jotta voidaan saavuttaa asetettuja tavoitteita.

Työmaan logistisia toimituskanavia ovat rautakauppa, tehdas ja logistiikkakeskus. Materiaalien ja tuotteiden toimitustavat eroavat toisistaan jonkin verran. Perinteisessä ns. suoratoimituksessa tuotteet kuljetetaan työmaalle tehtaalta, tukkuliikkeen varastosta tai rautakaupasta. Toinen vaihtoehto on kotiinkutsuttuna osatoimituksena rautakaupasta, tehtaalta tai terminaalista. Kuljetuksesta vastaa sopimuksessa määritelty osapuoli joko työmaa tai tavarantoimittaja. Yleisesti tuotteet puretaan kuljetusajoneuvosta työmaalle joko työmaavarastoihin tai asennuspaikalle. (Koski et al. 2009.)

Liikenne- ja viestintäministeriön tekemän logistiikkaselvityksen mukaan rakennus- alalla on eniten vaihtelua sekä täydellisten asiakastoimitusten osuuksissa että dokumentaation tai laskutuksen osalta virheellisesti vastaanotettujen tilausten osuuksissa. Tämä kertoo omalta osaltaan rakennusalan logistiikan tilanteesta. (Solakivi et al. 2010.)

Työmaan logistiikka on suunniteltava riittävän ajoissa, jotta toimitusten hallinta sekä rakennustyön sujuvuus voidaan varmistaa. Logistiset ratkaisut esitetään materiaalien siirtosuunnitelmassa. Nosto- ja kalustosuunnitelmissa sekä työmaan aluesuunnitelmassa lisäksi esitetään logistiikkaan liittyviä asioita. Aluesuunnitelmassa tulee näkyä materiaalien ja tuotteiden vastaanotto-, purku- ja varastointipaikat, ajoreitit, siirtoreitit ja työpisteet sekä työmaan lohko- ja paikkajako. Suunnitelmia tarkennetaan tarpeen ja työvaiheiden mukaan. Työmaan logistiikkasuunnitelmissa huomioidaan myös aliurakoitsijoiden materiaalitoimitukset, joita valvotaan ja ohjataan yhdessä työmaalla. (Koski et al. 2009.)

Toimitusten ohjaus mahdollistaa materiaalitoimitukset sopivan kokoisissa erissä ja oikea-aikaisesti. Näin työmaa voi edetä suunnitellussa aikataulussa ja materiaaleja ei tarvitse varastoida tarpeettomasti. Toimituksia ohjataan ainakin seuraavin keinoin: suunnitelmallinen toimitusten ajoitus, materiaalikulutuksen seuranta ja tiedotus kaikista muutoksista. Toimitusten ohjauksen toimiessa hyvin saadaan siitä selkeitä hyötyjä, kuten häiriökustannukset vähenevät ja tuottavuus paranee, materiaalien siirto- ja varastointikustannukset alenevat, materiaalihukat vähenevät sekä tuotannon aikataulunpito paranee. (Koski et al. 2009.)



Kuva 2.6. Toimitusketjut jaoteltuna tuotetyypin, toimituskanavan ja toimitustavan mukaan. Erilaisia toimitusketjuja on useita vaihtoehtoja, kuten kuvasta huomataan. (Koski et al. 2009.)

Rakennustyömaan yksi merkittävimmistä haasteista on toimitustäsmällisyys. Tällä tarkoitetaan toimittajan kykyä toimittaa asiakkaalleen tilatut tuotteet sovitun aikaikkunan sisällä tai täsmällisesti sovittuna aikana. Huonosta toimitustäsmällisyydestä kärsivät kaikki työmaan osapuolet. Myöhästymisistä voi seurata tuotannon katkoksia, jotka voivat heijastua tuotannossa seuraaviin työvaiheisiin. Myös liian aikaisin tulleet toimitukset tuottavat ongelmia, koska työmaan varastointitila on usein rajallinen, eivätkä varastointiolosuhteet ole optimaaliset pitkäaikaiselle säilytykselle. Työmaalla voidaan joutua myös tekemään ylimääräisiä materiaalien siirtoja, jolloin materiaalien vahingoittumisriski kasvaa merkittävästi. Työmaalla toistuvat materiaalisiirrot ovat myös turvallisuusriski ja siirtelyyn kuluva aika on pois tuottavasta työstä. Rakennustyömaa tulisivin nähdä ensisijaisesti asennuspaikkana eikä varastona. (Kiljunen 2009.)

Logistiikan räätälöinti eri päämateriaaleille pitäisi toteuttaa siten, että toteutusta voidaan käyttää useammalla työmaalla. Työmaan logistiikkasuunnittelu täytyy kuitenkin tehdä jokaiselle työmaalle erikseen. Työmaan päämateriaalivirrat voidaan jakaa kolmeen kategoriaan:

- 1) Pienet bulkkitarvikkeet
- 2) Suuret bulkkitarvikkeet/terminaali tuotteet
- 3) Projektikohtaiset tuotteet/suorat tehdastoimitukset.

Pientarvikevarastolla on suuri merkitys työmaan tehokkuuden kannalta. Pientarvikevarasto voi olla työmaalle järjestetty varasto, jonka ylläpidosta vastaa joko työmaa, rautakauppa tai tavarantoimittaja. Logistiikkapalvelut ovat materiaalityöntekijöiden tarjo-

amia lisäpalveluita, joilla pyritään helpottamaan materiaalien käsittelyä työmaalla. Työmaalle tarjottavia palveluita ovat muun muassa (Wegelius-Lehtonen et al. 1996):

- pakkausten merkitseminen työmaan haluamalla tavalla
- materiaalien setitys tarpeen mukaan
- ajoneuvon lastaaminen käyttöjärjestyksen mukaan ja
- kuljetusten järjestäminen siten, että useampia eri materiaaleja saadaan toimitettua samalla kerralla.

Logistiikkakeskus tai terminaali toimii tuotteiden välivarastona, jossa työmaalle lähteviä kuormia voidaan koota eri tavarantoimittajien tuotteista. Terminaalissa tapahtuva pakkaus voidaan tehdä täsmätoimitusten tai setityksen vaatimalla tavalla. Täsmätoimituksissa materiaalit voidaan pakata joko kerroksen, alueen tai tilan mukaan ja setityksessä materiaalit pakataan asennuskohteittain. Täsmätoimitukset edellyttävät tarkkaa aikataulusuunnittelua sekä hyvää tiedonkulkua toimittajien, terminaalien ja työmaan välillä. (Koski et al. 2009.)

Rakennustyömaalla logistiikan piiriin kuuluu myös työmaalta lähtevä liikenne. Tämä koostuu pääsääntöisesti rakentamisaikaisista jätteistä, mutta osaltaan myös materiaallipalautuksista. Materiaalien logistiikkakustannuksissa tulee ottaa huomioon myös kuljetuspakkausten ja asennuksessa syntyvien jätteiden kuljetus. (Koski et al. 2009.)

Työmaan logistiikan toimituskanavien vertailu on varsin haastavaa, koska toimitukset riippuvat tuotteen toimittajasta, toimituserien koosta, kuljetusmatkoista, työmaan sisäisistä logistista ratkaisuista sekä talouden suhdannetilanteesta (Kylmäniemi 2012).

2.4.4 Varastointi

Rakennustyömaalla varastoinnissa tulee huomioida seuraavat asiat: suojaus, välivarastointi, siirrot, siirtokalusto ja vartiointi. Materiaalien varastointi ja suojaus työmaalla tulee suunnitella hyvissä ajoin ennen materiaalien saapumista työmaalle. Säsuojauksella suojataan materiaalit sateelta, lumelta, jäältä, maakosteudelta, tuulelta, pakkaselta ja liialta auringonvalolta. Suojauksen laiminlyönti aiheuttaa materiaaleille vaurioita ja materiaalihukkaa. Säsuojauksessa tulee huomioida ainakin seuraavat seikat: estetään suoranaista pilaantumista, ulkonäöllisten tai muiden laatuvirheiden aiheutuminen ja terveyshaittoja aiheuttavan mikrobikasvuston syntyminen. On myös huomioitava, että rakennuspakkaukset eivät aina riittävästi suojaa tuotteita säärasituksilta. (Hänninen & Rahkila 2005.)

Materiaalien siirtoja tehtäessä tulee huomioida siirrettävän materiaalin vaatimukset. Materiaalit voivat vaurioitua siirtojen aikana, joten ylimääräisiä siirtoja tulee välttää. Jos materiaali vaurioituu siirtojen aikana, syntyy materiaalihukkaa. Työmaalla tehdystä suunnittelusta ja toimitusten varmistuksesta huolimatta voi materiaalityöntekijä toimittaa materiaalit väärin pakattuina tai väärässä asennusjärjestyksessä. Jos työmaa vastaanottaa materiaalit, aiheutuu siitä ylimääräisiä käsittelyjä ja mahdollisia varastointiongelmia. (Wegelius-Lehtonen et al. 1996; Hänninen & Rahkila 2005.)

Nykyaikana entistä enemmän tulee kiinnittää huomiota materiaalien valvontaan ja vartiointiin, koska rakennustyömailla tehdään ilkkivaltaa ja varkauksia. Materiaalihävikiä voi syntyä työmaan aikana paljon, jos valvontaa ei suoriteta. (Kervinen 2011.).

2.5 Työmaan jätehuolto

Yleisten sopimusehtojen (YSE 1998) mukaan jokaisen urakoitsijan urakkaan kuuluu omaa suoritusta koskien urakassa syntyvien jätteiden lajittelu ja poisto niille osoitettuihin paikkoihin. Työmaan sisäinen jätehuolto kuuluu työmaapalveluihin. Ellei muuta ole sovittu, rakennushankkeen urakoitsijalle kuuluvat poiskuljetuksineen, jäteveroineen ja kaatopaikkamaksuineen seuraavat jätteet: rakentamisessa tarpeettomat, irrotettavat ainekset ja purkujäte. Rakennustyöhön käytettäväksi osoitetut tai varastoitavaksi esitetyt materiaalit ovat rakennushankkeen tilaajan omaisuutta. Ongelmajätteiden osalta tilaajan ja urakoitsijan roolit jätteen omistajuudesta kuuluvat sopimusasiakirjoihin tai kirjallisen sopimuksen piiriin.

Rakennustyömaalla jätehuollon hoitamiseen liittyvät vastuu jätteistä, lajittelu, kustannukset, jätelavan oikea koko ja jäteastioiden sijainti työmaalla. Rakennustyömaalle tehdään koko rakennusajan kattava jätehuoltosuunnitelma. Suunnitelman tarkoituksena on auttaa työmaata hoitamaan syntyvät jätteet taloudellisesti ja turvallisesti oikeaan kohteeseen. Jätehuoltosuunnitelmassa tulee käsitellä jätteiden lajittelu, joille asetetaan tavoitteita ja toimia jätteiden synnyn ehkäisemiseksi. Lisäksi työmaata käynnistettäessä on oltava selvillä tilaajan ympäristöohjelmasta. Selvitetään urakka-asiakirjoissa asetetut jätteen synnyn ehkäisyyden liittyvät ja muut ympäristötavoitteet. Suhteutetaan työmaan toiminnot urakoitsijan omaan ympäristöjärjestelmään ja siinä oleviin rakennusjätteen synnyn ehkäisy tavoitteisiin. Jätehuoltosuunnitelmassa tulisi olla seuraavat asiat (Hänninen & Rahkila 2005):

- 1) jätehuollosta vastaavan nimeäminen
- 2) kokous-, seuranta- ja auditointiohjelma
- 3) syntyvät jätelajityypit, arvioidut määrät ja syntyajankohdat
- 4) tavoitetasot työmaan jätemäärille
- 5) toimenpiteet jätteen vähentämiseksi rakennuspaikalla ja sen ulkopuolella
- 6) luettelo talteen otettavista materiaaleista ja niiden arvioidut määrät
- 7) luettelo työmaalla hyödynnetyistä jättemateriaaleista ja -tuotteista
- 8) lajittelumenetelmät ja jätteen käsittelyyn toimittaminen
- 9) jätteen lajittelun ja varastoinnin paikat ja muutokset rakennustyön edetessä
- 10) työntekijöiden ja toimijoiden informoiminen
- 11) selonteko pakkausmateriaalien käyttämisestä uudelleen, kierrättämisestä tai palauttamisesta toimittajalle
- 12) jätteen siirtomenetelmät työmaalla
- 13) suunnitelma työmaan siistinä pitämisestä
- 14) työmaalta poistettavan jätteen määrät ja miten/minne poistetaan, seurantamenetelyt ja rekisterit.

Työmaalla tulisi olla nimettynä henkilö, joka hoitaa työmaan jätehuollon. Tämän henkilön tehtävänä on varmistaa, että lainsäädäntöä ja urakoitsijan huolellisuusvelvoitetta noudatetaan, koordinoida jätehallintaa sekä toimia jätteen määrän vähentämiseksi seuraavilla tavoilla (Hänninen & Rahkila 2005):

- aloitteentekijä jätteen vähentämiseksi, uudelleen käytöksi ja kierrätykseksi
- rohkaista työmaalla työskenteleviä aloitteellisuuteen jätteen vähentämiseksi
- käsitellä jätteen vähentämisalotteita ja koordinoida toimia
- selvittää työmaan todennäköisimmät jätteet ja pitää niistä kirjaa suunnittelua varten sekä
- varmistaa materiaalien uudelleenkäyttö tai kierrätys mahdollisuudet.

Yrityksen toimiva jätehuolto voi toimia kilpailuvalttina urakkakilpailussa muita yrityksiä vastaan. Panostaminen ympäristöasioihin nostaa varmasti myös yrityksen imagoa. (Solakivi et al. 2010.)

2.5.1 Jätteiden siirrot

Jätteiden siirtoihin on olemassa erilaisia menetelmiä. Kuljetusvaunut tai kottikärryt sopivat rakennustyömailla hyvin jätteiden vaakasiirtoihin niin rakennuksen sisä- kuin ulkopuolella. Tällä hetkellä nämä ovat ainoita vaihtoehtoja jätteiden vaakasiirtoihin rakennuksen sisällä. Nostosäkeillä ja verkoilla voidaan nostaa ja siirtää massamaisia tuotteita, kuten rakennusjätettä. Roskien nostoastiaa käytetään roskien keräämiseen ja siirtämiseen työmaalla. Astiaa voidaan nostaa ja kuorma voidaan kaataa kuorma-auton tai roska-auton lavalle. Työmailla on olemassa myös jätetuiluja, joilla voidaan tehdä jätteiden pystysiiroja rakennuksen kerroksista jätelavalle. (Äyräväinen 2012.)

Jätteiden ja kierrätysmateriaalien varastointi työmaalla on väistämätöntä, joten nämä materiaalit tulisi toimittaa kerralla niille varatuille varastointipaikoille. Näin jätteet eivät ole jatkuvasti työvaiheiden tiellä ja niiden aiheuttamat siirtokustannukset saadaan minimoitua.

2.5.2 Rakennusjätteiden lajittelu

Rakennusjätteet tulee lajitella jätelain (646/2011) ja jäteasetuksen (179/2012) mukaisesti useaan jätelajikeeseen. Lajittelulla on merkitystä myös jätteiden kustannuksiin, sillä jätteistä peritään kaatopaikoilla jätemaksut painon tai kuormien lukumäärän mukaan. Sekajätteestä syntyy aina suurimmat kustannukset.

Jätteet tulee aina pyrkiä lajittelemaan mahdollisimman huolellisesti, koska pienikin määrä toista jätelajia tekee koko kuormasta sekajätettä. Sekajätteen viemisestä kaatopaikalle on paikkakuntakohtaisia määräyksiä, joillekin kaatopaikoille ei saa esimerkiksi tuoda sekajätetuormia, jotka sisältävät yli 15 prosenttia hyödyntämiskelpoisia materiaaleja.

Työmaiden jätehuollon päämalleja ovat syntypaikkalajittelu ja kierrätyslaitospainotteinen lajittelu. Jokaiselle työmaalle räätälöidään näiden kahden toimintamallin välillä sopiva yhdistelmä, siten kuin työmaalla nähdään parhaimmaksi menettelyksi. (Kokko-

nen 2004.) Yleisesti määräävänä tekijänä ovat kustannukset, jotka ohjaavat suurimmaksi osaksi työmaan toimintaa.

Työmaalla tehtävä lajittelu on taloudellisesti kannattavampaa, jos jätettä syntyy suurempia määriä. Puutavarajätettä varten kannattaa työmaalle hankkia jätelava jo perustusvaiheessa, mutta esimerkiksi kalustepakkausten mukana tulevia pahveja varten vasta kalustamisvaiheessa. Erilliskerättävät jätejakeet vaihtelevat jätehuoltotoimijan ja maantieteellisen sijainnin mukaan. Suuremmilla paikkakunnilla on lakisääteisten lajitteluväimusten lisäksi useita muita kerättäviä jätejakeita. (Heino 2012.)

Rakennusjätteiden syntypaikkalajittelun mahdollisuudet vaihtelevat huomattavasti työmaan olosuhteiden mukaan. Työmaan asennoitumisella on myös erityisen suuri merkitys lajitteluun. Joillakin työmailla lajitellaan erikseen kaikki hyötykäyttöön soveltuvat materiaalit ja toisilla kaikki jäte päätyy sekajätelavalle. Tietysti aina ei ole kyse haluttomuudesta vaan siitä, että syntypaikkalajittelu ei ole teknisesti tai taloudellisesti mahdollista kyseisessä kohteessa. Näin ollen esteet syntypaikkalajittelulle voidaan jakaa kolmeen tekijään: teknisiin, taloudellisiin ja kulttuurillisiin. (Kokkonen 2004.)

Työmaalle voi olla mahdotonta saada mahtumaan useita astioita tai jätelavoja eri jätejakeille, joten tilan puutteen takia ainoa vaihtoehto on sekajätelava. Syynä voi olla myös työntekijöiden koulutuksen puute, jotta henkilöstö tunnistaisi eri jätejakeet ja osaisi sijoittaa ne oikeaan jäteastiaan. (Kokkonen 2004.)

Taloudellisesti esteenä ovat kustannustekijät, koska ei ole olemassa selvitystä jätteiden todellisista kustannuksista. Työmaalla ammattimiesten tulisi tehdä tuottavia töitä, eikä jätteiden lajittelua. Myös jätteiden hinnoittelu ei ole aikaisemmin kannustanut lajitteluun, mutta nykyään veropolitiikalla sekä jätelavalla ohjataan toimintaa. Myös kuljetuskustannuksilla on merkittävä rooli jätekustannusten muodostumisessa. (Kokkonen 2004.)

Kokkonen (2004) selvityksessään esittää myös kulttuurillisia esteitä. Yrityksen sisäinen kulttuuri ei tue jätteiden lajittelua. Toisaalta, voidaan olla myös tilanteessa, jossa yritys on aloittanut lajittelutoimenpiteet, mutta henkilöstö ei ole vielä sisäistänyt tai noudata yrityksen antamia toimintamalleja. Ympäristöarvojen kasvattaessaan merkitystä on myös yritysten lisättävä panostusta lajittelutoimenpiteisiin. Jätekulttuurin vaikuttavina tekijöinä ovat myös viranomaisten tai kuntien lajittelua edistävä rooli, kun koulutusta ja valvontaa sekä palveluiden tarjontaa on lisätty.

Lajittelussa pitää huomioida myös jätelavan täyttäminen, koska rakennusjätejakeiden irtotiheyden vaihteluvälit ovat suuria verrattuna kiintotiheyksiin. Vaihtelua tulee muun muassa lajitteluasteesta, jäteastian täyttötavasta, hukkapalamuodosta ja hukkapalakoosta. Jätelavojen täyttämiseen voidaan vaikuttaa työmaatoimilla ja hyvällä koulutuksella. (Perälä & Nippala 1998.)

Taulukko 2.3 Rakennusmateriaalien irtotiheys muuttuu huomattavasti materiaalien kiintotiheydestä, kun materiaali on jätelavalla. Irtotiheyksien avulla voidaan arvioida työmaalla tarvittavien jätteastioiden määrä. (Perälä & Nippala 1998)

Materiaali	Kiintotiheys [kg/m ³]	Irtotiheys jätteenä [kg/m ³]	Mahdollinen muutos [%]
Sahatavara	460 -520	100 -260	43...73
Betoni	2300 -2500	1400 -1900	17...44
Metallit	n.7850	140 -	...98
Tiili	1400 -2000	1100 -1600	...45
Muovi	900 -1400	30 -	...98
Kipsi	750 -1100	200 -	...81
Humus	1100 -	700 -	...36
Sekajäte		100 -700	

Syntypaikkalajittelulla saavutetaan kierrätyksen ja hyötykäytön kannalta paras lopputulos. Lajittelulla turvataan jätekertymän puhtautta eli jätteastiaan heitetään vain sinne kuuluvaa jätettä. Työmailla ei pystytä kuitenkaan lajittelemaan kaikkia jätteitä, vaan se on tehokkaampaa toimittaa laitospäätteeseen käsittelyyn. Laitoskäsittelyä helpottaa, kun tiedetään jätteen koostumus. Syntypaikkalajittelun ja laitoskäsittelyn välillä on hyvä saavuttaa tasapaino, koska nämä eivät voi korvata toisiaan, vaan pikemminkin täydentävät toisiaan. (Perälä & Nippala 1998.)

2.5.3 Rakennusjätteiden hyötykäyttö, kierrätys ja uudelleen käyttö

Materiaalien hyötykäyttöön lukeutuvat uudelleenkäyttö ja kierrätys. Uudelleenkäyttöä ovat toimenpiteet, joilla tuote tai sen osa käytetään sellaisenaan uudelleen. Tyypillisiä esimerkkejä ovat pakkauksen uudelleentäyttö, kuormalavan uudelleenkäyttö tai kodinkoneen korjaus. Kierrätyksellä tarkoitetaan jätteiden käsittelyä tuotantoprosessissa siten, että materiaali voidaan palauttaa takaisin tuotantoon tai luonnonkiertokulkuun, mutta tällä ei tarkoiteta energiahyödyntämistä. (YMra 3/2007.)

Materiaalitehokkuutta voi rakentamisessa kasvattaa käyttämällä muilla toimialoilla syntyviä jätteitä ja niistä kehitettyjä uusiomateriaaleja. Seuraavassa on listattuna muiden toimialojen jätteiden hyödyntämismahdollisuuksia:

- kuonaa tai tuhkaa sisältävät sementtilaadut
- rikinpoistojätteestä valmistettu kipsilevy
- PE uusiomuovituotteet
- lasijätteestä tai kierrätyspaperista valmistettu eristevilla ja
- sahaheijon purusta valmistettuja erilaisia puukuitu- ja lastulevyjä.

Rakentaminen on merkittävintä puujätettä synnyttävää toimintaa. Vuosittain rakentamisessa muodostuu noin 650 000 tonnia puujätettä. Valtaosa muodostuvasta puujätteestä hyödynnetään ja suurin osa hyödynnettävästä puujätteestä käytetään energian tuotannossa. Osa energiana hyödynnettävästä puusta joudutaan esikäsittämään murskaamalla. Puujätteestä vain noin 25 000 tonnia vuodessa päätyy kaatopaikoille. (Metla 2010.)

Purkubetoni hyödynnetään tavallisesti murskattuna maanrakentamisessa. Lisäksi murskaaminen on lähes ainoa tapa paikalla valetun betonin kierrätykseen. Murskattua betonia, josta teräkset on poistettu sulatettavaksi, voidaan käyttää uuden betonin runkoaineena. Betonielementtien ehjänä purkamisesta ja uudelleenkäytöstä on Suomessa vasta vähän kokemusta, mutta Saksassa elementtien uudelleen käyttöä on kehitetty jo pidemmän aikaa. (Huuhka 2010; 2012.)

