

# Kierrätysmateriaalien laadullinen standardointi Päijät-Hämeessä

Osa Kiertoliike-projektia

LAHDEN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan ala  
Materiaalitekniikka  
Muovitekniikka  
Opinnäytetyö  
Kevät 2017  
Simo-Heikki Kokko  
Niina Varonen

Lahden ammattikorkeakoulu  
Materiaalitekniikka

KOKKO SIMO-HEIKKI;  
VARONEN NIINA:

Kierrätysmateriaalien laadullinen  
standardointi Päijät-Hämeessä  
Osa Kiertoliike-projektia

Muovitekniikan opinnäytetyö, 43 sivua, 8 liitesivua

Kevät 2017

TIIVISTELMÄ

---

Opinnäytetyö on osa Päijät-Hämeen alueella toteutettavaa materiaalien kierrättämiseen liittyvää Kiertoliike-projektia. Projektin päämääränä on rakentaa kiertotalousmalli alueen materiaalivirroista ja palveluista, sisältäen muun muassa materiaalikirjaston. Opinnäytetyö tehtiin Lahden ammattikorkeakoulun toimeksiantona.

Opinnäytetyössä tavoitteena oli miettiä materiaaleille erilaisia jatkokäyttömahdollisuuksia ja määritellä standardeja niiden testaamiseen laadun varmistamiseksi. Työssä tutustuttiin olemassa oleviin materiaalikirjastoihin ja käytössä oleviin kierrätysmateriaaleihin. Opinnäytetyössä keskityttiin kierrätysmateriaaleihin, jotka päätyvät Päijät-Hämeen suurimmalle jätekeskukselle Lahden Kujalaan. Työssä käytiin läpi teoretietoa materiaalien ominaisuuksista sekä eri testausmenetelmistä niiden mittaamiseksi. Lopuksi todettiin, että kierrätysmateriaalien jatkokäyttömahdollisuudet ovat rajattomia ja lisäksi hyvillä innovaatioilla voi syntyä aivan uusia materiaaleja sekä käyttökohteita. Valittuihin testausmenetelmiin päädyttiin siten, että ne sopivat mahdollisimman moneen materiaaliin sekä hyödynsimme joitakin jo käytössä olevia materiaalien testausstandardeja.

Asiasanat: kierrätys, kiertotalous, materiaalikirjasto

Lahti University of Applied Sciences  
Degree Programme in Materials and Production Engineering

KOKKO, SIMO-HEIKKI;  
VARONEN, NIINA:

Creating quality standards for the  
recycled materials in the Päijät-  
Häme region  
Part of the Kiertoliike project

Bachelor's Thesis in Plastics Engineering, 43 pages, 8 pages of  
appendices

Spring 2017

## ABSTRACT

---

This Bachelor's thesis is part of the Kiertoliike project, which relates to the recycling of materials in the Päijät-Häme region. The objective of the project is to build a circular economy model of material flows and services, including, for example, a material library. The thesis was an assignment given by the Lahti University of Applied Sciences.

The objectives of the thesis were to study the different reuse possibilities for the recycled materials and determine standards for their testing, to ensure quality. The study presented the existing material libraries and the recycling materials which are in use. The thesis focused on the recycled materials that end up in the largest waste center of the Päijät-Häme region, which is located in Lahti Kujala. The theory part dealt with the properties of materials and various testing methods for measuring them.

As a conclusion it was discovered that the possibilities of reuse for recycled materials are unlimited and good innovations can create entirely new materials and applications. The testing methods were selected so that they are suitable for as many materials as possible and, besides that, some existing testing standards were utilized.

Key words: recycling, circular economy, material library

## Sanasto

Amorfinen aine	Kiinteä aine, jossa on satunnaisesti järjestäytyneet atomit. Sillä ei ole tarkkaa sulamislämpötilaa. Se voi olla läpinäkyvää, esimerkiksi lasi.
Jäte	Aine tai esine, jonka haltija poistaa käytöstä, aikoo poistaa käytöstä tai on velvollinen poistamaan käytöstä (2008/98/EY).
Kertamuovi	Muoveja, joita ei voida enää lämmön ja paineen avulla muovata uudelleen niiden verkkomaisen rakenteen vuoksi.
Kestomuovi	Muoveja, joita voidaan lämmön ja paineen avulla muovata uudelleen rakenteen muuttumatta. Ne sisältävät yhtä tai useampaa polymeeriä sekä lisäaineita parantamaan työstö- ja tuoteominaisuuksia.
Kiteinen aine	Kiinteä aine, jossa atomit ovat järjestäytyneet säännöllisesti. Raerajat tekevät usein aineesta läpinäkymättömän. Sulamispiste on tarkempi kuin amorfisella aineella.
Sivuvirta	Teollisuuden tuotannossa syntyvää ylimääräistä materiaalia, jota voidaan hyödyntää uudelleen materiaalitehokkuuden parantamiseksi.
Uudelleenkäyttö	Käytetty tuote tai materiaali voisi joutua jätteeksi mutta sitä voidaankin hyödyntää yhä niin, että käyttötarkoitus pysyy samana.
Uusiokäyttö	Tuote tai materiaali on laitettu kierrätykseen, ja siitä saadaan prosessoitua käyttökelpoinen uusi tuote, jonka käyttötarkoitus voi erota alkuperäisestä.

Englanti - suomi sanasto

Axis of rotation = pyöriähdysakseli

Compressive strength = puristuslujuus

Elastic = kimmoisa / elastinen

Elongation = venymä / pidentymä

Failure = häiriö / murtuminen

Foundation = perusta

Fracture point = murtuma piste

Friction pointer = vastustaneen voiman osoitin

Impact strength = iskulujuus

Load = kuormitus

Machine framework = laitteen runko

Minimum tension = vähimmäisjännitys

Modulus of elasticity / Young's modulus = kimmokerroin

Pendulum = heiluri

Plastic = mukautuva / plastinen

Proof load = kuormitus jonka kappale kestää muuttumatta pysyvästi

Range = alue

Roadmap = tiekartta

Scale = asteikko

Strain = venymä

Stretch = venytys

Stress = jännitys

Striking edge = iskevä reuna

Supports = tuet

Tensile strength = vetolujuus

Tension = vetojännitys

Test piece = testattava materiaali

Toughness = sitkeys

Ultimate tensile strength = murtolujuus/-raja

Yield point = myötölujuus/-raja

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	KIERRÄTYS JA KIERTOTALOUS	3
3	MATERIAALIKIRJASTOT	5
4	KIERRÄTYSMATERIAALIT	7
4.1	Betoni	11
4.2	Tiili	12
4.3	Kipsilevy	13
4.4	Posliini	14
4.5	Lasi	14
4.6	Bitumikattohuopa ja asfaltti	15
4.7	Lentotuhka ja pohjatuhka	16
4.8	Metallit	17
4.9	Muovit	18
4.9.1	Polyeteenitereftalaatti (PET)	20
4.9.2	Polyeteeni high-density (PE-HD)	20
4.9.3	Polyeteeni low-density (PE-LD)	21
4.9.4	Polyvinyylikloridi (PVC)	21
4.9.5	Polypropeeni (PP)	21
4.9.6	Polystyreeni (PS)	22
5	MATERIAALEILTA VAADITTUJA OMINAISUUKSIA	23
5.1	Hinta	23
5.2	Puhtaus	23
5.3	Raekoko	24
5.4	Lujuus	24
5.4.1	Vetolujuus	24
5.4.2	Puristuslujuus	25
5.5	Kovuus	26
5.6	Sitkeys	26
5.7	Kemikaalien kesto	26
5.8	Sähköiset ominaisuudet	27
6	TESTAUSMENETELMÄT	28
6.1	Raekokojakauma	28

6.2	Vetokoe	28
6.3	Puristuslujuuskoe	29
6.4	Iskulujuuskoe	30
6.5	Kovuuskoe	31
6.5.1	Mohsin kovuus	31
6.5.2	Vickers-kovuus	31
6.5.3	Brinell-kovuus	32
6.5.4	Rockwell-kovuus	33
7	TESTIEN STANDARDOINTI	34
7.1	Kierrätysbetonin testaamisen standardit	35
7.2	Kierrätystiilen testaamisen standardit	36
7.3	Kierrätyskipsilevyn testaamisen standardit	37
7.4	Kierrätysposliinin testaamisen standardit	37
7.5	Kierrätyslasin testaamisen standardit	37
7.6	Kierrätettävän bitumikattohuovan ja asfaltin testaamisen standardit	38
7.7	Tuhkien testaamisen standardit	38
7.8	Kierrätysmetallin testaamisen standardit	39
7.9	Kierrätysmuovien testaamisen standardit	39
7.9.1	Muovien vetolujuuden testaamisen standardit	40
7.9.2	Muovien iskulujuuden testaamisen standardit	40
7.9.3	Muovien kovuuden testaamisen standardit	41
8	YHTEENVETO	42
	LÄHTEET	44
	LIITTEET	53



## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyö on osa Päijät-Hämeen alueella toteutettavaa Kiertoliike-projektia. Projektissa rakennetaan kiertotalousmalli ja sen pohjalta tehdään tiekartta kohti kiertotaloutta. Malliin kerätään tietoa alueen biologisista ja teknisistä materiaalivirroista sekä palveluista. Palvelut voivat olla esimerkiksi uudelleenkäyttöön, korjaamiseen tai jakamistalouteen liittyviä. (Lahden ammattikorkeakoulu = LAMK 2016.)

Kiertoliikkeessä toteutetaan myös pilottihankkeita ja kokeiluja, joita ovat toteutusmalli yhteisille demonstraatioympäristöille, kierrätysmateriaalikirjasto, täyden palvelun kierrätyskeskus, muotoiluprojektien prototyypit sekä massalaitoksen toteuttamissuunnitelma (kuvio 1) (LAMK 2016).

Projekti toteutetaan 1.3.2016 - 31.8.2018 välisenä aikana Euroopan unionin aluekehitysrahaston tuella. Lahden ammattikorkeakoulun lisäksi mukana on Lappeenrannan teknillisen yliopiston Lahden yksikkö, Lahden Seudun Kehitys LADEC Oy, Muovipoli Oy ja Lahden Työn Paikka Oy. (LAMK 2016.)

Tämän opinnäytetyön osuus Kiertoliike-projektissa on kierrätysmateriaalikirjaston sisällön ja siihen sisältyvien materiaalien testaamiseen liittyvien standardien luominen. Työssä tarkastellaan nyt tiedossa olevien kierrätettävien materiaalien ominaisuuksia ja uudelleen prosessoitavuutta sekä mietitään mahdollisia uudelleenkäyttökohteita. Uusiomateriaalien hyödyntämisen helpottamiseksi on tehtävä riittävän perusteellisia laadullisia selvityksiä ja testejä sekä pyrittävä saamaan luotettava kierto, jotta saatavuus voi vastata kysyntään. Digitaalisen materiaalikirjaston lisäksi toteutetaan konkreettinen materiaalinäyttely kierrätettävistä materiaaleista.



KUVIO 1. Kiertoliike-projektin toimintakaavio (LAMK 2016)

## 2 KIERRÄTYS JA KIERTOTALOUS

Luonnonvarojen loppuminen on huolestuttanut useita tutkijoita jo pitkään. Vuonna 1972 Rooman Klubi teki laskelmia ja ennusti, että sadan vuoden kuluessa maapallon resurssit loppuvat ja saastuminen kaataa maailmantalouden, jollei yhtenäisiä suuria muutoksia tehdä tuhlailevassa kulutuksessa (Club of Rome 2016).

Vuosittain on alettu viettää ylikulutus- tai ekovelkapäivää merkiksi siitä, että ihmiset kuluttavat enemmän resursseja, kuin mitä maapallolla riittäisi. Kierrätys on pitkään ollut yksi ratkaisusta, mutta ihmisten valtavaa kuluttamisen tarvetta ei ole pystytty tyydyttämään helposti kierrätettävillä tai ylipäättään kierrätykseen sopivilla tuotteilla. Kaatopaikat ovat täyttyneet vähän käytetyillä tuotteilla ja uusia materiaaleja on kaivettu yhä syvemmältä sekä kiireellä jalostettu ja valmistettu välittämättä seurauksista.

Kierrätysprosenttia nostavat koko ajan kehittyvät lajittelulaitteet, joiden avulla saadaan eroteltua eri materiaaleja entistä paremmin. Kierrätystä voidaan erityisesti tehostaa tuotesuunnittelulla, jossa se huomioidaan alusta alkaen ja näin käyttöiän jälkeen materiaalit ovat helpommin kierrätettävissä. Kierrätyksessä mietitään käyttötarkoituksia jätteelle, jolloin kiertotalous ei ole aivan sama asia kuin kierrätys, vaan kiertotaloudessa tehdään töitä, jotta syntyisi erittäin vähän tai ei lainkaan jätettä (Ympäristöministeriö 2016). Kiertotalous on viime vuosina noussut puheisiin Suomessa erityisesti Sitran (Suomen itsenäisyyden juhlarahaston) ja ympäristöministeriön toimesta. Kiertotaloudessa on tarkoitus tehdä tuotteita miettien kokonaisuutta, jossa vähiten kulutetaan luonnonvaroja. Tällöin ei vain suunnitella kierrätettäviä tuotteita, vaan kehitetään sivuvirroille hyötykäyttöä sekä mietitään lisäarvoa tuotteille, jotta niiden elinkaari piteneisi.

Aiemmin on voitu perustella jotain teollisuuden toimintaa työllistävillä vaikutuksilla ja tuotannon sekä tuotteiden tarpeellisuudella. On voitu jättää kauaksi mielestä luonnonvarojen tuhlaaminen sekä saasteet ja keskitytty

talouskasvun hyviin vaikutuksiin. Kiertotalouden malli on laaja kokonaisuus, jossa talouskasvu ja luonnonvarojen kulutus erotetaan toisistaan. Kiertotaloudessa pyritään siihen, ettei tuotteesta koskaan tulisi käyttökelpotonta jätettä, vaan sen voisi korjata tai sille voisi kehittää uusia käyttötarkoituksia (Sitra 2016). "Kiertotalouden avulla on mahdollista tehostaa ja vähentää materiaalien käyttöä sekä irrottaa talouskasvu luonnonvarojen kulutuksesta. Kiertotalous mahdollistaa myös korkeamman jalostusarvon" (Herlevi 2016, Laidan 2016 mukaan).

Suomessa, kuten useissa muissakin maissa, on noussut puheenaiheeksi, kuinka kauppaketjut keräävät jäsenrekistereillään tarkkaa tietoa ostoista ja ostotottumuksista (Koivisto 2016). Tällöin on nähty vaarana esimerkiksi yksityisyydenmenetys. Toisaalta kaupat voisivat hyödyntää suurten asiakasmäärien kautta kerättyä Big dataa elintarvikkeiden ja muiden tuotteiden hävikin vähentämiseen (Stuchtey & Rossé 2016, 58).

Ruokatuotanto on yksi merkittävimpiä ympäristöön vaikuttavia tekijöitä. Siksi on erittäin tärkeää kehittää tuotantoa tehokkaaksi, kestävän kehityksen mukaiseksi ja minimoida hävikki niin hyvin kuin vain mahdollista.

Myös vaihtoehtoisesti kierrätysmateriaaleista valmistettujen tuotteiden markkinointiin osattaisiin sijoittaa rahaa oikealla hetkellä, kun kyseiselle tuotteelle on kysyntää Big datan tilastojen mukaisesti. Näin voisi kynnys käyttää kierrätysmateriaaleista tehtyjä tuotteita madaltua sekä sellaiset tuotteet yleistyä ja arkipäiväistyä. Toki ihmiset jo tänä päivänä käyttävät esimerkiksi uusiomuovipusseja mutta muissakin, haastavammissakin tuotteissa on kiertotalouden tuomien muutoksien mahdollisuus.

