

Loppuraportti

Dno 215-01/KET17

Jätteiden vaikutus kasvihuonekaasupäästöissä

***Osahanke B:
Materiaalikierrätys ja jätteiden materiaalivirtojen
kehitys***

Espoo 20.12.2001

Tarja Turkulainen

Allan Johansson

Tiivistelmä

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on ollut arvioida materiaalikierrätyksen kasvihuonekaasupäästövaikutuksia osana jätteiden kasvihuonekaasupäästöjä kartoittavaa tutkimusta. Omina osaprojekteinaan on selvitetty myös kaatopaikkasijoituksen ja jätteiden energiakäytön potentiaalisia kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistoimia. Tarkastelun kohteena ovat olleet kulutuksen jätteistä seuraavat jätejakeet: pakkaukset, paperi ja kuitu, biojäte, sähkö- ja elektroniikkalaiteromu sekä romuajoneuvot ja renkaat. Teollisuuden sektoreista on tarkasteltu metsäteollisuutta erityisesti paperin ja kuidun kierrätyksen sekä metalliteollisuutta romun kierrätyksen ja kuonien hyötykäytön kannalta. Lisäksi on tarkasteltu talonrakennusteollisuuden ja rakennusten purkamisen jätteitä.

Tehokkainta jätehuollon kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä on jätteiden määrän vähentäminen. Materiaali, jota ei tuoteta, ei tuota valmistuksessaan, käytössään eikä loppusijoituksessaan kasvihuonekaasupäästöjä. Materiaalihyötykäytön kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisen kannalta mielenkiinto kohdistuu pääasiassa kolmeen materiaalityhmään. Ensinnäkin niihin materiaaleihin, joiden valmistaminen vaatii merkittäviä määriä (fossiilista) energiaa. Näiden materiaalien kierrätys on kannattavaa, sillä kierrätettävän materiaalin valmistus vaatii yleensä vähemmän energiapanoksia kuin materiaalin neitseellinen valmistaminen. Tällaisia materiaaleja ovat esim. metallit. Toinen ryhmä on sellaiset materiaalit, joiden valmistuksesta vapautuu suoraan hiilidioksidia tai muita kasvihuonekaasuja, kuten esim. kalkin valmistus. Korvaamalla näitä materiaaleja vähemmän kasvihuonekaasupäästöjä tuottavilla materiaaleilla tai teollisuuden sivutuotteilla voidaan päästöjä vähentää merkittävästikin. Kolmanteen ryhmään kuuluvat materiaalit, joiden loppusijoituksesta tai -käsittelystä syntyy päästöjä, kuten esim. biojätteen kaatopaikkasijoitus, joka tuottaa metaania.

Jätteiden käsittelyn ympäristövaikutuksista käytävä keskustelu on siirtynyt paikallistasolta globaalille tasolle mietittäessä keinoja, joilla Suomi voisi täyttää kansalliset velvoitteensa kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi. Biohajoavalla jätteellä on merkittävä kasvihuonekaasuja tuottava vaikutus sen hajotessa hapettomissa kaatopaikoissa metaaniksi, joka on hiilidioksidia huomattavasti voimakkaampi kasvihuonekaasu. Metaanipäästöjen rajoittamiseksi on esitetty orgaanisen jätteen totaalista kaatopaikkakieltoa vuodesta 2010 alkaen (YM, 2001 b). Kaatopaikkakiellolla pystytään vaikuttamaan kuitenkin ainoastaan tuleviin päästöihin, sillä tämän hetken metaanipäästöt aiheutuvat kaatopaikoille jo sijoitettujen biohajoavien jätteiden hajoamisesta.

Ympäristöministeriön selvityksen mukaan jätehuollon kasvihuonekaasupäästöt olivat vuonna 1990 yhteensä 3,6 Mt CO₂-ekvivalenttia. Vuoteen 1998 mennessä kasvihuonekaasupäästöt

vähenevät puoleen eli 1,8 miljoonaan tonniin CO₂-ekv. Jätepolitiikan ensisijainen tavoite on jätteen määrän vähentäminen, jonka jälkeen jätteen sisältämä materia on pyrittävä uudelleenkäyttämään tai kierrättämään materiaalina, jonka jälkeen vasta tulee materiaalin energiasisällön hyödyntäminen ja kaatopaikkasijoitus.

Tutkimuksessa on arvioitu materiaalkierrätyksellä voitavan saavuttaa n. 0,5 – 1 miljoonan CO₂-ekvivalentitonin vähenemisen vuoteen 2020 mennessä. Arviot perustuvat arvioihin materiaalien valmistuksen, kierrätyksen, kaatopaikkasijoituksen ja polton päästöistä ja energiankulutuksesta. Arvioiden laskemista hankaloittaa Suomen oloihin sopivan tiedon puute sekä materiaalien että erityisesti yksittäisten tuotteiden kierrätysprosessien kasvihuonekaasupäästöistä, sekä toistaiseksi myös jätetilastoinnin jaottelu, josta materiaalkohtaisten jätemäärien arviointi on varsin hankalaa.

Jätteiden materiaalisesta hyödyntämisestä aiheutuva kasvihuonekaasupäästöjen vähenemä on jakautunut pieniin ja usein epähomogeenisiin materiaalivirtoihin. Eri materiaalivirtojen erottaminen yhdyskuntajätevirrasta on tosin mahdollista joko tehostamalla syntypaikkalajittelua tai panostamalla jätteiden keskitettyyn lajitteluun. Tuottajan vastuu – periaate velvoittaa tuottajat kantamaan vastuunsa tuotteista niiden elinkaaren ajan, ja ottamaan vastaan käytetyt tuotteet. Tämä velvoittaa tuottajia myös huolehtimaan omien tuotteidensa hyötykäytöstä ja kierrättämisestä.

Alkusanat

Tämä tutkimus liittyy Tekesin Teknologia ja ilmastonmuutos – ohjelmaan (Climtech) osana kokonaisuutta, jossa tutkitaan jätteiden ja jätehuollon vaikutusta kasvihuonekaasuissa. Tämän jätteiden materiaalikierrätykseen keskittyvän tutkimuksen lisäksi tutkimuskokonaisuudessa on mukana myös VTT Energian suorittamat jätteiden polttoa (Lohiniva, ym. 2001) ja kaatopaikkakaasujen keräystä (Tuhkanen, 2001) käsittelevät osahankkeet, jotka on raportoitu erikseen. Lisäksi nykyisistä jätemääristä on ilmestynyt erillinen raportti VTT Energian sarjassa (Hietanen, 2001). Kaikkien kolmen hankkeen tukena on ollut yhteinen ohjausryhmä, jossa mukana ovat olleet Kai Sipilä, Tuula Mäkinen, Lassi Hietanen ja Elina Lohiniva VTT Energiasta (Uudet energiatekniikat), Riitta Pipatti ja Sami Tuhkanen VTT Energiasta (Energiajärjestelmät), Allan Johansson ja Tarja Turkulainen VTT Kemianteeniikasta sekä Jouko Petäjä Suomen ympäristökeskuksesta, Juha Esbo Tilastokeskuksesta, Raija Pikku-Pyhältö Tekesistä ja Matti Vehkalahti Ympäristöministeriöstä.

Sisällysluettelo

TIIVISTELMÄ.....	2
ALKUSANAT.....	4
1. JOHDANTO	8
2. TAUSTA.....	10
3. TUTKIMUKSEN TAVOITTEET.....	12
3.1 AIKAISEMPIA SELVITYKSIÄ.....	13
4. JÄTEPOLITIIKKA JA MATERIAALIKIERRÄTYS.....	14
4.1 MÄÄRITELMISTÄ	15
4.1.1 Materiaalit.....	15
4.1.2 Kierrätys.....	16
5. JÄTEMÄÄRÄT	18
5.1 KULUTUKSEN JÄTTEET	19
5.1.1 Pakkaukset.....	20
5.1.2 Biojäte	22
5.1.3 Paperi ja kuitu.....	23
5.1.4 Sähkö- ja elektroniikkalaiteromu	24
5.1.5 Loppuunkäytetyt ajoneuvot ja renkaat	26
5.2 TEOLLISUUDEN JÄTTEET.....	27
5.2.1 Metsäteollisuus.....	28
5.2.2 Metalliteollisuus	30
5.3 RAKENTAMISESTA JA PURKAMISESTA SYNTYVÄT JÄTTEET.....	34
5.4 MUUT JÄTEJAKEET	35
5.5 JÄTEMÄÄRIEN KASVUENNUSTEET.....	36
5.5.1 Ennusteisiin vaikuttavia tekijöitä	37
5.6 YHTEENVETO JÄTEMÄÄRISTÄ.....	39
6. MATERIAALIKIERRÄTYKSEN KHK-VAIKUTUKSET.....	41
6.1 JÄTEKOHTAISET ARVIOT.....	41
6.1.1 Pakkausjäte	43
6.1.2 Biojäte	44
6.1.3 Muut jätejakeet.....	45
6.1.4 Yhteenveto kasvihuonekaasumääristä.....	46
7. YHTEENVETO	47