Kierrätyskeskukset valmistelevat rakennusjätteitä uudelleen käytettäväksi. Eniten menekkiä on ovilla, ikkunoilla, kattotiilillä, tiilillä, lattiamateriaaleilla ja kiviuneilla sekä vesikalusteilla (Hämäläinen 2010). Vanerilevyjä ja sahatavaraa voidaan pienessä mittakaavassa valmistella uudelleenkäyttöä varten ja käyttää muun muassa valumuoteissa, telineissä tai alhaisen vaatimustason rakenteissa. Puhallusvilla voidaan imeä talteen ja palauttaa uudelleen käyttöön. Uudelleenkäyttöä edistävät muun muassa seuraavat keinot:

- hukkapalojen uudelleenkäyttö
- ylijäämätuotteiden huolellinen varastointi ja palautus sekä
- pakkausten ja kuormalavojen huolellinen varastointi ja uudelleenkäyttö.

Kierrättämällä voidaan tehokkaasti pienentää rakentamisen aiheuttamaa luonnonvarojen kulutusta ja samalla vähentää syntyvän jätteen määrää. Kierrätys on yksi käyttökelpoisimpia tapoja rakentamisen ympäristökuormien vähentämiseksi, ja sillä on merkittävä rooli kestävän kehityksen mukaisen rakentamisen tavoitteiden saavuttamisessa. Kierrätys ei ole itsetarkoitus, vaan sitä suunniteltaessa on arvioitava myös siitä aiheutuvia ympäristökuormia, kuten energiankulutusta. Kierrättämällä yritys voi välttää jätemaksuja ja saada logistiikkakustannuksiaan pienennettyä. (Huuhka 2010; 2012.)

Materiaalien tehokkaan kierrättämisen varmistamiseksi kierrätys tulee ulottaa rakennuksen koko elinkaaren ajalle. Käytettävien materiaalien lisäksi kierrätys sisältää rakennuksen tilojen, osien ja järjestelmien sekä kokonaisen rakennuksen kierrätyksen tasot. Paras tapa välttää purkujätteen syntyä on ottaa tyhjilleen jääneitä tiloja takaisin hyötykäyttöön ja muuttaa ne nykyvaatimuksia vastaaviksi. (Huuhka 2010; 2012.)

2.6 Materiaalimenekki ja -hukka

2.6.1 Materiaalimenekki

Materiaalimenekkiä arvioitaessa tulee huomioida myös materiaalilisät. Materiaalilisien arvioiminen voidaan tehdä työmenetelmä-, työnvaihe- sekä työmaalisien kautta, jotka voidaan määrittellä Ratu-kortiston avulla. Tilattavat materiaalmäärät tulee optimoida tarkasti rakennettavan kohteen mukaan. Suunnittelussa on mahdollista vaikuttaa teoreettiseen menekkiin ja menetelmälisiin, kun taas työmaalla voidaan vaikuttaa työmaalisään ja työvaihelisään. Työmaalla syntyvään materiaalihukkaan voidaan vaikuttaa hyvällä työsuunnittelulla, materiaalien oikealla käytöllä, hankinnan tarkkuudella sekä huolellisella varastoinnilla ja siirroilla. (Heikkilä 2000.)

Teoreettinen menekki M2	Menetelmällisiä ML2	Työnvaihelisiä ML3	Työmaalisia ML4
Menetelmämenekki M3			
Työnvaihemenekki M4			
Työmaamenekki M5			

Suunnittelun vaikutus materiaalihukan syntymiseen

Työmaan ja tuotannosuunnittelun vaikutus materiaalihukan syntymiseen

Kuva 2.7. Materiaalilisten muodostuminen (Heikkilä 2000).

Ratu-kortiston mukaan kokonaislisä on materiaalien todellisen ja teoreettisen menekin erotus. Kokonaislisään sisältyvät ne materiaalien lisämenekit, jotka syntyvät materiaalien työmaalle tuomisen ja jäljellejääneiden käyttökelpoisten materiaalien poisviemisen välillä.

Materiaalilisiä laskettaessa saadaan kokonaislisä, kun lasketaan menetelmällisiä, työnvaihelisiä sekä työmaalisia yhteen. Menetelmällisiä (ML2) on työmenetelmämenekin ja teoreettisen menekin erotus, mikä määräytyy työmenetelmää valittaessa. Menetelmällisiin ei juuri pystytä työmaan toimenpiteillä vaikuttamaan.

Työnvaihelisiä (ML3) syntyy työsuorituksen aikana virheellisten toimenpiteiden seurauksena. Tähän voidaan vaikuttaa hyvällä rakennesuunnittelulla ja työnsuunnittelulla, materiaalien oikealla käytöllä sekä määrämittaisen materiaalin hankinnalla. Työmaalisia (ML4) koostuu virheellisistä tai puutteellisista materiaalien hankinnoista, varastoinnista sekä siirroista. Työmaalisia syntyy myös ylijääneestä tai turmeltuneesta materiaalista. (Heikkilä 2000.)

2.6.2 Materiaalihukka

Materiaalihukkaa syntyy rakentamisen ajoituksesta, puutteellisista ja virheellisistä suunnitelmista, suunnitelmista poikkeamisista, suunnitellun materiaalinkäytön ja materiaalistandardien yhteensopimattomuudesta, virheellisistä työnsuorituksista, huonosta ja puutteellisesta työnsuunnittelusta, huolimattomasta työmaajärjestyksestä ja puutteellisesta sääsuojauksesta johtuvista materiaalien pilaantumista. Materiaalihukkaa sisältyy kaikkiin materiaalilisiin. Kokonaismateriaalilisiä tai toisin sanoen kokonaishukka (ML5) on eri materiaalihukkien summa. (Palomäki, Mäki, & Koskenvesa 2009.)

Materiaalihukka on turhaa luonnonvarojen kuluttamista. Ratu-kortiston mukaan rakentamisessa materiaalihukka voi olla 20–30 prosenttia. Materiaalien käytön hyvällä suunnittelulla, oikean määrän tilaamisella sekä oikeilla työmenetelmillä voidaan saavuttaa kymmenien prosenttien säästö materiaalihukassa. Virheellisten tai huonojen työsuoritusten tekemiseen on kulunut energiaa ja materiaaleja. Jos virheellinen suoritus joudutaan purkamaan, syntyy turhaa jätettä. (Hänninen & Rahkila 2005; Heikkilä 2000.)

2.6.3 Lean Construction

Materiaalihukan vähentämiseen on kehitetty menetelmiä, joista yksi tunnetuimmista on Japanissa kehitetty Lean management, josta on kehittynyt myös rakennusalalla käytössä oleva Lean Construction. Leanin tavoitteena on vähentää tuotannon eri vaiheissa kaikenlaista hävikkiä ja hukkaa. Tämä edistää myös jätteen synnyn ehkäisyä. Lean ajattelulla voidaan parantaa yritysten kilpailukykyä ja edistää materiaalitehokkaita innovaatioita. Haasteelliseksi uusien ajattelu- ja toimintatapojen tuomiseksi rakennusalalle kuitenkin tekee alan hajanaisuus ja vanhakantaisuus. (Liker 2004; Sallisalmi, Mela & Stén 2009.)

Toyotan lisäarvoa tuottamattoman hukan päätyyppejä on kuvailtu seuraavana, ja niitä voidaan soveltaa monissa erilaisissa tehtävissä. Näitä pidetään myös Lean ajattelun kulmakivinä. Toiminnan kehittämässä tulee huomioida Lean:in määrittelemät hukkatyypit, koska ymmärtämällä hukan syntyvät voidaan saavuttaa selkeitä hyötyjä toiminnassa. (Liker 2004.)

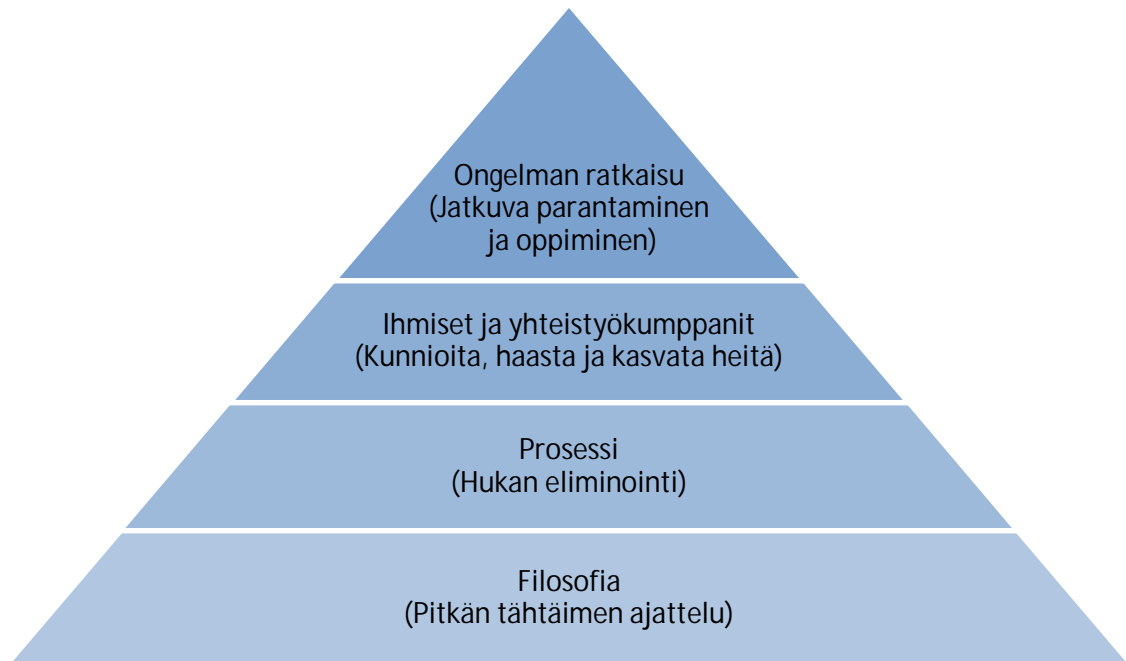
- 1) Ylituotanto, jolle ei ole välitöntä tarvetta, mikä aiheuttaa tuottamatonta henkilöstöä, varastoja ja kuljetuksia.
- 2) Odottelu ja joutoaika.
- 3) Tarpeeton kuljettelu tai siirtely paikasta toiseen.
- 4) Ylikäsittely tai virheellinen käsittely niin sanottu tuotantohukka, jota syntyy tarpeettomasta ja tehottomasta tuotannosta.
- 5) Turhat varastot.
- 6) Tarpeeton liikkuminen tai liike, kuten työkalujen tai materiaalien etsiminen.
- 7) Vialliset tuotteet, romutus, korjaaminen tai tarkastus, jotka tarkoittavat tarpeetonta käsittelyä, hukattua aikaa ja turhaa työtä.
- 8) Inhimillisen potentiaalin tuhlaus, kuten ajan, ideoiden, taitojen, parannusten ja oppimismahdollisuuksien hukkaaminen, kun työntekijöitä ei sitouteta tai kuunnella.

Kuten Liker kertoo, Toyotalla toiminta on jaettuna neljään periaateluokkaan. Ensimmäisenä askeleena on pitkän tähtäimen filosofian luonti. Periaatteen pohjalta tehdään päätöksiä pitkällä tähtäimellä, jotka voivat vaikuttaa lyhyen tähtäimen taloudellisiin tavoitteisiin.

Seuraavana vaiheena on jatkuva prosessin virtauksen luominen. Prosessin luomisessa tulee välttää ylituotannon luontia ja työmäärässä tulisi löytää tasapaino. Toiminnassa tulee pyrkiä jatkuvaan parantamiseen. Prosessissa havaittu ongelma tulee selvittää siten, että se ei enää toistuisi ja näin pystytään laatu ja tehokkuus pitämään korkealla tasolla.

Yrityksen tärkein voimavara on sen työntekijöissä, joten heitä pitää kunnioittaa, haastaa ja kasvattaa jokaisella työntekijätasolla. Toimintaa voidaan parantaa myös toimimalla samoin yhteistyökumppaneita ja aliurakoitsijoita kohtaan. Heille pitää antaa haasteita ja samalla auttaa heitä kehittymään. Tällä tavoin voidaan prosessia vahvistaa ja kasvattaa yrityksen kilpailukykyä.

Viimeinen periaateluokka on jatkuva taustaongelmien ratkominen, mikä edistää organisaation oppimista. Ongelman ymmärtääkseen on mentävä sinne missä ongelma sijaitsee. Tällä tavoin voidaan selvittää ongelman todelliset syyt, kun tiedetään oikeasti mikä on ongelmana. Yrityksestä tulee luoda oppiva organisaatio, joka väsymättömästi arvio ja jatkuvasti parantaa omaa toimintaa. (Liker 2004.)



Kuva 2.8 Toyotan tavan neljän periaateluokan malli (Liker 2004).

Hukan eliminointia varten Toyotalla on kehitetty 5S-menetelmä. Liker (2004) kertoo 5S käsittävän joukon toimintoja, joilla voidaan eliminoida hukkaa, jotta vältetään virheitä, vioilta sekä vahingoilta. 5S tulee japanin kielestä ja ne ovat:

- Seiri - Sort: Järjestele tavarat ja säilytä vain kaikki tarpeellinen
- Seiton - Straighten: Kaikelle oma paikka ja kaikki omalle paikalleen
- Seiso - Shine: Vakioitu siivous, joka toimii myös poikkeamien tarkastuksena
- Seiketsu - Standardize: Kehitä ylläpitävä järjestelmä kolmelle ensimmäiselle kohdalle
- Shitsuke - Sustain: Ylläpidä järjestelmää.

Tuotannossa voi monet hukkaa aiheuttavat prosessit tuottaa hukkaa monia vuosia ja niihin ei puututa, koska prosessin ongelmia ei huomata. Lopulta toimintatavoista tulee hyväksytyjä. 5S-menetelmä luo jatkuvan työympäristön parannusprosessin, kun näitä viittä eri vaihetta käydään läpi.

3 MATERIAALITEHOKKUUDEN OHJAUS, MITTAUS JA RAPORTOINTI

3.1 Ohjaukset

Julkinen sektori voi edistää materiaalitehokkuutta ympäristömyönteisten julkisten hankintojen sekä erilaisten ohjauksetojen ja poliittisten ohjelmien avulla. Tuotannon ja kulutuksen perusyksiköitä ovat valmistettavat ja kulutettavat tuotteet. Luonnonvarojen hintojen kohoaminen viime vuosina asettaa jo nyt suuria haasteita materiaalivaltaiselle teollisuudellemme. Tulevaisuudessa raaka-aineiden kysynnän kasvu ja uusiutumattomien luonnonvarojen ehtyminen samoin kuin kohoavat jäte- ja kemikaalikustannukset tekevät materiaalitehokkuuden tavoittelusta entistäkin kannattavampaa. Mikkola (2009) väittää, että materiaalien käyttö voi toimialan mukaan muodostaa suoraan tai välillisesti jopa yli puolet yrityksen muuttuvista kustannuksista. Yritysten kannattaakin kiinnittää entistä suurempaa huomiota materiaalien käytön ja materiaalivirtojen järjestelmälliseen tehostamiseen. Materiaalitehokkuuden käytännön tehostamistoimet voivat liittyä paitsi raaka-aineiden käyttöön ja tuotantotapojen parantamiseen, myös innovaatioiden kehittämiseen koko tuoteketjussa. Energian ja raaka-aineiden tehokkaan käytön huomioiminen liiketoimintamalleissa, arvoketjuissa, palveluissa, prosesseissa ja laiteratkaisuissa tukee niukka-resurssisuuden tavoitetta. (Mikkola 2009.)

Maankäyttö- ja rakennuslain mukaan rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava siitä, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan rakentamista koskevien säännösten ja määräysten sekä myönnetyn luvan mukaisesti. Rakentajalla tulee olla hankkeen vaativuus huomioon ottaen riittävät edellytykset sen toteuttamiseen sekä käytettävissään pätevä henkilöstö.

3.1.1 Jätelainsäädäntö

Suomen jätelainsäädäntö uudistui 1.5.2012. Kokonaisuudistus ajanmukaisti jätteen lainsäädännön vastaamaan nykyisiä jäte- ja ympäristöpolitiikan painotuksia sekä EU-lainsäädännön vaatimuksia, kuten Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi jätteistä 2008/98/EY. Voimaan tulleet jätelaki (646/2011) ja jäteasetus (179/2012) luovat edellytykset jätteen kierrätyksen kehittämiseksi. Näiden tarkoituksena on jätteen kierrätys, hyötykäyttö ja uudelleen käyttö osuuksien kasvattaminen sekä tulevaisuudessa kaatopaikkakäsittelystä kokonaan luopuminen. Kierrätyksen ja hyötykäytön lisäämistavoitteiden saavuttaminen edellyttää erityisesti tuottajavastuun kasvattamista, kierrätykselle asetettujen määrällisten tavoitteiden tiukentamista ja kaatopaikkakäsittelyn rajoittamista.

Jätteen määritelmä muuttuu uuden jätelain myötä. Edellisen jätelain (1072/1993) 3§:n mukaan jätteellä tarkoitetaan ainetta tai esinettä, jonka sen haltija on poistanut tai aikoo poistaa käytöstä taikka on velvollinen poistamaan käytöstä. Tämä kohta säilyy uudessa jätelain 5§:ssä, mutta sitä tarkennetaan lain kohdan 2. momentissa. Aine tai esine ei ole jätettä vaan tuotannon sivutuote, jos sivutuote täyttää seuraavat kriteerit:

- 1) *aineen tai esineen jatkokäytöstä on varmuus*
- 2) *ainetta tai esinettä voidaan käyttää suoraan sellaisenaan tai sen jälkeen, kun sitä on muunnettu enintään tavanomaisen teollisen käytännön mukaisesti*
- 3) *aine tai esine syntyy tuotantoprosessin olennaisena osana sekä*
- 4) *aine tai esine täyttää sen suunniteltuun käyttöön liittyvät tuotetta sekä ympäristön- ja terveydensuojelua koskevat vaatimukset eikä sen käyttö kokonaisuutena arvioiden aiheuta vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle.*

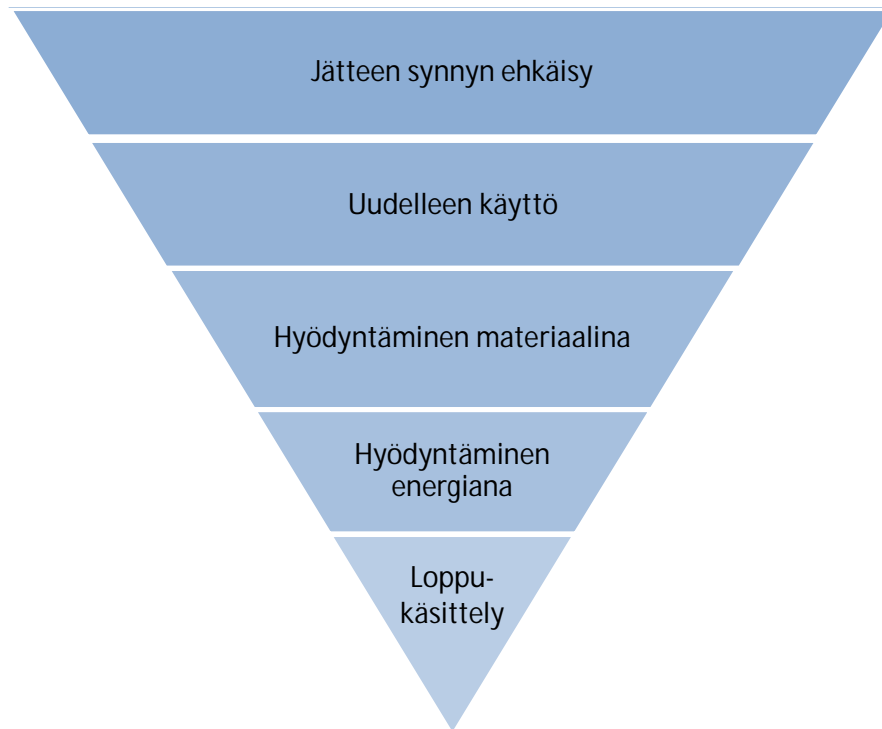
Jätelain 28 § mukaan on jätteen haltijalla vastuu jätehuollon järjestämisestä. Tämän mukaisesti rakennushankkeen eri vaiheissa päätoteuttaja on vastuussa rakennusjätteistä. Päätoteuttaja riippuu yleensä rakennushankkeen vaiheesta: suunnitteluvaiheessa päätoteuttajana on yleensä rakennuttaja tai rakennustoimeen ryhtyvä ja rakennustyön aikana päätoteuttajana on yleensä pääurakoitsija, joka tosiasiallisesti vastaa rakennustyön suorituksesta, ja jonka hallinnassa rakennustyömaa on.

Valtioneuvoston asetus jätteistä (179/2012) 15 § mukaan rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava hankkeen suunnittelusta ja toteuttamisesta siten, että jätelain 8 §:n mukaisesti otetaan talteen ja käytetään uudelleen käyttökelpoiset esineet ja aineet ja että toiminnassa syntyy mahdollisimman vähän ja mahdollisimman haitatonta rakennus- ja purkujätettä.

Jätelain 8 § koskee yleistä velvollisuutta noudattaa etusijajärjestystä eli jätehierarchyä. EU:n lainsäädännön mukainen etusijajärjestys ei merkitse nykyiseen jätelakiin verrattuna olennaista muutosta, mutta sen painoarvoa vahvistetaan. Etusijajärjestyksellä määritellään jätehuoltoa koskevien toimien järjestys jätepolitiikassa ja -lainsäädännössä. Tällä ohjataan lain nojalla tapahtuvaa norminantoa, jätesuunnitelmien laatimista sekä muuta päätöksentekoa. Ympäristövaliokunnan mietinnössä todetaan, että etusijajärjestys on yksi jätelain keskeisimmistä periaatteista (YmVM 2010).

EU-lainsäädännön ja Suomen jätelain mukainen viisiportainen jätehierarchyä on seuraava:

- 1) jätteen määrän ja haitallisuuden vähentäminen
- 2) uudelleenkäytön valmistelu
- 3) kierrätys aineena
- 4) muu hyödyntäminen, esimerkiksi energiana ja
- 5) loppusijoitus, esimerkiksi kaatopaikalle.



Kuva 3.1 Jätehierarkia (Suvantola, L. & Lankinen, A-J. 2008).

Toimijan on uuden jätelain nojalla noudatettava etusijajärjestystä sitovana velvoitteena siten, että saavutetaan kokonaisuutena arvioiden lain tarkoituksen kannalta paras tulos. Etusijajärjestyksen noudattamisen arvioinnissa otetaan huomioon tuotteen ja jätteen elinkaaren aikaiset vaikutukset, ympäristösuojelun varovaisuus- ja huolellisuusperiaate sekä toiminnanharjoittajan tekniset ja taloudelliset edellytykset.