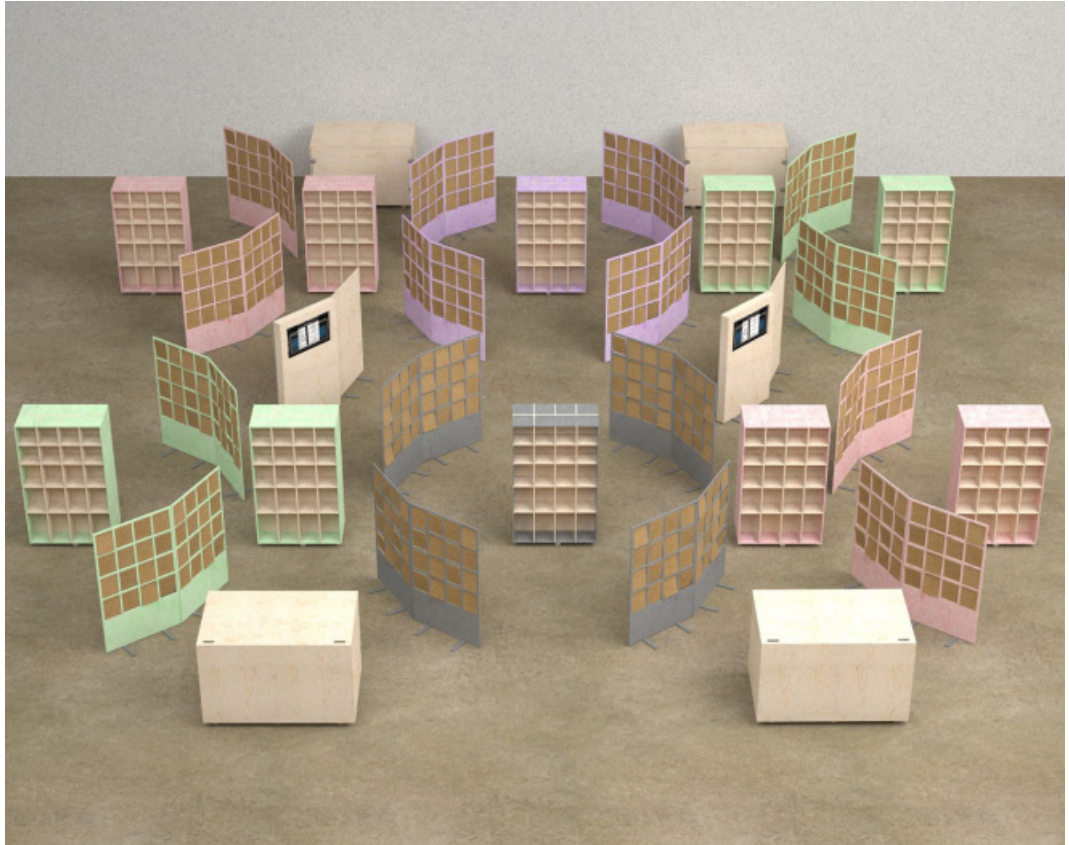
### 3 MATERIAALIKIRJASTOT

Maailmalla on monia materiaalikirjastoja, joista osa on korkeakoulujen yhteydessä ja osa itsenäisten kaupallisten yritysten ylläpitämiä. Näissä on tuhansia materiaaleja nähtävillä tarkkoine tietoineen. Monia materiaaleja voi käsin kosketella ja tutkia lähempää. Tällaiset mahdollisuudet ovat erityisesti niiden suunnittelijoiden avuksi, jotka miettivät tuotteiden haptisia ominaisuuksia. Tietokoneen ruudulta on myös vaikea saada varmuutta, millainen on materiaalin värisävy luonnossa. Sisustussuunnittelijat ja muotoilijat voivat hyödyntää enemmän ulkonäöllisiä ja tuntumaan liittyviä tietoja kuin rakenteellisia ja kestävyysliittyviä. Jälkimmäiset tiedot on mahdollista kertoa tekstinä ja kaavioina, toisin kuin ulkonäölliset seikat.

Tänä päivänä tiedot löytyvät myös Internetistä. Osin materiaalikirjastot ovat vain tietopankkeja Internetissä ilman fyysisiä toimipisteitä tai varastoja. Tämä onkin järkevää silloin kun kirjasto kokoaa yhteen satojatuhansia materiaaleja eri valmistajilta ympäri maailmaa ja yhdistää valmistajat materiaalien käyttäjiin. Silloin materiaalien tietojen on oltava mahdollisimman hyvin esitettynä kirjallisesti ja kirjaston asiakas voi halutessaan pyytää mallikappaleita suoraan valmistajalta. Tällöin materiaalikirjasto, jossa on paikanpäällä mallikappaleet, voi nopeuttaa päätöksen tekoa ja helpottaa eri materiaalien vertailua. Materiaalien kokeminen käsinkosketeltavasti voi luoda suunnittelijalle uusia käyttötarkoituksia työstämälleen tuotteelle tai kokonaan uusia tuoteideoita.

Materiaalikirjastot ovat käyttäjilleen avoimia joko ilmaiseksi tai korvausta vastaan. Joihinkin Internetin materiaalikirjastoihin opiskelijat ja opettajat voivat saada käyttöönsä suppeamman version ilmaiseksi ja maksua vastaan täyden version laajennetuina ominaisuuksin. Useat materiaalikirjastot Internetissä ovat käytettävissä englannin kielellä. Tällöin on osattava tekninen sanasto englanniksi, jotta voi löytää etsimänsä tiedot. Usein ongelmana ei ole se, ettei tietoa ole, vaan tietoa on niin paljon, että oikean tiedon löytäminen onkin hankalaa.

Kiertoliike-projektin yhtenä tarkoituksena on tehdä siirreltävä kierrätysmateriaalikirjasto (kuvio 2). Sellainen, jota voidaan helposti kuljettaa eri paikkoihin ja kuitenkin esitellä kattavasti eri materiaaleja, joita yritykset Päijät-Hämeen alueella käyttävät sekä tarjoavat niistä syntyviä sivuvirtoja muiden käytettäväksi.



KUVIO 2. Kiertoliike-projektin havaintokuva tulevasta materiaalikirjastosta (Kiertoliike 2016)

#### 4 KIERRÄTYSMATERIAALIT

Päijät-Hämeen alueen suurin jätekeskus on Lahden Kujalassa. Sinne kerätään materiaaleja kierrätystä sekä muuta jatkokäyttöä varten Päijät-Hämeen jätehuollon eli PHJ:n toimialueilta, jotka selviävät kuviosta 3. Tässä opinnäytetyössä on keskitytty miettimään erilaisia jatkokäyttömahdollisuuksia Kujalasta löytyville materiaaleille ja niiden materiaalien tasalaatuisuuden varmistamista. Kiertotalousmallin toimiessa materiaalien määrä voi lisääntyä nykyisestä.



KUVIO 3. PHJ:n toimialueet (PHJ 2016b.)

Kujalan jätekeskukselta löytyy monenlaista lajiteltua jätekasaa, joissa on vielä sekaisin useampaa eri materiaalia. Osa materiaaleista tulee jo karkeasti lajiteltuna ja ohjataan omiin kasoihin hyötyjätekentällä, joista ne kuljetetaan eteenpäin, kun lajiketta ja kysyntää on sopivasti.

Kierrätysmateriaalien jatkokäytön onnistumiseksi on karkean lajittelun jälkeen tehtävä vielä tarkempi erottelu ja sen tarkkuusvaatimukset riippuvat paljon jatkokäytön vaatimuksista. Useita materiaaleja murskataan sekä erotellaan Kujalassa ja osa kuljetetaan toisten yritysten jatkokäyttöön uusioraaka-aineeksi. Jätekeskuksessa tehdään myös murskaa maatuovista jätteistä kompostointilaitokselle ja biokaasulaitokselle sekä energiajättemurskaa poltettaviksi kelpaavista jätteistä. (PHJ 2016a.)

Osa kierrätyskelpoisesta materiaalista tulee jätekeskukseen seka- tai energiajätteenä ja ne täytyy murskata sekä lajitella. Murskaus auttaa materiaalin pakkaamisessa pienempään tilaan ja siten sen säilömiseen tai kuljettamiseen menee vähemmän tilaa, mikä on logistisesti järkevää. Myös kierrätykseen kelpaamaton, mutta palava aines on murskeena paremmin polttoaineeksi sopivaa. Loppuvuonna 2016 otettiin käyttöön LATE-lajittelulaitos, joka murskaa ja osaa erotella materiaalit painon, magneettisuuden ja konenäön avulla sekä koon ja muodon perusteella eri lajikkeiksi. Näin saadaan nopeutettua ja tehostettua lajittelua kiertotalouden tarpeisiin. (PHJ 2016d.)

Suomen pieni väestömäärä ja väestön jakautuminen laajalle alueelle tekee kierrätyksen haasteelliseksi. Opinnäytetyö keskittyy Päijät-Hämeen alueeseen, jolloin välimatkat eivät ole yhtä pitkiä kuin Pohjois-Suomessa. Jätelakien kiristyminen ja tavoitteet vähentää kaatopaikkoja ajavat taas kierrätystä eteenpäin ja kohti uusia innovaatioita. Tällä hetkellä osa materiaaleista viedään ulkomaille asti uusiokäyttöä varten. Tällöin kierrätysmateriaalia kerätään laajemmalla alueella ja saadaan tuotantoon suuremmat määrät, millä haetaan tuottavuutta. On myös mahdollista, että tuotteita viedään ulkomaille, jossa kierrätyksen toimenpiteet tehdään välittämättä ympäristöstä ja tarpeettomaksi tai taloudellisesti kierrätyksen kannalta kannattomaksi nähty materiaalin jätetään likaamaan ympäristöä. Kuljetukseen kuluu myös energiaa ja kuljetuskustannukset nousevat kun



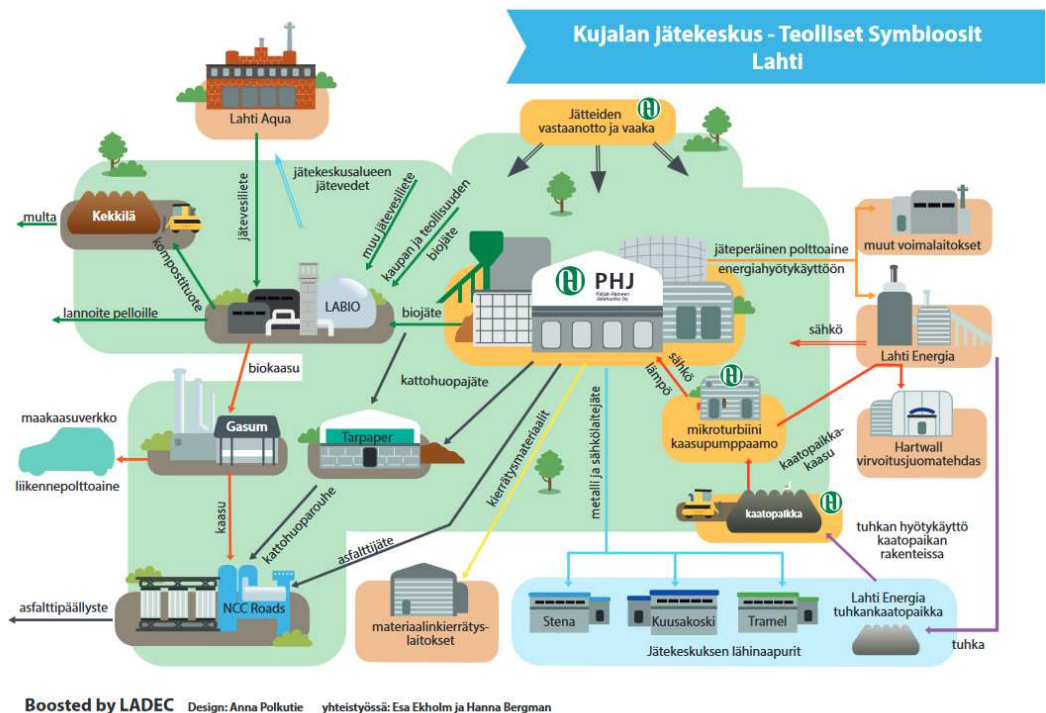
matkat pitenevät ja pienempiä määriä voisi olla mahdollista käsitellä lähempänä, kunhan toimiva kierto syntyy.

Materiaalien kiertoon vaikuttaa taloudellisuus myös siten, että yritykset, jotka myyvät jäte- ja sivuvirtojaan, haluavat siitä parhaan mahdollisen rahallisen hyödyn. Koska tarkka lajittelu voi olla työlästä, siitä syntyy enemmän kustannuksia kuin kierrätysmateriaalista maksetaan. Toisaalta karkeasti lajitellusta materiaalista saa vähemmän rahaa, kun seuraavan yrityksen on kuitenkin tehtävä jatkolajittelu. Jos tarkempia lajitteluja ei tehdä, niin kierrätysmateriaalin laatu voi vaihdella sisällön epämääräisyyden takia. Tällöin uusiotuotteella on oltava matala vaatimustaso materiaalin suhteen. Tämän tapainen ajattelu ja toimintatapa kaventavat uusiotuotteiden käyttömahdollisuuksia. Kun kierrätys hoidetaan hyvin, niin materiaalien laatu mahdollistaa moninaiset käyttötarkoitukset. Tuotteiden ei tarvitse näyttää roskista tehdyiltä, vaan ne voivat olla ulkonäöllisesti ja toiminnallisesti samaa tasoa vastaavien neitseellisistä materiaaleista valmistettujen tuotteiden rinnalla.

Ympäristöä ajatellen uusiokäyttö voi vähentää luontoon joutuvan jätteen määrää, kunhan kierrätysprosessi ei kuljetuksineen, pesuineen ja lajitteluineen ole ympäristöä rasittavampi kuin muut vaihtoehdot. Jos kierrätysmateriaali on luokiteltu jätteeksi aiemmin, sen hyötykäytössä on huomioitava, että jätteen loppusijoittajalla on lakisääteisiä vastuita. EU:n tasolla on säädetty tähän mennessä viidelle materiaalille End-of-waste-kriteerit (EOW) jotka täytettyään materiaali ei ole enää jätettä ja sen jatkokäyttöön eivät koske jätelait aiemmassa merkityksessä (Tukes 2016). Kaikki kierrätysmateriaalit eivät ole jätettä, kun ne hyötykäytetään teollisuuden sivuvirroista. Sivuvirroista saatava materiaali on yleensä tasalaatuisempaa ja hyödynnettävissä vähemmällä prosessoinnilla. Sivuvirtoja ei siis tule lajitella jätteeksi vaan pitää mahdollisimman puhtaana ja ohjata jatkokäyttöön joko yrityksen sisällä tai toisessa paikassa.

Materiaalien uusiokäyttöä voidaan helpottaa ja lisätä lainsäädöllä. Myös yrityksen vastuullinen toiminta edesauttaa kierrätystä kun materiaalit ovat

puhtaasti sitä mitä yritykset ilmoittavatkin niiden olevan. Vuonna 2008 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivissä 2008/98/EY säädettiin muun muassa tavoitteeksi lisätä kierrätystä niin, että kotitalousjätteestä vähintään 50 painoprosenttia ja rakennus- sekä purkujätteestä vähintään 70 painoprosenttia hyödynnetään uudelleen vuoteen 2020 mennessä. Liitteessä 1 on otteita direktiivistä tarkemmin. Tehostamiseen ja kehittämiseen on syytä, kun tavoitteena on kaiken jätteen vähentäminen ja kiertotalouden merkittävä lisäys. Suomessa on arvioitu, että vuonna 2014 rakennus- ja purkujätteen hyödyntämisprosentti oli noin 26 (Peuranen & Hakaste 2014). Tässä on uusien yritysten ja innovaatioiden paikka, jotta Päijät-Hämeen alueella ja yleensäkin Suomessa materiaalitehokkuus ja kierrätys lisääntyvät. Tällä hetkellä jo toimivaa yhteistyötä Kujalassa selvennetään kuviossa 4.



KUVIO 4. Materiaalien hyödyntäminen ja kierrätys Kujalassa vuonna 2016 (PHJ 2016c.)

Sähköpostilla lähettämämme kysely (Liite 2.) kierrätyksestä Kujalan yrityspuolen vastaanotto- ja käsittelytoimijoille selvitti, että laadultaan puhdas materiaali menee hyvin kaupaksi, eikä välivarastointia tarvitse, muuten kuin kuljetuskustannusten minimoimiseksi. Toiminnalle on tärkeää materiaalin puhtaus ja se, että materiaalia tulee riittävän suurena määränä. Ulkona hyötyjätekentällä joidenkin materiaalien varastointi sekä suuremman määrän odottelu heikentää materiaalin ominaisuuksia ja laatua. Ainakin ne ovat lämpötilan ja kosteuden vaihteluiden alaisina sekä helposti keräävät likaa itseensä. Pienetkin määrät voivat olla hyödyllisiä pienille yrityksille jotka sijaitsevat lähellä Kujalan jätekeskusta. Pienille yrityksille voi olla edullisempaa hakea pieni määrä puhdasta materiaalia kevyellä kuljetuskalustolla ja pienemmillä polttoainekuluilla kuin suuri määrä varastoinnissa likaantunutta, varsinkaan, jos yrityksellä ei ole runsaasti omaa varastointitilaa.

#### 4.1 Betoni

Betoni valmistetaan sekoittamalla kiviainesta, sementtiä, vettä ja mahdollisia seos- sekä lisäaineita. Kiviaines voi olla koneellisesti murskattua tai luonnon muokkaamaa kivilajia esimerkiksi graniittia. Louhintaa voidaan vähentää korvaamalla kiviainesta betoni- tai tiilimurskalla. (Betoniteollisuus 2017.) Sementti koostuu suurilta osin kalkkikivistä ja siinä on myös seosaineita sekä kipsiä. Kalkkikivi on pääosin kalsiumkarbonaattia, joka louhinnan jälkeen hienonnetaan ja uunitetaan muiden ainesosien kanssa. Kipsin lisäämisellä saadaan hidastettua kuivumista ja lisättyä työaikaa. (Finnsementti 2017.) Sementin valmistukseen käytetään paljon energiaa, ja siinä syntyy runsaasti hiilidioksidipäästöjä. Ympäristöystävällistä on järkevää, että sementtiä voidaan korvata tai sen ominaisuuksia parantaa sopivalla tuhalla. (Betoniteollisuus 2017.)

Betonin kierrätys onnistuu murskeena ja ensimmäiseksi siitä erotellaan mahdolliset raudoitukset, jonka jälkeen se käy esimerkiksi maan- ja tienrakennukseen. Betonin uudelleenkäytössä on huomioitava

lakisääteiset vastuut, sillä siitä mahdollisesti liukenee raskasmetalleja, klorideja, sulfaatteja ja alkaleita (VTT 2015).