LITTEET

LIITE A: KIERRÄTETTÄVÄT MATERIAALIMÄÄRÄT

Määritelmät ja lyhenteet

Uudelleenkäyttö	Tuotteiden tai niiden osien käyttäminen siihen tarkoitukseen, johon ne alun perin on valmistettu.
Kierrätys	Tuotteen materiaalisällön käyttäminen tuotantoprosessissa alkuperäiseen tarkoitukseen tai muuhun tarkoitukseen, poislukien energiasällön hyödyntäminen
Energiasällön hyödyntäminen	Jätteen polttoa yksin tai yhdessä muun jätteen kanssa tarkoituksena ottaa talteen ja hyödyntää jättemateriaalin sisältämä energia.
Hyödyntäminen	Hyödyntämisellä tarkoitetaan yleensä joko materiaalisällön tai energiasällön hyödyntämistä.
Dematerialisaatio	Tuotantoon liittyvä materiaali- ja energiaintensiivisyyden väheneminen
Immaterialisaatio	Aineettomuuden lisääminen eli tuotteiden korvaaminen palveluilla
Eco-design	Ympäristömyötäinen tuotesuunnittelu
WEEE	Sähkö- ja elektroniikkalaitteiden jäte, Waste from Electrical and Electronic Equipment
SER	Sähkö- ja elektroniikkalaiteromu
SET	Sähkö- ja elektroniikkateollisuusliitto
ELV	End-of-life-vehicles, käytöstä poistetut ajoneuvot

1. Johdanto

Ympäristökysymysten merkitys yhteiskunnassa on viimeisten kahden vuosikymmenen aikana jatkuvasti kasvanut, mutta toiminnan painopiste sekä hallinnossa että teollisuudessa on muuttumassa. Osana kestävästä kehityksestä korostetaan yhä useammin ennaltaehkäisevää ympäristöpolitiikan huomioonottamista ja sen sisällyttämistä niin talous-, energia- kuin teollisuus- ja teknologiapolitiikkaankin. Samalla vastuukäsite on laajentunut lähiympäristön suojelemisesta globaaliin kysymykseen, joista kasvihuoneilmiön torjuntapyrkimykset on ensimmäinen koetinkivi, jossa vaaditaan laaja kansainvälistä yksimielisyyttä, ennekuin näkyviä tuloksia voidaan saada aikaan.

Tekniikan kehittämisen kannalta painopiste ympäristönsuojelussa on siirtynyt päästöjä rajoittavista puhdistustekniikoista ennalta ehkäisevään säästävään teknologiaan. Vaikka kyseinen kehitys onkin teollisuutemme kannalta pääosiltaan myönteinen, liittyy siihen joukko avoimia ja vaikeasti ratkaistavia kysymyksiä, kuten yhtenäisen ja taloudellisen kilpailukykyyn kannalta tasapuolisen kansainvälisen lainsäädännön aikaansaaminen sekä erilaisten ympäristövaikutusten oikea keskinäinen vertailu.

Voidaan myös olettaa, että kehitys ei pysähdy tähän vaan jatkuu siten että ympäristövaikutusten arvioinnissa jatkossa ei rajoituta pelkästään tuotannon aiheuttamiin haittavaikutuksiin vaan pyritään huomioimaan tuotteen tai palvelujen aiheuttamia ympäristörasitteita kokonaisuudessa. Tällainen elinkaariajatteluun perustuva eko – suunnittelu (eco-design) on ympäristön kannalta epäilemättä oikea kehityssuunta, vaikkakin kulutuksesta aiheutuvien ympäristörasitteiden vähentämisen päättävältä ja velvollisuus siirtyvät kuluttajalle. Yhtenä osoituksena tämänsuuntaisesta kehityksestä on EU:n hiljattain lanseeraama yhdenmetytyn tuotepolitiikan lähestymistapa, jonka keskeisenä tavoitteena on parantaa tuotteiden ja palveluiden ekologista kestävyyttä koko niiden elinkaaren ajalta. Lähestymistapa kannustaa tuotantoketjun toimijoiden ja tuottajien väliseen yhteistyöhön tiedon tuottamiseksi ja ympäristöominaisuuksiltaan parempien tuotteiden tuottamiseksi. Loppukädessä ostopäätöksen tekevän yksittäisen kuluttajan päätöksenteon tukena tulisi olla entistä enemmän ja entistä avoimempaa tietoa tuotteen ympäristöominaisuuksista ja lisäksi kuluttajia tulisi kannustaa ja opastaa myös tätä tietoa hyödyntämään.

On ennustettavissa että tulevat yhteiskunnalliset ja teknologiset muutokset aiheuttavat suuria muutoksia yhteiskunnan materiaalivirroissa sekä ennen kaikkea kiinteiden jätteiden määrässä ja koostumuksessa. Säästävän tekniikan keskeinen tavoite on ollut jätteiden syntymisen vähentäminen ja tämä pyrkimys varmaan säilyy jatkossakin. Epävarmaa on millä keinoilla tämä vähennys toteutetaan, koska kaikki standardikeinot näyttävät johtavan ristiriitoihin pitkällä tähtäimellä.

Yleisesti puhutaan yhteiskunnan *dematerialisoinnista* eli tuotantoon liittyvän materiaali- ja energiamäärän vähentämisestä jätteiden vähentämisen yleiskeinona. Teknisellä tasolla tällainen kehitys voi kuitenkin johtaa kehittyneisiin keveisiin polymeeripohjaisiin komposiittiratkaisuihin, joilla pyritään korvaamaan nykyisin käytössä olevia perusmateriaaleja kuten erilaisia metalleja tai lasia. Nimenomaan teknisen suunnittelunsa ansiosta tällaiset uudet materiaalit johtavat kuitenkin helposti tilaa vieviin ja vaikeasti käsiteltäviin jätevirtoihin. Materiaalien *kierrätystä* pidetään myös yhtenä perinteisenä materiaali-intensiteettiä vähentävänä keinona erityisesti metallien ja lasin kohdalla. Useita tuotteita markkinoidaan kuitenkin maailmanlaajuisilla markkinoilla. Taloudellisesti toimivien kierrätysjärjestelmien luominen kansainvälisellä tasolla onkin vaikea tehtävä mikäli halutaan kierrättää käytettyjen tuotteiden materiaali takaisin uusiksi tuotteiksi. Lisääntyvä kuljetus saattaa useissa tapauksissa erityisesti kasvihuoneilmiötä ajatellen mitätöidä järjestelmästä koituvat hyödyt.

Eräänä suuntauksena on myös biologisesti hajoavien, uusiutuvien raaka-aineiden kuten paperikuidun käytön lisääminen korvaamassa uusiutumattomista raaka-aineista valmistettuja materiaaleja esim. muoveja. Nämä aiheuttavat kuitenkin omat ongelmansa. Vaikka niiden käyttö ei materiaalin uusiutuvuuden vuoksi ole rajoitettua, aiheutuu niistä huomattavia määriä jätteitä. Kuidun uusiokäyttöä on kannustettu ympäristösyistä, mutta kuten yllä mainittiin kierrätyksestä aiheutuvat haittavaikutukset, kuten lisääntyneestä kuljetuksesta aiheutuvat päästöt, on myös pystyttävä oikein arvioimaan ja huomioimaan. Samaten on muistettava yhden jätehuoltostrategian vaikutus muiden vaihtoehtojen toteuttamiseen - kasvava paperin uusiokäyttö vaikuttaa ratkaisevasti esimerkiksi jätteenpolttolaitosten kannattavuuteen.