Jätelain 15 §:n mukaan lajiltaan ja laadultaan erilaiset jätteet on kerättävä ja pidettävä jätehuollossa toisistaan erillään siinä laajuudessa kuin se on terveydelle tai ympäristölle aiheutuvan vaaran tai haitan ehkäisemiseksi, 8 §:n 1 momentissa säädetyn etusijajärjestyksen noudattamiseksi taikka jätehuollon asianmukaiseksi järjestämiseksi tarpeellista sekä teknisesti ja taloudellisesti mahdollista. Tähän on annettu valtioneuvoston asetuksen (179/2012) 16 §:llä tarkennus rakennusjätteen osalta, josta seuraavassa:

Rakennus- ja purkujätteen haltijan on järjestettävä jätteen erilliskeräys siten, että mahdollisimman suuri osa jätteestä voidaan jätelain 8 §:n mukaisesti valmistella uudelleenkäyttöön taikka muutoin kierrättää tai hyödyntää. Jätelain 15 §:ssä säädettyin edellytyksin on tällöin järjestettävä erilliskeräys ainakin seuraaville jätteille:

- 1) betoni-, tiili-, kivennäislaatta-, keramiikkajätteet
- 2) kipsipohjaiset jätteet
- 3) kyllästämättömät puujätteet
- 4) metallijätteet
- 5) lasijätteet
- 6) muovijätteet
- 7) paperi- ja kartonkijätteet
- 8) maa- ja kiviainesjätteet.

Asetuksessa asetetaan tavoitteet vuoteen 2020, jolloin rakennus- ja purkujätteestä hyödynnetään vähintään 70 painoprosenttia. Tähän ei lasketa energiana tai polttoaineena hyödyntämistä.

Uuden jätelain mukaan jätteen alkuperäinen tuottaja taikka nykyinen tai aiempi haltija vastaa jätehuollon kustannuksista. Jätelain 118 § velvoittaa pitämään kirjaa jätteistä, jos toiminnassa syntyy jätettä vähintään 100 tonnia vuodessa tai toiminnassa syntyy vaarallista jätettä. Lain mukaan on aikaisemmalle jätteen haltijalle pyynnöstä annettava näiden luovuttamien jätteiden jätehuoltoa koskevat kirjanpitoliedot. Kirjanpitolietoa on säilytettävä kirjallisesti tai sähköisesti kuusi vuotta. Jätelain 119 §:ssä annetaan kirjanpitoon sisällytettävät tiedot syntyneestä, kerätystä, kuljetetusta, välitetystä tai käsitellystä jätteestä, joita ovat:

- 1) laji
- 2) laatu
- 3) määrä
- 4) alkuperä
- 5) toimituspaikka
- 6) kuljetustapa ja
- 7) käsittelytapa.

Kirjanpitoon on sisällytettävä tieto myös toiminnassa syntyneen jätteen määrästä suhteessa toiminnan laajuuteen. Jäteasetuksen (179/2012) 20 § 2. momentissa annetaan tarkennus ominaisjättemäärästä. Ominaisjättemäärä on ilmoitettava jätteiden kokonaisuutena ja toiminnalle tyypillisten jätteiden määränä suhteessa muuttajaan, joka mahdollisimman hyvin kuvaa toiminnan laajuutta. Muuttajana voi olla esimerkiksi tuotannon määrä.

Jätelaki (120 §) velvoittaa toiminnanharjoittajaa seuraamaan ja tarkkailemaan jätehuoltoa säännöllisesti ja suunnitelmallisesti, jotta voidaan varmistua laissa säädetyistä ja määrätyistä vaatimusten täyttymisestä ja samalla voidaan antaa viranomaiselle toiminnan valvomiseksi tarvittavat tiedot. Jätehuollosta vastaavat henkilöt tulee perehdyttää ja heille tulee antaa riittävät tiedot. Toiminnanharjoittajan on viivytyksettä ryhdyttävä toimiin havaittujen toiminnan puutteiden poistamiseksi.

Jätelain 121 § ja valtioneuvoston asetuksen 24 § mukaan on jätteen haltijan laadittava siirtoasiakirja rakennus- ja purkujätteestä. Siirtoasiakirjassa tulee olla tarpeelliset tiedot jätteestä, jätteen määrästä, toimituspaikasta, ajankohdasta, kuljettajasta, jätteen haltijasta sekä haltijan vahvistus tietojen oikeellisuudesta. Jätteen siirron päätyttyä jätteen vastaanottaja vahvistaa jätteen vastaanoton. Siirtoasiakirjoja tulee säilyttää kolmen vuoden ajan allekirjoituksesta.

3.1.2 Jätevero

Jäteverolain mukaan jäteveroa on maksettava kaikesta kaatopaikalle sijoitetusta jätteestä, jonka hyödyntäminen on teknisesti mahdollista ja ympäristösuojelun kannalta perusteltua sekä jätteen taloudellista hyödynnettävyyttä voitaisiin jäteverolla parantaa. Jäteverolain mukaan rakennustyömaalta toimitettavat jätteet, jotka eivät ole vaarallisia jätteitä, ovat veron piirissä olevia jätteitä. Jäteverovelvollinen on kaatopaikan pitäjä, joka pitää kirjaa kaatopaikalle tuotavista jätteistä.

Jäteveron piiriin kuuluvat kaikki, sekä yleiset että yksityiset, kaatopaikat ja läjitysalueet. Sellaiset alueet, joissa jätteitä varastoidaan alle kolme vuotta, ovat jäteveron ulkopuolella. Jäteveron suuruus on vuoden 2011 alusta lähtien ollut 40 euroa jätetonnilta. Vuoden 2013 alusta jätevero nousee 50 euroon jätetonnilta. (Jäteverolaki 1126/2010)

3.1.3 Kunnalliset jätehuoltomääräykset

Jätelain perusteella voi kunta antaa paikallisista oloista johtuvia tarkempia jätehuoltomääräyksiä tai -ohjeita. Rakennusjätteen osalta yleensä määrätään, että jätteet on lajiteltava syntypaikalla ja ohjattava hyötykäyttöön, jos se on mahdollista eikä aiheuta kohtuuttomia kustannuksia muuhun jätehuoltoon verrattuna. Kunnalliset jätehuoltomääräykset ovat tällä hetkellä murroksessa, koska uusi jätelaki tuli vasta voimaan. Todennäköisesti myös kunnalliset jätehuoltomääräykset päivittyvät vastaamaan jätelakia.

HSY:n jätehuoltomääräyksissä (Helsinki, Espoo, Vantaa, Kauniainen ja Kirkkonummi) on edellytetty, että rakennustoiminnan tuotanto- ja purkujäte on kerättävä erikseen ja siitä on erotettava ja toimitettava hyötykäyttöön:

- kyllästämätön rakennuspuutavarajäte, jos sitä syntyy yli 50 kg viikossa
- keräysmetalli, jos sitä syntyy yli 50 kg viikossa
- keräyskelpoinen pahvijäte, jos sitä syntyy yli 50 kg viikossa sekä
- ongelmajätteet, kuten kyllästetty puu, on aina kerättävä erikseen.

Jätteitä käsittelevät laitokset ottavat vastaan myös sekajätelavoja, joilla oleva jäte lajitellaan laitosmaisesti. (HSY.)

Tampereella jätehuoltomääräykset ovat vuodelta 2006. Tällä hetkellä määräyksessä edellytetään seuraavien jätteiden erilläänpitoa toisistaan tai muista rakennusjätteistä:

- betoni-, tiili-, kivennäislaatta-, keramiikka- ja kipsijätteet
- kyllästämättömät puujätteet
- metallijätteet sekä
- maa-aines, kiviaines- ja ruoppausjätteet.

Rakennusjätteiden määrän ylittäessä viisi tonnia on rakentaminen suunniteltava ja toteutettava sekä rakennusjätteet kerättävä ja kuljetettava siten, että hyödynnettävät ja lajitellut jätteet toimitetaan hyväksytyihin käsittely- ja hyödyntämispaikkoihin. (Tampereen kaupungin yleiset jätehuoltomääräykset.)

3.1.4 Ympäristöstandardi SFS-EN ISO 14001

Kansainvälisiä ohjeistoja eli standardeja on laadittu yritysten ympäristösuojeluasioiden hyvän ja yhtenäisen hallinnan tueksi. Nämä standardit ovat yrityksille vapaaehtoisia, mutta niiden avulla yritykset voivat parantaa toimintansa ympäristösuojelun tasoa sekä rakentaa hyvää yrityskuvaa ja markkinointia. Standardin mukaiset menettelytavat helpottavat myös asiointia ympäristöviranomaisten ja muiden viranomaisten kanssa.

Kansainvälinen ISO 14000 -sarjan standardit käsittelevät muun muassa ympäristöjärjestelmiä, ympäristömerkkejä ja -selosteita, ympäristönsuojelun tason arviointia sekä ympäristöasioiden hallintaa elinkaariarviointimenetelmillä. Standardit liittyvät usein toisiinsa, jolloin ne muodostavat laajempia kokonaisuuksia. Ympäristöstandardit on pyritty laatimaan yhteensopiviksi laatujärjestelmiä koskevan ISO 9000 -standardisarjan kanssa. (Ympäristöministeriö 2012.)

ISO 14001 -ympäristöjärjestelmästandardi on hyväksytty marraskuussa 2004. Organisaatiossa voidaan ISO ympäristöjärjestelmällä parantaa ympäristösuojelun tasoa sekä osoittamaan ympäristöasioiden hyvää hoitoa.

Standardi edellyttää, että organisaatio (SFS-EN ISO 14001):

- tekee tarkoituksenmukaisen ympäristöpolitiikan
- tunnistaa tuotteidensa, toimintojensa ja palveluidensa ympäristövaikutukset
- selvittää lakisääteiset ja muut velvoitteensa sekä huolehtii niiden täyttämisestä
- tunnistaa asioiden tärkeysjärjestyksen ja asettaa tarkoituksenmukaiset ympäristötavoitteet
- varaa riittävät resurssit, joilla päämäärät ja tavoitteet saavutetaan
- varmistaa edellytykset toiminnoille, joilla varmistetaan politiikan toteutuminen sekä ympäristöjärjestelmän säilyminen tarkoituksen mukaisena ja
- on sopeutumiskykyinen muuttuvissa olosuhteissa.

Toimivalla ympäristöjärjestelmällä on saavutettavissa monia liiketoiminnallisia hyötyjä. Toimiva ympäristöjärjestelmä yhdistää ympäristöasiat entistä paremmin osaksi johtamista ja toiminnan suunnittelua, kun henkilöstön ympäristötietoisuutta ja osallistumista edistetään. Ympäristöjärjestelmä lisää myös kustannustehokkuutta, kun materiaalien ja energian käyttöä tehostetaan sekä jätemääriä vähennetään. Järjestelmä varmistaa ympäristölainsäädännön vaatimusten täyttymisen, noudattamisen ja auttaa muutosten ennakkoinnissa sekä edistää ympäristövaikutusten huomioon ottamista rakentamisen erivaiheissa. (SFS-EN ISO 14001.)

Materiaalitehokkuuden kannalta keskeisiä ympäristöjärjestelmän osia ovat ympäristönäkökohtien tunnistaminen, ympäristöpäämäärien ja tavoitteiden asettaminen, hyvien käytäntöjen dokumentointi työhohjeisiin, tavoitteille asetettujen indikaattorien säännöllinen seuranta, johdon tai ulkopuolisen tahon suorittamat auditoinnit ja jatkuvan parantamisen sykli. (Kojo & Lilja 2011.)

Kojo ja Lilja (2011) toteavat raportissaan, että ympäristöjärjestelmään voidaan sisällyttää materiaalitehokkuuden kannalta oleellisia asioita, kuten:

- kierrätys- ja lajittelutavoite
- materiaalihävikille tuotekohtainen enimmäishävikki
- haitallisten materiaalien tunnistaminen
- aliurakoitsijoiden ympäristökriteerit ja
- rakennusaikaiselle kosteudensuojaukselle ja pölyntorjunnalle asetettavat vaatimukset.

Standardointi parantaa myös ympäristöriskien hallintaa ja turvaa toiminnan jatkuvuuden. Samalla voidaan osoittaa sidosryhmille vastuullisuutta ympäristöasioiden hoidossa. Ympäristöjärjestelmä tukee organisaation viestintää sekä yrityskuvan rakentamista. (SFS-EN ISO 14001.)

3.2 Materiaalitehokkuuden mittaaminen ja parantaminen

Mittareiden käyttötapoja ja tarkoituksia on monenlaisia. Mittarien suunnittelussa tulee huomioida mittauksen tarkoitus. Usein mittareiden suunnittelu toteutetaan jonkin mittariston viitekehysten avulla. Mallien noudattaminen mahdollistaa tasapainoisen mittarikokonaisuuden suunnittelemisen. Suunnitellulla mittaamisella tuotetaan tietoa, jota yrityksen johto tarvitsee päätöksiensä tueksi kaikissa yritystoiminnan vaiheissa. (Lönnqvist 2005.)

Mittauskohteen tiettyä ominaisuutta pyritään kuvaamaan ennalta määritetyllä ja selkeästi rajatulla tavalla. Mittaritieto on luotettavampaa kuin subjektiiviset arviot mitattavasta kohteesta. Subjektiivisiin arviointeihin vaikuttavat aina henkilökohtaiset ennakkokäsitykset ja arviointikyky. Kun mitattavan kohteen arviointi perustuu mitattuihin tuloksiin, saadaan kiistattomia tuloksia ja samalla selviää mikä toimii ja mikä ei. Tulosten perusteella voidaan myös parannustoimenpiteet kohdistaa sinne, mihin niitä oikeasti tarvitaan ja saadaan suurimmat hyödyt. (Koski 2009.)

3.2.1 Tehokkuuden mittaamisen vaatimukset

Tehokkuus liittyy läheisesti tuottavuuteen. Kuten aikaisemmin on kuvattu, materiaalitehokkuus on enemmän tuotoksia pienemmillä panoksilla, joka kuvaa myös tuottavuutta. Tuottavuuden analysoinnilla ja mittaamisella käsitetään sisäisen tehokkuuden parantamiseen tähtäävät toimenpiteet. Nämä voidaan jakaa kahteen osa-alueeseen: tuotos- ja panostehokkuuteen. Tuotos- eli suoritetehtokkuudessa tuottavuutta parannetaan kasvattamalla tuotoksen määrää annetuin panokset. Panostehokkuudessa tuottavuutta parannetaan vähentämällä panoksia. (Uusi-Rauva 1997.) Kaava (1) kuvastaa sekä tuottavuutta että materiaalitehokkuutta.

$$Tuottavuus = \frac{Tuotos}{Panos} \quad (1)$$

Tehokkuusmittareiden kehittäminen ei yleensä ole vaikeaa, mutta haastavaa on muodostaa kokonaisuuden huomioiva mittaus. Usein mittareita kehittäessä keskitytään yhteen osa-alueeseen, jolloin vaarana on, että kehittyminen tapahtuu jonkin muun osa-alueen kustannuksella. (Hannula 1998.)

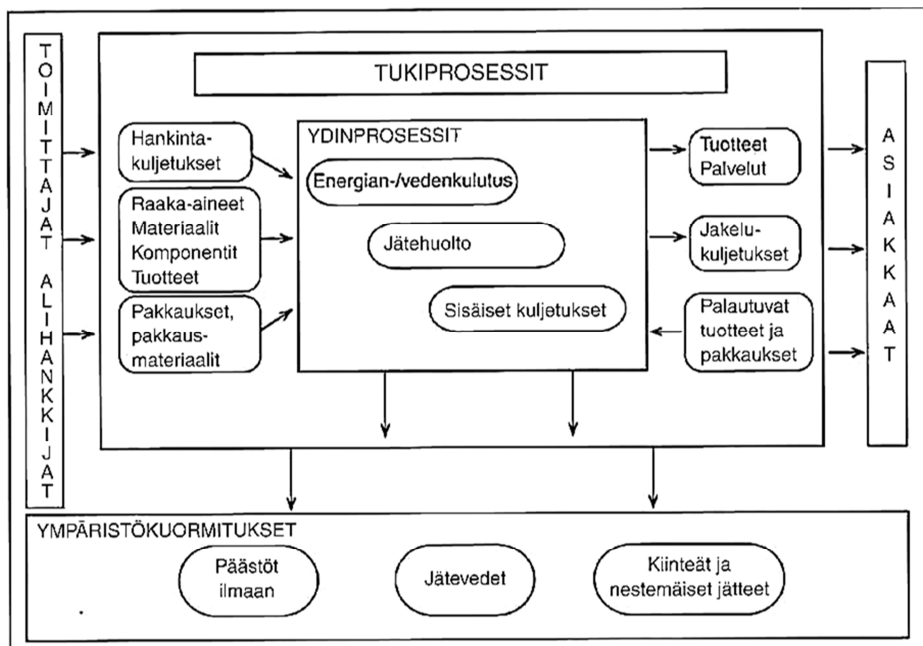
Mittaamisessa tulee huomioida seuraavia kriteerejä (Riggs 1981):

- 1) Mittaaminen tulisi tehdä sekä toimintojen että koko yrityksen tasolla. Tavoitteena on, että toimintojen luvut voidaan yhdistää yritystasoa kuvaaviksi luvuksi.
- 2) Mittareiden tulisi olla helposti ymmärrettäviä, jotta niitä voidaan hyödyntää johtamisessa ja ohjaamisessa. Niiden tulisi olla myös suhteellisen helposti laskettavissa ja sopia yhteen yrityksen laskentajärjestelmän kanssa.
- 3) Mittareiden merkittävimpien seikkojen tulisi olla riittävän täsmällisiä, joskaan mittaamisen täydellinen tarkkuus ei ole kustannustehokas tavoite.
- 4) Mittaamisen tulisi kohdistua seikkoihin, joita organisaatio voi kontrolloida, ja vastaavasti olla erillään tekijöistä, jotka voivat vääristää tulosta. Mittareiden tulisi kuvastaa yrityksen kykyä hyödyntää tehokkaasti keskeiset tuotantoresurssit.

Yleisesti käytössä olevat mittarit ovat yleensä puutteellisia, mikä voi vaikeuttaa tai haitata mittareiden käyttöä haluttuihin tarkoituksiin. Ongelmia aiheuttavia tekijöitä voidaan nimetä lähes rajattomasti, koska erilaisissa organisaatioissa eri asiat aiheuttavat ongelmia. (Lönnqvist 2002.)

3.2.2 Ympäristöasioiden mittaaminen

Mittauskohteet perustuvat operatiivisten tekijöiden perusteella määriteltyihin tekijöihin ja näkökohtiin. Mittauskohteiden valinta tehdään prosessikuvausten perusteella määriteltyjen ympäristötekijöiden ja ympäristönäkökohtien perusteella. Mittauksia tarkastellaan niin sanotulla panos-tuotos-mallilla. (Pohjola 2003.)



Kuva 3.2 Toimintojen panos-tuotos-malli ympäristösuorituskyvyn laskentaan (Pohjola 2003).

Tuotantoprosessissa merkittävimmät ympäristönäkökohdat ovat energian ja veden kulutus, jätteiden käsittely, kuljetus ja lajittelu sekä yrityksen sisäiset kuljetukset. Ympäristömittarien perustana ovat oikein valitut mittauskohteet, joita voidaan luotettavasti seurata yrityksessä. Mittaristoa määriteltäessä tulee selvittää, mitä mittari tarkoittaa:

- mittauskohde: mitattava menestystekijä
- mittausväline/tapa: tietojen hankinta
- mittaustulos: numeerinen tai sanallinen tieto
- mittaussyksikkö: mitattavan tiedon yksikkö

Mittarin tarkoituksena on mitata ympäristön kannalta oleellisia asioita yrityksen ydinprosesseista ja ydinprosessien ympärillä olevista tukiprosesseista. Mittaustuloksien avulla voidaan vaikuttaa ympäristökuormitukseen, sillä mittauksen avulla voidaan keskittyä kehittämään haasteellisimpia alueita yrityksen prosesseista. (Pohjola 2003.)

Mittauksista saadaan lista absoluuttisia lukuarvoja tai laadullisia arvioita ympäristönäkökohtien tilasta organisaatiossa. Näiden lisäksi tarvitaan indikaattoreita, jotka suhteutetaan tuotannon tai palvelun tuottamisen tekijään. Toimialan edelläkävijäyritykset luovat mittauskohteiden ja indikaattorien normistoa ympäristösuorituskyvyn mittaamiseen. Mittauskohteet määritellään yrityksen merkittävien ympäristönäkökohtien perusteella. Tavallisimpia mittareita ympäristöasioita mitattaessa (Pohjola 2003):

- hankintapakkausten määrä (tonnia/kk tai tonnia/v)
- hankintakuljetusten määrä (km/kk tai km/v)
- jätekuljetusten määrä (km/kk tai km/v)
- jätteiden määrä jätejakeittain (tonnia/kk tai tonnia/v) ja
- jätekustannukset jätejakeittain (€/kk tai €/v).

Indikaattoreiksi kutsutaan ympäristökuormituksen määrää suhteessa tuotantoprosessin tekijään, joita ovat esimerkiksi (Pohjola 2003):

- rakennustilavuus
- hyötyneliöt
- tuotantotonni
- tuotteiden määrä
- liikevaihto
- rakennuskustannukset ja
- materiaalikustannukset.

Indikaattori on suure, jonka avulla yrityksen suorituskykyä voidaan verrata tiettyinä ajanjaksona. Kausivaihtelujen muutokset eivät pääse aiheuttamaan virheitä tuloksiin, koska indikaattori on suhteutettu luku ja suhteuttava tekijä on tuotantoprosessiin sidottu. Tämä ei ole täysin virheetön metodi, mutta jos halutaan indikaattori, joka poistaa kaikki toiminnan olosuhteista johtuvat vaihtelut, tulisi indikaattorin sisältää kymmeniä muuttujia. Yrityksen tulisi seurata ympäristösuorituskyvyn osalta sekä absoluuttisia kuormituskertoimia että suhteutettuja kuormitusten määriä ja verrata niitä aiheutuneisiin ympäristökuormitukseen. (Pohjola 2003.)

3.2.3 Toimitusten mittaus

Työmaatoimituksia voidaan mitata kahdella tasolla toimituseräkohtaisesti tai tuotekohtaisesti. Toimituseräkohtaisessa mittauksessa arvioidaan tiettyä yksittäistä toimitusta. Mittaustietojen keruu tehdään vastaanoton yhteydessä tai välittömästi sen jälkeen ja sitä voidaan luonnehtia laajennetun kuormakirjan täyttämiseksi. Koska yksittäiseen toimituserään on vaikea liittää informatiivista kustannus- tai työmenekkimittaria, ovat toimituseräkohtaiset mittarit pääasiassa toimivuusmittareita. Tietoa kerätään muun muassa seuraaviin kysymyksiin vastaamalla (Koski 2009):

- Oliko tarkka toimitusajankohta tai toimituksen aikaikkuna sovittu etukäteen?
- Oliko toimitus varmistettu etukäteen?
- Saapuiko toimitus ajallaan?
- Tehtiinkö vastaanottotarkastus?
- Oliko toimitusmäärä tilauksen mukainen?
- Oliko toimituksessa laatuvirheitä?

Kun mittaustietoa kerätään saman toimittajan tai samojen tuotteiden toimittajien useista toimituseristä, tiedosta muodostetuilla mittareilla voidaan verrata eri toimittajia keskenään tai tietyn toimittajan toimitustäsmällisyyden kehittymistä. Tuotekohtaisessa mittaamisessa arvioidaan koko tuotetoimitusta ja kerättävä mittaustieto muodostuu pääasiassa niistä hankintaan liittyvistä kustannuksista, joita ei voida kohdistaa yksittäisille toimituserille. Tällaisia ovat muun muassa (Koski 2009):

- hankintahenkilön työkustannukset
- työnjohdon työkustannukset hankinta- ja työmaavaiheessa
- nosto- ja siirtokaluston kustannukset
- varastointi- ja suojauskustannukset sekä
- toimitusvirheistä aiheutuneen lisätyön ja työmaan keston pidentymisen kustannukset.