Maanrakennuksessa betonimurska levitetään tasaiseksi kerrokseksi sekä sen jälkeen mahdollisesti kastellaan, jotta murska saadaan uudelleen yhtenäisemmäksi joukossa olevan hienojakoisemman betonin avulla. Varsinaisen valetun betoninkovuutta ei kuitenkaan päästä lähellekään, mutta yhtenäisempi murskamatto jakaa päällä olevaa kuormaa isommalle alalle. Murskattuna betonin huokoisempi pinta-ala kasvaa ja se sitoo itseensä enemmän hiilidioksidia kuin aiemmin. Tästä syystä sen valmistuksessa syntyneet hiilidioksidipäästöt voidaan katsoa pienentyneen. (Törmänen 2014.)

Kierrätysbetonin käytölle tuo erilaisen näkökulman Satu Huuhkan diplomityö. Huuhka on tutkinut kuinka betonielementtejä voitaisiin purkaa ehjänä ja uudelleenkäyttää toisessa käyttökohteessa. Tällöin elementin valmistukseen käytetty energia olisi säästettyä energiaa uudessa kohteessa. Rakentaja voi säästää rahaa rakennustarvikekuluissa ja purkaja säästää jätekuluissa, varsinkin jos näiden etäisyydet toisistaan ovat lyhyet. Huomioitavaa on, että purkaminen varovaisesti on hitaampaa sekä työläämpää kuin jos elementtien kunnosta ei välitetä ja ne murskataan. Betonielementtien murskauksessa kuitenkin heitetään hukkaan se energia joka alun perin on valmistukseen käytetty. Ehjinä puretuista elementeistä on tehty uusia rakennuksia erityisesti Saksassa. (Huuhka 2010, 6–7, 36–37.)

## 4.2 Tiili

Tiilet tehdään savesta, hiekasta ja sahanpurusta. Sahanpurua lisätään jotta saadaan huokoisempi tiili ja siten säänkestävyyttä parannettua. Tiili vaatii kuivatuksen ja pitkän uunituksen, jossa lämpötila kohoaa tuhanteen asteeseen. Uunitus kovettaa tiilen noin kolmessa vuorokaudessa. Pitkä uunitus ja korkea lämpötila tarkoittaa runsasta energiakulutusta. Tiilen punainen väri johtuu savessa olevasta raudasta jota suomalaisessa

savimaasta löytyy, siten yleensä vaaleat tiilet valmistetaan tuontisavesta.(Mansikkamäki 2016; Wienerberger2017.)

Rakennustiilet voidaan käyttää uudelleen. Vanhat tiilet voidaan käyttää moneen kertaan, kunhan ne eivät ole vaurioituneet purkuvaiheessa. Tällä hetkellä ehjiä tiiliä ei erotella Kujalassa rikkinäisistä vaan kaikki murskataan. Erotteluun ei ole konetta ja käsin erottelu on hidasta ja siten kallista. Tiilimurskaa voidaan käyttää esimerkiksi uusien tiilien tekoon, betonin runkoaineena tai maanrakennukseen. Tiilien riittävä puhtaus maanrakennukseen varmistetaan tutkimalla, etteivät tiilet ole olleet tekemisissä sellaisten aineiden kanssa joista voisi olla haittaa pohjavedelle tai vesistöille. Esimerkiksi savupiippujen sisäosiin on voinut jäädä palamisesta syntyneitä myrkyllisiä yhdisteitä. Tiilitehtaat kierrättävät omassa laadunvalvonnassa huomattavat vialliset tiilet takaisin murskattavaksi ja lisäävät ne tiilien valmistusmassaan.

#### 4.3 Kipsilevy

Kipsi on vesipitoinen mineraali, kalsiumsulfaattidihydraatti ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) jota löytyy luonnosta louhimalla. Kipsiä saadaan myös voimalaitoksien savukaasujen puhdistuksesta, kun murskattuun kalkkikiveen sekoitetaan vettä, happea ja rikkidioksidia. Kuumennettaessa kipsi menettää kidevetensä ja muuttuu jauheeksi, jonka jälkeen siitä saadaan muovattavaa kipsiä lisäämällä vettä. Kipsilevyä käytetään moniin tarkoituksiin, kuten rakennuksissa seininä, lattioina ja sisäkattoina.(Knauf 2015.)

Kipsilevyistä voidaan hyödyntää kipsi uusien kipsilevyjen tekoon (PHJ 2016a.). Levyissä olevat paperipinnoitteet erotetaan ja poltetaan energiajätteenä. Kipsi saadaan talteen lähes kokonaan uusiokäyttöön ja vain pieni osa menee hukkaan. Materiaali on helposti murtuvaa ja jos kipsilevyt saadaan ehjinä irti, niitä voidaan uudelleenkäyttää. Kipsiä voidaan hyödyntää myös maanparannukseen (Knauf 2015).

#### 4.4 Posliini

Posliini valmistetaan kaoliinista, maasälvästä ja kvartsista. Seokseen lisätään vettä ja se kaadetaan muottiin. Kuivuttuaan hetken posliinituote pitää uunittaa kovemmaksi. Ensimmäisellä kerralla lämpötila on noin tuhat astetta jolloin posliini kovettuu mutta on yhä huokoista. Toinen uunitus tehdään noin 1300 asteessa sen jälkeen kun posliinituote on käsitelty lasiteaineella. Lasitus lisää pintaan kovuutta ja kiiltoa sekä tekee posliinista tiiviin. (Wikipedia 2016)

Posliinia, jota saadaan vaikka vanhoista lavuaareista ja wc-istuimista, voidaan kierrättää esimerkiksi tiilen seosaineeksi, kunhan siitä saadaan kaikki ylimääräiset metalli ja muoviosat eroteltua murskauksen jälkeen. Toinen käyttö murskatulle posliinille on tiilen ja betonin tapaan maanrakennusaineeksi. Tiilitehtaalla posliinin hyödyntäminen on nyt kokeiluvaiheessa. (PHJ2016a.; Seppälä 2016.)

#### 4.5 Lasi

Lasia voidaan valmistaa useista materiaaleista, mutta usein lasitavarat ovat koostumukseltaan sooda-kalkki-lasia jossa on noin 66 % hiekkaa ( $\text{SiO}_2$ ), 15 % soodaa ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) ja 10 % kalkkia ( $\text{CaO}$ ). Loput 9 % ovat muita oksideja. Ainekset sekoitetaan ja seoksesta tulee niin sanottua mänkkiä, joka kuumennetaan yli tuhat asteiseksi paksuksi nesteeksi ja sen jälkeen annetaan hieman jäähtyä työstöä varten. Jäähdyttyään täysin lasi on läpinäkyvää, amorfista, kovaa ja haurasta. (Tähtivaara 2008, 6, 17, 25–26.)

Lasi on mahdollista kierrättää moneen kertaan, kunhan siitä erotellaan epäpuhtaudet. Lasia kerätään useissa pisteissä. Keräyspisteisiin taloyhtiöissä ja kauppojen pihoissa Päijät-Hämeessä otetaan vastaan pulloja ja purkkeja. Osa lasipulloista on pantillisia ja kerätään sen avulla takaisin kauppaan. Lasiastioita, joita ovat esimerkiksi juomalasit, kahvipannut ja uunivuoat ei saa sekoittaa pullojen ja purkkien kanssa. Ne otetaan vastaan jätekeskuksessa tai jäteasemalla, kuten myös tasolasit.

Lasiastiat ja tasolasin palat pullojen sekä purkkien seassa voivat pilata koko erän, josta oltiin tekemässä kierrätyspulloja. Tämä johtuu siitä että eri lasityypeillä on eroa sekä kemiallisesti että sulamislämpötiloissa. Purkit ja pullot sulavat matalammassa lämpötilassa kun muut palaset jäävät prosessissa sulamatta. (Ahonen 2013.)

Osasta lasia tehdään lasivillaa ja vaahtolasia. Lasivilla on rakennusten eristeenä toimiva ja palamaton materiaali. Vaahtolasin valmistuksessa on se etu, ettei siinä lasimateriaalin alkuperällä ole väliä (Köylijärvi 2014, 16–17). Vaahtolasi näyttää kivimurskalta mutta onkin sitä kevyempää ja eristävämpää. Vaahtolasimurskaa voidaan hyödyntää keventeenä, routaeristeenä, lämmöneristeenä, kapilaarikatkona ja kuivatuskerroksen materiaalina (Köylijärvi 2014, 82–84).

#### 4.6 Bitumikattohuopa ja asfaltti

Bitumikattohuovassa ei ole nykyään enää huopaa, vaan se on korvattu polyesteri- tai lasikuitumatolla. Kattohuopa nimitys on kuitenkin jäänyt yleisesti käyttöön, toinen nimi tuotteelle on bitumikermi. Kattohuopa on noin 4mm paksua ja se koostuu kerroksittaisesta rakenteesta, jossa useimmiten käytetään kahdessa kerroksessa SBS-kumibitumia (styreenibutadieenistyreeni), keskellä on tukikerros polyesteri- tai lasikuitumattoa ja päällä sekä alla karkea hiekka/mineraalisirote. (Vehviläinen 2014, 6-9.)

Asfaltti on seos johon kuulumurskattua kiviainesta, bitumia, lisäaineita ja mahdollisesti betonia. Asfaltin seostaminen tehdään asfalttiasemalla työkohteella vallitsevan maaperän ja käyttötilanteen mukaisesti. Vähälle kulutukselle käy hienojakoinen kiviaines joka mahdollistaa hyvin sileän asfaltin, kun taas kovan kulutuksen asfalttiin tarvitaan isompi rakeista kiviainesta. Asfaltin valmistus vaatii louhittavia materiaaleja ja kiviaineksen kuivatukseen lähes 200 °C lämpötiloja, joten energiaa kuluu ja päästöjä syntyy. Seokset tehdään asfalttiasemalla mutta teiden päällystämistä ei voida tehdä eristetyssä tehtaassa, jossa lämpö ja päästöt saataisiin talteenotettua. Työkohteella lämpötilan on oltava 120–

180 °C, jotta materiaali on halutun pehmeää levitettäväksi ja kivimurska, hiekka sekä betoni sitoutuvat mahdollisimman hyvin bitumiin ja muihin sidosaineisiin. (Forstén 2015; Karjalainen 2015, 15–18.)

Sulatettu bitumikattohuopa murskataan ja sitä voidaan käyttää raaka-aineena asfaltin teossa, kuten myös vanhaa asfalttia voidaan kierrättää (PHJ 2016a.). Varsinaisesti pelkkää bitumia PHJ ei vastaanota hyötyjätekentälle eikä kattohuovassa saa olla kiinni puuta, eristettä, paperia, metallia, muovia, kiviä tai asbestia (PHJ 2017). Kierrätykseen kelpaa asfaltti jonka seassa saa olla vähän soraa, mutta ei solupolystyreeniä tai maata.

#### 4.7 Lentotuhka ja pohjatuhka

Lentotuhkaa syntyy voimalaitoksien polttaessa jätettä, puuta, turvetta ja erityisesti kivihiiltä. Suurin osa tuhkasta syntyy lämmityskaudella ja maanrakennusta tehdään kesällä, joten tuhkaa on säilytettävä ja sen ominaisuudet voivat muuttua sekä heikentyä säilytyksessä. Lentotuhka on erittäin hienojakoista ja esimerkiksi kivihiilen lentotuhka on raekooltaan 2–100 µm. Muut lentotuhkat ovat rakenteeltaan hieman karkeampia. Pohjatuhkaa syntyy myös voimalaitoksissa ja se jää nimensä mukaisesti polttimen pohjalle sen raskaamman rakenteen takia. Pohjatuhka on siis huomattavasti karkeampaa ja esimerkiksi kivihiilen pohjatuhkan raekoko on noin 1,5 – 5mm, niiden karkeutta voi verrata hiekkaa ja soraan. (Korpijärvi, Mroueh, Merta, Laine-Ylijoki, Kivikoski, Järvelä, Wahlström & Mäkelä 2009,11, 16–17.)

Tuhkaa voidaan käyttää betonin täyte- ja sideaineena, asfaltin täyteaineena ja maanrakennusaineena sekä puhtaaksi todettuna metsälannoitteena tai jopa pelloille. Tuhkan hyötykäyttöä säätelee esimerkiksi ympäristölupa. Asfaltin täyteaineeksi ja maanrakennukseen tuhkat eivät sovi pohjavesialueella mahdollisten raskasmetallijäämien takia. (Korpijärvi ym. 2009,13–14, 22.)



Lentotuhkan jatkokäsittelyyn ja hyödyntämiseen on tänä keväänä perustettu Nokian Kyynejärvellä uusi laitos. Ecolan Oy:n laitos on Pohjoismaiden suurin ja tuottaa tuhkasta luomulannoitteita ja maanrakennusmateriaalia. Hyödynnettävä lentotuhka on biomassan sekä hiilen poltosta syntynyttä ja tulee useista voimalaitoksista. (Heino 2017.)

Vanhimmat yhä ehjinä säilyneet betonirakennukset sisältävät tulivuoresta peräisin olevaa vulkaanista tuhkaa. Tämä osaltaan todistaa, että tuhkan käyttäminen betonin osana olisi järkevää. Energialaitoksiamme tuottama tuhka ei tosin ole vastaavaa kuin vulkaaninen tuhka, mutta tutkimuksien mukaan lentotuhka parantaa myös betonin ominaisuuksia ja vähentää tarvetta käyttää Portlandin sementtiä. Portlandin sementin korvaamista perustellaan sillä että sen valmistaminen vaatii suurta lämpötilaa ja kuluttaa paljon energiaa sekä aiheuttaa valtavasti hiilidioksidipäästöjä. (Monteiro & Jackson 2013.)

#### 4.8 Metallit

Useita metalleja louhitaan maaperästä malmina ja niitä pitää rikastaa ja poistaa epäpuhtauksia, jotta ne saadaan käyttökelpoisiksi. Louhinta ja rikastaminen vaativat paljon energiaa ja luonnonvaroja ja siksi kierrätys on metallien suhteen kannattavaa ja suosittua.

Metalliromut hyötykäytetään teräs- ja valimoteollisuudessa. Kierrätettävä metalli lajitellaan ja jaetaan eri laatuluokkiin puhtauden mukaan.

Puhtaimmat laadut voidaan käyttää elektroniikkateollisuudessa. Muita uusiokäyttökohteita ovat esimerkiksi metallipakkaukset ja polkupyörien sekä autojen osat. Uusien metallituotteiden raaka-aineesta noin puolet on kierrätettyä. Kierrätysmetallia hyödynnetään sekä Suomessa että viedään ulkomaille. Metallia on hyvä kierrättää, sillä sen laatu ei heikkene uusiokäytössä ja sitä voidaan kierrättää lähes loputtomasti. (PHJ 2016e.)

#### 4.9 Muovit

Muoveja valmistetaan monin eri tavoin. Tähän mennessä suuri osa muoveista on valmistettu raakaöljyn hiilivetyjä jalostamalla. Muoveja voidaan valmistaa öljynjalostuksen sivutuotteena tai maakaasusta sekä selluloosasta ja monista muista raaka-aineista polymeroimalla.

Valmistusprosessit ovat pitkiä kemiallisia prosesseja, joissa kuluu energiaa ja tulee päästöjä. Muovit koostuvat hiilivedyistä muodostetuista pitkistä polymeereistä ja monista täyte- ja lisäaineista. Täyte- ja lisäaineiden määrä voi olla hyvinkin suuriverrattuna polymeerien määrään ja siksi esimerkiksi sopivien mineraalien louhinta vaikuttaa myös ympäristöön. Viime vuosina on etsitty öljyä korvaavia raaka-aineita tai valmistettu bioöljyä, josta muoveja voidaan valmistaa. Biomuovien valmistukseen kuitenkin liittyy eettisiä kysymyksiä maankäytön tärkeysjärjestyksestä eli kuinka paljon voidaan viljellä ravintokäyttöön kelpaavia kasveja, joista tehdäänkin öljyä ja muovia.

Muovijätettä on monenlaatuista ja kun osa on selkeästi yhtä laatua kierrätys käy helpommin kuin sekamuovin. Sekamuovikin sopii uusiokäyttöön kun sille kyseiselle laadulle on käyttöä ja sitä on saatavilla riittävästi. Suoraan yrityksiltä saatavat hylätyt pakkausmuovit ja muut sivuvirrat ovat määrinä suurempia sekä yleensä puhtaampia, ja siten kierrätykseen sopivampia, kuin yksityisiltä kuluttajilta saatavat muovit.

Vuoden 2016 alusta voimaan tulleen säädöksen mukaan muovijätettä ei saa enää viedä kaatopaikoille. Tämän myötä kotitalouksissa kerääntyneitä muovijätteitä, kuten elintarvikepakkauksia ja pesuainepulloja varten on järjestetty erillisiä keräyspisteitä. Näihin muun muassa päivittäistavarakauppojen lähettyville sijoitettuihin keräysastioihin kuluttajilla on mahdollisuus toimittaa pois heitettäväksi tarkoitettuja pestyjä ja kuivattuja muovijätteitä. Keräyspisteitä avattiin vuoden 2016 aikana yli 500 ja niistä vastaa Suomen Uusiomuovi Oy:n toimeksiannosta Suomen Pakkauskierrätys RINKI Oy. (Suomen Uusiomuovi Oy 2017.)