Kasvava tietoisuus yhteiskuntien ja teollisuuden tuotannosta aiheutuvista ympäristövaikutuksista on johtanut myös jätehuoltosektorilla kiristyviin säädöksiin, joilla on pyritty rajoittamaan ihmisen toiminnasta luontoon aiheutuvia haitallisia vaikutuksia. Erityisesti vaarallisten aineiden hävittämistä on ohjattu asianmukaisiin ongelmajätteen käsittelylaitoksiin. Viime aikoina tieto kaatopaikoille sijoitettujen biologisesti hajoavien jätteiden aiheuttamista metaanipäästöistä ja niiden vaikutuksesta kasvihuoneilmiöön on aikaansaanut pohdintaa myös siitä, missä määrin eri jätehuoltovaihtoehdot voivat osaltaan edesauttaa ilmaston lämpenemisen ehkäisyssä. Kaatopaikkojen määrä on Suomessakin radikaalisti vähentynyt viime vuosikymmenten aikana ja suuntaus on edelleen yhä isompiin yksiköihin, jotka ovat helpommin hoidettavissa sekä vesistöihin että ilmaan ja maaperään joutuvien päästöjensä suhteen. Päätökset siitä, miten syntyvät jätteet tänä päivänä käsitellään, vaikuttavat kaatopaikkojen metaanipäästöjä alentavasti kuitenkin vasta vuosien päästä, sillä biologisen jätteen hajoaminen kaatopaikoilla tapahtuu hitaasti. Jätepolitiikan suuntaukset asettavat kuitenkin kaatopaikkasijoituksen vasta viimeiselle sijalle ensisijaisesti tarkoituksena olevan jätteiden määrän vähentämisen ja niiden hyödyntämisen materiaalina tai energiana jälkeen.

2. Tausta

Tämän tutkimuksen aihepiiri on monellakin tapaa erittäin ajankohtainen. Toisaalta valtioneuvoston selonteko kansallisesta ilmastostrategiasta on ollut juuri eduskunnan käsittelyssä ja siihen liittyvät laajat taustaselvitykset on saatu päätökseen tämän projektin aikana. Kansainväliset ilmastoneuvottelut Bonnissa kesällä 2001 päättyivät yhteisymmärrykseen Kioton pöytäkirjan tarkennuksista mm. nielujen ja mekanismien suhteen. Toisaalta taas valtakunnallinen jätesuunnitelma on edennyt päivityksensä osalta siihen vaiheeseen, että työryhmä on jättänyt ehdotuksensa ympäristöministeriölle.

Hallitusohjelman mukainen **valtioneuvoston selonteko** (VNS 1/2001 vp) eduskunnalle kansallisesta ilmastostrategiasta hyväksyttiin hallituksen istunnossa 15.3.2001. Selonteon lähete keskustelu käytiin eduskunnassa 27.3.2001 ja kesäkuussa 2001 ympäristövaliokunnan mietinnön (YmVM 6/2001 vp) pohjalta käydyn keskustelun jälkeen päätettiin tuoda ilmasto-ohjelma käsiteltäväksi eduskunnassa uudelleen syksyllä 2001 viidennen ydinvoimalan rakentamislupaa koskevan hakemuksen ratkaisun jälkeen. Selontekoa edelsi Kauppa- ja teollisuusministeriön kokoama **kansallisen ilmastostrategian taustaselvitys** (KTM 2001) perustuen eri ministeriöissä (kauppa- ja teollisuusministeriö, ympäristöministeriö, liikenne- ja viestintäministeriö sekä maa- ja metsätalousministeriö) laadittuihin sektorikohtaisiin taustaselvityksiin. Suomen ympäristökeskus teki ympäristöministeriön sektoriselvitystä (Ympäristöministeriö 2001) varten jätehuoltoa koskevan taustaselvityksen (Dahlbo, ym. 2000). Ympäristövaliokunnan mietinnössä todetaan Suomen ilmasto-ohjelman keskeisiksi linjauksiksi 1) energiansäästöohjelman ja uusiutuvien energialähteiden edistämisohjelman toteuttaminen, 2) kivihiilen käytön kasvun voimakas rajoittaminen lisäämällä maakaasun käyttöä tai rakentamalla lisäydinvoimaa tai yhdistämällä näitä toimia sekä 3) päästövähennystoimenpiteiden ulottaminen myös liikenteeseen, rakennussektorille ja yhdyskuntasuunnitteluun, maa- ja metsätalouteen sekä jätehuoltoon. Valiokunnan mielestä taloudellista ohjausta on tarpeen lisätä jätteiden synnyn ehkäisemiseksi ja hyötykäytön lisäämiseksi. Valiokunta katsoo, että jäteveroa tulisi nostaa asteittain ja ulottaa se myös koskemaan sellaisia teollisuuden kaatopaikkoja, joille sijoitetaan biohajoavaa jätettä. Valiokunta tukee jätteistä syntyvällä biokaasulla tuotetulle sähkölle annettavaa sähköveron suuruista verotukea sekä kannattaa jätepolttoaineilla tuotetulle sähkölle annettavaa sähköveron palautusta. Jätteiden määrän vähentäminen ja hyötykäytön edistäminen vaatii kulttuurista muutosta yhteiskunnassa. Tämän vuoksi kuluttaja- ja jäteneuvonnan tehostaminen on valiokunnan mielestä myös erittäin tärkeää. (YmVM 6/2001 vp)

Ympäristöministeriön sektoriselvityksessä mainitaan jätteiden synnyn ehkäisy jätehuollon osalta tehokkaimmaksi kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiskeinoksi. Jätehuollon kasvihuonekaasupäästöjä voidaan pienentää jätteiden hyödyntämisen mahdollistavalla lajittelulla, siirtymällä aerobiseen käsittelyyn ja ottamalla talteen metaania. Jätteiden hyödyntäminen materiaalina ja energiana sekä biohajoavan jätteen kompostointi kaato-

paikkasijoituksen sijaan ovat keskeisiä elementtejä jätehuollon kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä. Kaatopaikkakaasun talteenotto ja hyödyntäminen tai poltto soihdussa ovat lisäksi päästöjen hallinnan kannalta olennaisia Ohjauskeinot, joilla halutut vaikutukset ovat saavutettavissa, voidaan jakaa taloudellisiin, lainsäädännöllisiin (normiohjaus), tiedollisiin ja muihin ohjauskeinoihin. (YM 2001a)

Toinen tämän tutkimuksen aihepiiriin kiinteästi liittyvä ajankohtainen aihe on valtakunnallisen jätesuunnitelman päivitystyö, johon liittyvä projektityöryhmän ehdotus jätettiin kesäkuussa ympäristöministerille. Työ liittyi vuonna 1998 valtioneuvostossa hyväksytyyn jätesuunnitelmaan, jolloin valtioneuvosto edellytti suunnitelman päivittämistä vuonna 2001. Erityisesti tarkistettiin suunnitelmassa asetettuja tavoitteita ja niiden toteutumismahdollisuuksia sekä arvioitiin tarvittavia ohjauskeinoja ja kustannus-, työllisyys- ja ympäristövaikutuksia.

3. Tutkimuksen tavoitteet

Tämä tutkimus liittyy TEKES:n Climtech-tutkimusohjelmassa osana jätteiden kasvihuonepäästövaikutuksia kartoittavaa tutkimusta. Pää tavoitteena on arvioida materiaalikierrätyksen kasvihuonekaasuvaikutuksia sekä materiaalikierrätyksen tehostamisen potentiaalista vaikutusta jätehuollosta aiheutuneiden kasvihuonekaasujen määrään kokonaisuudessaan. Näin ollen tutkimuksella pyritään kattamaan jätehuollosta ne osa-alueet, jotka jäävät muissa osahankkeissa käsiteltyjen jätteiden kaatopaikkasijoituksen ja energiakäytön ulkopuolelle. Tätä tarkoitusta varten arvioidaan, miten päämateriaalivirtojen eri kierrätysvaihtoehdot ovat vaikuttaneet ja tulevat vaikuttamaan Suomessa seuraavien 20 vuoden aikajänneillä kasvihuonekaasupäästöjen vähentymiseen.

Tutkimuksessa luodaan aluksi katsaus materiaaleihin sekä kierrätykseen liittyvään alan sanastoon. Tämän jälkeen esitetään ensin yleiskatsaus syntyviin jätemääriin sekä yhdyskunnissa että teollisuudessa sekä tämänhetkiseen materiaalikierrätyksen ja –hyötykäytön tilaan. Tulevaisuuden kehitystä arvioidaan valmisteilla olevan lainsäädännön sekä yhteiskunnassa erityisesti kulutuspuolella tapahtuvien muutosten suhteen. Lopuksi esitetään yhteenveto siitä, miten jätemäärien ja niistä materiaalikierrätykseen päätyvän osuuden arvioidaan tulevaisuudessa kehittyvän ja mitkä tulevat olemaan ne painopistealueet, joista aiheutuvat suurimmat kasvihuonekaasupäästövaikutukset ja mitä toimenpiteitä voitaisiin toteuttaa tämän kuormituksen vähentämiseksi. Tärkeimpiä tarkasteltavia materiaalivirtoja ovat paperi ja kuitu, metallit, lasi, betonituotteet ja muovit.