Toimittajien lisäksi toimituseräkohtaisilla mittareilla arvioidaan myös tilaajan toimintaa.

Ohjauskeinot voidaan jakaa yhteiskunnan vaatimiin ja yrityksen vapaaehtoisuuteen. Lait, asetukset ja määräykset ovat pakollisia kaikille toimijoille, joten niitä on noudatettava. Vapaaehtoisuuteen perustuvia toimia ovat standardoinnit ja raportointimenetelmät, joiden noudattaminen vaatii yritykseltä vaatimusten täyttymisen.

3.2.4 Jätetilastointi

Hännisen ja Rahkilan (2005) mukaan rakennuttajan tulee edellyttää, että urakoitsija mittaa syntyneiden jätteiden määrät, jota verrataan asetettuun tavoitteeseen. Tavoitteen ylittämisen tai alittamisen syyt tulee selvittää ja kirjataan, jotta toimintaa voidaan kehittää. Jättemäärien mittaaminen ei ole nykyään ongelma, sillä jätehuoltoyritykset tarjoavat tähän tarkoitukseen soveltuvia palveluita. (Hänninen & Rahkila 2005.)

Jotta jätetilastoinnista on hyötyä, tulee työmaille asettaa tavoitteita jätemääriin. Tavoitteiden asettamisessa tulee huomioida yksittäisen työmaan erityistekijät, joita voivat olla (Workshop 2012):

- hankekoko
- rakentamistapa
- tuotantotekniset edellytykset ja
- asemakaavan haasteet.

Suunnitelmallisessa jätteen synnyn ehkäisyssä arvioidaan ensin rakennushankkeessa syntyvän jätteen määrä. Työmaan edetessä jätehuollon toimivuutta ja jätteiden määrää seurataan jatkuvasti. Erityisesti huomiota kiinnitetään:

- eri urakoitsijoiden toimintojen yhteensovittamiseen
- jätteiden hyötykäyttöön työmaalla
- eri jättejakeisiin, missä vaiheessa rakennusprojektia ne syntyvät
- mittaamisen, tulosten analysointiin, johtopäätösten tekemiseen ja parannustoimenpiteiden kehittämiseen.

Arviosta saatavien tietojen perusteella lasketaan materiaalihukkiin suorat kustannukset ja jätteen käsittelyyn toimittamisen ja käsittelyn seurannaiskustannukset. (Hänninen & Rahkila 2005.)

3.2.5 Yhteiskuntavastuuraportti

Yhteiskuntavastuuraportti on arviointi- ja viestintätyökalu, jonka avulla organisaatio voi kertoa kaikille sidosryhmilleen, miten se on onnistunut yhteiskuntavastuutavoitteissaan. Yhteiskuntavastuuraportointi on laaja käsite, jota voidaan käyttää synonyymina muiden taloudellisten, sosiaalisten ja ympäristövaikutusten raportointia kuvaavien käsitteiden kanssa, kuten kolmoistilinpäätös ja yritysraportointi.

Global Reporting Initiative (GRI) on kansainvälinen ja verkostopohjainen, kestävän kehityksen raportointia kehittävä organisaatio. GRI on siis työväline, jota organisaatiot voivat hyödyntää kestävän kehityksen liiketoiminnan raportoinnissaan. Yritys voi raportoida GRI-ohjeistuksen mukaisia tietoja vuosikertomuksessaan ja erillisissä yhteiskuntavastuuraporteissaan. Monet organisaatiot ovat integroineet GRI-raportoinnin vuosikertomukseensa. Yhteiskuntavastuuraportoinnin tuloksia esitetään pitkin vuosikertomusta, mutta tietojen sijainti on kootusti taulukoitu vuosikertomukseen.

Keskeiset periaatteet vastuullisen liiketoiminnan raportoinnissa ovat läpinäkyvyys, täydellisyys, kattavuus, tietojen ja tietolähteiden todennettavuus sekä raportin rakenne. Nämä periaatteet tulee hyväksyä aloittaessa raportointia ja ne tulee pitää mukana kaikissa raportoinnin vaiheissa. Raportoitava tieto on saatavissa ja sen laatu sekä luotettavuus on tarkistettu. Raportissa kaikki asiaan liittyvät tiedot raportoidaan, myös onnettomuudet ja riskien toteutumiset. Raportoitavien tietojen tulee olla oikeita (mittausten tulokset) sekä neutraaleja ja vertailukelpoisia organisaation omien aikaisempien raporttien kanssa sekä tietyiltä osin saman toimialan toimijoiden välillä. (Pohjola 2003.)

Indikaattori on tuotannon tai palveluntekijällä suhteutettu mittari, jonka avulla seurataan jatkuvan parantamisen periaatteen toteutumista (Pohjola 2003). Ympäristöindikaattoreita käytetään yrityksissä kuvaamaan ympäristön suojelun tasoa. Nämä ovat vapaaehtoisia järjestelmiä, joiden avulla voidaan lisätä organisaatioiden toimittamien tietojen selkeyttä, avoimuutta ja vertailukelpoisuutta. Samalla organisaatio tehostaa ympäristöjohtamistaan ja parantaa ympäristönsuojelunsa tasoa. Indikaattorien avulla voidaan suuri määrä tietoa esittää tiivistetysti muutamana keskeisenä tietokokonaisuutena ja näin yritys voi määrittää ympäristönsuojelun tasonsa ja raporttoimaan siitä.

Ympäristöindikaattorijärjestelmien peruseriaatteita ovat (GRI 2012):

- Vertailukelpoisuus: Indikaattoreiden tulisi mahdollistaa vertailu ja osoittaa ympäristönsuojelun tasossa tapahtuneet muutokset.
- Tasapaino: ongelmallisten kysymysten ja mahdollisuuksien välillä.
- Jatkuvuus: Indikaattoreiden tulisi perustua samoihin kriteereihin, ja ne olisi mitattava vertailukelpoisten ajanjaksojen aikana tai vertailukelpoisina yksiköinä.
- Oikea-aikaisuus: Indikaattorit olisi ajantasaistettava riittävän usein, jotta voidaan ryhtyä tarvittaviin toimiin.
- Selkeys: Indikaattorien olisi oltava selkeitä ja ymmärrettäviä.

Rakennusalalla GRI:n soveltamisessa keskeistä on omalle organisaatiolle olennaisien asioiden tunnistaminen. Tunnistamisessa tulee huomioida sekä sisäiset että ulkoiset tekijät ja vaikutukset sekä merkittävyys organisaation sidosryhmiin. Rakennusalalle on kehitetty täsmäntäviä GRI-ohjeita, joilla parannetaan vertailtavuutta toimialan yritysten kesken. Toimialakohtaiset liitteet eivät korvaa, vaan täydentävät yleisiä ohjeita. GRI-indikaattoriraportoinnissa on kolme tasoa A-C ja jos raporttia varmennettaessa käytetään ulkopuolista arvioitsijaa, voi raporttoija liittää +merkin raportin tasomerkinnän yhteyteen. (GRI 2012.)

Tässä tutkimuksessa käsitellään materiaalitehokkuuden GRI-indikaattoreita, joita käytetään eri asioiden mittaamiseen organisaation toiminnassa. GRI-ohjeistossa indikaattorit jaetaan kolmeen luokkaan: taloudelliset, sosiaaliset ja ympäristöindikaattorit. Materiaalitehokkuuden aihekokonaisuuteen kuuluvat ympäristöindikaattoreista EN1 ja EN22.

EN1 - Käytetyt materiaalit raportoidaan painon tai määrän mukaan. Indikaattorilla raportoidaan lopputuotteessa olevien materiaalien määriä. Määrät raportoidaan esimerkiksi massan tai tilavuuden mukaan. Eri rakennusosat voidaan muuttaa mittojen mukaan arvioiduksi massaksi tai tilavuudeksi. Raaka-aineet eritellään merkittäviin raaka-ainekategorioihin ja sen lisäksi eritellään uusiutuvat materiaalit sekä teollisuustuotteet. (GRI 2012.)

EN1- indikaattorilla kuvataan raportissa yrityksen panosta maailman luonnonvarojen säilyttämiseksi säästeliäällä materiaalien käytöllä. Materiaalien käyttö liittyy suoraan myös liiketoiminnan kokonaiskustannuksiin. Materiaalikulutuksen seurannalla voidaan hallita myös materiaalitehokkuuden toteutumista. Suurin osa materiaalivalinnoista tehdään jo suunnitteluvaiheessa, joten rakennusurakoitsijalla ei ole vaikuttamismahdollisuuksia materiaalivalintoihin. (GRI 2012.)

EN22 - Jätteiden kokonaispaino tyyppin ja loppusijoitusmenetelmän mukaan. EN22-indikaattori jakaa jätteet kolmeen erilliseen jätetyyppiin: kiinteisiin, nestemäisiin ja kaasumaisiin. Raportoinnissa otetaan kantaa tuotetun jättemäärän vaarallisuuteen eli jäte jaetaan vaarallisiin ja vaarattomiin jätteisiin. Vaarallinen jäte aiheuttaa merkittävää tai potentiaalista uhkaa kansanterveydelle tai ympäristölle. Vaaralliseksi jäte määritellään siten kuin maan lainsäädäntö sen määrittelee. Ei-vaarallisia jätteitä ovat kaikki muut kiinteät ja nestemäiset jätteet, paitsi jätevesi. (GRI 2012.)

GRI raportointi vaatii määrittelyn jätteen hävitystavasta. Raportissa jätteen kokonaisuusmäärä jaetaan hävittämismenetelmän mukaisesti. Hävittämismenetelmiä ovat kompostointi, uudelleen käyttö, kierrätys, hyötykäyttö, jätteiden poltto, kaatopaikka, porakaivoinjektointi, varastointi paikan päällä tai ulkopuolisissa varastoissa sekä muut tavat, jotka määritellään yrityksen toimesta. Raportointiin tulee sisällyttää tiedot jätteiden määristä, joiden loppusijoitus on tuntematon. GRI-raportoinnissa täytyy huomioida myös jätteiden hävittämistapa, jonka tiedot tulee selvittää raportista. (GRI 2012.)

Yleisesti käytössä ovat yksiköt kg per rakennuskuutiometri tai jättejakeen kokonaisuusmäärä. Raportoinnin tulee sisältää jätteiden prosenttiosuudet käsittelymenetelmitäin, merkittävimpien jätteiden ja kaatopaikalle vietävien jätteiden osalta. Rakennusyritysten pitäisi raportoida merkittävimmät jätetyypit rakentamisesta, purkamisesta ja maankaivusta. Rakennusala rakennusjätteeksi luetaan kaikki ne jätteet, jotka eivät ole purku- tai maankaivujätteitä. (GRI 2012.)

EN1 ja EN22 täydentävät toisiaan, koska EN1 kuvaa sen materiaalmäärän, joka rakennukseen on kulutettu ja EN22 kuvaa rakentamisesta syntyvän jätteen määrän. Kun raportointia tehdään, voidaan näiden yhteistuloksena selvittää rakennukseen todellisuudessa kulutettu materiaali. (GRI 2012.)

3.2.6 Materiaalitehokkuuden parantaminen

Materiaalien käytön vähentäminen sekä materiaalipanoksen tuottaman hyödyn kasvattaminen parantavat materiaalitehokkuutta (Halme et al. 2005). Materiaalitehokkuuden parantaminen tulee tehdä kokonaisuutena, jolloin saavutetaan parhaimmat tulokset. Talonrakennusprosessissa materiaalitehokkuus tulee huomioida hankesuunnittelusta lähtien rakennussuunnitteluun ja työmaaprosesseihin. Rakennettavat kohteet ovat erilaisia ja erivaiheiden tekijät tulevat prosessiin mukaan eri aikoina, joten yksittäinen toimija tekee asiat omien malliensa mukaisesti. Sopimuksilla voidaan vaikuttaa tehtävien toteuttamiseen ja samalla huomioida materiaalitehokkuus.

Materiaalitehokkuutta lisäävät toimet on hyvä ottaa osaksi yrityksen laatu- ja ympäristöjärjestelmää. Tämä edesauttaa taloudellisia säästöjä tuotannon kasvaessa. Kun materiaali- ja ekotehokkuus sekä laatu huomioidaan jo suunnittelu- ja kehitysvaiheessa, pysyvät ne luontevasti mukana koko rakennuksen elinkaaren ajan. (Rissa 2001.)

Sopivien materiaalitehokkuuskriteerien sisällyttäminen rakennushankkeiden kilpailuttamismalliin pidentää rakennusten käyttöikä ja siten ehkäisee jätteen syntyä rakennuksen elinkaaren aikana. Kriteerien määrittely on haasteellista, koska riittävän tarkkaa elinkaaritietoa ei ole saatavilla. Ympäristövaikutuksiltaan rakennushankkeet eroavat toisistaan, joka entisestään lisää haastavuutta.

Rakennusyrityksissä löytyy runsaasti materiaalien säästöpotentiaalia. Käytännön tehostamistoimet voivat liittyä raaka-aineiden käyttöön, tuotantotapojen parantamiseen sekä innovaatioiden kehittämiseen koko tuoteketjussa. Tehostamispotentiaalia voi löytyä esimerkiksi yrityksen sisäisissä kierrätysvirroissa, laatuvirheiden aikaisemmassa havaitsemisessa tai niin sanotun ylilaadun tekemisessä. Rakentamisessa materiaalitehokkuuden parantamiskeinoiksi voidaan luetella seuraavat asiat. (Motiva 2011; ilmasto-opas 2011.)

- 1) Kartoita toiminnan materiaali- ja energiavirrat.
- 2) Selvitä raaka-aineiden käytön tehostamismahdollisuudet. Hukkavirtoja saadaan usein kuriin tuotantomenetelmiä optimoimalla.
- 3) Kehitä järjestelmällinen tapa huomioida ympäristönäkökohdat jo suunnitteluvaiheessa.
- 4) Selvitä lopputuotteiden ympäristövaikutukset elinkaariarviointimenetelmillä
- 5) Kartoita mahdollisuudet siirtyä haitattomampiin raaka-aineisiin ja/tai materiaaleihin tai korvaavaan vähäpäästöisempään teknologiaan.
- 6) Kehitä yrityksen hankintaosaamista. Huomioimalla ympäristönäkökohdat hankinnoissa voidaan saavuttaa merkittäviä taloudellisia ja ympäristöllisiä hyötyjä.
- 7) Viesti toiminnan ja tuotteiden ympäristöominaisuuksista sidosryhmille.
- 8) Johdon sitoutuminen ja tuki on edellytys hyvälle lopputulokselle.

Sallisalmi ja muut (2009) raportissaan nostavat vaikuttavuuden kannalta olennaiseksi tekijäksi tilaajan osaamisen ja ymmärryksen materiaalitehokkuudesta. Materiaalitehokkuuskriteerien lisääminen kilpailuttamiseen kannustaa urakoitsijoita parantamaan rakennusten kestävyyttä, korjattavuutta ja huollettavuutta. Nämä asiat tulee huomioida jo suunnitteluratkaisuista lähtien. Materiaalitehokkuuden hyödyt yritykselle ovat:

- kustannussäästöt hankinnoissa, prosessissa ja jätemaksuissa
- päästöjen ja päästöriskien väheneminen
- kiristyvien lupaehtojen täytyminen sekä
- yritysten markkina-arvon kohoaminen.

Yrityksille koituvien suorien hyötyjen lisäksi materiaalitehokkuuden kehittäminen luo mahdollisuuksia uudenlaiseen palveluliiketoimintaan, joka kehittää materiaalivirtojen kokonaishallintaa. Nämä uudentyyppiset palvelut liittyvät esimerkiksi toimitusketjun tehostamiseen, prosessien ohjaukseen, jätehuoltoon, resurssien hallinnan palveluihin, palveluntarjoajien yhteistyöhön ja ekotehokkuusanalyysiin. (Mikkola 2009.)

Julkisissa hankinnoissa ja julkisten yhteisöjen tekemillä sopimuksilla voidaan kiinnittää entistä enemmän huomiota materiaalitehokkuuteen. Esimerkiksi Motivan ja rakennustuoteteollisuuden välillä tehdyt materiaalitehokkuussopimukset ovat vähentäneet materiaalien kulutusta. Materiaalitehokkuustoimenpiteet voivat tuoda niitä tekeville yrityksille imagohyötyjä ja säästöjä materiaalikustannuksissa. Toimenpiteet ovat vapaaehtoisia, joten toimenpiteiden vaikutus näkyy sellaisissa yrityksissä, jotka ovat jo valmiiksi kiinnostuneita materiaalitehokkuudesta. (Sallisalmi, Mela & Stén 2009.)

Mittaamalla saatava tieto kasvattaa ymmärrystä yrityksen tilasta. Tutkimus näyttää yrityksen lähtötason, josta lähdetään toimintaa parantamaan. Materiaalitehokkuuden kasvattaminen parantaa yrityksessä myös ympäristöasioiden hoitoa, kun toimintaa kehitetään ympäristölle myönteiseen suuntaan. (Pohjola 2003.)

4 TUTKIMUSMENETELMÄT

Tutkimusstrategiana käytetään toimintatutkimusta, jossa on havaittavissa sekä kvalitatiivisen että kvantitatiivisen tutkimuksen menetelmiä (Suojanen 1992). Toimintatutkimuksessa tehdään havainnointia yrityksen toiminnasta (Vilka 2007). Havainnoinnilla pyritään ymmärtämään, kehittämään ja muuttamaan organisaatiossa vallitsevia toimintatapoja, käytäntöjä ja ratkaista aiheeseen liittyviä ongelmia. Organisaation käytäntöjä pyritään muuttamaan jo tutkimusvaiheessa ottamalla toimijat aktiivisiksi osallistujiksi tutkimukseen. Tutkimuksen lopputuotteena saadaan vaihtoehtoja näiden ongelmien ratkaisemiseksi ja tavoitteiden saavuttamiseksi.

Kvalitatiivisessa tutkimuksessa pyritään tutkimaan kohdetta mahdollisimman kokonaisvaltaisesti. Tutkimuksessa tulee ymmärtää myös arvoja, jotka muovaavat sitä, miten ymmärrämme tutkimuksen kokonaisuuden. Kvalitatiivisessa tutkimuksessa on pyrkimyksenä pikemminkin löytää tai paljastaa tosiasioita kuin todentaa jo olemassa olevia väittämiä. (Hirsjärvi et al. 2007.)

Tutkimusaineiston hankinnassa oli käytössä laadulliset menetelmät, joissa tutkittavien näkökulmat pääsevät esille. Tällaisia metodeja ovat osallistuva havainnointi, haastattelut sekä dokumenttien diskursiivinen tarkastelu. Tutkimus on kokonaisvaltaista tiedon hankintaa, ja aineisto kootaan todellisista tilanteista. (Hirsjärvi et al. 2007.)

Tutkimustyötä tehdään myös kvantitatiivisena eli määrällisenä tutkimuksena. Tutkimuksessa käytetään täsmällisiä ja laskennallisia menetelmiä, joilla mitataan yrityksen tämän hetkistä toimintaa. Mittaamalla saadaan selville tarkkoja mitattavia ominaisuuksia ja lukuja.

Tässä tutkimuksessa on tutkimusmenetelminä käytetty kirjallisuusselvitystä, haastatteluja, havainnointia ja tilastollisia menetelmiä. Kirjallisuusselvitys oli tutkimuksessa keskeisessä roolissa. Haastattelujen avulla selvitettiin, mitä henkilöt ajattelevat, tuntevat ja uskovat. Haastattelut kertovat, kuinka haastateltavat näkevät ympäristönsä. Havainnoinnilla selvitettiin ihmisten toimintatapoja omassa ympäristössään. Samanaikaisesti selvitettiin myös yrityksen kulttuurisia toimintatapoja. Tilastollisilla menetelmillä selvitettiin tarkkoja ominaisuuksia ja lukuja, joiden perusteella voidaan kasvattaa ymmärrystä toimintamalleista ja samalla voidaan kehittää organisaatiota.

4.1 Havainnointi ja haastattelut

Havainnointi ja tutkimushaastattelu ovat tutkimuksen perusmenetelmiä. Näitä voidaan käyttää myös yhdessä, jonka puolesta ovat puhuneet monet tutkijat. Laajentamalla menetelmien käyttöä saadaan esiin laajempia näkökulmia ja voidaan lisätä tutkimuksen luotettavuutta. Tästä tutkimustyyppistä on käytetty monia termejä, joista yksi on monimetodinen lähestymistapa. (Hirsjärvi & Hurme 2008.)

Havainnointia käytetään ihmisen toiminnan tutkimiseen.. Havainnoinnilla saadaan selville, mitä oikeasti tapahtuu. Havainnoinnilla saadaan suoraa tietoa yksilöiden, ryhmien tai organisaatioiden toiminnasta ja lisäksi ympäröivistä olosuhteista. Havainnointi ei ole pelkästään näkemistä, vaan se on tarkkailua ja tieteessä sille asetetaan tiettyjä kriteerejä, jotka erottavat sen arkipäivän tarkkailusta. (Hirsjärvi et al. 2007.)

Haastattelututkimuksella on mahdollista selvittää vastausten takana olevia motiiveja ja taustatietoja. Haastattelulla saadaan selville, mitä henkilöt oikeasti ajattelevat, tuntevat tai uskovat. Vastauksille saadaan kerättyä selittävämpiä tekijöitä, kuin esimerkiksi lomakehaastattelussa. Haastattelussa syntyvä vuorovaikutus auttaa haastattelijaa ymmärtämään vastausten todellisen merkityksen. Epäedullisena puolena on se, että haastateltavien asenteet saattavat vaikuttaa tulosten luotettavuuteen. Haastattelijan ammattitaitoa on huomata haastateltavien asenteet ja huomioida ne tuloksien käsittelyssä. (Hirsjärvi & Hurme 2009; Hirsjärvi et al. 2007.)

Tutkimuksessa käytettiin puolistrukturoitua haastattelua eli puoliavoinhaastattelu, joka tunnetaan myös teemahaastatteluna. Teemahaastattelu ei sido haastattelua tiettyyn leiriin, eikä ota kantaa kuinka syvälle asiassa mennään. Kaikkein oleellisinta on haastattelun eteneminen tiettyjen keskeisten teemojen varassa. Teemahaastattelu on lähempänä strukturoimatonta haastattelun muotoa kuin strukturoitua, mutta se ei ole täysin vapaa niin kuin syvähaastattelu. (Hirsjärvi & Hurme 2008.)

Tutkimusalueen monimuotoisuus tuottaa todennäköisesti monitahoisia vastauksia, joten tämä oli yksi syy haastattelututkimukseen päättymiseen. Lisäksi haastattelulla voidaan helposti syventää haastattelijan tietoutta sekä saada selville arkaluotoisempia asioita. Haastattelijalta vaaditaan kuitenkin herkkyyttä tilanteen tulkitsemiseen, jotta päästään hyvä lopputulokseen. Hyvä haastattelija voi poiketa haastattelun suunnitellusta rungosta ja toimia intuition mukaisesti. Haastattelijalla on kysymysrunko valmiina, jossa voidaan tilanteen mukaan elää. Teemahaastattelussa on olennaisinta edetä teemojen, ei niinkään yksittäisten kysymysten mukaan. (Hirsjärvi & Hurme 2009.)