Muovien kierrättämiseksi epäpuhtaudet on poistettava ja yleensä lajiteltava eri muovilaadut erilleen sekä rouhittava, pestävä, kuivattava ja valmistettava muoviryöynejä eli granulaatteja, joista tehdään uusiotuotteita. Edellä mainittu tapa on yleisempi ja sitä kutsutaan mekaaniseksi kierrätykseksi. Muovi voidaan kierrättää myös kemiallisesti ja silloin polymeerit hajotetaan lähtöaineiksi eli monomeereiksi. Kemiallisen kierrätyksen kannattavuus on vielä heikkoa, vaikkakin muovista tulee aivan yhtä hyvää kuin neitseellisestä muovista.

Mekaanisesti kierrätettyä muovia ei usein käytetä tuotteeseen yksinään vaan se sekoitetaan neitseellisen muovin sekaan. Neitseellisen muovin ja kierrätysmuovin seos on monesti 60–80prosenttia neitseellistä ja 20–40 prosenttia kierrätettyä materiaalia. Vaikka kierrätysmuovia vielä harvoin käytetään yksistään, niin se on kuitenkin mahdollista. Täysin kierrätysmuovista tehdyn tuotteen toimivuus riippuu mistä polymeeristä on kyse ja mihin käyttötarkoitukseen se tulee sekä kuinka monta kiertoa materiaali on jo tehnyt mekaanisesti kierrätettynä. (Eskelinen, Haavisto, Salmenperä & Dahlbo 2014, 37–38).

Muovilaatuja on erittäin monia koska niiden ominaisuudet vaihtelevat paljon ja siten ne soveltuvat eri tehtäviin, eikä ole yhtä polymeeriä joka soveltuu joka tilanteeseen. Muovien ominaisuuksista on hyvä mainita ainakin viskoelastisuus ja viruminen. Viskoelastisuus tarkoittaa sitä, että muovissa on viskoottisia ja elastisia ominaisuuksia. Elastisuus nähdään siten että muovi voi taipua ja palautuu takaisin heti kun taivuttava voima poistetaan. Viruminen taas on sitä, ettei muovi palaudu aivan samaan mittaan kuin ennen taivutusta, vaan siihen jää pysyvä muodonmuutos. Nopeassa iskunomaisessa rasituksessa muovi voi katketa kun taas samalla voimalla mutta hitaasti rasitettuna muovi antaa periksi katkeamatta. Viskoottisuus näkyy siten että muovi käyttäytyy erittäin jähmeän nesteen tavoin. Yleensä lämpimässä muovit joustavat paremmin kuin kylmässä, mutta myös helpommin jää pysyvä muutos kappaleeseen. (Tampereen teknillinen yliopisto 2005b.)

Muoveja jaotellaan esimerkiksi kesto- ja kertamuoveihin niiden muokkausominaisuuksien mukaan sekä niiden käytön ja hinnan mukaan. Valtamuovit ovat kierrätykseen hyviä sillä niitä käytetään paljon ja saatavuus on hyvä. Teknisiä muoveja kierrätetään myös, mutta ne ovat harvinaisempia ja kalliimpia. Arvokkaampien materiaalien kierrätyksessä voi olla helpommin taloudellista kannattavuutta, mutta materiaalia on saatava riittävästi ja usein laadulliset vaatimukset ovat kovemmat. Valtamuovien ja teknisten muovien raja on välillä hieman epäselvä. Alla on lueteltuna eräitä käytetyimpiä muoveja ja kerrottu niiden ominaisuuksista lyhyesti.

#### 4.9.1 Polyeteenitereftalaatti (PET)

Käytetään erityisesti pakkausteollisuudessa esimerkiksi virvoitusjuomapullot, säiliöt ja kalvot. Polyeteenitereftalaatti kuuluu kestopuoveihin ja sitä löytyy sekä osakiteisenä että amorfisena.

Materiaalin hyviä ominaisuuksia ovat korkea lujuus ja jäykkyys sekä hyvät mittapysyvyys-, virumis- ja sähköiset ominaisuudet. Lisäksi materiaalilla on hyvä kemiallinen kestävyys ja alhainen veden absorptio. (Nykänen 2016, 1-3.)

#### 4.9.2 Polyeteeni high-density (PE-HD)

Polyeteenit yleisesti kuuluvat osakiteisiin muoveihin. Korkeatiheyksistä polyeteeniä käytetään monenlaisissa tuotteissa sekä pakkauksissa, kuten putkissa, roskapöntöissä ja pesuainepulloissa.

Materiaali on ominaisuuksiltaan sameaa, kovaa ja kestävää mutta samaan aikaan myös joustavaa. Sillä säilyy hyvä iskunkestävyys kylmissäkin olosuhteissa ja lisäksi PE-HD:lla on hyvä kemiallinen kestävyys. (Muoviteollisuus 2016.)

#### 4.9.3 Polyeteeni low-density (PE-LD)

Matalatiheyksinen polyeteeni on yleisin muovityyppi ja sitä käytetään säiliö- ja muovikalvosovelluksissa, kuten muovipusseissa. (Muoviteollisuus 2016.)

Materiaali on ominaisuuksiltaan pehmeää, kirkasta ja joustavaa. Sillä on hyvä kemiallinen kestävyys eikä se läpäise kosteutta. (Muoviteollisuus 2016.)

#### 4.9.4 Polyvinyylikloridi (PVC)

PVC on teollisuudessa paljon käytetty amorfinen muovi ja yli puolet valmistetusta materiaalista menee rakennusteollisuuden käyttöön, jonne valmistetaan esimerkiksi putkia. Materiaali on myös vedenpitävää ja siitä valmistetaan muun muassa sadetakkeja ja laukkuja. Polyvinyylikloridia käytetään myös sähköeristeenä. (Muoviteollisuus 2016.)

PVC on ominaisuuksiltaan jäykkää ja iskunkestävää. Materiaali kestää monia kemikaaleja ja lisäksi se on helposti työstettävää sekä edullista. (Vink 2017.)

#### 4.9.5 Polypropeeni (PP)

Polypropeeni kuuluu kiteisiin kestumuoveihin ja sillä on useita käyttökohteita, kuten kalvot, levyt, köydet, kuidut, elintarvikepakkaukset, lelut, ämpärit ja roskakorit.

Materiaalin hyviin ominaisuuksiin lukeutuu sen vastustuskyky liuottimille, hapoille sekä emäksille. (Muoviteollisuus 2016.)

Polypropeeni on kestävä ja usein muita muoveja jäykempi. Lisäksi materiaalilla on hyvä väsymiskestävyys. Verrattuna polyeteeneihin PP ei ole yhtä sitkeä kuin PE-HD eikä niin joustava kuin PE-LD. Termisiä ominaisuuksia verrattaessa polypropeenilla on parempi lämmönkestävyys

ja vastaavasti heikompi kylmänkestävyys kuin polyeteenillä. (Koleva & Nykänen 2016a, 2-3)

#### 4.9.6 Polystyreeni (PS)

Polystyreeni on amorfinen ja lasimainen muovi ja se voidaan jaotella käyttötarkoituksen mukaan eri luokkiin: normaali polystyreeni (PS), solupolystyreeni (EPS), iskunkestävä polystyreeni (HIPS) sekä kopolymeerit, kuten akrylinitriinibutadieenistyreeni (ABS). (Koleva & Nykänen 2016b.)

Polystyreenistä voidaan valmistaa CD-koteloita, muoviastioita, leluja ja putkien osia. Ominaisuuksiltaan materiaali on kovaa, jäykkää, edullista ja läpinäkyvää mutta tarpeen mukaan myös värjättävissä.

Iskunkestävällä polystyreenillä on laaja käyttöalue. Siitä valmistetaan tarvikkeita rakennus-, pakkaus- ja elintarviketeollisuudelle. Lisäksi materiaalia käytetään urheiluvälineissä, toimistotarvikkeissa ja kosmetiikkatarvikkeissa. Hyvän iskulujuuden lisäksi materiaali on kovaa, jäykkää, lujaa ja sillä on hyvä lämmönkestävyys. Lisäksi se on edullista ja materiaalilla on hyvä mittapysyvyys. (Koleva & Nykänen 2016b.)

Solupolystyreeniä, jonka moni tuntee nimellä Styrox, käytetään erityisesti rakennusteollisuudessa eristeenä ja pakkausteollisuudessa täytteenä suojaamaan kuljetusvaurioilta.

ABS:n käyttökohteita ovat mm. suurehkot koneenrakennustarvikkeet, laivanrakennus sekä tekstiiliteollisuus. Sitä käytetään myös radioelektronisissa komponenteissa. ABS:n tärkeimmät mekaaniset ominaisuudet ovat sitkeys ja kestävyys. Lisäksi materiaalilla on hyvät sähköiset ominaisuudet. (Koleva & Nykänen 2016b.)

## 5 MATERIAALEILTA VAADITTUJA OMINAISUUKSIA

Kierrätysmateriaaleja on hyvin monenlaisia ja siksi niiden käyttötarkoituksetkin ovat moninaisia. Jotta tiedetään materiaalin soveltuvuus tiettyyn käyttöön, täytyy tehdä laadullisia selvityksiä.

### 5.1 Hinta

Kierrätysmateriaalien käytön mielekkyys vähenee teollisuuden silmissä jos neitseellinen materiaali on samanhintaista tai erityisesti jos se on edullisempaa. Jos kierrätysmateriaalin testaaminen on vaivalloista ja se nostaa valmistuskustannuksia on sillä selvät seuraukset kierrätyksen kannattavuuteen. Riittävän suuret erät materiaalia ja sen tasalaatuisuus helpottavat kierrätystä. Mainostamalla, että teollisuudessa käytetään kierrätysmateriaaleja tuotteisiin, voi saada lisäarvoa ja asiakkaiksi enemmän tiedostavia kuluttajia. Lainsäädännön uudistukset esimerkiksi jäteverotuksessa voivat laskea kierrätysmateriaalien hintaa ja parantaa kierrätysprosenttia.

### 5.2 Puhtaus

Materiaalin on oltava mahdollisimman puhtaasti haluttua laatua, jotta kierrätystuote saadaan varmistettua tasalaatuiseksi materiaalin puolesta. Suuri lajittelun, erottelun sekä puhdistamisen määrä pidentää prosessia, lisää työtunteja ja siten materiaalin hintaa.

Materiaaleissa voi olla moninaisia epäpuhtauksia tai lisäaineita jotka ovat pysyneet piilossa ja täysin tai lähes haitattomina vuosikausia. Ne voivat kuitenkin tulla esiin materiaalien purkamisen tai jatko-prosessoinnin yhteydessä.

Otetaan esimerkiksi asbesti. Ennen vuotta 1994 rakennettujen rakennusten rakenteissa voi olla asbestia ja sitä voi olla joutunut betonin, tiilen tai muun rakennusaineen sekaan. Asbesti on vaarallista kun

se purkamisen yhteydessä voi pölistä ja kulkeutua purkutyöntekijän keuhkoihin lisäten hänen syöpäriskiään. (Tyosuojelu.fi 2015.)

### 5.3 Raekoko

Raekoko voidaan määrittää rakeisista materiaaleista, kuten betonimurska tai muovirouhe. Raekoolla on merkitystä materiaalien ominaisuuksiin. Esimerkiksi raekoko voi määrittellä maanrakennukseen soveltuvan lopputuotteen laadun se kun vaikuttaa esimerkiksi lujuusominaisuuksiin. Hienojakoisen materiaalin kuten lentotuhkan analysointiin voidaan käyttää laserdifraktiota raekoon selvitykseen. Kun prosessi vaatii tiettyä raekokoa olevaa materiaalia, on lajittelu tehtävä sen mukaisesti. (Kolli 2014, 9-16; Cemis 2017.)

### 5.4 Lujuus

Materiaalin lujuus tarkoittaa sen kykyä kestää erilaista kuormitusta vaurioitumatta. Kuormitus voi olla vetävää, puristavaa tai leikkaavaa.

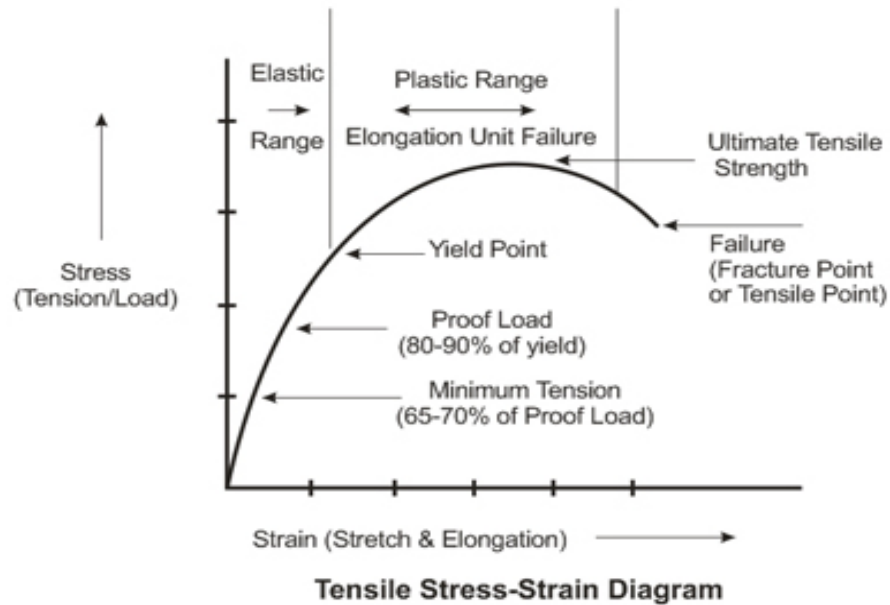
#### 5.4.1 Vetolujuus

Vetolujuudella tarkoitetaan kappaleen kykyä vastustaa vastakkaisiin suuntiin vetävää voimaa ja siihen liittyy erilaisia raja-arvoja, kuten myötöraja ja murtoraja. Kun myötölujuus ylitetään, niin kappale myötää mutta ei murru. Voiman ylittäessä murtolujuuden kappale murtuu ja hajoaa. (Niemi 2010, 10.)

Kun kappaleeseen kohdistuu rasitus myötölujuuden alapuolella, tapahtuu siinä ainoastaan elastisia muutoksia. Tällöin kappale palautuu alkuperäiseen muotoonsa jännityksien poistuttua. Kun taas ylitettäessä kappaleen myötölujuus, aiheutuu siihen jo plastisia eli pysyviä muodonmuutoksia alla esitetyn kuvion 5 mukaisesti.



Vetolujuus on materiaaleille ominainen suure, johon vaikuttaa esimerkiksi aineen kiderakenne. Myös vetosuunta kokeessa voi vaikuttaa joillakin aineilla vetolujuuteen.



KUVIO 5. Jännitys-venymäkuvaaja (Lakshmi Precision Screws 2009)

#### 5.4.2 Puristuslujuus

Puristuslujuudella tarkoitetaan kappaleen kykyä vastustaa voimaa, kun sitä puristetaan kasaan pystysuunnassa pyrkien saamaan kappale antamaan periksi. Puristuslujuus on tärkeä tieto erilaisten rakenteiden valmistamisessa, jotta niistä saadaan tarpeeksi kestäviä. Mikäli rakenteen puristuskestävyys jää liian heikoksi, se romahtaa.

Betonin soveltuvuus rakennustöihin varmistetaan yleensä puristuslujuutta tutkimalla. Tällä hetkellä suurin osa kierrätysbetonista menee maanrakennukseen eikä siltä vaadita yhtä suurta puristuslujuutta kuin vaikka sillan pilareissa.

## 5.5 Kovuus

Kovuus on mekaaninen ominaisuus, jolla tarkoitetaan materiaalin kykyä vastustaa muodonmuutosta eli naarmuuntumista, kulumista, leikkaantumista tai jopa taivutusjäykkyyttä. Siihen vaikuttavat kuitenkin lisäksi erilaiset muut tekijät, kuten materiaalin sitkeys ja kimmoiset ominaisuudet, joten näin ollen kovuus ei ole varsinaisesti materiaaliominaisuus. Kovuuden mittaaminen on helppoa ja nopeaa ja siihen löytyy lukuisia eri testaustapoja, joista tavanomaisimpia on myöhemmin esiteltynä.

## 5.6 Sitkeys

Materiaalin sitkeyttä voidaan määrittää useammalla eri tavalla. Yksi tapa on kuvata aineen venymä vetokokeella saadusta jännitys-venymäkäyrästä, jossa nähdään sen venymä murto- tai myötörajalalle. Toisaalta myös raaka-aineen iskulujuus kertoo sen sitkeydestä. Tuotteen valmistuksessa näitä ominaisuuksia voidaan parantaa vastaamaan sille asetettuja vaatimuksia. Silloin on otettava huomioon, että esimerkiksi lujittamalla valmistusraaka-ainetta voidaan sille saada lisää iskunkestävyyttä mutta samanaikaisesti sen venymä pienenee. Lämpötilalla voi myös olla merkittävää vaikutusta aineen sitkeyteen. Jotkut materiaalit, kuten polypropeeni (PP) sekä polyamidi (PA) muuttuvat hauraiksi lämpötilan laskiessa pakkasen puolelle. Tällöin tuotteen iskusitkeyttä on mahdollista parantaa merkittävästikin sekoittamalla mukaan lisäaineita kuten EPDM (eteeni-propeenikumi), jota esimerkiksi auton korin osissa käytetään. (Bruder 2014, 22.)