Materiaalikierrätys muodostaa hyvin laajan kokonaisuuden, jossa tulee huomioida tuotteen koko elinkaari lähtien materiaalien hankinnasta niiden prosessointiin, tuotteen valmistukseen, käyttöön ja keräilyyn sekä loppusijoitukseen saakka. Materiaalien käyttö liittyy hyvin olennaisesti sitä käyttävän ja valmistavan teollisuuden rakenteisiin. Aihepiirin laajuuden ja tutkimusresurssien pienuuden vuoksi tässä tutkimuksessa on pitäydytty olemassa oleviin tietolähteisiin ilman uuden tiedon tuottamista. Keskeiset epävarmuudet tiedon laadussa ja tehdyissä johtopäätöksissä on kuitenkin pyritty esittämään ja parannuskohteet identifioimaan. Keskeisin tietoperustan puute liittyy jätemäärien historiatietoihin, sillä syntyneiden jätteiden määrän kattava tilastointi on aloitettu vasta aivan viime vuosina. Materiaalikierrätystä keskeisempänä tämä ongelma ilmenee pyrittäessä arvioimaan kaatopaikkojen metaanipäästöjä, sillä historiatiedot kaatopaikoille sijoitetuista biohajoavista jätteistä ovat puutteellisia. Ongelmallista on myös esittää arvioita jätemäärien tulevasta kehityksestä, johon taloudellisen kasvun lisäksi vaikuttavat myös muut yhteiskunnalliset muutokset.

3.1 Aikaisempia selvityksiä

Jätteiden kasvihuonekaasuvaikutuksista on eniten tutkittu kaatopaikkojen metaanipäästöjen vähentämistä ja talteenottoa, onhan metaani hiilidioksidia huomattavasti tehokkaampi kasvihuonekaasu. Tähän liittyviä tutkimuksia on tehty mm. VTT Energiassa (esim Pipatti ym. 1996). Jätteen energiakäyttöön liittyen on TEKES:ssä edelleen käynnissä vuonna 1998 alkanut Jätteiden energiakäytön tutkimusohjelma, jossa on tutkittu mm. jätteen polton potentiaalia sekä päästöjä. Vuoden 2001 alussa TEKES:ssä käynnistyi myös yhdyskuntajätteestä liiketoimintaa –tutkimusohjelma, joka keskittyy jätteiden synnyn ehkäisyyn, jätemateriaalivirtojen hallintaan, jätteiden käsittelyteknologioihin, työstöön raaka-aineiksi tai uusiksi tuotteiksi ja kaatopaikkojen hallintaan. (TEKES, 2001)

Materiaalihuotykäyttöön liittyy olennaisesti myös eri teollisen tuotannon toimialojen kehitys tulevaisuudessa. Tähän liittyen on Climtech-ohjelmassa osana kansallisen ilmasto-ohjelman suunnittelutyötä laadittu katsaus teknologioiden kehitykseen eri teollisuuden toimialoilla sekä arvioitu eri sektoreiden mahdollisuuksia vähentää kasvihuonekaasupäästöjä (Savolainen, ym. (toim) 2001). Teknologian kehitykseen liittyy olennaisena osana prosessien energiatehokkuuden kasvattaminen, joka vähentää energian tuotannosta aiheutuvia hiilidioksidipäästöjä. Kansallisen ilmastostrategian laadinnan osana on toteutettu energiansäästöohjelma, jossa arvioidaan energian kulutusta voitavan vähentää 4-5 % vuonna 2010 verrattuna tilanteeseen, jossa uusia energiansäästötoimia ei toteutettaisi. (KTM, 2000) Materiaalihuotykäyttö on ollut myös mukana tuote- tai toimialakohtaisesti toteutetuissa elinkaariarviointitutkimuksissa, joissa on mm. vertailtu eri materiaalien jätteenkäsittely- tai kierrätysvaihtoehtoja. Viime aikoina tällainen tutkimus on toteutettu esim. metalliteollisuudelle (Seppälä 2000).

Muissa Euroopan maissa jätehuoltoon liittyviä kansallisia tutkimuksia on tehty osana kansallisten ilmasto-ohjelmien valmistelua. Yhdysvaltojen ympäristövirasto EPA on tehnyt vastikään laajan selvityksen jätehuollon kasvihuonekaasupäästöistä ja niiden vähentämiskeinoista (U.S. EPA, 1998)

4. Jätepolitiikka ja materiaali kierrätys

EU:n jätehuoltolainsäädännön runko muodostuu jätteitä koskevasta direktiivistä (alkuperäinen versio vuodelta 1975 75/442/ETY, muutettu vuonna 1991 91/156/ETY), vaarallisista jätteistä koskevasta direktiivistä (91/689/ETY) sekä jätteiden siirtoa koskevasta asetuksesta (ETY N:o 259/93). Vuonna 1996 annetussa EU:n yleisessä jätehuoltostrategiassa määritellään jätehuoltotoimintojen tärkeysjärjestys siten, että ensisijaisesti panostetaan jätteen synnyn ehkäisyyn, toissijaisesti kierrätykseen ja uudelleenkäyttöön ja kolmanneksi parhaaseen mahdolliseen loppukäsittelyyn ja parannettuun seurantaan. Peruseriaatteet jätehuoltostrategian taustalla ovat:

- Ennaltaehkäisy
- Tuottajan vastuu ja saastuttaja maksaa –periaate
- Varovaisuusperiaate, jonka mukaan mahdolliset ongelmat on ennakoitava, sekä
- Läheisyysperiaate eli jätteistä on huolehdittava mahdollisimman lähellä syntypaikkaa

Näitä samoja periaatteita noudatetaan myös Suomessa voimassa olevassa jätehuoltolainsäädännössä.

Euroopan komissio hyväksyi tammikuussa 2001 ympäristöalan toimintaohjelman, jossa määritetään ympäristöalan ensisijaiset toimet tuleviksi 5-10 vuodeksi. (EU komissio 2001b) Luonnonvarojen kestävä käyttö ja jätehuolto on yksi toiminataohjelman neljästä painopistealueesta. Ohjelmassa asetetaan päämääräksi varmistaa, että ”uusiutuvien ja uusiutumattomien voimavarojen käyttö ja niihin liittyvät vaikutukset eivät ylitä ympäristön kantokykyä. Päämääränä on myös purkaa luonnonvarojen käytön ja taloudellisen kasvun välinen yhteys parantamalla huomattavasti luonnonvarojen käytön tehokkuutta, vähentämällä talouden keskittymistä aineelliseen hyvinvointiin sekä ehkäisemällä jätteiden syntyä.” (EU komissio 2001b)

Parhaillaan EU:n käsittelyssä oleva yhdenmetytyn tuotepolitiikan periaate (*Integrated Product Policy, IPP*) on lähestymistapa, jonka tarkoituksena on vähentää tuotteiden ympäristövaikutuksia koko niiden elinkaaren ajalta. Lähestymistavassa keskitytään ekologiseen tuotesuunnitteluun sekä tiedon tuottamiseen ja kannustimien luomiseen vihreiden tuotteiden hyväksymisen ja käytön edistämiseksi. Tuotteiden maailmanlaajuisten tai Euroopan-laajuisten markkinoiden vuoksi myös ympäristöpolitiikkaa on kehitettävä yhtenevästi koko EU:n alueella. (EU komissio, 2001a)

Eräs väline, jolla markkinoita voidaan muuttaa ekologisesti kestävimpien tuotteiden eduksi, on saastuttaja maksaa –periaate. Tällöin tuotteen hintaan tulee sisällyttää todelliset ympäristökustannukset koko niiden elinkaaren ajalta. Myös **tuottajan vastuu** kuuluu

periaatteen piiriin. Tällöin kuluttajat voivat palauttaa käytetyt tuotteet ilman maksua ja kustannukset, jotka syntyvät tuotteen myymisen jälkeen on sisällytetty tuotteen hintaan. Tuottajan vastuu- periaate on sisällytetty käytöstä poistettuja ajoneuvoja koskevaan direktiiviin (ks. Luku 5.1.5.) ja ehdotukseen sähkö- ja elektroniikkalaitedirektiivistä (luku 5.1.4).