Haastattelun aikana on mahdollista tehdä tarkentavia lisäkysymyksiä haastateltavan antamien vihjeiden perusteella. Tarkennuksilla varmistutaan, että asiat ymmärretään siten kuin haastateltava ne on tarkoittanut. Haastattelijan tulee olla ottamatta kantaa haastattelun aihealueisiin, mutta haastattelun jatkumisen kannalta kannanottoja voi tehdä. Myös käyttökelpoisen tiedon jakaminen haastateltavalle on joskus järkevää, jotta haastateltava kokee itse hyötyvänsä haastattelutilanteesta. Tutkija ei voi kuitenkaan unohtaa rooliaan tutkijana. (Tamminen 1993.)

Tutkijan rooli on tutkia aihetta ja raportoida tutkimustulokset objektiivisesti. Tutkimuksen tarkoituksena on paljastaa odottamattomia asioita. Täten lähtökohtana ei ole teorian ja hypoteesin testaaminen, vaan aineiston monitahoinen ja yksityiskohtainen tarkastelu. (Hirsjärvi et al. 2007.)

Tutkimuksen aikana kehitetään vaihtoehtoja ongelmien ratkaisemiseksi ja tavoitteiden saavuttamiseksi. Jotta ongelmien ratkaisuisista tulisi todellisia ratkaisuja, niin tutkitavat tulisi olla aktiivisia osallistujia muutos- ja tutkimusprosessissa. Tutkimuksen perustana tulee olla yhteistyö ja yhteinen osallistuminen.

4.2 Tilastollinen menetelmä

Tilastollinen tutkimus on empiiristä tutkimusta, jossa käytetään tilastotieteen menetelmiä, kuten todennäköisyyslaskentaa. Tutkimus koostuu aineiston keräämisestä otokseksi. Perusjoukkoa käsitellään tilastollisin menetelmin ja tulokset voidaan esittää tilastoina. (Grönroos 2003.)

Aineiston tilastollinen analyysi koostuu joko kuvailusta tai päättelystä. Kuvaileva tilastollinen analyysi on aineiston esittämistä numeerisesti tai graafisesti. Tyypillisesti esitetään myös tunnuslukuja, joita ovat keskiarvo, mediaani ja keskihajonta. Tilastollinen päättely on aineiston mallintamista, satunnaisuuden huomioon ottamista sekä aineistosta saatujen tulosten yleistämistä. (Grönroos 2003.)

4.3 Tutkimuksen suoritus ja aineiston kerääminen

Tutkimustyö aloitettiin väljästi rajatulla kirjallisuusselvityksellä. Lähdeaineistoa etsittiin sekä kansainvälisistä että kotimaisista julkaisuista ja kirjallisuudesta sekä EU:n ja Suomen viranomaisten tahoilta, jotta tutkimusalueesta saataisiin mahdollisimman kattava kokonaiskuva. Selvityksen aikana tutkimusongelma tarkentui, joten voitiin arvioida menetelmät tavoitteeseen pääsemiseksi. Kirjallisuusselvitykseen käytettiin aikaa 4 kuukautta. Havainnointiin ja haastatteluihin kului noin kuukausi.

Haastatteluja tehtiin yhteensä kahdeksan joko henkilökohtaisesti tapaamalla tai sähköpostihaastatteluna. Haastateltavat toimivat rakentamisen eri aloilla, mutta liittyivät rakentamisen materiaalitehokkuuden aihepiiriin. Haastatteluilla pyrittiin saavuttamaan selkeä kuva materiaalitehokkuuden tilasta ja mahdollisuuksista rakennustyömailla.

Yksi merkittävä osa tutkimusta oli työmaakäynnit, joiden aikana tehtiin ympäristömittauksia. Työmaakäyntejä tehtiin kaiken kaikkiaan 16:lla eri työmaalla. Työmaakäyntien yhteydessä haastateltiin työmaan toimihenkilöitä ympäristömittauksiin liittyvistä asioista.

Tutkimusaineiston yksi osa koostuu tilastollisesta tiedosta. Tutkimusongelman ratkaisemiseksi tutkimuksessa haettiin yrityksen toiminnasta alueita, joissa on kehitettävää. Materiaalitehokkuuden kannalta yksi tärkeimmistä mitattavista tekijöistä on jätteen määrä. Tutkimusta varten kerättiin työmaiden jätetietoja tilastollista laskentaa varten.

4.3.1 Jätetiedot

Jätetiedot selvitettiin jätehuoltoyrityksistä kyselyillä. Työmaiden käyttämiä jätehuolto-toimijoita selvitettiin tekemällä hakuja yrityksen tietojärjestelmästä. Jätehuoltotoimijoita löytyi hakujen perusteella 22 eri yritystä ja lisäksi oli vielä useita kuljetusliikkeitä, jotka ovat kuljettaneet jätteitä. Mahdollisesti osa jätehuoltotoimijoista on jäänyt huomaamatta hakuvaiheessa, joka on vaikuttanut jätemäärien tilastointimateriaalin määrään.

Jätetietoja saatiin kymmeneltä jätettä käsittelevältä yritykseltä ja lisäksi yhdellä työmaalla oli seurattu jätemääriä omatoimisesti, jonka tiedot saatiin tutkimuksen käyttöön. Tietoja ei siten saatu 12:ta toimijalta. Yksi toimija ilmoitti, että tietojen ilmoittaminen maksaa, koska he ovat toimittaneet yrityksen työmaita koskevat jätetiedot jo kertaalleen yrityksen käyttöön. Toinen toimija ilmoitti, että jätetietoihin liittyvissä asioissa tulee olla yhteydessä asiakkaalle nimettyyn yhteyshenkilöön. Tutkimuksen aikana tietoja tiedusteltiin molemmilta osapuolilta, mutta yhteyshenkilöä ei löytynyt tutkimuksen aikana. Kolmas toimija ilmoitti, että heillä on vain vuoden ajalta tiedot asiakkaiden jätetiedoista, mutta he eivät kuitenkaan lähettäneet edes tätä tietoa. Useat toimijat eivät vastanneet kyselyihin millään tavalla.

Tavoitteena oli saada selville työmaiden ominaisjätemäärätiedot, joten seuraava vaihe oli selvittää rakennettujen kohteiden tiedot. Rakennettujen kohteiden tiedot selvitettiin yrityksen järjestelmästä, mutta joiltain osin tiedot olivat puutteellisia. Niiltä työmailta, joilta saatiin tutkimusta varten puutteellisia tietoja, ei voitu hyväksyä tutkimuksen kohteiksi.

Tietojen selvittämiseen meni aikaa noin kaksi kuukautta, koska tietojen kyselyjä tehtiin useaan kertaan tai tietoihin pyydettiin tarkennuksia. Tietoja saatiin yhteensä 46 työmaalta, jotka sijoittuvat vuoden 2008 ja 2012 välille. Tietojen keräämisen yhteydessä tehtiin jätetietojen tilastointia, jolla seurattiin jätemäärien kehitystä.

Kerätyn jätetilastoinnin pohjalta haettiin työmaat, joista oli olemassa tarkat jätetiedot. Pääasiassa tietoja saatiin uudisrakennustyömailta. Korjausrakentamisen tietoja ei saatu kuin kahdesta kohteesta ja tiedot olivat vajavaiset. Tämä tarkoitti sitä, että päädyttiin tekemään analysointi vain uudisrakennuskohteista.

Kaikkiaan tarkkoja jätetietoja saatiin 26 uudisrakennustyömaalta ja näistä viisi työmaata oli tarkastelu hetkellä vielä kesken. Nämä kesken olevat työmaat otettiin kuitenkin analysointiin mukaan, koska työmaan tiedoista nähtiin niiden olevan lähellä valmistumista ja ne vahvistivat tutkimuksen tuloksia.

4.3.2 Ympäristömittaus

Ympäristömittaus tehtiin TRY-mittarilla, joka on kehitetty Tampereen teknillisellä yliopistolla. Mittaristolla mitataan jätteiden käsittelyä, materiaalien käsittelyä, energian käyttöä, päästöjä sekä työmaan tiedon hallintaa ja tiedottamista. Erityisesti jätteiden ja materiaalien käsittelyn osuudet liittyvät materiaalitehokkuuteen. Ympäristöasioiden mittaussväliksi on ajateltu kuukausittaista, neljännesvuosittaista tai rakennusvaiheittaista mittausta. (Teriö & Hämäläinen 2011.)

Materiaalitehokkuuden osalta mittauskierroksilla kiinnitettiin huomiota materiaalihukkaan, materiaalien varastointiin, rakenteiden suojaukseen, jäteastioihin ja -lavoihin, työpisteiden jätelajitteluun sekä jätteiden siirtoihin ja käsittelyyn. (Teriö & Hämäläinen 2011.)

4.3.3 Asiantuntijahaastattelut

Tutkimuksen empiriaosuuden yksi osa-alue oli materiaalitehokkuuden kannalta oleellisten rakennushankkeen osapuolien haastattelut. Haastatteluita tehtiin rakennusalan eri toimijoihin, jotka ovat vaikuttamassa rakennuksen elinkaareen. Pääasia oli kuitenkin selvittää rakennuksen työmaa-aikaisia materiaalitehokkuuden kehittämismahdollisuuksia. Haastatteluilla pyrittiin saamaan sekä kvalitatiivista että kvantitatiivista tietoa tutkimuksen aihealueesta.

Haastatteluita tehtiin työmaalle konkreettisesti vaikuttaviin toimijoihin, kuten logistiikkayrityksiin, konevuokraamoon ja jätehuoltotoimijaan. Rakennuksen elinkaaren aikaisia toimijoita oli loppukäyttäjän haastattelu. VTT:n erityistutkijan haastattelulla etsittiin tietoa myös materiaalitehokkuuden tutkimuksesta ja jätetilastoinnin kehityksestä.

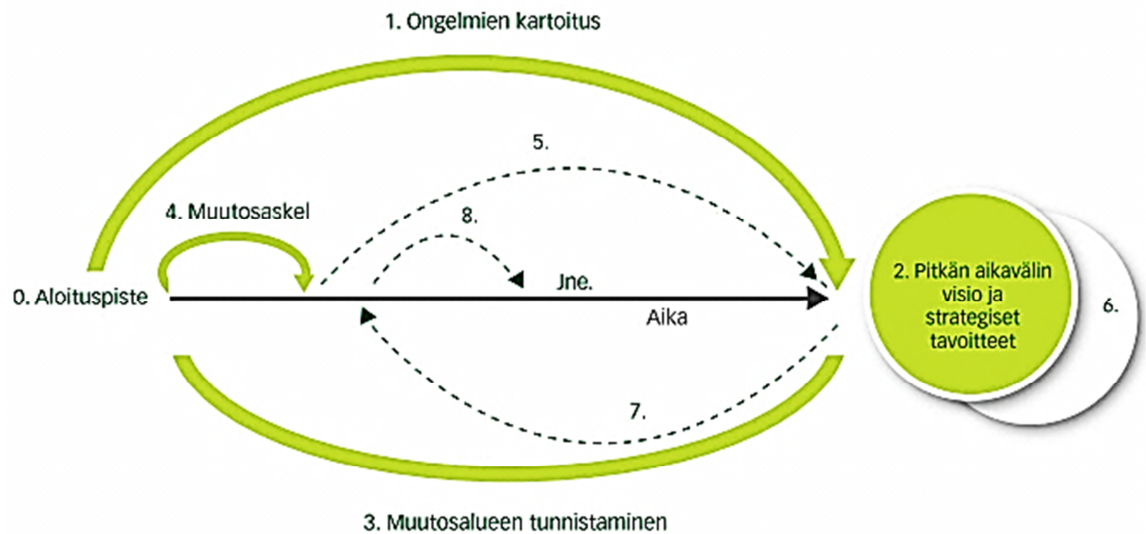
Ympäristömittauksien yhteydessä suoritettiin myös haastatteluita, joiden perusteella voitiin kiinnittää huomiota sellaisiin asioihin, jotka koettiin työmaalla tärkeiksi ja joihin työmaat tarvitsivat vastauksia. Työmaakäyntien yhteydessä tehtyjen kierrosten aikana tehtiin myös tulkintoja työmaan tilasta.

4.4 Tutkimustiedon jalkauttamisen ohjelmointi

Materiaalitehokkuuden parantaminen on pitkän aikavälin prosessi, johon tulee panostaa voimavaroja ja resursseja, kun halutaan toimintaan muutoksia. Muutoksien saavuttamiseksi täytyy koko organisaation olla valmis kehittämään toimintaansa. Tutkimustieto tulee muokata työntekijöille helposti sovellettavassa ja omaksuttavassa muodossa.

Nykytilan arvioinnin perusteella ideoidaan vaikuttamisohjelma. Tulosten perusteella tehdään toimintamalli, jonka mukaisesti toteutetaan vaikuttavat toimenpiteet. Toimenpiteiden vaikuttavuutta tulee seurata ja havainnoida, jotta todelliset tulokset saadaan selville. Tutkimusprosessia tulee jatkaa siten, että toimintamallia kehitetään entisestään. Jatkuvassa prosessin kehittämisessä pyritään siihen, että toimintamalli kehittyisi entisestään ja se juurtuisi kohteena olevan organisaation käyttöön. Tutkimuksen jälkihoito on erittäin tärkeää, kun tavoitellaan konkreettisia muutoksia. (Heikkinen & Jyrkämä 1999.)

Jotta voidaan tehdä muutos toimintaan, tulee selvittää alkutilanne. Kun ymmärretään alkutila, tulee seuraavaksi selvittää ongelmat, joita toiminnassa on havaittavissa. Näiden jälkeen tehdään pitkän aikavälin suunnitelma, visio ja strategiset tavoitteet, joiden pohjalta voidaan lähteä toteuttamaan ja ohjaamaan muutosta. Ensimmäinen tehtävä on tunnistaa keskeisimmät muutosalueet, jotta tehdään oikeita asioita. Muutos toteutetaan asteittain askel kerrallaan. Jokaisen muutosaskelen jälkeen tulee tehdä arvio muutoksen toimivuudesta ja kokonaistavoitteiden täyttämisestä. Tämän jälkeen voidaan aloittaa seuraavan muutosaskelen toteuttaminen. Näin jatkamalla saavutetaan asetetut tavoitteet ja päästään haluttuun muutokseen. (Mikkola 2009.)



Kuva 4.1 Muutosaskeleet toteutetaan askel kerrallaan, jotta muutoksista saadaan pysyviä ja toimivia toimintamalleja yrityksen kokonaisvaltaiseen käyttöön (Mikkola 2009).

Ympäristöhyödyt lisääntyvät entisestään, kun käytetään myös muita ympäristöä säästäviä toimenpiteitä rakentamisen kaikissa vaiheissa sekä rakennuksen käytön aikana. Jäte itsessään on kuitenkin jalostettua materiaalia, josta maksetaan sekä hankintaa poistovaiheessa. (Hänninen & Rahkila 2005.)

5 MATERIAALITEHOKKUUS RAKENNUSYRITYKSESSÄ

Materiaalitehokkuuden parantamiseen on hyvät mahdollisuudet, kun asioihin kiinnitetään entistä enemmän huomiota. Jätelain mukainen jätehierarkia määrittelee jätteen synnyn ehkäisyn tärkeimmäksi osa-alueeksi jätehuollossa. Tämä tarkoittaa sitä, että materiaalihukkaa ja -hävikkiä tulee vähentää. Hukan ja hävikin määrään voidaan vaikuttaa työmaan toimilla sekä laskenta- ja hankintaorganisaatioiden osaamisella. Hankinta- ja työmaaorganisaation yhteistyöllä on merkittävä rooli materiaalihankintojen ja -toimitusten onnistumisessa. Tavoitteena tulee olla, että oikea tavara on oikeassa paikassa oikeaan aikaan.

Materiaalitehokkuudella voidaan pienentää rakentamisen kustannuksia, mutta samalla voidaan vähentää luonnonvarojen käyttöä ja pienentää ympäristövaikutuksia. Tutkimuksen aikana uudistettu jätelaki sekä rakennusyrityksen käyttöönottama raportointijärjestelmä edesauttavat tutkimuksen tavoitteeksi asetettuja toiminnan muutoksia. Yrityksen toimintatapoihin ja toimintajärjestelmään tulee tehdä muutoksia, jotta asetetut tavoitteet voidaan toteuttaa.

Tutkimuksen tärkeimpiin tuloksiin lukeutuu ominaisjättemäärän selvittäminen yrityksen tämän hetkisessä tilanteessa. Ominaisjättemäärän perusteella laskettiin kustannusten säästömahdollisuuksia, jos lajittelun määrää kasvatetaan työmaalla. Tutkimuksen aikana selvitettiin myös rakennustyömaalla syntyvän hukan määrää, mutta hukan selvittäminen osoittautui hyvin haasteelliseksi. Tuotannon materiaalisat laskettiin Ratu-tietojen avulla, jonka perusteella voidaan arvioida myös hukan osuutta materiaalikustannuksista.

5.1 Yrityksen nykytila

5.1.1 Havaintoja yrityksen työmailta

Ympäristöarvojen nousu on nähtävissä myös yrityksen sisällä, koska osa yrityksen työntekijöistä oli oikeasti kiinnostuneita ympäristöasioiden hoitamisesta. Tämä tarkoittaa myös sitä, että yrityksellä on hyvät valmiudet hoitaa myös materiaalitehokkuutta parantavia toimenpiteitä yrityksen sisällä.

Työmaakerroksilla oli havaittavissa epätietoisuutta materiaalitehokkuutta kohtaan, joten tiedottamisella on suuri merkitys. Tiedottamisella voidaan kasvattaa työmaahenkilökunnan osaamista, jonka he pystyvät siirtämään rakentamiseen. Useilla työmailla oli

havaittavissa ennakkoluuloja ympäristöasioita kohtaan, mutta työmaakerrosten jälkeen suurin osa ymmärsi ympäristöasioiden tärkeyden.

Työmaat kaipasivat selkeitä ohjeita jätetuollon hoitamiseen ja valmiita työkaluja ympäristöturvallisuutta parantaviin toimenpiteisiin. Muutamalla työmaalla toimihenkilöt olivat miettineet jätteiden kuljetus- ja lajitteluratkaisuja rakennettavasta kohteesta suuremmalle jätelavalle. Heiltä tuli myös pyyntö, että tutkimuksessa selvitetäisiin mahdollisia jätteen siirto mahdollisuuksia. Tässä tutkimuksessa asiaa selvitettiin ja tulokseksi saatiin, että jätteiden vaakasiirtoihin pitäisi kehittää uusia menetelmiä.

Rakennustyön aikaisiin jätemääriin tulee kiinnittää tulevaisuudessa entistä enemmän huomiota, koska tämän hetkessä tilanteessa jätemäärät ovat suuria suhteessa aikaisempiin tutkimustuloksiin. Lajittelun huomioiminen työmaalla on myös tärkeässä roolissa, jotta jättekustannuksia pystytään alentamaan. Syntypaikkalajittelua oli havaittavissa joillakin työmailla ja näillä työmailla lajittelua tehtiin vain yksittäisillä työpisteillä.

Työmaan prosessit toimivat pääsääntöisesti hyvin, koska työmaakerrosten aikana ei havaittu prosessin tuottamia ongelmia. Varastoinnin ja logistiikan osalta työmailta löytyy varmasti kehitettävää, kun logistisia aikatauluja tai varastoinnin hävikkiä aletaan seurata. Hankintaorganisaatio toimii hyvin, mutta toimintatapamuutoksilla voidaan saavuttaa vielä parempia tuloksia.

Mittausten perusteella materiaalien käsittely oli työmailla keskimäärin hyvällä tasolla, mutta mahdollisuus parempaan käsittelyyn on olemassa. Materiaalien suojaus ja varastointi oli työmailla tehty pääasiassa hyvin. Jätteiden käsittelyn osalta työmailla oli paljonkin parannettavaa. Yleisesti jätelavat oli merkattu hyvin, mutta eri jätelajeille nimetyille jätelavoille oli viety paljon sinne kuulumatonta jätettä. Tämä tarkoittaa jätetuolltokustannusten nousua, koska jätelava joudutaan lajittelemaan jätetuolltoimijan toimesta tai jäte menee sekajätteeksi.

5.1.2 Materiaalilisä ja -hukka

Yleensä materiaalihukka on samansuuruinen kuin materiaalilisä eli 10–15 prosenttia, mutta materiaalihukka voi joillakin materiaaleilla olla 20–30 prosenttia materiaalimäärästä. Kuten materiaalilisien kustannuslaskelmasta (Taulukko 5.1) voidaan päätellä, hukan kustannusten vähentämispotentiaali on samaa suuruusluokkaa kuin materiaalilisien. Todennäköisesti nolla hukkaprosenttiin ei päästä kovin nopeasti, joten tällä hetkellä realistinen vähentämistavoite on 10–20 prosenttia materiaalihukasta. Hukan määrään vaikuttavia tekijöitä on useita, joten yksittäiseen tekijään vaikuttamalla ei välttämättä saavuteta vielä suuria muutoksia. Jotta saavutetaan pysyviä toimintatapoja, on muutoksia tehtävä pienin askelin. Hukan materiaalikustannukset ovat vain yksi osa hukan kokonaiskustannuksista, sillä materiaalien tuonnista työmaalle ja jätteenä viennistä työmaalta pois syntyy myös kustannuksia. Materiaalien siirtoihin ja varastointiin on myös sitoutunut kustannuksia.

Materiaalihukan määrittäminen yksittäisten tuotteiden kohdalla on vaikeaa, koska muuttuvia tekijöitä on useita. Materiaalilisät voidaan arvioida Ratu-kortistosta saatavilla tiedoilla, joiden perusteella taulukon 5.1 laskelma on tehty.

Taulukko 5.1 Taulukossa on laskettuna materiaalilisien suuntaa-antava osuus rakennuskustannuksista. Laskelmassa on käytetty karkeaa arviota kokonaisrakennuskustannuksista. Materiaalilisätiedot on haettu Ratu-kortistosta ja materiaalikustannukset Rakennusosien kustannuksia 2011 -käsikirjasta.

Asuinkerrostalo		
Rakennuskuutiot:	22400	r-m ³
Rakennuskustannukset:	1400	€/m ²
Materiaalilisäkustannukset	452 784,70	€
Rakennuskustannukset	7 051 800,00	€
Materiaalilisä ka. min%	3,67	%
Materiaalilisä ka. max%	13,00	%
Mat.kok.lisäkust. min.	17 858,79	€
Mat.kok.lisäkust. max	56 144,90	€
Materiaalilisäkust. osuus materiaalikustannuksista		
	min.	3,94 %
	max.	12,40 %
Materiaalilisäkust. osuus kaikista rakennuskustannuksista		
	min.	0,25 %
	max.	0,80 %

Laskelmassa on huomioitu suurimmat materiaalierät, joita työmaalle tuodaan, kuten betoni, betonirauditus, puutavarat, kipsilevyt, eristeet ja muuraustiilet. Ratu-kortistossa (Heikkilä 2000) materiaalilисille on määritelty vaihteluvälit, joiden alaraja on 2–5 prosenttia ja yläraja on 8–17 prosenttia. Yksittäisen materiaalilисän vaihteluväli on 5–14 prosenttia, riippuen materiaalista.