## 5.7 Kemikaalien kesto

Muoviraaka-aineiden kesto eri kemikaaleja vastaan vaihtelee laajasti keskenään, joka on tärkeää huomioida, kun tuotteelle valitaan valmistusmateriaalia. Tämä pätee myös kierrätysmateriaaleihin silloin kun niille suunnitellaan jatkokäyttöä. Käyttökohteesta riippuen kemikaalien

kesto saattaa siis olla hyvinkin ratkaiseva ominaisuus raaka-ainevalinnassa, kuten seuraavista esimerkeistä voi todeta.

Polypropeeni (PP) lukeutuu harvoin muoviraaka-aineisiin, joka kestää vahvoja happoja esimerkiksi rikkihappoa. Tämän vuoksi sitä voidaan hyvin käyttää autojen koteloinnissa. Fluorimuoveilla on paras kemikaalien kesto yhdistettynä korkeaan lämpötilan keston. Lisäksi polytetrafluorieteeni (PTFE), joka paremmin tunnetaan kauppanimellään Teflon, on elintarvikehyväksytty ja sitä käytetäänkin muun muassa paistinpannujen päällystyksessä. Toisaalta taas polyeteenitereftalaatti (PET) ei kestä kemiallisesti hajoamatta yli 60 asteen lämpötiloja, jolloin sitä ei voida käyttää esimerkiksi tuttipulloissa, joiden tulisi kestää keittämistä. (Bruder 2016, 25.)

## 5.8 Sähköiset ominaisuudet

Valtaosa muoveista toimivat hyvin eristeinä ja niiden sähköisten ominaisuuksien mittaamiseen löytyy useita testimenetelmiä. Raaka-aineesta voidaan mitata sen eristysominaisuus esimerkiksi läpilyöntijännitteenä tai pinnalla kulkevien ryömimisvirtojen mukaan. Tyypillisiä valmistajan ilmoittamia materiaalitietoja ovat eristävyys, ominaisvastus, pintavastus ja pintavirran kesto. Polyvinyylikloridin (PVC) alhainen hinta ja sähköinen eristyskyky ovat nostaneet sen ensisijaiseksi materiaaliksi kaapeleiden valmistuksessa. Silloin kun tuotteelta vaaditaan hyvien sähköisten ominaisuuksien lisäksi korkeiden käyttölämpötilojen kesto, ovat PA66 (polyamidi) sekä polybuteenitereftalaatti (PBT) hyviä vaihtoehtoja. Lisäksi näistä materiaaleista on mahdollista valmistaa myös palosuojattuja tuotteita. (Bruder 2016, 25–26.)

Osa muoveista toimiikin johteena ja muoveihin on mahdollista lisätä aineita jotka parantavat sen sähkönjohtamista. Tällöin voidaan esimerkiksi vähentää riskiä staattisista sähköiskuista, jotka olisivat elektroniikkateollisuuden komponenteille erittäin haitallista. Muoveja useammin johteeksi käytetään metalleja ja kierrätysmetallit sopivat aivan yhtä hyvin kuin neitseellinen metalli.

## 6 TESTAUSMENETELMÄT

Materiaaleja voidaan testata monin tavoin ja osa testeistä voidaan suorittaa lopulliseen tuotteeseen ja joihinkin testeihin on kyseisestä materiaalista valmistettava erillinen testikappale. Erillisten testikappaleiden muodoille ja mitoille on olemassa omia standardeja. Testejä voidaan jakaa rikkomattomaan aineenkoetukseen ja rikkovaan aineenkoetukseen. Olemme valinneet osan menetelmistä selvitettäväksi seuraavissa kappaleissa. Emme ole pyrkineet avaamaan kaikkia mahdollisia testausmenetelmiä tähän opinnäytetyöhön. Uusia yhdistelmäateriaaleja sekä käyttötarkoituksia keksiessä voi olla tarpeen kehittää uusia testausmenetelmiä tai muuttaa vanhoja.

### 6.1 Raekokojakauma

Rakeisesta materiaalista voidaan selvittää sen raekoko erityisillä seuloilla ja suodattimilla. Niillä voidaan materiaalia lajitella koon ja rakenteen mukaan. Materiaalivirroista voidaan erotella halutun kokoiset rakeet juuri tiettyä käyttöä varten. Raekoko voi määritellä esimerkiksi maanrakennukseen soveltuvan lopputuotteen laadun. Haluttu raekoko saadaan kun materiaali siivilöidään valittujen seulojen läpi joissa on sopiva silmäkoko. (Cemis 2017.)

### 6.2 Vetokoe

Vetokoe on yleisimmin käytetty mekaanisten ominaisuuksien testausmenetelmä. Vetokokeessa koesauva vedetään siihen suunnitellulla esimerkiksi kuvan 1 mukaisella laitteella. Kappale asetetaan laitteeseen, jossa sitä vedetään päistään vastakkaisiin suuntiin kunnes se menee poikki. Vetokokeen mittaustuloksena saadaan jännitys-venymäkuvaaja, josta voidaan määrittää tärkeitä raja-arvoja, kuten materiaalin kimmokerroin, myötö- ja murtolujuus sekä murtovenymä. Koetulokset antavat siis tietoa materiaalin lujuus-, jäykkyys- ja sitkeysominaisuuksista. (Järvelä & Heikkinen 2005.)



KUVA 1. Vetokone, jossa leukojen välissä tutkittava materiaali (JD Dvořák2017)

### 6.3 Puristuslujuuskoe

Puristuslujuutta voidaan myös testata kuvan 1 tapaisella laitteella jossa on puristuksen tunnistavat voima-anturit ja leukojen sijaan työkalupäät, joilla puristetaan koekappaletta. Puristuslujuuskokeessa koekappale joko murtuu tai nurjahtaa puristavan voiman eli puristusjännityksen johdosta.

#### 6.4 Iskulujuuskoe

Iskulujuuskokeella mitataan energiaa, joka tarvitaan kappaleen murtumiseen. Iskukokeissa käytetään suurta nopeutta ja ne toteutetaan tavallisesti heilurivasaralla varustetulla laitteella (kuvio 6). Koekappaleet ovat sauvamaisia ja kokeessa ne katkaistaan vasaralla. Izod-menetelmää käytettäessä koekappale asetetaan mittalaitteeseen pystyasentoon, kun taas Charpy-menetelmällä vaaka-asentoon. Molemmissa tapauksissa koekappale voi olla joko lovettu tai loveamaton.

Kokeeseen liittyy paljon epävarmuustekijöitä, joiden vuoksi koetuloksiin on suhtauduttava varauksella sekä tehtävä riittävä määrä rinnakkaismittauksia. Tuloksista selviää materiaalin loviherkkyys ja niistä saatavaa tietoa voidaan käyttää eri materiaalien vertailuissa keskenään. (Järvelä & Heikkinen 2012.)

## 6.5 Kovuuskoe

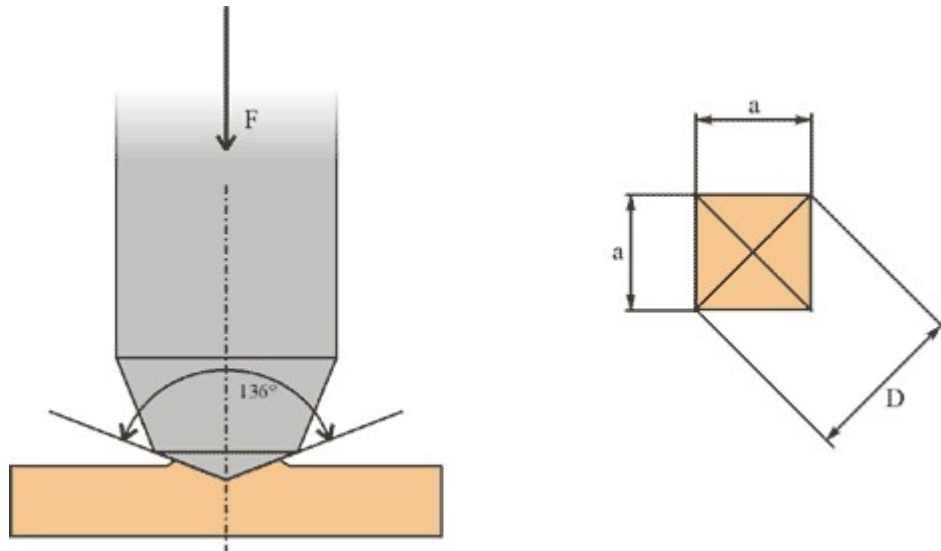
Materiaalien kovuutta voidaan määrittellä useilla eri tavoilla. Yksinkertaisin näistä on Mohsin menetelmä, jossa verrataan aineiden kykyä naarmuttaa toisiansa niiden hankautuessa yhteen. Muita tapoja on mitata kappaleesta koelaitteen jättämän painauman syvyys tai pinta-ala tietyllä voimalla ja pitoajalla, jolloin kovuus esitetään painauman koon tai kimmahdusnopeuden mukaan. Edellä mainittuja testausmenetelmiä ovat Vickers, Rockwell ja Brinell. Näissä kaikissa on käytössä eri vaihteluvälit koskien käytettyä kuormaa sekä painimen geometriaa. Kimmahdusmenetelmässä käytetään vaihteluvälinä iskukappaleen painoa.

### 6.5.1 Mohsin kovuus

Saksalainen Friedrich Mohs kehitti vuonna 1822 nimensä mukaisen materiaalien kovuusasteikon, jossa kymmenen perusmineraalia on asetettu kovuutensa mukaiseen järjestykseen asteikolla 1 – 10 siten, että kovin aine eli timantti on 10. Asteikolla siis kovempi mineraali naarmuttaa pehmeämpää. Näytteen kovuus voidaan määrittellä naarmuttamalla sitä asteikolla olevilla materiaaleilla, jonka perusteella se voidaan sijoittaa Mohsin asteikolle. (Schumann 1989, 20–21.)

### 6.5.2 Vickers-kovuus

Vickersin menetelmä sopii käytettäväksi niin koville kuin pehmeillekin materiaaleille ja se on mahdollista suorittaa myös ohuille kappaleille. Kokeessa näytettä painetaan pyramidin muotoisella timanttikärjellä tietyllä voimalla ja sen jälkeen mitataan muodostuneesta painaumasta halkaisijat (kuvio7). Kovuusluku saadaan laskemalla kuormituksen ja painauman pinta-alan suhde. (Niemi 2010, 9–10.)



KUVIO 7. Käytettävä timanttipyramidi ja kovuusmittausjälki (Tampereen teknillinen yliopisto 2005a.)

### 6.5.3 Brinell-kovuus

Brinellin kovuuskoe on ruotsalaisen Johan August Brinellin vuonna 1900 kehittämä menetelmä materiaalien kovuuksien vertailuun. Kokeessa käytetään testattavasta aineesta riippuen joko teräs- tai kovametallikuulaa, jota painetaan koemateriaalia vasten tietyllä voimalla mittausajan ollessa vakio. Painauman halkaisija mitataan kahdessa toisiaan vastaan kohtisuorassa suunnassa. Materiaalin kovuus lasketaan käytetyn voiman suhteena syntyneen kuopan pinta-alaan ja tulos ilmoitetaan HB lukuna. Teräskuulaa käytetään kovuuksille 450 HB saakka ja sen jälkeen siirrytään kovametallikuulan käyttöön (HBW) aina kovuuteen 650 HBW saakka. Alla esitetyn kaavan 1 mukaan lasketaan Brinell-kovuus. (Niemi 2010, 8.)

$$HBW = 0.102 \frac{2F}{\pi D \left( D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)}$$

KAAVA 1. Yhtälö Brinell-kovuuden laskemiseksi (Niemi 2010, 8)



Kaavassa:

$F$  = painamiseen käytetty voima (Newton)

$D$  = painimen halkaisija (mm)

$d$  = painauman halkaisija (mm)

#### 6.5.4 Rockwell-kovuus

Rockwellin kovuuskokeessa käytettävän menetelmän esitti itävaltalainen professori Ludwig. Tällä testausmenetelmällä aineen kovuus mitataan painuman syvyyden muutoksen mukaan. Kokeessa käytetään joko timanttikartiota tai teräskuulaa, jota painetaan testattavaan materiaaliin ensin esikuormalla ja sen jälkeen varsinaisella mittakuormalla. Silloin, kun painamisessa käytetään teräskuulaa, on kyse Rockwell B-kovuudesta ja timanttikartiota käytettäessä puhutaan Rockwell C-kovuudesta. Rockwellin menetelmän etuuksina on sen nopeus, tarkkuus sekä mittaajasta riippumaton tulos. Se soveltuu hyvin kovien aineiden mittaamiseen. (Tampereen teknillinen yliopisto 2005a.)

## 7 TESTIEN STANDARDOINTI

Standardi tarkoittaa jonkun työryhmän laatimaa ohjeistusta, joka on hyväksyttystandardoinnista huolehtivan viranomaisen tai jonkin muun elimen toimesta. Standardit ovat saatavilla julkisesti ja käyttäminen on vapaaehtoista, kuitenkin niiden tarkoitus on helpottaa elämää. Standardit voivat yhtenäistää käytäntöjä, lisätä tuotteiden yhteensopivuutta, helpottaa kansainvälistä kauppaa ja suojella ympäristöä. Tämän opinnäytetyön standardit ovat joiltakin osin De facto-standardeja. Ne ovat ohjeistuksia ja suosituksia tai käytännössä hyväksi havaittuja tapoja, eikä niitä ole laadittu standardoimisjärjestöissä. (SFS 2013, 7.)

Erilaiset testausmenetelmät ovat standardoitu, jotta niiden tulokset ovat verrattavissa keskenään ja materiaalivaihtoehtoja voidaan vertailla muista eroista huolimatta. Tässä työssä yksi tavoitteista oli etsiä jo olemassa olevista virallisista standardoiduista testeistä ne jotka ovat käytännöllisiä ja antavat tarvittavan tiedon. Materiaaleja voi testata hyvin monin tavoin, mutta tarkoituksettomat testit olisivat vain ajan sekä rahan tuhlausta. Turhien tuloksien analysointi veisi aikaa ja häittäisi tuottavaan toimintaan keskittymistä.

Olemassa olevien standardien edestä löytyy erilaisia kirjainyhdistelmiä, jotka viittaavat siihen organisaatioon, jossa standardissa laadittu teksti on vahvistettu. Tunnus SFS (Suomen Standardisoimisliitto) tarkoittaa Suomessa vahvistettua ja EN eurooppalaisessa CEN:ssa (Comité Européen de Normalisation), vahvistettua standardia. Tunnus ISO (International Organization for Standardization) viittaa kansainvälisessä standardisoimisjärjestö ISO:ssa julkaistuun standardiin. Yhdistelmämerkinnöissä SFS-EN tarkoittaa, että kyseinen standardi on voimassa sekä Suomessa että Euroopassa, SFS-ISO on vahvistettu sekä Suomessa että ISO:ssa ja SFS-EN ISO puolestaan on kaikkien kolmen organisaation vahvistama. (SFS 2017.)

## 7.1 Kierrätysbetonin testaamisen standardit

Betonia jota uudelleen käytetään murskattuna maanrakennukseen käsitellään standardin SFS5884 mukaan (SFS 5884 2001).

Maanrakennukseen hyödynnettäviä materiaaleja koskee myös MARA-asetus eli "Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa". Asetus on alun perin vuodelta 2006 ja sitä on 2010-luvullaryhdytty uudistamaan ja mahdollisesti tänä keväänä tai kesänä uudistus astuu voimaan. Asetuksessa kerrotaan esimerkiksi jätteen haitallisten aineiden pitoisuus ja liukoisuus, jotka eivät saa ylittää säädettyjä raja-arvoja. Jäte ei saa sisältää epäpuhtauksia tai muitakaan haitallisia aineita siten, että sen hyödyntämisestä voisi aiheutua vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle (Finlex 2006). Uudistuksen jälkeen voi olla, että pohjavesialueella voi käyttää uusiomateriaaleja maanrakennuksessa, kunhan ne ovat todistetusti riittävän puhtaita. MARA-asetuksen mukaisesti pitää tehdä ilmoitus josta selviää seuraavat asiat:

*1) hyödyntämispaikan haltijan nimi ja yhteystiedot;*

*2) tiedot hyödyntämispaikan sijainnista sekä sen läheisyydessä sijaitsevista pohjavesialueista ja niiden luokista sekä vedenottoaikoista ja vesistöistä;*

*3) tiedot maarakentamista koskevasta maankäyttö- ja rakennuslain, yleisistä teistä annetun lain tai maantielain mukaisesta suunnitelmasta, ilmoituksesta tai luvasta;*

*4) jätteen luovuttajan nimi ja yhteystiedot;*

*5) jätteen nimike ja selvitys siitä, että asetuksen liitteessä säädettyt raja-arvot alittuvat;*

*6) jätteen määrä;*

*7) selvitys jätettä sisältävästä rakenteesta, peittämiseen tai päällystämiseen käytettävästä materiaalista, varastoinnista ja muusta toiminnasta hyödyntämispaikalla sekä näihin liittyvistä tarpeellisista suojaustoimista;*

*8) ajankohta, jolloin hyödyntäminen maarakentamisen aikana alkaa ja päättyy (Finlex 2006).*

Betonia, jota ei murskata vaan käytetään uudelleen ehjinä elementteinä, on tutkittava, jotta varmistutaan niiden soveltuvuudesta

esimerkiksi asuinrakennuskäyttöön. Betonielementtiä tutkitaan standardien SFS-EN 13791, SFS-EN 12504-1 ja SFS-EN 12390-3 mukaisesti porausnäytteillä ja puristuslujuuden kokeilla. Poraukset on suoritettava huolella, ettei tutkimuksella aiheuta lisääntyviä vaurioita betoniin. (Suomen Betoniyhdistys 2017, 1-3.)