Jätehuollon peruseriaatteiden lisäksi olemassa joukko eri jätefraktioiden tai jätteen käsittelytapojen erillissäädöksiä. Tällä hetkellä EU:ssa on valmisteilla tai juuri hyväksytyinä mm. seuraavat jätehuoltoa koskevat säädökset: (Eur-Lex 2001)

- Sähkö- ja elektroniikkalaiteromua koskeva direktiivi, WEEE
- Direktiivi tiettyjen vaarallisten aineiden käytön rajoittamisesta sähkö- ja elektroniikkalaitteissa
- Romuautodirektiivi
- kompostointia koskeva direktiivi
- Jätetilastointiasetus
- jätteen polttoa koskeva direktiivi
- Pakkausten merkintöjä koskeva direktiivi
- Direktiivi aluksilla syntyvän jätteen ja lastijäämien vastaanottopalvelut satamissa

EU-direktiiveissä määritellään vähimmäisperiaatteet, jotka jäsenmaiden tulee täyttää. Kansallinen lainsäädäntö ei saa olla ristiriidassa EU-lainsäädännön kanssa, mutta säädökset voivat olla EU-säädäntöä tiukemmat. Direktiivejä on tarkasteltu tarkemmin jätejaakohtaisten lukujen yhteydessä.

4.1 Määritelmistä

4.1.1 Materiaalit

Materiaalit on perinteisesti jaettu neljään päämateriaalityyppiin: metalleihin, keraameihin, polymeereihin ja komposiitteihin, joiden väliset rajat ovat kuitenkin varsin horjuvia ja käyttökohteet monin paikoin päällekkäisiä, mm. lujitemuovit ovat yhtä kestäviä kuin metallit, mutta monin verroin keveämpiä. Materiaalitekniikan kehitys on johtanut räätälöityihin materiaaleihin, erityisesti uusien polymeeri- ja komposiittimateriaalien kehittämiseen. Nykytekniikalla pystytään kerrostamaan materiaaleja jopa metrin sadasmiljoonasosan paksuisiksi kerroksiksi toistensa pinnalle. Kerrostamisen lisäksi materiaalien räätälöinti molekyyllitasolla, nanoteknologia, on ennustettu tulevaisuudessa olevan merkittävässä roolissa materiaalien valmistuksessa. Tulevaisuuden materiaalien voidaan ennustaa olevan synteesi tietotekniikan, biotekniikan ja materiaalitekniikan kehityksestä.

Materiaalitekniikan kehittyminen on jossain määrin vaikeuttanut niiden kierrätettävyyttä. 1990-luvun alussa tehdyssä delfoi-tutkimuksessa selvitettiin materiaalitekniikan tulevaisuudennäkymiä. (Kuusi, 1994) Tutkimuksen mukaan materiaalien välisen valintatilanteen voidaan katsoa jakautuvan kolmeen eri valintastrategiaan polymeerien tulevan käytön kannalta keskeisillä aloilla (pakkaamisessa, rakennustoiminnassa, kulkuvälineiden valmistuksessa ja metsäteollisuuden tuotteissa):

1. *Kevennysstrategia*, jossa räätälöidään edullisia ja keveitä ratkaisuja, joiden käyttöikä on kuitenkin lyhyt ja korjaaminen kannattamatonta. Pitkälle viedyn räätälöinnin seurauksena on materiaali vaikeasti uudelleenkäytettävissä. Toisaalta materiaali voi olla myös biohajoava, sillä lyhyestä käyttöiästään johtuen riski ennaikaisesta hajoamisesta ei ole suuri.
2. *Kestävyystrategia*, jolloin tavoitellaan lujia ja räätälöityjä ratkaisuja, joiden käyttöikä on pitkä ja korjaaminen kannattavaa. Materiaali saattaa olla hankalasti kierrätettävissä, mutta kestävyys yhdistettynä tuotteen suunnitteluun mahdollistaa toimivien osien uudelleenkäytön.
3. *Kierrätysstrategia*, jonka tavoitteena on materiaalien mahdollisimman hyvä kierrätettävyys, vaikkakin räätälöinnistä ja suorituskyvystä joudutaan tinkimään.

Strategiat eivät välttämättä ole toisiaan poissulkevia, mutta käytännössä materiaalien keveyttä, kestävyttä ja kierrätettävyttä voi olla lähes mahdotonta saavuttaa

4.1.2 Kierrätys

Materiaalikierrätyksellä käsitetään yleensä tietyn materiaalin, joko käytetyn tuotteen tai prosessin sivutuotteen käyttämistä uudelleen joko samaan tai toiseen tarkoitukseen kuin mihin se alun perin oli suunniteltu. Materiaalikierrätys voidaan edelleen jakaa avoimeen ja suljettuun kierrätykseen. *Avoimessa kierrätysjärjestelmässä* kierrätysmateriaalia käytetään jonkin muun tuotteen valmistamiseen, esimerkkinä tästä on nestepakkauskartongin kierrätys hylsykartongiksi tai wc-paperin valmistus kierrätyspaperista. *Suljetussa kierrätyksessä* materiaali kierrätetään takaisin saman tuotteen valmistusprosessiin. Esimerkiksi lasipullojen keräys, murskaus, sulatus ja valmistus uusiksi pulloiksi on suljetun kierron materiaalikierrätystä. Erotukseksi uudelleenkäytöstä, jossa tuote sinällään käytetään uudelleen esim. lasipullo täytetään uudelleen virvoitusjuomalla, suoritetaan suljetussa kierrätyksessä aina prosessointia välillä, eli tuote itsessään ei kierrä, vaan materiaali.

Materiaalien kierrätykselle aiheuttaa rajoituksia tuotteiden laatuvaatimukset sekä taloudelliset ja tekniset seikat. Kierrätysmateriaalin laatu heikkenee yleisesti kierrätyskertojen määrän

mukaan. Esim. muovin tai keräyspaperin kierrätys on tästä hyvä esimerkki. Myös kierrätysjärjestelmien toteuttaminen voi olla teknisesti niin hankalaa tai jätteen määrä pieni tai se sijaitsee hyvin hajallaan, jolloin kierrätys ei ole taloudellisesti kannattavaa.

Materiaalikierrätykseen liittyvät olennaisesti myös *dematerialisaation*, *immaterialisaation* ja *materiaalisubstituution* käsitteet. Dematerialisaatiolla tarkoitetaan tuotteeseen liittyvän materiaali- ja energiapanostuksen vähentämistä säilyttämällä samalla sama tarkoitus tai palvelu. Factor4 ja Factor10 määritelmät liittyvät resurssien tehokkuuden kasvattamiseen kertoimella 4 tai 10. Dematerialisaatio johtaa onnistuessaan materiaalipanosten pienenemiseen tuotettua yksikköä kohti, mutta ei sellaisenaan suoranaisesti kokonaisuuden kannalta jätteeksi päätyvän materiaalimäärän vähenemiseen. Vähennetty materiaalipanostus voidaan käyttää toisaalla tai - mikäli nykyisiä materiaaleja korvataan kevyemmällä mutta huonommin hyödynnettävillä polymeeripohjaisilla tai keraamisilla materiaaleilla - saattaa hyödyntämättä jääneen jätteen määrä kasvaa, vaikka tuotteeseen käytetty materiaalimäärä pienenisikin. Dematerialisaatio ja mahdollisimman tehokas materiaalikierrätys ovat sitenjossain määrin toisensa poissulkevia ratkaisuja materiaalien tulevan käytön kannalta.

Immaterialisaation käsite liittyy materialististen hyödykkeiden korvaamiseen aineettomilla hyödykkeillä, eli esim. palveluilla. Immaterialisaatiota tapahtuu kun oma auto korvataan kuljetuspalvelulla tai pesukone pesulapalvelulla. Immaterialisaatioon liittyy olennaisesti tiedon määrän osuuden kasvaminen suhteessa tuotteen arvoon ja informaatioteknologian käyttö korvaamassa materiaa. Eräs esimerkki jaottelusta, jossa pyrkimyksenä on materiaalipanoksen vähentäminen käytön tehostamisen tai käyttöiän pidentämisen kautta on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Tuotteen käytön tehostamiseen ja käyttöiän pidentämiseen liittyvä jaottelu esimerkkeineen (Scholl, ym. 1999)

KÄYTÖN TEHOSTAMINEN		KÄYTTÖIÄN PIDENTÄMINEN		
Yhteiskäyttö		Yksittäiskäyttö	Tuotteen käyttöiän pidentäminen	Käyttöajan pidentäminen
Sarjassa	Rinnan			
Useita käyttäjiä, peräkkäinen käyttö (auton tai työkalun vuokraus, kirjan lainaaminen)	Useita käyttäjiä, samanaikainen käyttö (kimppakyyti)	Yksi käyttäjä, tehokkaampi käyttö (työmies poraamisen)	pitkään kestävät tuotteet (ajaton suunnittelu, modulaarisuus) huolto uudelleenvalmistus, päivitys	uudelleenkäyttö (alkuperäinen käyttö, kirpputori) uudelleenkäyttö toiseen tarkoitukseen