Taulukossa esiintyvät materiaalilисien minimi- ja maksimiarvot ovat keskiarvoja eri materiaalilисistä. Laskelma on tehty case-kohteeseen, jonka materiaalmäärät ovat olleet tiedossa. Kohteena oli betonielementtirakenteinen asuinkerrostalo. Kokonaismäärien perusteella voitiin laskea materiaalilисien määrät. Materiaalihinnat haettiin rakennusosien kustannuksia -kirjasta, joiden perusteella laskettiin materiaalilисien kustannukset. Laskelman tulokseksi saatiin, että materiaalilисät ovat 0,25–0,80 prosenttia rakentamisen kokonaiskustannuksista. Kokonaiskustannuksien arvioinnissa käytettiin kustannustasona 1400 euroa/brm².

5.1.3 Työmaan jätteet

Jätehuollon rooli materiaalitehokkuuden parantamisessa on merkittävä ja siihen tulee kiinnittää entistä enemmän huomiota. Yrityksen nykytilassa jätehuollon kehittämällä saavutetaan merkittäviä hyötyjä. Jätehuollon tulee toimia, niin lain velvoitteiden kuin yrityksen omien, tavoitteiden mukaisesti. Jätehuollolla on siten merkittävä rooli, kun tavoitellaan jätteiden hyötykäytön ja kierrätyksen maksimointia. Ensi sijaisena tavoitteena tulee olla jätteiden syntypaikkalajittelu, jolla päästään parhaimpaan tulokseen hyötykäytön ja kierrätyksen osalta. Syntypaikkalajittelu ei aina ole mahdollista tilan puutteen tai muiden olosuhteiden vuoksi. Jos työmailta toimitetaan eteenpäin lajittelematon-

ta jätettä, täytyy jätehuoltoyrityksillä olla toimivat menetelmät jätteiden lajitteluun. Jätehuollon toimintatavat määrittelevät mahdollisuudet päästä asetettuihin tavoitteisiin hyötykäytön ja kierrätyksen osalta.

Tutkimuksessa selvitetty jättemäärät jätejakeittain kuvaavat hyvin nykyisen tilanteen työmailla, koska suurin osa jätteistä toimitetaan tällä hetkellä rakennussekajätteenä työmailta pois. Tämä on työmaille kustannustehottomin tapa, kun tarkastellaan pelkästään jätteen kustannuksia.

Tutkimuksessa selvitettyjen rakennustyömaiden jättemäärät taulukoitiin (Taulukko 5.2) hanke- ja jätejakohtaisesti. Työmaiden jätteiden lajittelussa oli merkittäviä eroja, sillä joidenkin työmaiden kohdalla jätejakeita oli useita ja joillakin oli vain rakennussekajätettä.

Taulukko 5.2 Tutkimuksessa selvitettiin case-yrityksen työmaiden jättemäärät ja ominaisjättemäärät.

Kohde			Ominaisjättemäärä [kg/r-m ³]							
Rakennus- tyyppi	r-m ³	yht. [tn]	Puu	Rakennus- seka	Metalli	Betoni	Tiili	Muut	Painek. puu	Yhteensä
Hotelli	10430	91,1	0,3	8,4						8,7
Kerrostalo 1	5700	40,7	1,6	5,5				0,04		7,1
Kerrostalo 2	8510	62,8		7,4						7,4
Kerrostalo 3	6630	61,7	1,2	8,1						9,3
Kerrostalo 4	20530	143,7	2,6	4,4						7,0
Kerrostalo 5	21960	599,1	7,4	12,7		5,7	1,0	0,04	0,4	27,3
Kerrostalo 6	18362	313,1	4,0	9,8		2,5	0,7			17,1
Kerrostalo 7	14450	78,1	1,4	3,0	0,3			0,69		5,4
Kerrostalo 8	30600	484,5	5,7	6,9	2,2	1,1				15,8
Kerrostalo 9	22716	232,5	1,6	8,0	0,3	0,3		0,02		10,2
Kerrostalo 10	7259	77,1	1,7	8,9						10,6
Kerrostalo 11	10560	122,5	2,9	6,9		1,7		0,05		11,6
Koulu 1	20000	57,6		2,9						2,9
Koulu 2	16400	117,0	2,4	4,4				0,33		7,1
Kulttuurirak.	33335	129,0		3,9						3,9
Logistiikkarak.	12150	229,0		18,8						18,8
Palvelutalo	3920	40,8	2,6	7,2	0,5			0,05		10,4
Sairaala	5700	82,1		14,4						14,4
Tavaratalo 1	87000	1113,4		6,8	2,2			3,77		12,8
Tavaratalo 2	37700	31,8		0,8				0,01		0,8
Toimistorak.	115400	1175,0	1,8	2,6	0,5	5,2		0,03		10,2
Yhteensä:	509312	5282,4								10,4

Ominaisjättemäärien perusteella laskettiin työmaiden ominaisjättemäärien keskiarvo, keskihajonta, mediaani sekä ylä- ja alakvartiili. Työmaiden ominaisjättemäärän keskiarvo oli 10,43 kg/r-m³ ja mediaani oli 10,18 kg/r-m³, joka on ominaisjättemäärien keskimäinen arvo. Ominaislukujen perusteella voidaan päätellä, että ominaisjättemäärien ääriarvot ovat suuruusluokaltaan yhtä kaukana keskiarvosta. Keskihajonta oli 5,83 kg/r-m³, joka kuvaa havaintoarvojen poikkeamaa keskiarvosta. Yläkvartiili on tunnusluku,

joka jakaa ominaisjättemäärät kahteen osaan siten, että 75 prosenttia tuloksista on pienempiä kuin yläkvartiili ja 25 prosenttia suurempia. Alakvartaali jakaa ominaisjättemäärät myös kahteen osaan siten, että 25 prosenttia tuloksista on pienempiä ja 75 prosenttia suurempia. Tässä tutkimuksessa yläkvartiili oli $12,8 \text{ kg/r-m}^3$ ja alakvartiili $7,13 \text{ kg/r-m}^3$.

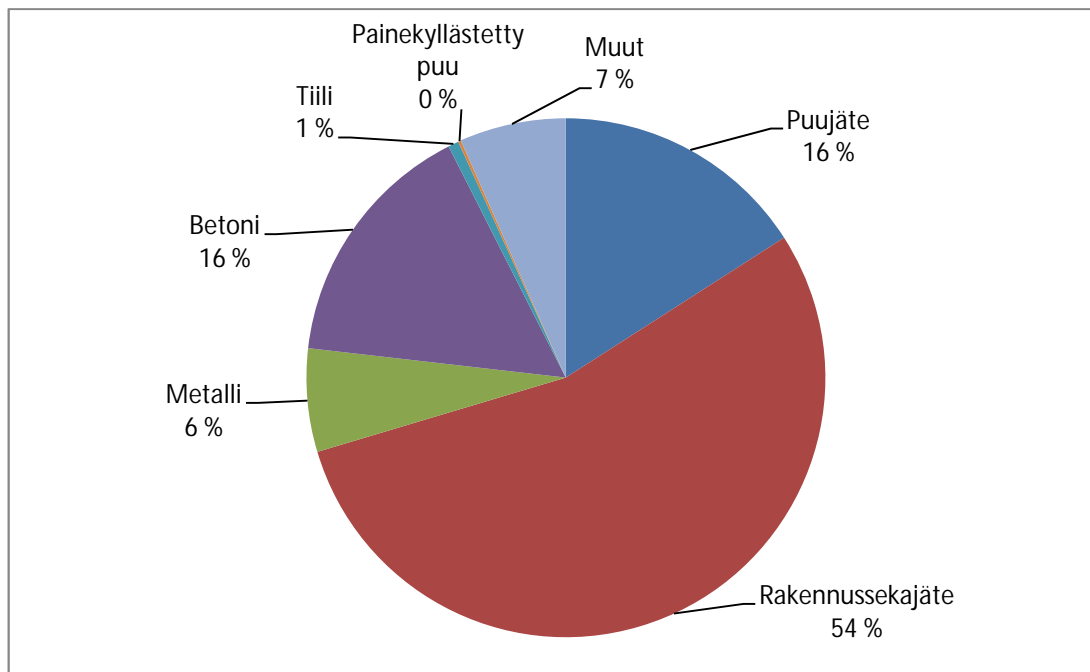
Kerrostalo-kohteissa ominaisjättemäärän keskiarvo oli $11,35 \text{ kg/r-m}^3$ ja mediaani puolestaan $9,77 \text{ kg/r-m}^3$. VTT:n tutkimukseen verrattaessa (Taulukko 5.3) työmaiden jättemäärän tuottoa kuvaava ominaisjättemäärän keskiarvo sijoittuu jättemäärän tuotoltaan suurimpaan luokkaan.

Taulukko 5.3. Tutkimuksen tuloksia ovat ominaisjättemäärän keskiarvo, keskihajonta, mediaani, ylä- ja alakvartiili. Tulosten mukaan keskiarvoltaan työmaiden jätteen tuotto on suurta, kun tuloksia verrataan VTT:n tekemään tutkimukseen.

Case-kohteet	Jäte kg/r-m^3	VTT:n tutkimus	Jättemäärä keskimääräinen kg/r-m^3
Keskiarvo:	10,43	Asuinkerrostalo	6-10
Keskihajonta:	5,83	Liike/julkinen rak.	5-8
Mediaani:	10,18	Teoll./varastorak.	4-6
Yläkvartiili:	12,80		
Alakvartiili:	7,13		

Tutkimuksen tuloksena saadut yrityksen työmaiden jättemäärien osuudet ovat kuvattuna taulukossa 5.4. Kokonaisjättemäärästä 54 prosenttia oli rakennussekajätettä. Loput 46 prosenttia jätteistä olivat lajiteltuina puu-, metalli-, betoni-, tiili- ja kyllästetyksi puujätteiksi sekä muihin jätteisiin. Muut jätteet koostuivat energia-, kipsilevy-, pahvi-, paperi-, tietosuojajätteistä sekä ongelmajätteistä, mitkä olivat seitsemän prosenttia kokonaisjättemäärästä. Betoni- ja puujätettä syntyi molempia 16 prosenttia sekä metallijätettä työmailla tuotettiin 6 prosenttia.

Taulukko 5.4 Tutkimuksen tuloksena saatiin yrityksen rakennustyömaiden jättemäärät jätejajeosuuksien mukaan.



Tutkimuksessa selvitettiin yksittäisten jätejakeiden osuudet rakennustyömaalta tuotettavasta jätteestä. Jätetilastoinnin pohjalta saatiin keskiarvot eri jätejakeille, joita työmailta on toimitettu eteenpäin. Rakennustyömailta toimitettava rakennussekajätteen jätejaeosuudet selvitettiin haastatteluin jätehuoltoyrityksestä. Tiedot ovat karkeita arvioita jätejakeiden osuuksista, koska tarkkaa tietoa osuuksista ei ole olemassa ja osuudet vaihtelevat työmaakohtaisesti. Tulokseksi saatiin keskimääräisiä arvoja rakennussekajätteen lajittelusta yksittäisiin jätejakeisiin.

Taulukko 5.5 Jätejaeosuudet ovat tutkimuksen tulos. Rakennussekajätteen jätejaeosuudet ovat jätehuoltotoimijan keskimääräisiä laitoksessa tehdyn lajittelun tuottamia osuuksia. Laitosmaisen lajittelun tuottamat jätejaeosuudet selvitettiin tutkimuksen aikana jätehuoltotoimijalta, joiden perusteella työmaiden rakennussekajäte jaettiin yksittäisiin jätejakeisiin.

Rakennustyömaan ominaisjättemäärät			
Rakennussekajäte	5,65	kg/r-m ³	54 %
Puujäte	1,65	kg/r-m ³	16 %
Metalli	0,67	kg/r-m ³	6 %
Betoni ja tiili	1,70	kg/r-m ³	16 %
Kipsilevy	0,02	kg/r-m ³	0 %
Muovit, pahvit, eristeet /ener	0,74	kg/r-m ³	7 %
Yhteensä:	10,43	kg/r-m ³	100 %

Rakennussekajäte lajiteltuna laitoksessa jätejakeisiin		
25 %	1,41	kg/r-m ³
5 %	0,28	kg/r-m ³
20 %	1,13	kg/r-m ³
15 %	0,85	kg/r-m ³
35 %	1,98	kg/r-m ³
100 %	5,65	kg/r-m ³

Edellisen taulukon tulokset laskettaessa yhteen saadaan rakennustyömaalta tuotetun rakennusjätteen määrä jaettuna yksittäisiin jätejakeisiin, jotka ovat laskettuna seuraavassa taulukossa (5.6). Tuloksena on keskimääräinen arvio yksittäisten jätejakeiden jättemäärästä.

Taulukko 5.6 Rakennustyömaalla tuotetaan jätteitä seuraavin jätejaeosuuksin. Osuuksiin on laskettu tämän tutkimuksen tulosten mukaiset jätejaeosuudet, joihin on lisätty rakennussekajätteen laitoslajittelun keskimääräiset jätejaeosuudet.

Rakennustyömaan jätteet jätejakeittain	Jättejakeen määrä	
Puujäte	3,06	kg/r-m ³ 29 %
Metalli	0,95	kg/r-m ³ 9 %
Betoni ja tiili	2,83	kg/r-m ³ 27 %
Kipsilevy	0,87	kg/r-m ³ 8 %
Muovit, pahvit, eristeet /energia	2,72	kg/r-m ³ 26 %
Yhteensä:	10,43	kg/r-m ³ 100 %

Laskettujen jättemäärien avulla voidaan jatkossa tarkastella rakennustyömaan jätekustannuksia. Tulos on kuitenkin vain suuntaa antava, sillä erilaisten työmaiden välillä vaihtelu voi olla suurta ja poiketa tämän tutkimuksen tuloksista merkittävästi.

5.1.4 Jätteiden kustannukset

Tulosten perusteella työmailla tulee kiinnittää entistä enemmän huomiota syntypaikkalajitteluun, koska lajittelulla voidaan tehdä isoja säästöjä jätekustannuksissa. Lajittelemattoman rakennusjätteen jätekustannukset vaihtelevat paikkakunta- ja toimijakohtaisesti 95–200 euroa tonnilta. Keskimäärin rakennusjätteen jätekustannus on 129,46 euroa tonnilta.

Syntypaikkalajitellun jätteen kustannukset ovat huomattavasti pienemmät. Lajittelemalla jätteet työmaalla saavutetaan myös muita etuja. Syntypaikkalajiteltu jäte on helpommin kierrätettävissä tai hyödynnettävissä. Syntypaikkalajittelulla saadaan suurempi osa jätteestä hyödynnettyä, koska lajittelu on tarkempaa. Laitoskäsittelyssä suurin osa lajitellusta jätteestä hyödynnetään energiana, tavoitteena olisi kuitenkin materiaalina hyödyntäminen lain ensisijaisuus periaatteen mukaisesti.

Lajitellun jätteen hintatiedot vaihtelevat paikkakunnittain ja toimijoittain. Puu- ja kipsijätteen kustannukset vaihtelevat paljon. Esimerkiksi puujätteen hinta vaihtelee usein puun puhtauden mukaan. Kun käsittelemätön puu otetaan veloituksesta vastaan, käsitellyn puujätteen jätekustannukset voivat nousta 60 euroon tonnilta. Kipsilevyjätteen hinnan vaihteluun vaikuttaa kipsilevyjen käsittely ja puhtaus, sillä kipsilevyjätteen hyödyntäminen edellyttää käsittelemätöntä ja puhdasta kipsilevyä. Kipsilevyjäte voidaan toimittaa myös suoraan kipsilevyteollisuudelle. Metallijätteestä usein jopa maksetaan romumetallin hinnan mukaan.

Tutkimuksessa tehtiin laskelma jätekustannuksista case-kohteessa, joka oli sama kuin materiaalilisten selvityksessä. Kohteessa arvioitiin syntyvän jätteitä tutkimuksessa selvitetyn ominaisjättemäärän verran, joka on yrityksen tämän hetkinen ominaisjättemäärien keskiarvo. Ominaisjättemäärä jaettiin jätejakeisiin aikaisemmin selvitettyjen osuuk-sien mukaisesti. Rakennuskohteeksi valittiin kerrostalo, jossa on 22400 r-m³. Rakennus-tilavuuden avulla laskettiin jätejakeiden kokonaismäärät.

Taulukko 5.7 Rakennustyömaiden rakennusjätteet jaetaan seuraaviin jätejakeisiin. Tu-loksena saadaan kerrostalotyömaalla tuotettavien jätejakeiden kokonaismäärät. Raken-nustyömaan jätekustannukset, kun rakennusjätteet ovat lajittelemattomana. Jätekustan-nusten tonnihinta on keskiarvo jätehuoltotoimijoiden hinnoista. Työmaan jätekustan-nukset on laskettu taulukon 5.6 tietojen avulla.

Asuinkerrostalo Rakennuskuutiot: 22400 r-m ³				Lajittelemat- tomana	Kustannukset	
Jätejakeet	Osuudet:	Ominaisjäte- määrä [kg/r-m ³]	Jätteiden määrät [kg]	Jätekustan- nus [€/tn]	Työmaan jätekust.	Jätekustan- nus [€/r-m ³]
Puu	29 %	3,06	68 600	129,46	8 881 €	0,40
Metalli	9 %	0,95	21 336	129,46	2 762 €	0,12
Betoni ja tiili	27 %	2,83	63 392	129,46	8 207 €	0,37
Kipsilevy	8 %	0,87	19 432	129,46	2 516 €	0,11
Muovit, pahvit, eristeet	26 %	2,72	60 872	129,46	7 880 €	0,35
Yhteensä:	100 %	10,43	233 632	129,46	30 246 €	1,35

Ensimmäinen laskelma on tehty oletuksella, että kaikki työmaalla tuotettu jäte vie­dään lajittelemattomana käsiteltäväksi. Tutkimuksessa selvitettyjen jätehintojen perus­teella saadaan työmaan jätekustannuksiksi 30 246 euroa ja rakennuskuutiota kohti kus­ tannuksia tulee 1,35 euroa.

Seuraava laskelma tehtiin oletuksella, että rakennustyömaan kaikki jätteet lajitel­ laan. Jättemäärä pysyy edelleen samana, mutta jätekustannukset alentuvat selkeästi. Las­ kelman mukaan työmaan jätekustannuksia kertyy 9404 euroa, joten säästöä syntyy 69 prosenttia lajittelemattomiin jätteisiin.

Taulukko 5.8 Rakennustyömaan jätekustannukset, kun kaikki jätteet ovat syntypaikkala­ jiteltu. Kustannukset pitävät sisällään vain työmaalta toimitetut jätteen käsittelykustan­ nukset jätehuoltotoimijan toimesta. Täysin lajittelemattoman ja lajitellun työmaan jäte­ huollon kustannusero jätekustannusten osalta on 69 prosenttia.

Lajiteltuna kaikki jätejakeet	Kustannukset			Säästö
Jätejakeet	Jätekustan­ nus [€/tn]	Työmaan jätekust.	Jätekustan­ nus [€/r-m ³]	
Puu	36,70	2 518 €	0,11	
Metalli	-100,00	-2 134 €	-0,10	
Betoni ja tiili	38,40	2 434 €	0,11	
Kipsilevy	57,00	1 108 €	0,05	
Muovit, pahvit, eristeet	90,00	5 478 €	0,24	
Yhteensä:	40,25	9 404 €	0,42	69 %

Viimeisenä laskelmana on jätteiden osittaisen lajittelun kustannusvaihtelu. Tässä on lajiteltu puu, metalli sekä betoni ja tiili. Loput jätteet toimitetaan eteenpäin rakennus­ sekajätteenä työmaalta. Tällä tavoin lajiteltuna kustannuksia kertyy jätteiden osalta 13 214 euroa. Lajittelemattomiin jätteisiin verrattuna säästöä syntyy 56 prosenttia. Jos kuiten­ kin lajiteltaisiin kaikki jätteet, saavutettaisiin vielä 29 prosentin säästö.

Taulukko 5.9 Rakennustyömaan jätekustannukset, kun jätteistä on lajiteltu puu, metalli sekä betoni ja tiili. Loput jätteet toimitetaan työmaalta rakennussekajätteenä. Täysin lajittelemattomiin jätteisiin verrattaessa osittaisella lajittelulla saavutetaan 56 prosen­ tin säästö jätekustannuksissa. Verrattaessa kustannuksia tilanteeseen, jossa kaikki jät­ teet lajitellaan, niin säästöpotentiaalia olisi vielä 29 prosenttia jätekustannuksissa

Lajiteltu: puu, metalli, betoni ja tiili	Kustannukset			Säästö lajittele­ mat.	Ero lajiteltui­ hin
Jätejakeet	Jätekustan­ nus [€/tn]	Työmaan jätekust.	Jätekustan­ nus [€/r-m ³]		
Puu	36,70	2 518 €	0,11		
Metalli	-100,00	-2 134 €	-0,10		
Betoni ja tiili	38,40	2 434 €	0,11		
Kipsilevy	129,46	2 516 €	0,11		
Muovit, pahvit, eristeet	129,46	7 880 €	0,35		
Yhteensä:		13 214 €	0,59	56 %	29 %

Laskelma ei ota huomioon jätteiden lajittelusta johtuvaa jäteastioiden ja kuljetuskustannusten muutosta, sillä jäteastioiden määrä kasvaa. Määrällisesti jätettä viedään työmaalta edelleen sama määrä, mutta se on jaettuna useampaan astiaan. Jäteastioiden osuus ei ole merkittävä, mutta kuljetusten osuus voi kasvaa merkittäväksi. Kuljetuserat ovat riippuvaisia kuljetusjärjestelmän ominaisuuksista, jos yhteen autoon voidaan kuormata useita lajiteltuja jättejakeita. Kuljetuskustannusten arvioiminen on hankalaa, koska yrityksen toiminta on maanlaajuista, jolloin paikkakuntaakohtaiset erot ja työmaiden sijoittuminen yhteiskuntarakenteeseen vaikuttaa merkittävästi kustannusosuuksiin. Myös lajitellun vaatima aika täytyy huomioida kustannuksia laskettaessa.

Yksi merkittävä kustannuksia lisäävä tekijä on kosteudesta aiheutuva lisäpaino. Keväisin ja syksyisin jätelavoilla oleva jäte kastuu, jolloin kuormaan imeytyy kosteutta ja lavalle jää vettä. Talvella ongelmaksi muodostuu lumi. Varsinkin Pohjois-Suomessa lunta voi tulla paljon, joten kuormat tulisi suojata siten, että lunta ei tarvitsisi kuljettaa. Jätelavojen suojausvaihtoehtoja ovat suojapeitteet ja metalliset kannet.

5.1.5 Hyötykäyttö ja kierrätys

Tutkimuksessa saatiin selville kahden jätehuoltotoimijan tilastot jätteiden käsittelystä. Laskelmaan otettiin jäteyritysten käsittelemät jättemäärät case-yrityksen työmailta vuodelta 2011. Suurin osa laitosmaisessa lajittelussa olevasta rakennussekajätteestä päätyy hyötykäyttöön energiana. Kierrätykseen päätyvä jäte on usein syntypaikkalajiteltua, jolloin jättejakeen puhtaudesta voidaan olla varmoja.