Uudelleenkäytön mahdollisuudesta kertoo paljon jo se, minkä vuoksibetonielementeistä rakennettu rakennelma puretaan. Jos rakennelma puretaan heikentyneen turvallisuuden takia, esimerkiksi murtumien takia, niin betonielementtejä ei voida käyttää kuin murskana.

## 7.2 Kierrätystiilen testaamisen standardit

Tiilimurskan käyttöön maanrakennuksessa on otettava huomioon samat säännökset kuin betonimurskankin kanssa. PHJ edellyttää ainakin siirtokirjan täyttämistä vastaanottaakseen tiilijätettä, josta selviää jätteen alkuperä, ominaisuudet, jäteluokittelu ja kaatopaikkakelpoisuus. Käytettyjen tiilien sekaan menee helposti myös laastia. Silmämääräisten tutkimuksien lisäksi on tehtävä muitakin selvityksiä. Tarvittaessa tiilille voisi tehdä puristuslujuuskokeita maanrakennusta ja betoniin sekoittamista varten sekä kemiallisia analyyseja että liukoisuustestejä epäpuhtauksien takia. Tiilimurskan on täytettävä standardin SFS 5884 vaatimukset, ainakin mikäli se sekoitetaan betonimurskan sekaan, jolloin tiiltä saa olla seoksessa maksimissaan 30 painoprosenttia (SFS 5884 2001).

Tiilien uudelleenkäyttö on vielä niin pienimuotoista, ettei sille ole muuta varsinaista ohjetta kuin, että silmämääräisesti tarkistetaan, ettei seassa ole muuta jätettä, kuten nokea, öljyä tai mahdollisesti muita haitallisia aineita. Tiileen jääneet epäilyttävät aineet on lähetettävä tutkittaviksi asian varmistamiseksi tai valittava joukosta puhtaimmat tiilet uudelleenkäyttöön. Kiinnostus vanhoja tiiliä kohtaan on kuitenkin huomattu myös tiilitehtailla, jotka ovat ottaneet tuotantoon vanhan näköiset tiilet. Osa kierrätystiiliä harkitsevista päätyykin uusiin tiiliin, jotka vain näyttävät vanhoilta.

### 7.3 Kierrätyskipsilevyn testaamisen standardit

Kipsilevyjen kierrätys on toimiva teollinen symbioosi Päijät-Hämeen Jätehuollon ja Gypsum Recycling International A/S välillä. PHJ toimittaa kipsit ja kipsilevyt mahdollisimman puhtaana eteenpäin eikä ota vastaan kierrätykseen kuitukipsilevyjä. Tarkistukset tehdään silmämääräisesti ja kipsiä tuovien yritysten on täytettävä siirtokirja. Voimaloista saatavan kipsin vakuutetaan olevan puhdasta ja se voidaan tarkistaa kemiallisilla analyyseilla.

### 7.4 Kierrätysposliinin testaamisen standardit

Posliinia on vielä tähän mennessä kerätty pieniä eriä. Isoista kylpyhuone-saunerauskohteista voisi tulla enemmänkin lajiteltua posliinia. Isot posliinituotteet on helppo tunnistaa silmämääräisesti ja niistä muovin sekä metallin erottaminen käy sujuvasti. Posliinia voidaan murskana uusiokäyttää eikä ole tarvetta ainakaan vielä tarkemmille laadullisille tutkimuksille. Tiedämme posliinin raaka-aineiden perusteella sen kovuusluokan ja koostumuksen tarvittavan tarkasti. Tarvittaessa posliinimurskalle voisi tehdä puristuslujuuden kokeita.

### 7.5 Kierrätyslasiin testaamisen standardit

Lasia on kierrätetty pitkään ja se on toimiva systeemi. Kierrätyslasi on yhtä hyvää laadultaan kuin neitseellinen lasi. Parantamista olisi kierrätysprosentin nostamisessa ja se tulee aina vain ajankohtaisemmaksi kaatopaikkojen vähentämisen sekä kiertotalouden kehityksen myötä. Energiaa säästyy valmistuksessa kun käytetään kierrätyslasiä, sillä kertaalleen sulatettu lasi sulaa matalammassa lämpötilassa kuin raaka-aineista sekoitettu mänkki (Vares & Lehtinen 2007, 101).

Kierrätyslasiin testaaminen suoritetaan kuten neitseellisen lasin. Kokeet suoritetaan perustuen siihen mihin käyttöön lasituote tulee ja mitä ominaisuuksia siltä siten vaaditaan. Standardin SFS-EN 356 mukainen iskulujuuden testaus on eräs tapa. Kyseisessä standardissa käsitellään

tasomaista turvalasia ja sen kestävyyttä ilkeivallan tai murtautumisyhtiön kohteena (SFS-EN 356 2000). Rakennuslasien, esimerkiksi ikkunoiden ja lasiovien, palonkestävyyttä testataan standardin SFS-EN 357 mukaisesti (SFS-EN 357 2005).

#### 7.6 Kierrätettävän bitumikattohuovan ja asfaltin testaamisen standardit

Kierrätetty asfaltti on käyttökelpoista tienpäällystettä ja bitumikattohuopa sopii muokattuna hyvin yhdeksi asfaltin raaka-aineista. Kierrätysasfaltin kanssa on tärkeää muistaa että asfalttityyppejä on useita ja niin niiden ominaisuudet vaihtelevat. Moottoritietä kerätty asfaltti eroaa parkkipaikalta kerätystä ja niiden sekoituessa jätekeskuksella menetetään osa aiemmin suunnitellusti valmistetuista ominaisuuksista (Lämsä 2005,11). Asfaltin testaamiseen on olemassa moniosainen standardi SFS-EN 12697. Kyseisillä standardeilla ohjeistetaan eri tavoin testaamaan asfaltin eri ominaisuuksia. Esimerkiksi standardin SFS-EN 12697-6 mukaan selvitetään kuinka asfalttinäytteen kappaleitiheys määritetään ja standardissa SFS-EN 12697-23 ohjeistetaan asfalttinäytteen halkaisuvetolujuuden määrittämisessä (SFS-EN 12697-6 2012;SFS-EN 12697-23 2004).

#### 7.7 Tuhkien testaamisen standardit

Jätteen-, kivihiilen-, turpeen ja puunpoltosta syntyvien tuhkien haitta-ainepitoisuuksia on vaikea ennustaa ja pitää niitä tasalaatuisina. Tuhkista pitää ottaa näytteitä ja lähettää tutkittavaksi. Näytteet otetaan kairaamalla tuhkakasasta eri kohdista ja syvyyksistä näytteitä. Tällä tavoin saadaan laaja-alaisemmin tutkittua koko kasan pitoisuuksia. Tuhkanäytteistä otetaan kemialliset analyysit ja raskasmetallien analyysit sekä tehdään liukoisuustestejä esimerkiksi icp-analyysi ja cen-ravistelutesti (Korpijärvi ym. 2009, 28). Standardissa SFS-EN 13656 käsitellään jätteiden karakterisointia ja ohjeistetaan standardin mukaiseen näytteenottoon mikroaaltohajotusta varten (SFS-EN 13656 2003).

Tuhkista osa sisältää raskasmetalleja ja muita haitallisia aineita enemmän kuin säädöksissä on raja-arvoksi laitettu ja siksi niitä ei voida hyödyntää. Toisaalta jos lakia muutetaan ja raja-arvoja nostetaan hyötykäytön lisäämiseksi, pitää kuitenkin huolehtia, ettei maaperää ja pohjavesiä pilata. Hankaluutena on että haitta-aineiden liukeneminen maaperään, vesistöihin ja pohjaveteen tapahtuu hitaasti sekä niiden havaitseminen ja erityisesti poistaminen on työlästä. Paremmaksi vaihtoehdoksi jää, että voimalaitoksien polttoprosessia kehitetään ja saadaan hallittua niin, että haitta-aineiden määrä pysyy riittävän alhaisena.

### 7.8 Kierrätysmetallin testaamisen standardit

Metallin kierrätystä on tehty jo vuosia ja siinä on kehitytty kun siihen on panostettu uutta lajittelutekniikkaa ja kierrätyksen edut on nähty selvinä. Kierrätysmetallin laatu on kiinni lajittelun tarkkuudesta ja lopulta tuotteissa hyvästä suunnittelusta sekä sopivan metallin valinnasta.

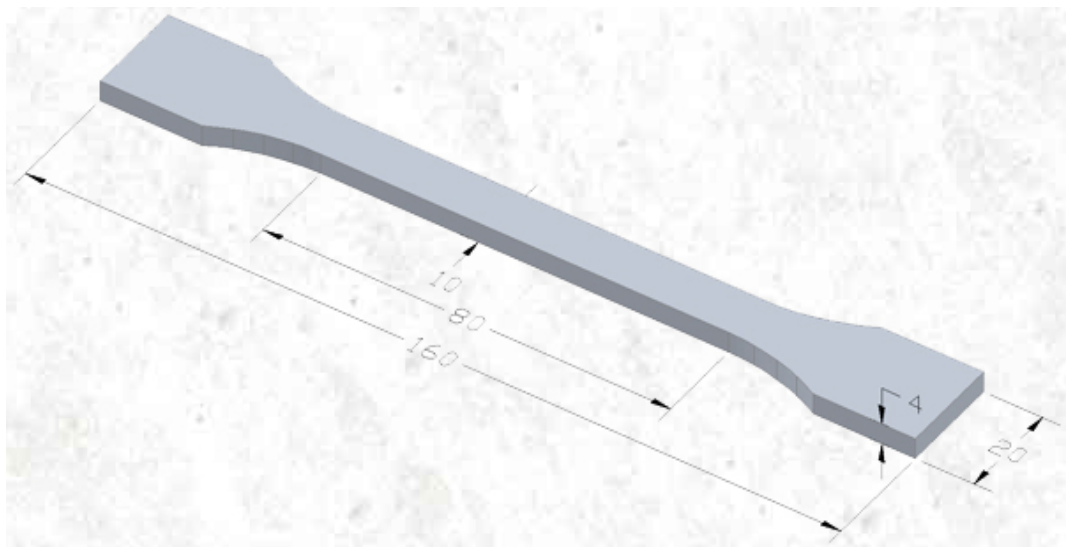
Kierrätysmetalleille voidaan tehdä kovuusmittauksia esimerkiksi Vickers ja Rockwell tai vetolujuuskokeita. Ainetta rikkomattomia testejä metallituotteelle ovat SFS-EN ISO 5579 standardin mukaisesti röntgen- tai gammasäteilyllä radiografinenkuvaus tai pintapuolisesti sekä edullisemmin suoritettava magneettijauhetarkastus standardin SFS- EN ISO 9934–1:2016 mukaisesti (SFS-EN ISO 5579 2014; SFS- EN ISO 9934–1:2016 2016).

### 7.9 Kierrätysmuovien testaamisen standardit

Tässä työssä on keskitytty muovien osalta niiden mekaanisten ominaisuuksien testaamisen standardointiin, kun halutaan tietoa niiden fyysisestä kestävydestä erilaisissa rasituksissa. Yhtenä tärkeimpänä näistä on vetokoe, josta saadaan kerralla paljon oleellista tietoa materiaalin ominaisuuksista, kuten lujuudesta, sitkeydestä ja jäykkyydestä. Lisäksi määritellään standardit iskulujuuden suorittamiselle sekä kovuuden mittaamiselle.

### 7.9.1 Muovien vetolujuuden testaamisen standardit

Muovien vetolujuus testataan standardin SFS-EN ISO 527 mukaisesti suoritettulla vetokokeella, jossa käytetään standardissa SFS-EN ISO 20753:2014 määriteltyä ruiskuvalettua kuvion 8 tyyppistä vetosauvaa (SFS-EN ISO 20753:2014). Standardeista SFS-EN ISO 527-1 – 527-5 löytyy määritelmät testausmenetelmille ja -olosuhteille eri sovelluksille. Testi sopii käytettäväksi kerta- ja kestopuoveille, niin amorfisille kuin osakiteisillekin materiaaleille. Se sopii myös sovelluksille, jotka sisältävät täyte- ja lujiteaineita. Koetuloksista voidaan määrittää materiaalin vetolujuus, myötö- ja murtorajat, murtovenymä sekä kimmomoduuli. Samalla testissä syntyneestä jännitys-venymäkuvaajasta saadaan tietoa materiaalin sitkeydestä ja jäykkyydestä. (SFS-EN ISO 527-1 2012.)



KUVIO 8. Vetokoesauvalle on määritetty standardin mukaiset mitat (Sastamalan koulutuskuntayhtymä 2017)

### 7.9.2 Muovien iskulujuuden testaamisen standardit

Muovien iskulujuutta testataan Izod-iskulujuuskokeen mukaisesti, joka on määritelty standardissa SFS-EN ISO 180:2001. Standardissa on esitetty



kokeen suorittamistapa sekä siinä käytettävä koekappale. Standardin mukainen testaus sopii sekä kerta- että kestopuoveille mukaan lukien ne materiaalit, jotka sisältävät täyte- ja lujiteaineita. (SFS-EN ISO 180:2001.)

### 7.9.3 Muovien kovuuden testaamisen standardit

Muovien kovuutta mitataan SFS-EN ISO 2039-2 mukaan määritellyllä Rockwellin kovuuskokeella. Standardista löytyy ohjeet kokeen suorittamiseksi sekä oikean koekappaleen käyttöön. Rockwellin testissä on käytössä skaalat M, L ja R, joista pehmeille muoveille soveltuu paremmin käytettäväksi L ja koviille muoveille R. (Kurri, Malén, Sandell & Virtanen 1999, 193; SFS-EN ISO 2039-2 1999.)

## 8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön yksistä haasteista oli keksiä eri kierrätysmateriaaleille sopivia käyttötarkoituksia ja miettiä kuinka parhaiten kyseisen materiaalin soveltuvuutta voidaan testata. Testausmenetelmiä on useita ja materiaalit olivat todella erilaisia. Tässä opinnäytetyössä materiaalit oli valikoitunut osin sen mukaan mitä Kujalan jätekeskuksella oli hyötyjätteinä.

Tulevaisuudessa kiertotalousmallin mukaisessa materiaalikirjastossa olisi niitä materiaaleja, joita teollisuus tarjoaa, jotka voivat poiketa tässä työssä aiemmin esitellyistä.

Luonnonvarojen vähentymisestä seuraisi maailmanlaajuinen kriisi, johon pitää puuttua vielä kun on mahdollisuus. Liiallinen kauhun levittäminen lamaannuttaa, joten on tärkeää tarjota ratkaisuja, joilla voidaan helpottaa tilannetta. Kuluttajien asenteissa on vielä paljon muuttumisen varaa. Vauriissa maissa voidaan nauttia kertakäyttökulttuurista, jonka seuraukset näkyy tällä hetkellä selvimmin maissa, joihin tuotanto on keskittynyt. Luonnonvarojen vähentyminen näkyy koko maailmassa ja ympäristökatastrofit herättävät viimeisetkin kertakäyttökulttuurin kannattajat ymmärtämään resurssien rajallisuuden. Silloin meidän on yhteiskuntana joko palattava ajassa paljon taaksepäin teollistumista edeltävään aikaan tai vaihtoehtoisesti luotava ennen luonnonvarojen loppumista toimiva kiertotalousmalli.

Jäte nimityksen pelkääminen tehokkaassa kiertotaloudessa on yksi hidaste. Kotitalouksissa tapahtuva lajittelu on lisännyt kuluttajien tietoisuutta materiaalien uusiokäytöstä ja helpottaa näkemään ne muuna kuin jätteenä. Materiaalien tutkiminen ja standardoiduilla kokeilla hyväksi sekä toimivaksi osoittaminen vähentää ennakkoluuloja. Esimerkiksi kuluttajille on tärkeää se, ettei materiaalista irtoa käytössä jotain myrkkijä olipa kyse elintarvikkeiden yhteydessä käytettävästä tuotteesta tai muusta käyttöesineestä.

Esimerkiksi betonielementtien käyttö maanrakennukseen on tuhlausta, jos ensin niiden valmistukseen on käytetty paljon energiaa ja resursseja.

Elementti on vielä valmistettu tietyn muotoiseksi ja maanrakennukseen se taas murskataan pieniksi palasiksi. Tuohon käyttöön kun saattaa sopia yhtä hyvin ne vähemmän jalostetut materiaalit. Toki jos toinen vaihtoehto on pelkästään läjittää materiaali jätekeskukseen, niin maanrakennus on jo jotain uusiokäyttöä. Voidaan myös ajatella, että kaikkea ei tarvitse ostaa itselle ja omistaa vaan vuokraaminen, lainaaminen ja yhteisomistaminen ovat hyviä vaihtoehtoisia ratkaisuja. Nykyistä useammin vanha tuote voitaisiin korjata sen sijaan että se hylätään käytöstä.

Seuraavaksi tuotteiden suunnittelijoiden pitää olla ajan tasalla ja tietoisia mahdollisuuksista sekä rajoituksista. Huonolla suunnittelulla hyväkin materiaali näyttäytyy huonossa valossa. Materiaalikirjastoon lisättävien näytteiden olisi hyvä olla helposti prosessoitavia, puhtaita ja monikäyttöisiä. Se, mikä on hyvää prosessoitavuutta riippuu sitten teollisuudessa käytössä olevista työkoneista. Materiaalit voisivat mahdollistaa kestäväen kehityksen mukaisia laadukkaita tuotteita.