5. Jättemäärät

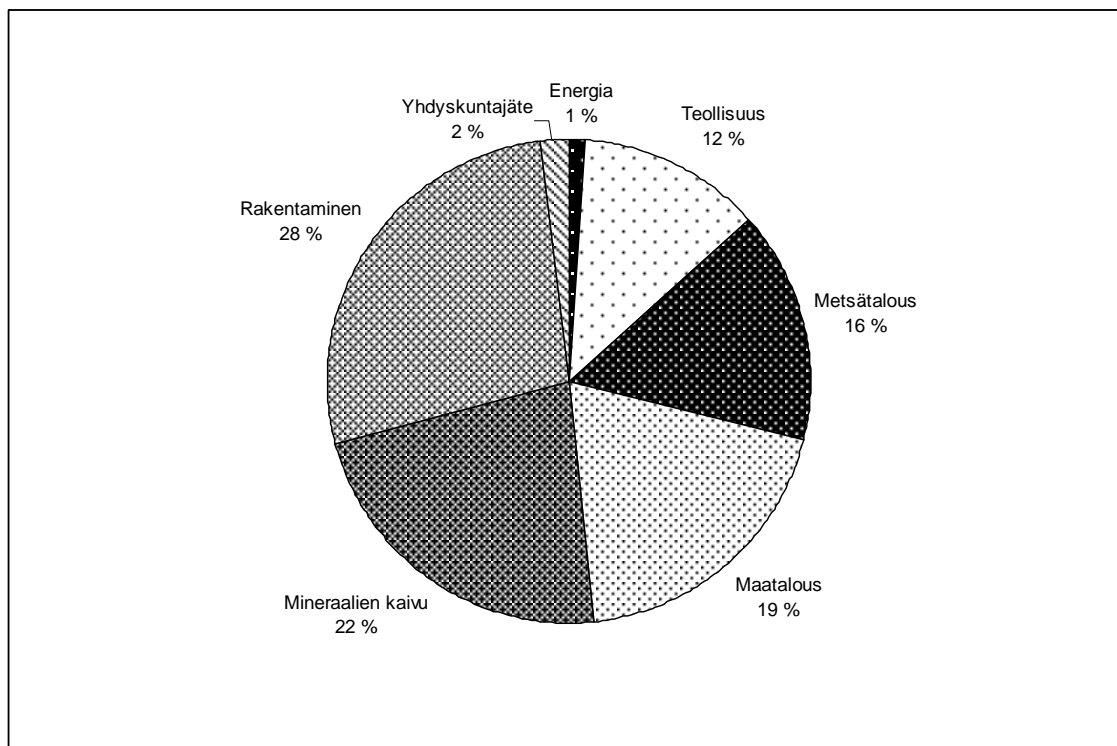
Jättemäärien systemaattinen tilastointi on aloitettu Suomessa vasta aivan viime aikoina. Viimeisin kattava jätetilastointi on tehty Tilastokeskuksessa vuoden 1997 jättemääristä (Vahvelainen, 2000). Lähteenä siinä on käytetty ympäristöhallinnon VAHTI-tietokantaa täydennettynä Tilastokeskuksen omilla kyselytutkimuksilla. Osana tätä jätteiden kasvihuonekaasuselvitystä on VTT Energiassa tehty myös oma erillinen raporttinsa keskeisten jätefraktioiden määristä sekä jättemäärien tilastointiin liittyvistä ongelmista (Hietanen, 2001).

Arvioitaessa materiaalikierrätyksen vaikutuksia kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä, ovat erityisen mielenkiinnon kohteena ne jättejakeet tai materiaalit, jotka

- a) kaatopaikalla hajotessaan muodostavat merkittäviä määriä metaania, kuten esim. biojäte,
- b) tuotantonsa aikana ovat vaatineet merkittäviä energiapanostuksia, joiden tuotannossa on vapautunut hiilidioksidia tai muita kasvihuonekaasuja, kuten esim. metallit, tai
- c) voivat korvata raaka-aineita tai materiaaleja, joiden valmistus on vaatinut merkittäviä energiapanostuksia tai joiden tuotannossa on vapautunut kasvihuonekaasuja, kuten esim. terästeollisuuden kuonat.

Tässä tutkimuksessa on käsitelty erikseen kulutuksen ja tuotannon jätteet. Kulutuksen jätefraktioista mukaan on otettu biojäte, paperi ja kuitu, pakkausjäte, sähkö- ja elektroniikkalaiteromu sekä käytöstä poistetut ajoneuvot ja renkaat. Teollisuuden jätteistä on tarkasteltu elintarviketeollisuuden biojätteitä, teollisuuden pakkausjätteitä, metalliteollisuuden kuonia, metsäteollisuuden sivutuotteita sekä rakentamisesta ja rakennusteollisuudesta peräisin olevia jätteitä. Jättemäärät on pääosin arvioitu Tilastokeskuksen jätetilastojen perusteella (Vahvelainen, 2000).

Yhdyskuntajätteitä syntyi Tilastokeskuksen mukaan vuonna 1997 n. 2,51 miljoonaa tonnia (n. 488 kg/asukas) ja teollisuuden jätteitä 15,9 miljoonaa tonnia. Talojen purkamisesta, uudisrakentamisesta ja korjaamisesta syntyi lisäksi jätteitä vuonna 1997 n. 1,3 miljoonaa tonnia sekä lisäksi 33-34 miljoonaa tonnia maamassoja. Jättemäärien jakautuminen sektoreittain on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1 Jättemäärien jakautuminen sektoreittain. Yhdyskuntien jättestä n. 40% on arvioitu olevan peräisin kotitalouksista.

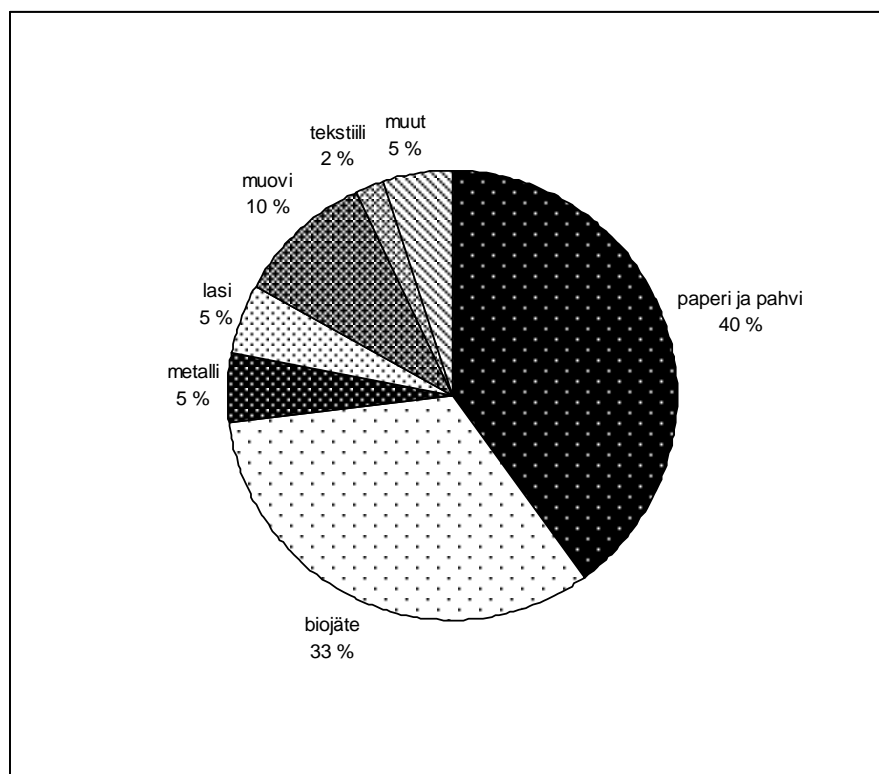
Valtakunnallisessa jätesuunnitelmassa vuodelta 1998 (YM, 1998) esitettyjen tavoitteiden mukaan yhdyskuntajätteen hyödyntämisaste nostetaan vähintään 50%:iin vuoteen 2000 mennessä ja vähintään 70 %:iin vuoteen 2005 mennessä. Myös teollisuuden jätteiden keskimääräinen hyödyntämisaste nostetaan vähintään 70%:iin vuoteen 2005 mennessä. Valtakunnallisen jätesuunnitelman tarkistusehdotus (YM 2001 b) jätettiin kesäkuussa 2001 ympäristöministerille. Keskimääräinen tavoite vuoden 2005 jätteen hyödyntämisasteeksi oli tarkistuksessakin sekä yhdyskuntajätteen että teollisuuden, energiantuotannon ja talonrakennustoiminnan jätteiden osalta 70%.