Taulukko 5.10 *Kaksi jätehuoltotoimijaa tilastoi hyötykäyttöön ja kierrätykseen menneet jätteet vuodelta 2011. Yhteensä 78 prosenttia näiden kahden jätehuoltotoimijan jätteistä vietiin hyötykäyttöön tai kierrätykseen.*

	Yritys A	Yritys B	Yhteensä [tn]:
Jätteiden kokonaismäärä	2526,5	844,4	3370,9
Hyötykäyttöön [tn]	517,7	356,6	874,4
Osuudet	20,5 %	42,2 %	25,9 %
Kierrätykseen [tn]	1765,4	0,0	1765,4
Osuudet	69,9 %	0,0 %	52,4 %
Yhteensä [tn]:	2283,1	356,6	2639,8
Osuudet	90,4 %	42,2 %	78,3 %
Loppusijoitukseen [tn]	243,4	487,7	731,1
Osuudet	9,6 %	57,8 %	21,7 %

Tilastointi ei anna kokonaiskuvaa yrityksen tämän hetkisestä tilanteesta. Tilastoinnista puuttuvat usean pienen jätehuoltotoimijan tiedot, joiden jätteenkäsittelystä ei tutkimuksen aikana tullut selvyttä. Hyötykäytön ja kierrätyksen osuudet ovat riippuvaisia myös paikkakuntaakohtaisista jätteen käsittelyn olosuhteista ja mahdollisuuksista.

5.2 Materiaalitehokkuuden parantamiskeinot

Materiaalitehokkuuden toimenpiteet koostuvat useista tekijöistä. Näin ollen materiaalitehokkuuden parantaminen yrityksessä tulee olemaan haasteellinen ja pitkä prosessi. Materiaalitehokkuus täytyy nostaa jokaisessa rakennushankkeessa jo hankkeen alusta alkaen esille, jotta materiaalitehokkuuteen voidaan vaikuttaa. Rakennuksen suunnittelusta lähtien tulee materiaalitehokkuus huomioida, jotta rakentamisvaiheessa olisi mahdollista saavuttaa selkeitä materiaalitehokkuuden tuomia hyötyjä. Yleisesti yrityksen tulee selvittää materiaalien käytön tehostamismahdollisuudet ja materiaalien hukkavirratt on laitettava kuriin. Yrityksen sisällä ja sisäisesti on varmistuttava toimivasta yhteistyöstä, sitoutumisesta ja tuesta yhteisiin päämääriin.

Materiaalitehokkuuden parantamiskeinot on jaettu kolmeen kategoriaan suunnitteluun, hankintoihin ja tuotantoon. Suunnitteluvaiheessa tärkeimmässä roolissa ovat rakenteellinen ja tekninen toiminta, jotta saavutetaan rakennukselle suunniteltu elinkaari. Suunnitteluvaiheessa tulee huomioida myös tuotantovaiheen rakennettavuus. Hankinnat on tehtävä yhteistyössä laskenta- ja työmaaorganisaatioiden kanssa. Hankinnat on suunniteltava, ajoitettava ja toimitettava huolellisesti, jotta työmaalla voidaan keskittyä rakentamiseen. Tuotantovaiheessa on huolehdittava hankkeen organisoinnista, jotta suunniteltu rakennus valmistuu vastuiden ja velvoitteiden mukaisesti. Työmaalla tuotannon suunnittelu on tehtävä tarkasti ja materiaalivirratt on kartoitettava huolellisesti.



Kuva 5.1 Materiaalitehokkuuden parantamiskeinojen päänäkökohdat on jaettu kolmeen osaan: suunnitteluun, hankintoihin ja tuotantoon. Jokaisessa vaiheessa on omat merkitystekijänsä, mutta yhdistävänä tekijänä on hyvä materiaalien hallinta.

Materiaalitehokkuuden seurantaan varten laaditaan mittarit ja niille asetetaan tavoitteet. Ensimmäinen mittari on ominaisjätemäärä, jonka seurannan toteuttaminen pitäisi olla yritykselle kohtuullisen helppoa. Tutkimusryhmän antama suositus ominaisjätemäärän vähennystavoitteeksi on 10 prosenttia vuosittain. Tavoite tulee tarkistaa alku vaiheessa vuosittain, jotta tavoite pysyy realistisena työmaille. Mittareilla voidaan hahmottaa toimenpiteiden vaikuttavuutta, kun mittauksien tulokset suhteutetaan kustannuksiin, tulokseen, rakennustilavuuteen, pinta-alaan tai muuhun vastaavaan hankkeen kokoa kuvaavaan tunnuslukuun.

5.2.1 Suunnitteluvaihe

Ennakoiva ja materiaalitehokkuuden huomioiva suunnittelu on järkevän materiaalien käytön avaintekijä. Huolellisella suunnittelulla ja virheiden välttämällä ehkäistään turhan jätteen syntyä koko rakennuksen elinkaaren aikana. Tavoitteena on rakennuksen käyttökelpoisuuden varmistaminen mahdollisimman pitkään mahdollisimman vähillä korjaus- ja muutostöillä.

Rakennuksen suunnittelunohjauksella voidaan vaikuttaa suunnitteluratkaisuihin. Rakennusta suunniteltaessa tulee valmiille rakennukselle asettaa seuraavat tavoitteet: tilojen tulee olla terveelliset, turvalliset, siistit, esteettömät, muuntojoustavat ja kestävät.

Rakennuksen suunnittelussa on kiinnitettävä huomiota seuraaviin asioihin materiaalitehokkuuden parantamiseksi:

- Suunnittelussa tulisi käyttää moduuli- ja standardimitoitusta, jotta rakentamisessa voidaan käyttää vakiokokoisia rakennusmateriaaleja.
- Materiaalivalinnoissa huomioon otettavia asioita ovat käyttöikä, huollettavuus, korjattavuus, muuntojoustavuus, ympäristöystävällisyys ja materiaalin päästöt.
- Materiaalien elinkaaren vaikuttavia asioita ovat viihtyisyys, kulutuksen kesto, siivottavuus, oikeat siivoustavat sekä hoito-ohjeet.
- Suunnittelussa huomioidaan materiaalien yhteensopivuus.
- Huomioitavia seikkoja muunneltavassa rakennuksessa ovat: väliseinät, sähkö- ja vesijohdot, lämpöjohdot, ilmanvaihto sekä valaistus.
- Rakenteet suunnitellaan sellaisiksi, että rakennuksen runko saadaan nopeasti vesikattovaiheeseen.
- Elementit ja moduulit vähentävät jätteiden määrää työmaalla.
- Suunnittelumuutoksista syntyy helposti virheitä, joita usein poistetaan purkamalla ja tekemällä uudestaan joko rakentamisen tai käytön aikana.
- Suunnitteluvirheet mahdollisesti lyhentävät rakennuksen elinkaarta.
- Huoltokirjan laatiminen rakennuksen käyttöä varten.

Suunnitteluvaihetta arvioitaessa ja kehitettäessä on huomioitava materiaalitehokkuuden kannalta seuraavia asioita:

- Suunnitteluvirheiden raportoiminen.
- Suunnitteluajataulun toteutuminen ja kiireellisyys.
- Rakenteiden ja järjestelmien käyttöikäohjeiden laatiminen.

Kokonaisuudessaan suunnitteluvaiheessa voidaan tehdä materiaalitehokkuuden parantamiseksi useita asioita, jotka tuottavat tuloksia tuotantovaiheessa sekä rakennuksen elinkaaren aikana.

5.2.2 Hankinta

Hankintaa varten on kehitettävä organisaation laajuiset ja selkeät toimintatavat. Hankintaosaston on käytettävä yhtenevää raportointijärjestelmää, jotta hankinnan tunnuslukujen selvittäminen helpottuu. Materiaalihankinnoissa on kehitettävä systemaattista tilauskäyttäytymistä. Hankintatoiminnassa on korostettava yhteistyötä, sitoutumista ja tukea organisaation sisältä.

Hankintojen suunnittelussa on huomioitava seuraavat asiat:

- Hankkeen kokonaisuuden kannalta on välttämätöntä, että hankinnat suunnitellaan hankinta-, laskenta- ja työmaahenkilöstön yhteistyönä.
- Suunnitellaan työmaan materiaalitoimitusten toimitusohjaus ja ajoitus.

Hankintoja suoritettaessa ja sopimuksia tehtäessä on kiinnitettävä erityistä huomiota materiaalitehokkuuden näkökulmasta seuraaviin asioihin:

- Tilataan työmaalle oikea määrä materiaaleja.
- Hankitaan määrämittäisiä materiaaleja, esivalmistettuja tuotteita ja valmisosia.
- Optimoidaan pakkaustapa tuotteen, olosuhteiden, toimitustavan, varastoinnin ja siirtomenetelmän mukaan.
- Suositellaan uudelleen käytettäviä ja kierrätysmateriaalista valmistettuja pakkauksia.
- Sovitaan pelisäännöistä kaikissa urakka- ja hankintasopimuksissa.
- Käytetään tarpeen mukaan materiaalien setitystä.

Hankintaprosessia on kehitettävä seuraavin tavoin:

- Hankinnat raportoidaan hankintajärjestelmään.
- Hankintojen tunnuslukujen mittaaminen ja seuraaminen, mitkä ovat volyymit, laatu, hintakehitys ja toimitusvarmuus.

Toimivan hankintajärjestelmän avulla voidaan hankintoja seurata. Hankintaprosessin kehittämisen kannalta on tärkeää toiminnan seuranta, jotta voidaan keskittyä kehittämään seurannan avulla löydettyjä hankinnan ongelmakohtia.

5.2.3 Työmaa

Tuotannosuunnittelussa valitaan työmaalle sopivat toimintatavat, kuten työmenetelmät, materiaalikäytön suunnittelu, työntekijöiden ohjaus, pakkauskoon valinta ja materiaalien uudelleenkäyttö. Työmaan logistiikan suunnittelulla tuotetaan selkeitä etuja toimitusketjussa. Työmaan materiaalivirtojen kartoittamisella voidaan paremmin hallita myös materiaalitehokkuustoimenpiteitä. Tuotannon suunnittelussa huomioitavia ja toteutettavia materiaalitehokkuus toimenpiteitä ovat:

- Materiaalihallinta sisällytetään osaksi työnopastusta.
- Tehtäväsuunnittelussa huomioidaan materiaalitehokkuus
- Työmaalla materiaalien vastaanotto suunnitellaan etukäteen (kuorman purku, siirto, suojaus ja varastointi).
- Työmaalle nimitetään henkilö, joka hoitaa työmaan materiaalihuollon, joka toimii aloitteen tekijänä, rohkaisee aloitteellisuuteen, koordinoi toimia sekä selvittää työmaalla syntyvät jätemäärät ja pitää niistä kirjaa suunnittelua varten.
- Selvitetään mahdollisuudet materiaalien uudelleenkäyttöön ja kierrätykseen
- Rakennustyömaa nähdään ensisijaisesti asennuspaikkana eikä varastona.
- Jätehuoltosuunnitelma tehdään työmaakohtaisesti.

Hankkeen tuotantovaiheessa työntekijöille toteutetaan erilaisia tapahtumia, koulutuksia tai tiedotuksia, joilla voidaan kasvattaa työntekijöiden osaamista. Näitä voivat olla esimerkiksi kokoukset, palaverit, teemaviikot, tiedottaminen, motivointi, palkitseminen, johdon sitoutumisen näyttäminen ja henkilöstön osallistuminen auditointeihin. Tavoitteiden asettamisessa tulee huomioida yksittäisen työmaan erityistekijät, kuten hankekoko, rakentamistapa, tuotannon edellytykset ja asemakaavan haasteet. Työmailla tulisi kiinnittää huomiota inhimillisen potentiaalin tuhmaamiseen, kuten ajan, ideoiden, taitojen, parannusten ja oppimismahdollisuuksien hukkaamiseen, kun työntekijöitä ei sitouteta tai kuunnella. Työmaalla on kiinnitettävä materiaalitehokkuuden näkökulmasta huomiota seuraaviin asioihin:

- Työmaa pidetään siistinä ja järjestyksessä.
- Vähennetään virheellistä käsittelyä, kuten turhaa leikkaamista ja paloittelua.
- Työmaalla vähennetään tarpeetonta varastointia, kuljettelua ja siirtelyä.
- Rakennustyömaan varastoinnissa huomioidaan suojaus, välivarastointi, siirrot, siirtokalusto ja vartiointi.
- Sääsuojuuksella suojataan materiaalit sateelta, lumelta, jäältä, maakosteudelta, tuulelta, pakkaselta ja liialta auringonvalolta.
- Rakennusjätteet lajitellaan jätelain (646/2011) ja jäteasetuksen (179/2012) mukaisesti jättejakeisiin.
- Hukkapalojen uudelleen käyttö.
- Ylijäämätuotteiden, pakkausten ja kuormalavojen huolellinen varastointi ja uudelleen käyttö tai palautus.

Työmaan materiaalitehokkuuden arviointi toteutetaan mittauksilla. Työmaatoimintaa arvioitaessa on kiinnitettävä huomiota mittauksilla saatuihin tuloksiin. Mittaustulok-

sien avulla voidaan selvittää yrityksen nykyinen kehityksen suunta. Työmaalla on hyvä arvioida seuraavia materiaalitehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä:

- Materiaalien hankinta-, käyttö- sekä jätemäärät
- Materiaalivirtojen toimitustäsmällisyys
- Kierrätys- ja lajittelutavoitteen toteutuminen
- Materiaalihävikin määrä
- Haitallisten materiaalien tunnistaminen
- Aliurakoitsijoiden ympäristökriteerit sekä
- Rakennusaikaiselle kosteuden suojaukselle ja pölyntorjunnalle asetettavat vaatimukset.

Työmaatoiminnan kehittämässä on mittaamisella merkityksensä, koska mittauksen avulla voidaan havaita kehitettävät kohteet ja kehityksen tuomat hyödyt. Mittaamisella myös luodaan mittauskohteiden ja indikaattorien normistoa ympäristösuorituskyvyn mittaamiseen. Työmaatoiminnan kehittämisen avuksi on olemassa erilaisia menetelmiä. Materiaalitehokkuuden parantamiseksi otetaan työmailla käyttöön 5S-menetelmä. 5S-menetelmässä käydään vaiheittain läpi materiaalien ja työkoneiden säilytys, puhdistus, tarkastus sekä menetelmän ylläpito.

Materiaalitehokkuuden mittaaminen tehdään sekä toimintojen että koko yrityksen tasolla. Mittaamisen tavoitteena on toimintojen mittaustuloksien yhdistäminen yritystasoa kuvaaviksi tunnusluvuiksi. Mittareiden tulee olla helposti ymmärrettäviä, jotta niitä voidaan hyödyntää johtamisessa ja ohjaamisessa. Arvioitavat kohteet perustuvat operatiivisten tekijöiden perusteella määriteltyihin tekijöihin ja näkökohtiin. Mittaaminen tulee kohdistua seikkoihin, joita organisaatio voi kontrolloida, ja vastaavasti olla erillään tekijöistä, jotka voivat vääristää tulosta. Mittareiden tulisi kuvastaa yrityksen kykyä hyödyntää tehokkaasti sen keskeiset tuotantoresurssit.

5.3 Materiaalitehokkuustoimien käyttöönotto

Materiaalitehokkuuden parantaminen vaatii työmaahenkilöstöltä sitoutumista ja perehtymistä sekä asenne- ja kulttuurimuutoksen, jotta asetettuihin tavoitteisiin voidaan päästä. Jokainen työmaa on oma projektinsa, joka vaatii perehtymistä työmaan olosuhteisiin ja toiminta mahdollisuuksiin. Materiaalien ja jätteiden käsittelyn osalta voidaan antaa ohjeita ja neuvoja, joiden perusteella työmaahenkilöstö voi tehdä työmaakohtaiset ratkaisut ja valinnat.

GRI-raportointi velvoittaa tekemään vuosittaiset selvitykset yrityksen itselleen asettamista toimista. Yksi raportoitavista kohdista on jätemäärät, josta tulee selvittää jätteiden kokonaismäärät, jätteiden loppusijoitus sekä jätteiden käsittelymenetelmät. Vuoden 2011 osalta arvio perustui arvioon jätemäärästä, mutta vuoden 2012 osalta pyritään todellisiin jätemääriin. Todellisten jätemäärien selvittäminen vaatii jätetilastoinnin ja -seurannan kehittämistä yrityksessä.

Materiaalitehokkuuden parantamismahdollisuuksia tulee tiedottamalla saattaa työmaiden tietoisuuteen. Yrityksen sisäiset tiedotuskanavat sekä toimintajärjestelmä ovat

hyviä kanavia tutkimustiedon jalkauttamiseksi. Työmailla on suuri rooli tiedon jalkauttamisessa työtekijöiden joukkoon. Näin ollen työmaan toimihenkilöiden täytyy kouluttaa, ohjata ja tiedottaa työmaan henkilöstöä ja aliurakoitsijoita työmaan toimintatavoista ja -menetelmistä. Työmaaolosuhteissa ohjeiden ja opastimien tulee olla toiminnallisesti, visuaalisesti ja tiedollisesti oikeanlaisia, jotta ne olisivat hyödyllisiä työmaalla. Niiden käyttö pitäisi olla yksinkertaista ja niiden tulee kestää työmaaolosuhteet.

Tutkimustulosten perusteella tehdään käytännön kokeiluita. Näin toimimalla löydetään hyvä perusratkaisu toimintamallille, jolloin on mahdollista saavuttaa suurempia hyötyjä. Prosessissa vuorottelevat suunnittelu, toiminta ja toiminnan arviointi. Jatkuvan parantamisen periaatteen mukaisesti toimintaa tulisi kehittää itsenäisesti tutkimuksen päätyttyä. Jatkuvalle parantamiselle tulee asettaa sopivat tavoitteet, jotka ovat myös mahdollista saavuttaa.

Tulevaisuudessa yrityksessä tehtävistä materiaalitehokkuustoimenpiteistä tärkeimmät kohdistuvat materiaalihukan ja -hävikin pienentämiseen. Kun jätemäärien seuranta-järjestelmä on toimiva, tulee materiaalinkäytön tehokkuuden seurantaan kiinnittää entistä enemmän huomiota. Jättemäärien seurannalla voidaan mitata myös materiaalihukan ja -hävikin kehitystä.

Seuraava vaihe on mahdollisimman suuri lajittelun määrä. Tämä vaatii tietysti suunnittelua työmaakohtaisesti jäteastioiden määrästä, koosta ja tyhjennystarpeesta, jotka tulee esittää työmaan jätehuoltosuunnitelmassa. Lajittelun parantamista varten täytyy yrityksen parantaa tiedottamista ja opastusta työmailla. Henkilökunnan kouluttamista täytyy kehittää yhdessä jätehuoltotoimijan kanssa, jolloin jäteastioihin laitetaan sellaista jätettä, jota jätehuoltotoimija niissä hyväksyy. Työmaalla jäteastioiden tulee täyttää työmaan vaatimukset ja olosuhteet. Jäteastioiden täytyy olla myös helppokäyttöisiä, jotta jätteet myös toimitetaan niihin kuuluviin astioihin. Jäteastioiden merkitseminen on yksi tärkeimmistä toimista, jotta lajittelu onnistuu. Yleensä työmailla merkinnät eivät ole toimivia, joten astioiden merkitseminen vaatii työmaan toimihenkilöiltä entistä enemmän huomiota. Työmaalla tulee suorittaa myös valvontaa, jotta voidaan varmistua, että työmaalla toimitaan sovitulla tavalla. Työmaaorganisaatioille tulee kehittää laskentamalleja, joiden perusteella voidaan määrittää kustannustehokkain tapa jätteiden lajittelussa.

Jätehuoltotoimijoiden kilpailuttaminen koko maanlaajuisesti on yksi tärkeimmistä kustannustehokkuutta tuottavista toimista. Jätehuoltosopimukseen on sisällytettävä vaatimukset raportoinnista. Uuden jätelain myötä tämän pitäisi olla kaikilla jätehuoltotoimijoilla tiedossa ja heillä tulee olla tiedot kaikista heille toimitetuista jätteistä ja siitä mitä he ovat jätteille tehneet. Kilpailuttamisen myötä yrityksen kaikkien työmaiden jätteiden hyötykäytön ja kierrätyksen osuudet saadaan selville. Jäteraportointi tulee yhdistää yrityksen muuhun raportointijärjestelmään, jotta yrityksen on mahdollista tuottaa tarvittavat raportit sekä lakia että yhteiskuntavastuuraportointia varten.

Työmaan logistiikan ja jätehuollon kehittämisen merkittävä rooli pitkän tähtäimen kannalta, koska toiminnan pitkäjänteinen kehittäminen tuottaa selkeitä kilpailuetuja tulevaisuudessa. Myös työmaan logistisia haasteita varten tulee kilpailuttaa logistiikka-

toimijat. Työmaakohtaisesti voidaan arvioida täsmätoimituksien ja setitysten tarpeellisuudet ja mahdollisuudet.

Hankintatoimen merkitystä kuvastaa se, että hankintakustannukset ovat usein 60–70 prosenttia yrityksen liikevaihdosta. Hankintatoimella on täten merkittävä rooli yrityksen strategisena osa-alueena ja samalla se integroituu myös muihin yrityksen osa-alueisiin, kuten henkilöstön kehittämiseen, riskienhallintaan, tuottavuuteen, ympäristö- ja energiasäästöön sekä eettisiin ohjeisiin. Hankintatoimen osaamisen kasvattamisella voidaan vähentää toiminnan epäluotettavuutta. Hankintojen onnistuminen on yhteistyön tulosta, joten yhteistyötä tulee kasvattaa hankintoihin vaikuttavien toimijoiden välillä, kuten työmaahenkilöstö, määrälaskenta- ja hankintaosaston. Yrityksessä tehtyjen haastattelujen ja workshoppien perusteella voi myös todeta, että hankinta-, laskenta- ja työmaaorganisaatioiden välille täytyisi saada pysyvä keskusteluyhteys.

Alkuvaiheessa on kiinnitettävä huomiota sopimusten laadun parantamiseen, maanlaajuisten synergian hyödyntämiseen, hankinnan ja laskennan yhteistyön kasvattamiseen sekä yksittäisten projektien toimintamallien kehittämiseen. Pitkällä tähtäimellä tulee toimittajasuhteita syventää ja kannustaa toimittajia toiminnan kehittämiseen.

Vaikuttamisohjelma tulee rakentaa yrityksen sisältä päin, jotta sille saadaan painoarvoa ja selkeä tuki. Vaikuttamisohjelman toteutusta täytyy myös valvoa ja seurata, jotta ohjelman todelliset tulokset saadaan selville. Aloitettua tutkimusprosessia tulee jatkaa, jotta uudet toimintamallit löytävät yrityksessä oikean paikkansa. Kehitystyön tulee olla myös jatkuvaa, jolloin toiminnasta saadaan itse itseään kehittävää. Kehitys ja tutkimustoiminnan tuloksien tuominen yritykseen vaatii myös jälkihoitoa, joten sitä ei voi unohtaa. Pitkällä aikavälillä yrityksen tulisi miettiä mahdollisuutta nostaa materiaalitehokkuus yhdeksi yrityksen kannustimeksi. Näin ympäristöarvot ja materiaalitehokkuus saisivat entistä enemmän painoarvoa yrityksen sisällä.

Ympäristöarvojen korostaminen nykyaikana kasvattaa myös yrityksen imagoa ja tätä voidaan hyödyntää myös markkinoinnissa. Puhtaus ja ympäristöystävällisyys ovat nykyihmiselle tärkeitä arvoja, jotka vaikuttavat merkittävästi myös päätöksentekoon. Yrityksen sisällä toimintatapojen tulisi muuttua ympäristömyönteisempään suuntaan, joka olisi samalla sijoitus tulevaisuuteen, koska ympäristöasioita ei tarvitse enää silloin opetella, kun niitä todella vaaditaan.