Innovaatioita syntyy rohkeasti kokeilemalla uusia asioita. Näin myös uusia materiaaleja voi syntyä kun laitetaan yhteen aiemmin jätteenä nähtyjä materiaaleja ja yhdessä ne muodostavatkin toimivan sekä arvokkaan kokonaisuuden. Tämän uuden materiaalin voi löytää tulevaisuudessa uudesta materiaalikirjastosta.

## LÄHTEET

### PAINETUT LÄHTEET:

Bruder, U. 2016. Hyvä tietää muovista osa 24. Muovituotteiden ominaisuuksien määrittely. MuoviPlast 2/2016, 25 – 26.

Kurri, V., Malén, T., Sandell, R. & Virtanen, M. 1999. Muovitekniikan perusteet. Helsinki: Hakapaino Oy.

Schumann, W. 1989. Jalokivet ja korut. Keuruu: Otava.

SFS 5884, 2001. Betonimurskeen maanrakennuskäytön laadunhallintajärjestelmä. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

SFS-EN 12697-6, 2012. Asfalttimassat. Testausmenetelmät. Osa 6: Asfalttinäytteen kappaletiheyyden määrittäminen. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

SFS-EN 12697-23, 2004. Asfalttimassat. Testausmenetelmät. Osa 23: Asfalttinäytteen halkaisuvetolujuuden määrittäminen. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

SFS-EN 13656, 2003. Jätteiden karakterisointi. Mikroaaltohajotus fluorivetyhapon, typpihapon ja kloorivetyhapon seoksella näytteen sisältämien metallien määrittämistä varten. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

SFS-EN 356, 2000. Rakennuslasit. Suojalasitus. Murtautumisyrittöksen kestävyden testaus ja luokitus. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

SFS-EN 357, 2005. Rakennuslasit. Palonkestävät lasielementit, joissa läpinäkyvät tai läpikuultavat lasit. Palonkestävyyden luokitus. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

SFS-EN ISO 180, 2001. Muovit. IZOD-iskulujuuden määrittäminen. 3. painos. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

SFS-EN ISO 2039-2, 1999. Plastics. Determination of hardness. Helsinki: Suomenstandardisoimisliitto.

SFS-EN ISO 527-1, 2012. Plastics. Determination of tensile properties. Helsinki: Suomen standardoimisliitto.

SFS-EN ISO 5579, 2014. Rikkomaton aineenkoetus. Metallisten materiaalien radiografinen kuvaus käyttäen filmitekniikkaa ja röntgen- tai gammasäteilyä. Perusohjeet. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

SFS- EN ISO 9934–1:2016, 2016. Rikkomaton aineenkoetus. Magneettijauh tarkastus. Osa 1: Yleisohjeet. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

Stuchtey, M. & Rossé, M. 2016. A New dynamic 2 Effective systems in a circular economy. Towards a regenerative food system. Cowes: Ellen MacArthur Foundation.

#### ELEKTRONISET LÄHTEET:

Ahonen, M. 2013. Kierrätys säännöt hämmentävät - Juomalasi ei olekaan keräyslasia. Yle [viitattu 27.3.2017]. Saatavissa: <http://yle.fi/uutiset/3-6944986>

Amirkabir University of Technology 2017. Impact Test. [viitattu 17.3.2017]. Saatavissa: [http://me.aut.ac.ir/staff/solidmechanics/alizadeh/Impact%20Test\\_files/image011.jpg](http://me.aut.ac.ir/staff/solidmechanics/alizadeh/Impact%20Test_files/image011.jpg)

Betoniteollisuus ry. 2017. Betoni rakennusmateriaalina. Betonin valmistus. [viitattu 20.3.2017]. Saatavissa: <http://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/betoni-rakennusmateriaalina/betonin-valmistus/>

Bruder, U. 2014. Hyvä tietää muovista osa 12. Muovien modifiointi. MuoviPlast. Nro. 2/2014 [viitattu 18.3.2017]. Saatavissa: <http://polymerik.pp.fi/pdf/Osa12-Muovien-modifiointi.pdf>

Cemis.2017. Raekokoon perustuva erottelu: Seulonta, luokittelu ja suodatus [viitattu 20.2.2017]. Saatavissa:

<http://www.cemis.fi/suomeksi/palvelut/analyysi-ja-testauspalvelut/raekokoon-perustuva-erottelu-seulonta-luokittelu-ja-suodatus>

Club of Rome. 2016. The Limits to Growth. [viitattu 2.11.2016].

Saatavissa: <http://www.clubofrome.org/report/the-limits-to-growth/>

Finlex. 2006. Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa. [viitattu 1.2.2017]. Saatavissa:

<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2006/20060591>

Finnsementti Oy. 2017. Sementti. Valmistus.[viitattu 20.3.2017].

Saatavissa: <http://www.finnsementti.fi/sementti/valmistus>

Forstén, L. 2015. Asfaltti –monikäyttöinen ja uudistuva. Infra-alan ympäristöpäivä. [viitattu 24.3.2017]. Saatavissa:

<https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/infra/ajankohtaista/esitysaineistot/ymparistopaiva-23.10.2015/asfaltti--monikayttoinen-ja-uudistuva.pdf>

Heino, A. 2017. Pohjoismaiden suurin lentotuhkan kierrätyslaitos avattiin

Nokialla. Yle. [viitattu 24.3.2017]. Saatavissa: <http://yle.fi/uutiset/3-9519893>

Huuhka, S. 2010 Kierrätys arkkitehtuurissa. Betonielementtien ja muiden rakennusosien uudelleenkäyttö uudisrakentamisessa ja lähiöiden energiatehokkaassa korjaus- ja täydennysrakentamisessa.[viitattu

24.2.2017]. Saatavissa: <http://www.tut.fi/ark/tiedostot/pdfs/D-huuhka.pdf>

JD Dvořák. 2017. [viitattu 16.3.2017]. Saatavissa:

[http://www.testsysteme.cz/obrazky/katalog\\_pro/000193/000385\\_AGSX\\_D\\_SC\\_7483.jpg](http://www.testsysteme.cz/obrazky/katalog_pro/000193/000385_AGSX_D_SC_7483.jpg)

Karjalainen, J. 2015 Asfalttiaseman hiilijalanjälki. Turun

ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö [viitattu 24.3.2017]. Saatavissa:

[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/97359/Karjalainen\\_Joonas.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/97359/Karjalainen_Joonas.pdf?sequence=1)

Kiertoliike. 2016. Kiertoliike etenee. Euroopan aluekehitysrahasto. [viitattu 11.2.2017]. Saatavissa:

<https://kiertoa.wordpress.com/2016/12/07/kiertoliike-etenee/>

Knauf Oy. 2015. Ympäristö, laatu ja turvallisuus. Kipsi. [viitattu 16.2.2017]. Saatavissa: <http://knauf.fi/knauf-oy/ymparisto-laatu-ja-turvallisuus/kipsi/>

Koivisto, M. 2016. S-ryhmä alkaa kerätä tarkempaa tietoa asiakkaista – Kuluttajaliitto tyrmistyi: "Nyt mennään pitkälle yksityiselämän asioihin" Yle [viitattu 10.11.2016]. Saatavissa: <http://yle.fi/uutiset/3-9055737>

Koleva, M. & Nykänen, S. 2016a. Polypropeeni (PP). Tampereen teknillinen yliopisto [viitattu 23.11.2016]. Saatavissa:

[http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/plastics\\_PP\\_FI.pdf](http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/plastics_PP_FI.pdf)

Koleva, M. & Nykänen, S. 2016b. Polystyreeni (PS). Tampereen teknillinen yliopisto [viitattu 24.11.2016]. Saatavissa:

[http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/plastics\\_PS\\_FI.pdf](http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/plastics_PS_FI.pdf)

Kolli, A. 2014. Laserdiffraktiomenetelmän kehitys ja validointi – Ksyyliitin partikkelikoko. Hämeen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. [viitattu 23.3.2017]. Saatavissa:

[https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/80670/Kolli\\_Anni.pdf?sequence=1](https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/80670/Kolli_Anni.pdf?sequence=1)

Korpijärvi, K., Mroueh, U., Merta, E., Laine-Ylijoki, J., Kivikoski, H., Järvelä, E., Wahlström, M. & Mäkelä, E. 2009. Energiantuotannon tuhkien jalostaminen maarakennuskäyttöön. VTT.[viitattu 8.12.2016]. Saatavissa:

<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2009/T2499.pdf>

Köylijärvi, E. 2014. Vaahtolasimurskeen käyttö maa- ja pohjarakentamisessa. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 14/2014. Liikennevirasto. [viitattu 7.12.2016]. Saatavissa:

[http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lts\\_2014-14\\_vaahtolasimurskeen\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lts_2014-14_vaahtolasimurskeen_web.pdf)

Laita, S. 2016. Oy Suomi Ab:n kiertotalouden raamit selville tänä vuonna? Sitra. [viitattu 7.1.2017]. Saatavissa: <https://www.sitra.fi/artikkelit/oy-suomi-abn-kiertotalouden-raamit-selville-tana-vuonna/>

Lakshmi Precision Screws. 2009. Knowledge Center. Strength Characteristics. Mechanical Properties. [viitattu 2.4.2017] Saatavissa: <http://www.lpsindia.com/strength-characteristics-details.aspx#mechanical>

Lahden ammattikorkeakoulu. 2016. Kiertoliike-projekti [viitattu 2.11.2016]. Saatavissa: <http://www.lamk.fi/projektit/kiertoliike/Sivut/default.aspx>

Sastamalan koulutuskuntayhtymä. 2017. Luonnonkuitukomposiittien oppimisympäristön ja koulutuksen kehittäminen. Hankkeen osat. [viitattu 2.4.2017] Saatavissa: <http://www.luonnonkuitu.fi/tietoja.html>

Lämsä, V. 2005. Asfaltin uusiokäyttö tierakentamisessa. [viitattu 30.3.2017]. Saatavissa: <http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf/4000464-vasfaltinuusiokaytto.pdf>

Mansikkamäki, E. 2016. Pellossa kasvaa tiiliä. Maaseudun tulevaisuus. [viitattu 20.3.2017]. Saatavissa: <http://www.maaseuduntulevaisuus.fi/rakentaminen/pellossa-kasvaa-tiili%C3%A4-1.171092>

Monteiro, P. & Jackson, M. 2013. Unlocking the secrets of Al-tobermorite in Roman seawater concrete. Teoksessa Preuss, P. (toim.) Roman Seawater Concrete Holds the Secret to Cutting Carbon Emissions. Berkeley Lab. [viitattu 25.2.2017]. Saatavissa: <http://newscenter.lbl.gov/2013/06/04/roman-concrete/>

Muoviteollisuus ry. 2016. Muovisanastoa [viitattu 23.11.2016]. Saatavissa: <http://www.plastics.fi/fin/muovitieto/sanasto/?ltr=16>



Niemi, P. 2010. Aineen koestus. Tampereen ammattiopisto [viitattu 13.2.2017]. Saatavissa:

[http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/PN\\_jalkikasittely\\_K.pdf](http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/PN_jalkikasittely_K.pdf)

Nykänen, S. 2016. Termoplastiset polyesterit: Polyeteenitereftalaatti (PET) ja polybuteenitereftalaatti (PBT). Tampereen teknillinen yliopisto [viitattu 23.11.2016]. Saatavissa:

[http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/plastics\\_PET\\_PBT\\_FI.pdf](http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/plastics_PET_PBT_FI.pdf)

Peuranen, E. & Hakaste, H. 2014. Rakentamisen materiaalitehokkuuden edistämishjelma. [viitattu 1.3.2017]. Saatavissa:

[https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/135172/YMra\\_17\\_%202014.pdf?sequence=2](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/135172/YMra_17_%202014.pdf?sequence=2)

PHJ. 2016a. Hyötyjätekentät, välivarastointi. [viitattu 16.11.2016].

Saatavissa: <http://www.phj.fi/kujalan-jatekeskus/hyoetyjaetekentaet-vaelivarastointi>

PHJ. 2016b. Jätehuolto kunnittain. [viitattu 30.12.2016]. Saatavissa:

<http://www.phj.fi/asukkaat/jatehuolto-kunnittain>

PHJ. 2016c. Kujalan jätekeskus- Teolliset symbioosit [viitattu 30.12.2016].

Saatavissa: <https://www.phj.fi/kujalan-jatekeskus/teolliset-symbioosit>

PHJ. 2016d. Late-lajittelulaitos. [viitattu 11.1.2017]. Saatavissa:

[https://www.phj.fi/images/Esite\\_LATE\\_lajittelulaitos\\_LOPULLINEN\\_pieni.pdf](https://www.phj.fi/images/Esite_LATE_lajittelulaitos_LOPULLINEN_pieni.pdf)

PHJ. 2016e. Metallit. [viitattu 1.2.2017]. Saatavissa:

<https://www.phj.fi/asukkaat/lajitteluohjeet/metalli>

PHJ. 2017. Bitumikattohuopa. [viitattu 2.3.2017]. Saatavissa:

<https://www.phj.fi/yritykset/lajitteluohjeita/371-bitumikattohuopa>

SFS ry. 2013. SFS käsikirja 1 standardit ja standardointi [viitattu

10.1.2017]. Saatavissa: [http://www.sfs.fi/files/83/KK\\_1\\_2015\\_muokattu.pdf](http://www.sfs.fi/files/83/KK_1_2015_muokattu.pdf)

SFS ry. 2017. SFS, EN, ISO? [viitattu 27.3.2017]. Saatavissa: [https://www.sfs.fi/julkaisut\\_ja\\_palvelut/standardi\\_tutuksi/sfs\\_en\\_iso](https://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/standardi_tutuksi/sfs_en_iso)

Sitra. 2016. Kiertotalous on Suomelle 2,5 miljardin euron mahdollisuus [viitattu 3.11.2016]. Saatavissa: <http://www.sitra.fi/ekologia/kiertotalous>

Suomen Betoniyhdistys ry. Betonin puristuslujuuden selvittäminen valmiista rakenteesta porakappaleiden avulla. [viitattu 10.1.2017]. Saatavissa: <http://www.betoniyhdistys.fi/media/by-ohje-betonin-puristuslujuuden-selvittaminen-valmiista-rakenteesta-porakappaleiden-avulla-6.2.2017.pdf>

Suomen Uusiomuovi Oy. 2017. Minne vien muovipakkaukset [viitattu 1.4.2017]. Saatavissa: [http://www.uusiomuovi.fi/fin/kuluttajalle/minne\\_vien/](http://www.uusiomuovi.fi/fin/kuluttajalle/minne_vien/)

Tampereen teknillinen yliopisto. 2005a. Kovuuskoe. [viitattu 13.2.2017] Saatavissa: [http://www.ims.tut.fi/vmv/2005/vmv\\_2\\_1\\_7.php](http://www.ims.tut.fi/vmv/2005/vmv_2_1_7.php)

Tampereen teknillinen yliopisto. 2005b. Polymeerien ominaisuudet. [viitattu 31.3.2017] Saatavissa: [http://www.ims.tut.fi/vmv/2005/vmv\\_4\\_4\\_2.php](http://www.ims.tut.fi/vmv/2005/vmv_4_4_2.php)

Tukes. 2016. Jätteestä kierrätetyt aineet ja REACH [viitattu 22.2.2017]. Saatavissa: [http://www.kemikaalineuvonta.fi/Documents/reach/esitteet/J%C3%A4ttest%C3%A4Kierr%C3%A4tetytAineet\\_ja\\_REACH.pdf](http://www.kemikaalineuvonta.fi/Documents/reach/esitteet/J%C3%A4ttest%C3%A4Kierr%C3%A4tetytAineet_ja_REACH.pdf)

Tyosuojelu.fi. 2015. Asbesti. [viitattu 24.2.2017]. Saatavissa: <http://www.tyosuojelu.fi/tyoolot/rakennusala/asbesti>

Tähtivaara, A. 2008. Lasin kemiaa verkossa. Helsingin yliopisto. Pro gradu – tutkielma. [viitattu 26.3.2017]. Saatavissa: <http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/ont/tahtivaara-a-2008.pdf>

Törmänen, E. 2014. Betonimurske käyttäytyy kuin pakastemarjat - toimii myös hiilidioksidivarastona. Tekniikka & Talous. [viitattu 16.11.2016]. Saatavissa: <http://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/rakennus/2014-12->

[13/Betonimurske-käyttäytyy-kuin-pakastemarjat---toimii-myös-hiilidioksidivarastona-3257789.html](https://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2404.pdf)

Vares, S. & Lehtinen, J. 2007. Lasipakkausten keräysjärjestelmäntehostaminen ja lasin hyötykäytön ympäristövaikutukset. [viitattu 3.4.2017]. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2404.pdf>

Vehviläinen, J. 2014. Kipsilevy- ja kattohuopajätteiden erilliskeräyksen tunnusluvut ja toiminta uudisrakennus-, saaneraus- ja purkutyömailla. Lahden ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. [viitattu 12.3.2017]. Saatavissa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/86675/Vehvilainen\\_Jani.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/86675/Vehvilainen_Jani.pdf?sequence=1)

Vink. 2017. PVC tekniset tiedot [viitattu 2.2.2017]. Saatavissa: [http://www.tuotteet.vink.fi/media/tuotteet/pvc/vink\\_pvc\\_esite\\_a4\\_web.pdf](http://www.tuotteet.vink.fi/media/tuotteet/pvc/vink_pvc_esite_a4_web.pdf)

VTT. 2015. Betoni, laastit ja tasoitteet [viitattu 1.12.2016]. Saatavissa: <http://www.vttexpertservices.fi/palvelut/testaus-ja-tarkastus/rakentamisen-tuotteet-ja-materiaalit/rakennusmateriaalien-testaus/betoni-rakennusmateriaalit/betoni-laasti-tasoite>

Wienerberger Oy Ab. 2017. Tiili materiaalina. Poltettujen tiilien valmistus. [viitattu 20.3.2017]. Saatavissa: <http://wienerberger.fi/ratkaisut/poltettujen-tiilien-valmistus>

Wikipedia. 2016. Posliini. [viitattu 26.3.2017]. Saatavissa: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Posliini>

Ympäristöministeriö. 2016. Kiertotalous. [viitattu 1.11.2016]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/fi-fi/ymparisto/Kiertotalous>

SUULLISET LÄHTEET

Seppälä, L. 2016. Käsittelypäällikkö. Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy.  
Haastattelu 16.11.2016.