5.1 Kulutuksen jätteet

Jätteitä voidaan luokitella monilla eri tavoilla. Luokittelu voi perustua syntypaikkaan (esim. kotitalousjäte), teollisuuden toimialaan (mekaanisen metsäteollisuuden jäte), materiaaliin (paperi), tuotteeseen (käytetyt ajoneuvot), sijoituspaikkaan (kaatopaikka) tai useimmissa tapauksissa näiden yhdistelmiin (esim. lasipakkaukset).

Tilastokeskus on jätetilastoinnissa käyttänyt perusjaotteluna jakoa kulutuksesta ja tuotannosta aiheutuneisiin jätteisiin. Kulutuksen jätteisiin kuuluvat kerta-, kesto- ja pääomatavaroiden kulutuksen jätteet, jotka voivat olla peräisin niin kotitalouksista, virastoista, palveluyrityksistä tai teollisuudesta. Kulutusjätteistä kertatavarat päätyvät tavallisesti yhdyskuntajätteeksi,

kestotavarat yhdyskunta- tai erilliskerättäviksi jätteiksi ja pääomatavarat erilliskeräyksen kautta kaatopaikoille tai hyötykäyttöön. Pääomatavaroista rakennusten purkujäte on käsitelty teollisuuden jätteiden osuudessa yhdessä rakentamisen jätteitä. Kulutuksen jätteistä tässä on käsitelty lähinnä yhdyskuntajätteeksi tai erilliskeräyksen kautta kierrätykseen päätyviä jättejakeita, joilla määränsä tai muun ominaisuutensa takia on arvioitu olevan merkitystä materiaalkierrätyksen kannalta (biojäte, pakkausjätteet, paperi ja kuitu, sähkö- ja elektroniikkalaiteromu sekä käytöstä poistetut ajoneuvot ja renkaat).



Kuva 2. Kotitalousjätteen keskimääräinen koostumus vuonna 1996 (Vahvelainen, ym. 2000)

5.1.1 Pakkaukset

Suomessa käytettiin vuonna 1998 yli 1,2 miljoonaa tonnia pakkauksia (Vahvelainen ym., 2000; PYR, 2001). Tästä 66% käytettiin uudelleen, eli jätteeksi päätyvän jätteen määrä oli noin 423 tuhatta tonnia. Yhdyskuntajätteen kokonaismäärästä (2,5 miljoonaa tonnia) pakkausjätteet muodostavat noin kuudesosan. Taulukossa 2 on esitetty pakkausten käyttö-, uudelleenkäyttö-, kierrätys- ja muu hyötykäyttömäärät vuonna 1998. Kierrätyksen ja muun hyötykäytön prosentuaalinen osuus on laskettu pakkausjätteen määrästä, uudelleenkäytön osuus sen sijaan pakkausten käyttömäärästä. Käytettyjen pakkausten määrä jakaantuu aikalailla tasaisesti neljän päämateriaalin: lasin, muovin, metallien sekä paperin ja kuidun kesken.

Taulukko 2 Pakkausten käyttö, uudelleenkäyttö sekä kierrätys ja muu hyödyntäminen Suomessa 1998. (Vahvelainen, 2000).

	yksikkö	MATERIAALI				
		Lasi	Muovi	Paperi ja kuitu	Metalli	Yht.
Käyttö	t	349900	306400	257600	319100	1233000
Käytetty uudelleen	%	85	70	5	90	66
	t	297415	214480	12880	287190	813780
Pakkausjätteen määrä	t	55700	89400	246000	32000	423100
Kierrätys	t	34534	8940	140220	5120	190395
	% jätteen määrästä	62	10	57	16	45
Muu hyötykäyttö	t	0	8940	36900	0	46541
	% jätteen määrästä	0	10	15	0	11
Hyödynnetään yhteensä	% jätteen määrästä	62	20	72	16	56
Uud.käyttö+ hyödyntäminen yhteensä	% käytöstä	95 %	76 %	74 %	92 %	85 %
Jää jäljelle	t	21166	71520	68880	26240	143854
	% käytöstä	38	80	28	82	34

Valtakunnallinen jättesuunnitelma ennustaa pakkausjätteen määrän kasvavan vuoden 1994 385 000 tonnista 508 000 tonniin vuoteen 2005 mennessä, johon on huomioitu 32 000 tonnin jätteiden synnyn ehkäisemisen osuus. Kasvuksi on siis oletettu n. 11 000 tonnia pakkausjätettä vuodessa (2,5%/a). Jätteen kasvu vuosina 94-97 on ylittänyt tämän oletuksen n. kahdella tonnilla keskimäärin per vuosi. Pakkausjätteiden määrän odotetaan edelleen kasvavan. Tätä tukee esim. ennustukset elektronisen kaupankäynnin kasvusta, joka ainakin lyhyellä tähtäimellä lisääisi tuotteiden yksittäispakkaamista ja tätä kautta pakkausjätettä.

EU:n direktiivi pakkauksista ja pakkausjätteistä (94/62/EC) asettaa tavoitteet pakkausjätteiden uudelleenkäytölle, kierrätykselle ja hyödyntämiselle vuoden 2001 kesäkuuhun asti. Suomessa vastaavat on asetettu valtioneuvoston päätöksessä pakkauksista ja pakkausjätteistä (VnP 962/1997) Uusia tavoitteita, jotka tulisi saavuttaa viimeistään vuonna 2006 ei ole vielä päätetty. Komissio ehdottaa uudeksi tavoitteeksi 60%:n kierrätysasteen kaikelle pakkausjätteelle. Lasilla tavoite on 70%, paperilla ja pahvilla 60% sekä 50% metalleilla ja 20% muovilla. Hyötykäytölle ei enää esitetä erillisiä tavoitteita. (ENDS 317/2001) Direktiiviehdotusten taustalla on käytetty komission tilaamaa pakkausten elinkaaren kustannus- ja hyötyanalyysitutkimusta. (Nimetön, 2001) Vaikka direktiivin uusia tavoitteita ei olekaan vielä päätetty, tulevat kierrätystavoitteet mitä ilmeisimmin nousemaan. Taulukossa 3 on esitetty sekä nykyinen toteutuma vuodelta 1997, VNp:n ja direktiivin tavoitteet vuodelle 2001 sekä ehdotukset vuoden 2006 tavoitteiksi.

Taulukko 3. Pakkausjätteen materiaalikohtaiset kierrätys- ja hyötykäyttötavoitteet

	TOTEUTUMA V. 1997		VNP, TAVOITE V. 2001		DIREKTIIVIN TAVOITE V. 2001		DIREKTIIVIN TAVOITE V. 2006 (EHDOTUS)	
	Kierr.	Hyöd.	Kierr.	Hyöd.	Kierr.	Hyöd.	Kierr.	Hyöd.
	%	%	%	%	%	%	%	%
Lasi	48	48	48		15		70	-
Muovi	10	22	15	45	15		20	-
Paperi ja kartonki	57	73	53	75	15		60	-
metalli	8	8	25		15		50	-
Yhteensä	45	56	42	61	25	50	60	-

Pakkauksiin liittyen on EU:ssa valmisteilla myös pakkausten merkintöjä koskeva direktiivi (Komission ehdotus - COM (1996) 191 lopullinen), jonka tavoitteena on helpottaa pakkausten ja pakkausjätteen uudelleenkäyttöä ja kierrätystä yhdenmukaistamalla pakkausten merkintöjä, joita voidaan käyttää osoittamaan pakkausten uudelleenkäytettävyyttä tai kierrätettävyyttä.

5.1.2 Biojäte

Biojätteen määristä ei ole tarkkoja tilastoja. Tilastokeskus arvioi yhdyskuntajätteestä n. 40% olevan kotitalousjätettä, josta puolestaan kolmannes biojätettä. (Vahvelainen, 2000) Muun yhdyskuntajätehuollon piiriin tulevan teollisuus- ja liikejätteen koostumuksesta 26% on arvioitu olevan biojätettä (Tanskanen, 1996). Näin ollen saadaan biojätteen määräksi kotitalouksista n. 320 000 tonnia vuodessa ja yhdyskuntajätteestä kokonaisuudessaan n. 690 000 t/a. Biojätteen käsittelyn kannalta on olennaista myös jätteen syntypaikka eli syntyykö jäte taajamissa vai haja-asutusalueella. Taajamissa on suurten kertymien takia mahdollisuus keskitettyihin kompostointiratkaisuihin, kun taas haja-asutusalueella biojätteen erilliskeräily ei ole kannattavaa ja käsittely tapahtuu talokohtaisissa pienkompostoreissa. Kasvihuonekaasupäästöjen kannalta huonosti toimiva kompostori saattaa tuottaa huomattavia metaanipäästöjä kun taas toimivassa kompostorissa muodostuu vain hiilidioksidia, jota jätteen eloperäisyyden vuoksi ei lasketa virallisissa päästöinventaariorissa mukaan kasvihuonekaasujen kokonaismäärään.