6 POHDINTA

Tutkimuksen alkaessa materiaalitehokkuus terminä ei ollut kovinkaan tuttu ja aiheen laajuudesta ei ollut käsitystä. Tutkimuksen edetessä materiaalitehokkuus osoittautui sijoittuvan rakentamisen jokaiseen vaiheeseen. Materiaalitehokkuutta tulisi käsitellä rakennushankkeen alusta lähtien, jotta olisi mahdollista saavuttaa kaikki materiaalitehokkuustoimenpiteet. Suunnitelmallisuus on tehokkuuden perusta. Kun asiat on suunniteltu hyvin, voidaan odottaa myös hyviä tuloksia.

Tutkimustyön tarkoituksena oli synnyttää materiaalitehokkuudella selkeitä kustannussäästöjä. Tavoitteen saavuttamiseksi perehdyttiin kirjallisuuteen ja selvitettiin yrityksen materiaalitehokkuuden nykytilaa, jonka jälkeen etsittiin materiaalitehokkuuden parantamiskeinoja ja -mahdollisuuksia.

Yrityksessä materiaalitehokkuutta ei ole juurikaan huomioitu, ainakaan tiedostetusti. Yleisesti perusasiat ovat kunnossa, mutta aina löytyy parannettavaa. Yrityksen työmaat tuottivat keskimäärin korkeita jätemääriä, kun määriä verrataan VTT:n tutkimukseen. VTT:n tutkimuksissa oli havaittu, että jätemäärät olivat pienentyneet 1990-luvun aikana merkittävästi, joten samanlaisen kehityksen olisi odottanut jatkuvan myös 2000-luvulla. Näin ei ole kuitenkaan tapahtunut tämän yrityksen kohdalla.

Tutkimustulokset osoittavat, että työmailla on mahdollista saavuttaa merkittäviä kustannussäästöjä materiaalitehokkuustoimenpiteillä. Jos puhutaan kokonaiskustannusten osalta jo prosenttien suuruusluokasta, niin tällöin voi jo puhua merkittävistä kustannussäästöistä.

Yrityksen kannattaa parantaa materiaalitehokkuuttaan systemaattisesti, jotta muutoksista saadaan pysyviä ja toimivia ratkaisuita. Materiaalitehokkuuden parantamisella voidaan säästää merkittävästi kustannuksissa ja samalla vähentää luonnonvarojen käyttöä sekä pienentää ympäristövaikutuksia.

6.1 Tutkimuksen tarkastelu

Kirjallisuusselvityksen aikana huomattiin, että materiaalitehokkuus on varsin uusi tutkimusaihe. Kansainvälistä tutkimusta aiheesta oli tehty Euroopassa ja Kaukoidässä. Kaukoidässä tehtyjen tutkimusten kohdalla täytyy huomata toimintatapojen ja -kulttuurin erilaisuus, joten näitä tuloksia ei tässä tutkimuksessa käytetty. Euroopassa tehdyt materiaalitehokkuuden tutkimukset on pääasiassa tehty Wuppertal instituutissa Saksassa. Wuppertal instituution tuloksia materiaalitehokkuudesta on havaittavissa useissa tämän tutkimuksen lähdekirjallisuudesta. Näin ollen suurin osa lähdekirjallisuudesta on suomalaista, koska Suomessa on tehty tutkimus- ja selvitystyötä jo useamman vuoden ajan aiheeseen liittyen.

Työmaakerrokset olivat tutkimuksen havainnointiaineistoa, jotka antoivat hyvän kuvan yrityksen nykytilasta materiaalitehokkuuden osalta ja samalla toivat myös materiaalitehokkuuden kannalta oleellisia asioita esille.

Haastattelut toteutettiin joko henkilökohtaisesti tapaamalla tai sähköpostitse. Aihepiirin ollessa monialainen olivat myös haastateltavat rakentamisen eri alueilta. Henkilökohtaisesti tapaamalla tehtiin viisi haastattelua ja kolme muuta sähköpostihaastatteluna. Haastatteluissa oli käytössä kysymyskaavake ja jokaisessa haastattelussa oli samat kysymykset, mutta haastattelutilanteessa ei kysymyskaavaketta juurikaan käytetty. Kysymykset olivat korkeintaan muistilistana haastattelun ohjaamista varten. Haastateltavilla oli selkeä näkemys heidän tarjoamistaan tuotteista ja palveluista, jolloin haastattelua ohjattiin pysymään materiaalitehokkuuden aihepiirissä. Joidenkin haastateltavien kohdalla haastateltavat osasivat itse kertoa aiheesta sen, mikä kuuluu heidän liiketoiminta-alueelleen. Sähköpostihaastatteluissa kysymykset olivat lyhyitä ja tiivistettyjä, jotta vastaaminen olisi helppoa.

Tilastointitiedon kerääminen oli haastava tehtävä, koska jätetoimijoiden määrä oli suuri ja toimijoiden toimintatavat olivat hyvin erilaisia. Jätehuoltotoimijoiden raportointikäytännöissä oli suuria eroja. Yleisesti raporteista selvisi työmaa ja työmaalta kuljetettu jätteen määrä. Osalla toimijoista oli tehty kuukausittaista seurantaa ja raportointia jätemääristä jätelajeittain. Yhdellä toimijalla oli tarjolla verkkopalvelu, josta voi omilla tunnuksillaan selvittää yrityksen työmaiden jätetietoja kuukausi ja jätelaje tarkkuudella. Tilastoinnin kannalta oli haastavaa kerätä raporteista yksittäisen työmaan jätetiedot. Joissakin tapauksissa työmaalta oli viety usean toimijan toimesta jätteitä, jolloin jätteen tilastointi oli epäselvää.

6.2 Tulosten tarkastelu

Tutkimuksen tuloksina saatiin useita laskelmia ja taulukoita materiaalitehokkuuteen liittyvistä aiheista. Tutkimusta lähdettiin tekemään sen pohjalta, että se palvelisi mahdollisimman hyvin yrityksen nykyhetken tarpeita. Yrityksellä ei ollut käsitystä siitä, missä tilassa yritys on tällä hetkellä materiaalitehokkuuden osalta, joten selvitystyö aloitettiin jätemäärien selvityksellä.

Jätetilastoista selviää valmiiden työmaiden ominaisjätemäärät, joiden perusteella voidaan asettaa tuleville työmailla realistiset tavoitteet. Ominaisjätemäärä osoitti yrityksen tuottavan rakennustyömaillaan suuria määriä jätettä. Jätteet toimitettiin työmaalta pois työmaan toimihenkilöiden hyväksi katsomalla tavalla. Jotta jatkossa jätemäärien selvittäminen on helpompaa, tulee jätemääriä seurata rakennustyömaan aikana ja tilastointi on tehtävä yrityksen järjestelmiin.

Tutkimuksen tuloksina ovat arviot materiaalilisen kustannuksista, jotka ovat alle prosentin suuruusluokkaa hankkeen kokonaiskustannuksista. Materiaalilisen pienentäminen työvaiheissa ei yksistään tuo suuria säästöjä, mutta materiaalihukan kokonaisuudessaan voidaan vaikuttaa.

Syy-seuraussuhteiden kautta voidaan selvittää jättemateriaalin kustannukset. Tätä kuvastaa hyvin myös aikaisemmin esitelty jäävuorimalli, jossa näkyvinä kustannuksina ovat vain jätehuoltokustannukset. Jätehuollon piilokustannuksia ovat materiaalikustannukset, työvoimakustannukset, valmistusprosessi, materiaalien varastointi ja käsittely, tilakustannukset, kuljetuskustannukset, energiakustannukset, tuotantokapasiteetin lasku, hyötykäytön menetys sekä menetetty voitto. Materiaalitehokkaalla toiminnalla voidaan pienentää sekä jätehuoltokustannuksia että jätehuollon piilokustannuksia.

6.3 Virhelähteitä

Tutkimuksen aikana havaittiin joitain virhelähteitä. Jättemäärien selvityksessä oli useita tekijöitä, jotka voivat vääristää tuloksia. Jätetietojen oikeellisuus vaihtelee jätehuolto-toimijan mittausmenetelmien mukaan. Joidenkin jätehuoltotoimijoiden kohdalla jättemäärä perustui arvioon, koska jättemäärää ei ollut punnittu. Toimijat olivat tämän raporteissaan selkeästi ilmoittaneet.

Yksittäisen työmaan kohdalla jättemääriin voi tulla virheitä, jos jätteitä on viety usean toimijan toimesta. Tällöin ei voida varmuudella sanoa, että kaikki jätetiedot olisivat tulleet esiin kyselyiden perusteella, sillä useat toimijat eivät ilmoittaneet tietojansa. Muutamalla työmaalla jätetietoja oli saatavilla usealta jätehuoltotoimijalta. Tämä tuotti epäselvyyttä, koska tilastoihin oli mahdollisesti merkattu jättemäärät useampaan kertaan. Tämä virhemahdollisuus pyrittiin sulkemaan mahdollisimman tarkkaan pois useilla tarkistuksilla ja tietojen täsmennyksillä jätehuoltotoimittajalta, jotta jätetietojen oikeellisuus säilyi.

Yhden työmaan kohdalla jätetiedot olivat tutkimuksen alkuvaiheessa erittäin suuret. Lopulta tietojen tarkistuksen ja selvittelyn jälkeen löytyi virhe jätehuoltoyrityksen tarjoamasta asiakasraportointijärjestelmästä. Järjestelmä oli tulostanut virheellisiä tietoja sisältäneen taulukon työmaan jätetiedoista.

Jätteiden lajittelun kustannuslaskelma oli suuntaa antava, jota ei voi yleistää kaikkiin rakennustyömaihin. Lukuarvot ovat keskimääräisistä jättemääristä, joita työmailla tuotetaan. Tulokset eivät siten ole verrattavissa yksittäisen työmaan kanssa, vaan tuloksia täytyy katsoa suurempana kokonaisuutena.

Jätehuoltotoimijalta saadut rakennussekajätteen jätejaemäärät ovat karkeita arvioita jakeiden osuuksista. Arvioiden pohjalta laskettiin lajittelun tuottama kustannussäästö, johon pitää lisäksi huomioida vaikeasti arvioitavat piilevät kustannukset.

6.4 Jatkotutkimusaiheet

Tutkimuksessa tehtyjen päätelmien pohjalta on yrityksen kohdalla materiaalitehokkuuden alueella vielä paljon kehitettävää. Tutkimuksen aikana tuli esille seuraavia materiaalitehokkuuden jatkotutkimusaiheita: tietomallien hyödyntäminen materiaalitehokkuudessa, materiaalihukan seurannan kehittäminen sekä moduulimitoituksen vaikutus materiaalitehokkuuteen.

LÄHTEET

Kirjallisuus ja Internet:

Anttila, J.-P., Aminoff, A., Lappeteläinen, I., Junnonen, J.-M. & Tieva, A. 2008. Yhteistoimintamallien kehittäminen rakennusteollisuudessa – Rakennusteollisuuden verkostot ja hankinta. Yhteisraportti VTT ja TKK, Helsinki.

Anttonen M., Kuisma M., Halme M. & Kautto P. 2008. Materiaalitehokkuuden palveluista ympäristömyönteistä liiketoimintaa - MASCO2. Helsingin kauppakorkeakoulu.

Autio, S. & Lettenmeier, M. 2002. Ekotehokkuus – Business as future. Yrityksen ekoteho-opas. Dipoli-raportti/Dipoli-reports C, ympäristökoulutus. Espoo, TKK Koulutuskeskus Dipoli. 80 s.

Ekoasiaa 2/2012. Ekokemin sidosryhmälehti. Riihimäki, Ekokem Oy.

Ekokem 2012. Ekokem Oy:n verkkopalvelu

Luettavissa: <http://www.ekokem.fi/>

EU as a Recycling Society. 2009. Present recycling levels of Municipal Waste and Construction & Demolition Waste in the EU. ETC/SCP working paper 2/2009. European Environment Agency.

Luettavissa: http://scp.eionet.europa.eu/publications/wp2009_2/wp/wp2009_2

GRI - Global Reporting Initiative. Sustainability Reporting Guidelines & Construction and Real Estate Sector Supplement. Version 3.1/CRESS Final Version.

Luettavissa: <https://www.globalreporting.org/reporting/sector-guidance/construction-and-real-estate/Pages/default.aspx> viitattu 1.3.2012.

Grönroos, M. 2003. Johdatus tilastotieteeseen: Kuvailu, mallit ja päättely. Helsinki, Finn Lectura.

Jätedirektiivi. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi jätteistä 2008/98/EY.

Jätelaki 646/2011.

Luettavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110646>

Jätelaki 1072/1993.

Luettavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1993/19931072>

Jäteverolaki 1126/2010.

Luettavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2010/20101126>

Hankintatoimen kehittäminen. 2012. ProHankinta -työryhmän verkkopalvelu.

Luettavissa: <http://www.hankintatoimi.fi>

Hannula, M. 1998. Productivity Measurement Methods at the Firm Level. Research Report 2/98. Tampere University of Technology. 169 s.

Hallikas, J., Koivisto-Pitkänen, M., Kulha, T., Lintukangas, K. & Puustinen, A. 2011. Hankintatoimen osaaminen kilpailukyvyn lähteenä globaaleissa arvoverkostoissa – kansallisen kyselytutkimuksen tuloksia. Tutkimusraportti. Lappeenranta. 39 s.

Heikkilä, S. 2000. Rakennustyön materiaalisät ja -hukat, suunnitteluohje 1191-S. Helsinki, Mittaviiva Oy ja Rakennustieto Oy. 16 s.

Hirsjärvi, S & Hurme, H. 2008. Tutkimushaastattelu: teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Helsinki, Gaudeamus Helsinki University Press. 213 s.

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2007. Tutki ja kirjoita. 13. painos. Helsinki, Tammi. 448 s.

Häkkinen T., Huovila P. ja Leppänen P. 1999. Ympäristöä säästävä rakentaminen Suomessa. Käytäntö, osaaminen ja apuvälineet. VTT Rakennustekniikka.

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

Hämäläinen, J. 2010. Talonrakentamisen ympäristömittareiden kehittäminen. Diplomityö. Tampereen Teknillinen Yliopisto.

Hänninen, K. & Rahkila, L. 2005. Fiksu tuottaa vähemmän jätettä, parhaat käytännöt talonrakentamisessa. Helsinki, YTV. 20 s.

Mikkola, E. (toim.) 2009. Kansallisen luonnonvarastrategian taustaraportti: Luonnonvaroissa muutoksen mahdollisuus. Sitra. 55 s.

Kautto, P.; Huhtinen, K.; Mela, H. & Salmenperä, H. 2010. Jätelain kokonaisuudistus – etukäteisarvioinnit vaikutuksista kolmella teema-alueella. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 4/2010.

Luettavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=117233&lan=fi>

Kautto, P., Mela, H. & Mickwitz, P. 2006. Materiaalitehokkuuden edistämisen vaikutusten arviointi. Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2016. Taustaselvitys osa 2. Ympäristökeskuksen raportteja 9/2006. Helsinki

Kervinen, E. 2011. Työmaat seisovat: "Joka viikko katoaa jotain". Taloussanomat Luettavissa: <http://www.taloussanomat.fi/yrittaja/2011/09/12/tyomaat-seisovat-joka-viikko-katoaa-jotain/201112708/137>

Kiljunen, J.-M. 2009. Toimitustäsmällisyyden kehittäminen rakennustyömaan tuottavuuden nostamiseksi. Maisterin tutkinnon tutkielma. Helsingin kauppakorkeakoulu. 90 s.

Kokkonen, E. 2004. Pk-yritysten mahdollisuudet rakennusjätteiden kierrätysliiketoiminnassa. Helsinki, Kauppa ja teollisuusministeriö, Edita Publishing Oy.

Kojo, R. & Lilja, R. 2011. Talonrakentamisen materiaalitehokkuuden edistäminen. Ympäristöministeriön raportteja 21/2011. Luettavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=128219&lan=fi>

Koskela, S., Korhonen, M.-R., Seppälä, J., Häkkinen, T. & Vares, S. 2011. Materiaalinäkökulma rakennusten ympäristöarvioinnissa. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 6/2011. Luettavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=128607&lan=fi>

Koski, H., Kiviniemi, M., Palolahti, T. ja Salhstedt S. 2009. Rakennustyömaan toimitusten ohjaus. Helsinki, Rakennusteollisuus RT ry, VTT ja Mittaviiva Oy. 29 s.

Kraljic, P. 1983. Purchasing must become supply management. Harvard Business Review, 61 (5), ss. 109-117

Laine, H. & Heljo, J. 2007a. Rakennustoiminnan ympäristöjohtaminen. Helsinki, Rakennusteollisuuden kustannus RTK Oy. 38 s.

Laine, H. & Heljo, J. 2007b. Rakennustyömaan ympäristö- ja jätehuolto-opas. Helsinki, Rakennusteollisuuden kustannus RTK Oy. 38 s.

Laine, H. & Heljo, J. 2007c. Rakennustoiminta yrityksen jätehuolto. Helsinki, Rakennusteollisuuden kustannus RTK Oy. 38 s.

Liker, J. K. 2004. The Toyota Way. New York, McGraw-Hill. 330 s.

Lönnqvist, A. 2002. Suorituskyvyn mittauksen käyttö suomalaisissa yrityksissä. Tampereen teknillinen yliopisto 145 s.

Metla 2010. Metsäntutkimuslaitos.

Luettavissa: <http://www.metla.fi/>

Mittaviiva Oy. 2011. Rakennusosien kustannuksia 2011. Helsinki, Rakennustieto Oy. 248 s.

Motiva Oy. 2011. Materiaalitehokkuusyksikkö.

Luettavissa: <http://www.motiva.fi/toimialueet/materiaalitehokkuus>

Ongelmajäte. 2012. Jätelaitosyhdistyksen verkkopalvelu.

Luettavissa: www.ongelmajate.fi

Palomäki, J., Mäki, T. & Koskenvesa, A. 2009. Rakennustöiden menekit 2010. Helsinki, Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö RTS. 152 s.

Pohjola, T. 2003. Johda ympäristöasioita tehokkaasti, ympäristöosaaminen menestystekijänä. Helsinki, Talentum. 236 s.

Porter, M. & van den Linde, C. 1995. Green and Competitive: Breaking the Stalemate. Harvard Business Review. 120-134 s.

Riggs, J. L. 1981. Production systems: planning, analysis and control. New York, Wiley. 649 s.

Rissa, K. 2001. Ekotehokkuus – enemmän vähemmästä. Helsinki, Ympäristöministeriö, Edita. 208 s.

Ritvanen, V. & Koivisto E. 2007. Logistiikka Pk-yrityksessä - hankinta kilpailutekijänä. Helsinki, WSOY.

Sallisalmi, V., Mela, H. & Stén S. 2009. Etelä- ja Länsi-Suomen jätesuunnittelu. Taus-taraportti. Rakentamisen materiaalitehokkuus. Tampere, Pirkanmaan ympäristökeskus. 77 s.

Seppälä J., Mäenpää I., Koskela S., Mattila T., Nissinen A., Katajajuuri J-M., Härmä T., Korhonen M-R., Saarinen M. & Virtanen Y. 2009. Suomen kansantalouden materiaali-
virtojen ympäristövaikutusten arviointi ENVIMAT-mallilla. Suomen ympäristökeskuk-
sen raportteja 20/2009. 134 s.

SFS-EN ISO 14001. 2004. Ympäristöjärjestelmät. Helsinki, Suomen Standardisoimisliitto. 50 s.

Solakivi T., Ojala L., Töyli J., Hälinen H.-M., Lorentz H., Rantasila K., Huolila K. & Laari S. 2010. Logistiikkaselvitys 2010. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 36/2010. 166 s.

Suvantola, L. & Lankinen, A-J. 2008. Ympäristöministeriön raportteja 24/2008, Jätteen synnyn ehkäisyn uudet ohjauskeinot. Helsinki, Ympäristöministeriö. 104 s. Julkaisu on saatavana vain sähköisessä muodossa.

Tampereen kaupungin yleiset jätehuoltomääräykset

Luettavissa: <http://www.tampere.fi/tiedostot/5dGWbGHDX/jatehuoltomaaraykset.pdf>

Teriö, O. & Hämäläinen, J. 2011. Talonrakentamisen ympäristömittari. Suomen Rakennusmedia Oy. 52 s.

Tilastokeskus. 2011. Suomen virallinen tilasto (SVT): Jätetilasto 2010, Liitetaulukko 2. Jätteiden kertymät sektoreittain ja jätelajeittain vuonna 2010, 1000 tonnia vuodessa. Helsinki, Tilastokeskus

Luettavissa: http://www.stat.fi/til/jate/2010/jate_2010_2012-05-16_tau_002_fi.html

Uusi-Rauva, E. 1997 (toim.) Tuottavuus – mittaa ja menesty. Kauppakaari Oy. 296 s.

YMra 3/2007. Ehdotus valtakunnalliseksi jätesuunnitelmaksi vuoteen 2016. Valtakunnallista jätesuunnitelmaa valmistelleen työryhmän mietintö. Ympäristöministeriön raportteja 3/2007.

YM 2012. Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu. 2012.

Luettavissa: <http://www.ymparisto.fi/>

YmVM 2010. Ympäristövaliokunnan mietintö 23/2010 vp. Hallituksen esitys jätelaiksi ja eräiksi siihen liittyviksi laeiksi. Helsinki, Eduskunta.

Luettavissa: http://www.eduskunta.fi/faktatmp/utatmp/akxtmp/ymvm_23_2010_p.shtml

YSE 1998. Rakennusurakan yleiset sopimusehdot. RT 16-10660. Helsinki, Rakennustieto Oy.

Valtioneuvoston asetus jätteistä 179/2012 (voimassa 1.5.2012 alkaen)

Luettavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2012/20120179>

Valtioneuvoston päätös rakennusjätteestä 295/1997
Luettavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1997/19970295>

Vilkkä, H. 2006. Tutki ja havainnoi. Helsinki, Tammi. 140 s.

Väisänen, P. 2002. Materiaalitehokkuus, pienestä suurta. Turku, Turun jätelaitos. 24 s.

Wegelius-Lehtonen, T., Pahkala, S., Nyman, H., Vuolio, H. & Tanskanen, K. 1996. Tehokkaat materiaalityöntehtävät. Opas rakentamisen logistiikkaan. Helsinki, Kyriiri.

Waste minimisation for managers. 2002. Report GG367. Oxfordshire, Envirowise
Luettavissa: http://www.enviroeu.com/online/file.php/1/eng-docs/EnviroWise_-_Waste_minimisation_for_managers.pdf

Haastattelut:

Heino Jari, Avainasiakaspäällikkö, Lassila & Tikanoja Oy

Huuhka Satu, Arkkitehti, TTY

Kylmäniemi Heikki, Senior IT Manager, Itella Oy

Kytölä Ilpo, Tilapalvelupäällikkö, TTY

Luoma Jouni, Varastoesimies VR Transpoint

Perälä Anna-Leena, Erikoistutkija, VTT

Puhto Taru, Projektipäällikkö Peab Oy

Äyräväinen Seppo, Myyntipäällikkö, Cramo Oy

Workshop 12.5.2012

Rakennustyömaan ympäristöpelisäännöt

Peab Oy, Helsinki

Osallistujat:

Peab Oy:stä

Janne Halonen, Raimo Hätälä, Ilkka Jaakkola, Jorma Kilpeläinen, Marko Kilpeläinen, Juho Koivisto, Timo Laapio, Antti Lahtinen, Juha Lanne, Hannes Mäkelä, Marko Rin-
kinen, Heikki Räisänen, Sampo Tuisku ja Taru Puhto

TTY:lta

Eero Haverinen, Markus Heikkinen ja Olli Teriö