JULKAISEMATTOMAT LÄHTEET:

Järvelä, P. & Heikkinen, R. 2005. Laboraatio-ohje: vetokoe.

Järvelä, P. & Heikkinen, R. 2012. Laboraatio-ohje: iskulujuuskoe (Izod).

## LIITTEET

LIITE 1. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2008/98/EY artiklat 3-6 ja 11

### 3 artikla

#### Määritelmät

Tässä direktiivissä tarkoitetaan

- 1) 'jätteellä' mitä tahansa ainetta tai esinettä, jonka haltija poistaa käytöstä, aikoo poistaa käytöstä tai on velvollinen poistamaan käytöstä;
- 2) 'vaarallisella jätteellä' jätettä, jolla on yksi tai useampi liitteessä III lueteltu vaarallinen ominaisuus;
- 3) 'jäteöljyllä' mitä tahansa mineraalipohjaista tai synteettistä voiteluainetta tai teollisuusöljyä, josta on tullut sopimatonta siihen käyttöön, johon se alun perin oli tarkoitettu, kuten käytettyjä polttomoottoriöljyjä, vaihteistoöljyjä, voiteluöljyjä, turbiineissa käytettäviä öljyjä ja hydraulikkaöljyjä;
- 4) 'biojätteellä' biohajoavaa puutarha- ja puistojäätettä, kotitalouksista, ravintoloista, catering-palveluista ja vähittäisliikkeistä peräisin olevaa elintarvike- ja keittiöjätettä sekä elintarviketehtaista peräisin olevaa vastaavaa jätettä;
- 5) 'jätteen tuottajalla' jokaista, jonka toiminta tuottaa jätettä (alkuperäinen jätteen tuottaja) tai joka suorittaa esikäsittelyä, sekoittamista tai muunlaista toimintaa, jonka tuloksena kyseisen jätteen luonne tai koostumus muuttuu;
- 6) 'jätteen haltijalla' jätteen tuottajaa taikka luonnollista henkilöä tai oikeushenkilöä, jonka hallussa jäte on;
- 7) 'kauppiaalla' mitä tahansa yritystä, joka toimii toimeksiantajana jätteen ostossa ja sen jälkeisessä myynnissä, mukaan lukien kauppiaat, jotka eivät ota jätettä fyysisesti haltuunsa;
- 8) 'välittäjällä' mitä tahansa yritystä, joka järjestää jätteen hyödyntämisen tai loppukäsittelyn toisten puolesta, mukaan lukien välittäjät, jotka eivät ota jätettä fyysisesti haltuunsa;
- 9) 'jätehuollolla' jätteen keräystä, kuljetusta, hyödyntämistä ja loppukäsittelyä, mukaan lukien tällaisten toimintojen valvonta ja loppusijoituspaikkojen jälkihoito sekä kauppiaina tai välittäjänä toteutetut toimet;

10) 'keräyksellä' jätteen kokoamista, mukaan lukien jätteen alustava lajittelu ja alustava varastointi sen kuljettamiseksi jätteenkäsittelylaitokseen;

11) 'erilliskeräyksellä' keräystä, jossa erityyppiset ja ominaisuuksiltaan erilaiset jätevirrat pidetään erillään erityiskäsittelyä helpottamiseksi;

12) 'ehkäisemisellä' toimenpiteitä, jotka toteutetaan ennen kuin aineesta, materiaalista tai tuotteesta tulee jätettä ja joilla vähennetään

a) jätteen määrää, mukaan lukien tuotteiden uudelleenkäyttö tai niiden elinkaaren pidentäminen;

b) syntyneen jätteen haittavaikutuksia ympäristöön ja ihmisten terveyteen, tai

c) haitallisten aineiden pitoisuuksia materiaaleissa ja tuotteissa;

13) 'uudelleenkäytöllä' tointa, jonka avulla tuotteet tai osat, jotka eivät ole jätettä, voidaan käyttää uudelleen samassa tarkoituksessa, jota varten ne on suunniteltu;

14) 'käsittelyllä' hyödyntämis- tai loppukäsittelytoimia, mukaan lukien hyödyntämisen tai loppukäsittelyn valmistelu;

15) 'hyödyntämisellä' tointa, jonka pääasiallisena tuloksena jätettä voidaan käyttää hyödylliseen tarkoitukseen joko tuotantolaitoksessa tai yleensä taloudessa korvaamalla muita materiaaleja, joita olisi muutoin käytetty erityiseen tarkoitukseen, tai jätteen valmistelemista tällaista tarkoitusta varten. Liitteessä II on esimerkkiluettelo hyödyntämistoimista;

16) 'valmistelulla uudelleenkäyttöön' tarkistamis-, puhdistamis- tai korjaamistarkoituksessa toteutettavia hyödyntämistoimia, joiden avulla tuotteet tai tuotteiden osat, joista on tullut jätettä, valmistellaan siten, että niitä voidaan käyttää uudelleen ilman mitään muuta esikäsittelyä;

17) 'kierrätyksellä' hyödyntämistointa, jossa jätemateriaalit käsitellään uudelleen tuotteiksi, materiaaleiksi tai aineiksi joko alkuperäiseen tarkoitukseen tai muihin tarkoituksiin. Siihen sisältyy eloperäisen aineksen uudelleenkäsittely, mutta ei energian hyödyntäminen eikä uudelleenkäsittely materiaaleiksi, joita käytetään polttoaineina tai maantäyttötoimiin;

18) 'jäteöljyjen uudistamisella' kierrätystointa, jolla perusöljyjä voidaan tuottaa jalostamalla jäteöljyjä ja erityisesti poistamalla tällaisiin öljyihin sisältyvät epäpuhtaudet, hapettumistuotteet ja lisäaineet;

19) 'loppukäsittelyllä' tointa, joka ei ole hyödyntämistä, vaikka toimen toissijaisena seurauksena olisi aineiden tai energian talteenotto. Liitteessä I on esimerkkiluettelo loppukäsittelytoimista;

20) 'parhaalla käytettävissä olevalla tekniikalla' direktiivin 96/61/EY 2 artiklan 11 kohdassa määriteltyä parasta käytettävissä olevaa tekniikkaa.

#### **4 artikla**

##### Jätehierarkia

1. Seuraavaa jätehierarkiaa sovelletaan ensisijaisuusjärjestyksenä jätteen syntymisen ehkäisemistä ja jätehuoltoa koskevassa lainsäädännössä ja politiikassa:

- a) ehkäiseminen;
- b) valmistelu uudelleenkäyttöön;
- c) kierrätys;
- d) muu hyödyntäminen, esimerkiksi energiana; ja
- e) loppukäsittely.

2. Soveltaessaan 1 kohdassa tarkoitettua jätehierarkiaa jäsenvaltioiden on toteutettava toimenpiteitä sellaisten vaihtoehtojen edistämiseksi, joilla päästään ympäristön kannalta parhaaseen mahdolliseen kokonaistulokseen. Tämä voi

edellyttää tiettyjen jätevirtojen osalta hierarkiasta poikkeamista, kun tämä on elinkaariajattelun mukaisesti perusteltua tällaisen jätteen syntymistä ja jätehuoltoa koskevien kokonaisvaikutusten osalta.

Jäsenvaltioiden on varmistettava, että jätelainsäädännön ja jätepolitiikan kehittäminen on täysin avoin prosessi, jossa noudatetaan voimassa olevia kansalaisten ja sidosryhmien kuulemista ja osallistumista koskevia kansallisia sääntöjä.

Jäsenvaltioiden on otettava huomioon yleiset ennakkovarautumista, kestävyyttä, teknistä toteutettavuutta ja taloudellista hyväksyttävyyttä ja luonnonvarojen suojelua koskevat ympäristönsuojeluperiaatteet sekä ympäristöä, ihmisten terveyttä, taloutta ja yhteiskuntaa koskevat kokonaisvaikutukset 1 ja 13 artiklan mukaisesti.

#### **5 artikla**

## Sivutuotteet

1. Sellaisen tuotantoprosessin tuloksena syntynyttä ainetta tai esinettä, jonka ensisijaisena tavoitteena ei ole tämän aineen tai esineen valmistaminen, voidaan pitää sivutuotteena eikä 3 artiklan 1 kohdassa tarkoitettuna jätteenä ainoastaan, jos seuraavat edellytykset täyttyvät:

a) aineen tai esineen jatkokäyttö on varmaa;

b) ainetta tai esinettä voidaan käyttää suoraan ilman muuta kuin tavalliseksi katsottavaa teollista lisäkäsittelyä;

c) aine tai esine syntyy olennaisena osana tuotantoprosessia; ja

d) jatkokäyttö on laillista eli aine tai esine täyttää kaikki asiaankuuluvat, sen erityiseen käyttöön liittyvät tuotetta, ympäristöä ja terveydensuojelua koskevat vaatimukset eikä aiheuta haitallisia kokonaisvaikutuksia ympäristölle tai ihmisten terveydelle.

2. Edellä 1 kohdassa määriteltyjen edellytysten pohjalta voidaan hyväksyä toimenpiteitä, joilla määritellään perusteet, jotka yksittäisten aineiden tai esineiden on täytettävä, jotta niitä voidaan pitää sivutuotteina eikä 3 artiklan 1 kohdassa tarkoitettuna jätteenä. Nämä toimenpiteet, joiden tarkoituksena on muuttaa tämän direktiivin muita kuin keskeisiä osia täydentämällä sitä, hyväksytään 39 artiklan 2 kohdassa tarkoitettua valvonnan käsittävää sääntelymenettelyä noudattaen.

## 6 artikla

### Jätteen luokittelun päättäminen

1. Tietyt jätteet lakkaavat olemasta 3 artiklan 1 kohdassa tarkoitettua jätettä, kun ne ovat läpikäyneet hyödyntämistoimen, kierrätys mukaan luettuna, ja ovat seuraavien edellytysten mukaisesti laadittujen arviointiperusteiden mukaiset:

a) ainetta tai esinettä käytetään yleisesti tiettyihin tarkoituksiin;

b) aineelle tai esineelle on olemassa markkinat tai kysyntää;

c) aine tai esine täyttää tiettyjen tarkoitusten mukaiset tekniset vaatimukset ja on tuotteisiin sovellettavien olemassa olevien säännösten ja standardien mukainen; ja

d) aineen tai esineen käytöstä ei aiheudu haitallisia kokonaisvaikutuksia ympäristölle eikä ihmisten terveydelle.



Näihin perusteisiin sisältyy tarvittaessa epäpuhtauksien raja-arvoja, ja niissä otetaan huomioon aineen tai esineen mahdolliset haitalliset vaikutukset ympäristölle.

2. Toimenpiteet, joiden tarkoituksena on muuttaa tämän direktiivin muita kuin keskeisiä osia niitä täydentämällä, jotka koskevat t1 kohdassa säädettyjen arviointiperusteiden hyväksymistä ja joilla yksilöidään se jätetyyppi, johon tällaisia arviointiperusteita sovelletaan, hyväksytään 39 artiklan 2 kohdassa tarkoitettua valvonnan käsittävää sääntelymenettelyä noudattaen. Jätteen luokittelun päättymistä koskevia erityisperusteita olisi harkittava muun muassa ainakin kiviainekselle, paperille, lasille, metallille, renkailla ja tekstiileille.

3. Jäte, joka lakkaa olemasta jätettä 1 ja 2 kohdan mukaisesti, lakkaa olemasta jätettä myös sovellettaessa direktiiveissä 94/62/EY, 2000/53/EY, 2002/96/EY ja 2006/66/EY ja muussa asiaa koskevassa yhteisön lainsäädännössä säädettyjä hyödyntämis- ja kierrätystavoitteita, kun kyseisen lainsäädännön kierrätys- tai hyödyntämisvaatimukset täyttyvät.

4. Jos yhteisön tasolla ei ole vahvistettu perusteita 1 ja 2 kohdassa säädetyn menettelyn mukaisesti, jäsenvaltiot voivat soveltuvan oikeuskäytännön huomioon ottaen päättää tapauskohtaisesti, onko jokin jäte lakannut olemasta jätettä. Niiden on ilmoitettava tällaisista päätöksistä komissiolle teknisiä standardeja ja määräyksiä ja tietoyhteiskunnan palveluja koskevia määräyksiä koskevien tietojen toimittamisessa noudatettavasta menettelystä 22 päivänä kesäkuuta 1998 annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 98/34/EY (24) mukaisesti silloin kun tätä edellytetään mainitussa direktiivissä.

## **11 artikla**

### **Uudelleenkäyttö ja kierrätys**

1. Jäsenvaltioiden on toteutettava tarvittavat toimenpiteet tuotteiden uudelleenkäytön ja uudelleenkäytettäviksi valmistelun edistämiseksi erityisesti kannustamalla uudelleenkäyttö- ja korjausverkostojen perustamista ja tukemista

sekä taloudellisten ohjauskeinojen, hankintaperusteiden, määrällisten tavoitteiden tai muiden toimenpiteiden käyttöä.

Jäsenvaltioiden on toteutettava toimenpiteitä laadukkaan kierrätyksen edistämiseksi, ja tätä tarkoitusta varten niiden on otettava käyttöön jätteen erilliskeräysjärjestelmiä, mikäli se on teknisesti, ympäristön kannalta ja taloudellisesti toteutettavissa sekä aiheellista tarvittavien laatuvaatimusten täyttämiseksi kyseisillä kierrätyksen aloilla.

Jollei 10 artiklan 2 kohdasta muuta johdu, vuoteen 2015 mennessä on perustettava erilliskeräysjärjestelmät ainakin seuraaville: paperi, metalli, muovi ja lasi.

2. Tämän direktiivin tavoitteiden saavuttamiseksi ja luonnonvaroja tehokkaasti hyödyntävään Euroopan kierrätysyhteiskuntaan siirtymiseksi jäsenvaltioiden on toteutettava tarvittavat toimenpiteet, joiden tarkoituksena on seuraavien tavoitteiden saavuttaminen:

a) vuoteen 2020 mennessä jätemateriaalien, kuten ainakin paperin, metallin, muovin ja lasin, joka on peräisin kotitalouksista ja mahdollisesti muista lähteistä, siinä määrin kuin nämä jätevirrat ovat samankaltaisia kuin kotitalousjätteissä, valmistelua uudelleenkäytettäväksi ja kierrätystä on lisättävä vähintään 50 painoprosenttiin niiden kokonaismäärästä;

b) vuoteen 2020 mennessä vaarattoman rakennus- ja purkujätteen, jäteluettelon luokassa 17 05 04 määriteltyä luonnosta peräisin olevaa ainesta lukuun ottamatta, valmistelua uudelleenkäytettäväksi, kierrätystä ja muuta materiaalien hyödyntämistä, mukaan luettuina maantäyttötoimet, joissa jätettä käytetään korvaamaan muita materiaaleja, on lisättävä vähintään 70 painoprosenttiin.

## LIITE 2. Kysely kierrätyksestä Kujalan yrityspuolen vastaanotto- ja käsittelytoimijoille

### Kysely kierrätyksestä

1. Minkälaisia kriteerejä teille asetetaan kierrätysmateriaaleja hyödyntävien yritysten toimesta?

Koskien

- a) betonia
  - b) tiiltä
  - c) kipsiä
  - d) posliinia (saniteetti)
  - e) lasia
  - f) bitumia
  - g) asfalttia
  - h) metallia
  - i) pohjatuhkaa ja lentotuhkaa
  - j) muoveja
  - k) mahdollisia muita materiaaleja (mitä materiaaleja?)
2. Miten tutkitte tai lajittelette teille tulevia, kierrätykseen kelpaavia materiaaleja? Vai tekeekö tutkimukset materiaalin ostava yritys tai jokin kolmas taho?

Koskien

- a) betonia
- b) tiiltä
- c) kipsiä
- d) posliinia (saniteetti)
- e) lasia

- f) bitumia
- g) asfalttia
- h) metallia
- i) pohjatuhkaa ja lentotuhkaa
- j) muoveja
- k) mahdollisia muita materiaaleja (mitä materiaaleja?)

3. Millaisia määriä teiltä kysytään kierrätysmateriaaleja?
4. Kohtaako kysyntä ja tarjonta hyvin vai heikosti? Tarvitseeko materiaaleja välivarastoida pitkään, jotta määrä on riittävä jatkokäyttöön?

Kiitoksia ajastanne ja vastauksista!