Suomen ympäristökeskus on arvioinut vuonna 1998 kompostoitavan biojätteen määräksi 70 000 tonnia ja VTT Energia (Hietanen) on kyselytutkimuksissa päätnyt lukuun 120 000 tonnia vuonna 2000. Suomen kuntaliiton selvityksen mukaan (Suomen kuntaliitto, 2000) 46%:ssa kunnista oli järjestetty biojätteen erilliskeräys vuonna 2000. Suomessa oli vuonna

1990 biologisia jätteen hyödyntämis- ja käsittelylaitoksia eli pääasiassa kompostointi- ja mädätyslaitoksia 4 kappaletta, vuonna 2000 51 kappaletta sekä arvioiden mukaan vuonna 2005 80 kappaletta. (YM 2001a) Tanskanen (1997) on arvioinut pääkaupunkiseudun lajittelutehokkuudeksi biojätteen osalta 50-60% asuin- ja työpaikkakiinteistöille. Saman tekijän aikaisemmin esittämät arviot (Tanskanen, 1996) ottivat huomioon myös asuintyyppien, jolloin kerros- ja rivitaloissa kotikompostoinnin lajittelutehokkuudeksi oli arvioitu 10% ja erilliskeräyksen 50%, omakotitalojen kotikompostoinnille 60% sekä työpaikkakiinteistöille 60%. Näihin arvioihin perustuen, ja ottaen huomioon arviot kokonaiskompostoitavasta biojätteen määrästä, käytettiin tässä tutkimuksessa taulukon 4 mukaisia minimi- ja maksimilajittelutehokkuuksia. Taulukon maksimitehokkuudet perustuvat siis Tanskanen (1996) arvioihin ja minimiarviona on käytetty 20%:n lajittelutehokkuutta sekä asuin- että työpaikkakiinteistöissä.

Taulukko 4. Laskennassa käytetyt biojätteen syntymäärät sekä arvioitu minimi- ja maksimilajittelutehokkuus.

	SYNTYVÄ MÄÄRÄ BIOJÄTETTÄ	LAJITTELU TEHOKKUUS, % (TANSKANEN, 1996)		KOMPOSTOITU MÄÄRÄ JÄTETTÄ T/A	
		t/a	min	max	min
Taajama, keskitetty kompostointi	129000	20	50	25 700	64300
Taajama, kotikompostit	143000		10	0	14300
Haja-asutusalue, kotikompostointi	49000	20	60	9 900	29600
Kotitalouksien biojäte yhteensä	321000			35600	108300
Muu yhdyskuntajäte, keskitetty kompostointi	390000	20	60	78 000	234000
Yhteensä	711000			113600	342300

5.1.3 Paperi ja kuitu

Valtioneuvoston päätös (N:o 883/1998) keräyspaperin talteenotosta ja hyödyntämisestä vuodelta 1998 asettaa tavoitteeksi ottaa talteen ja hyödyntää keräyspaperista vähintään 70% vuonna 2000 ja vähintään 75% vuonna 2005 Suomessa myytävien ja kulutettavien paperituotteiden määrästä. Talteen otettu keräyspaperi hyödynnetään ensisijaisesti aineena. Päätöksen liitteenä on esitetty myös laskentakaavat keräyspaperin talteenotto- ja hyödyntämistason laskemiseksi. Sen mukaan *talteenottoaste* lasketaan keräyspaperin osuutena keräyspaperipotentialista, joista jälkimmäinen lasketaan vähentämällä paperin kotimaantoimituksen, paperin tuonnin ja painotuotteiden tuonnin summasta painotuotteiden vienti, jalostushylky, korjauserät sekä ei-kerättävissä oleva keräyspaperi. *Hyödyntämistase* puolestaan on kotimaassa hyödynnetyn ja ulkomaille hyödynnettäväksi viedyn keräyspaperin summa per keräyspaperipotentiali.

Paperin kierrätyksestä huolehtii Suomessa Paperinkeräys Oy. Taulukossa 5 on esitetty vuoden 1999 tilanteeseen perustuvat paperin ja kartongin kierrätysmäärät. Keräysaste kyseisenä vuonna oli 65% paperin ja kartongin kokonaiskulutuksesta.

Taulukko 5 Keräyspaperin talteenotto ja käyttö raaka-aineena Suomessa vuonna 1999.

Lähde: Paperinkeräys Oy, Metsäteollisuus ry (julkaistu Ympäristö 6/2000)

PAPERI JA KARTONKI	VUOSI 1999
Paperin ja kartongin kulutus yhteensä (1000 tonnia)	1079
asukasta kohden (kg)	209
Keräyspaperin talteenotto yhteensä (1000 tonnia)	697
asukasta kohden (kg)	135
Keräysaste (%) laskettu paperin ja kartongin kokonaiskulutuksesta	65
Keräyspaperin käyttö raaka-aineena (1000 tonnia)	696

5.1.4 Sähkö- ja elektroniikkalaiteromu

Sähkö- ja elektroniikkalaiteromun määrä on yksi nopeimmin kasvavista jätėjakeista. EU:ssa valmistelussa olevassa direktiivissä sähkö- ja elektroniikkalaiteromusta (EU, 2000) arvioidaan, että sähkö- ja elektroniikkalaiteromua syntyi Euroopassa 6 miljoonaa tonnia vuonna 1998 (4 % yhdyskuntajätteestä). Sähkö- ja elektroniikkalaiteromun määrän ennustetaan kasvavan vähintään 3–5 % vuosittain. Viiden vuoden kuluttua sähkö- ja elektroniikkalaiteromua syntyy siis 16–28 % enemmän kuin nyt, ja 12 vuodessa jätteen määrä kaksinkertaistuu. Sähkö- ja elektroniikkalaiteromun määrän on arvioitu lisääntyvän noin kolme kertaa nopeammin kuin yhdyskuntajätteen määrän keskimäärin.

Sisältämiensä vaarallisten aineiden vuoksi sähkö- ja elektroniikkalaitteet aiheuttavat huomattavia ympäristöongelmia jätehuoltovaiheessa, jos romua ei esikäsitellä asianmukaisesti. Koska nykyisin yli 90 % sähkö- ja elektroniikkalaiteromusta viedään kaatopaikalle, poltetaan tai hyödynnetään ilman esikäsitelyä, merkittävä osa yhdyskuntajätteen sisältämistä epäpuhtauksista on peräisin sähkö- ja elektroniikkalaiteromusta.

Suomessa elektroniikkaromua syntyy vuodessa 70 000 – 100 000 tonnia (SET, 1999) Luku perustuu arvioihin, sillä tilastoja elektroniikkajätteen määrästä ei ole olemassa. Sähkö- ja elektroniikkalaitteiden myynnin perusteella voidaan arvioida tulevaisuudessa jätteeksi päätyviä määriä. Taulukossa 6 on esitetty Suomessa tuotetut, viedyt ja tuodut laitteet sekä näiden perusteella arvioitu määrä markkinoille tulleista laitteista vuosina 1990-1998.

Taulukko 6. WEEE-direktiivin piiriin kuuluvien laitteiden vienti, tuonti, tuotanto ja markkinoille tullut määrä (SET, 1999)

	1990	1992	1995	1996	1997	1998
Tuonti [t]	80000	54000	62000	80000	113000	133000
Vienti [t]	47000	42000	68000	75000	103000	127000
Tuotanto [t]	82000	60000	91000	94000	129000	154000
Markkinoille tulleet laitteet [t] (=tuotanto+tuonti-vienti)	116000	72000	85000	100000	139000	160000

Sähkö- ja elektroniikkaromudirektiivin (Directive on Waste from Electrical and Electronic Equipment, WEEE) tavoitteena on ensisijaisesti ehkäistä sähkö- ja elektroniikkalaiteromun syntyminen, toiseksi käyttää uudelleen, kierrättää tai muilla tavoin hyödyntää kyseistä romua ja kolmanneksi minimoida ympäristöön kohdistuvat riskit ja vaikutukset, jotka liittyvät sähkö- ja elektroniikkalaiteromun esikäsittelyyn ja käsittelyyn. Direktiivejä on itse asiassa kaksi: *sähkö- ja elektroniikkalaiteromua koskeva direktiivi* (Komission ehdotus – COM (1996) 315 lopullinen) ja *direktiivi tiettyjen vaarallisten aineiden käytön rajoittamista sähkö- ja elektroniikkalaitteissa* (Komission ehdotus – COM (1996) 316 lopullinen). Näitä kahta direktiiviä täydennetään mahdollisesti myöhemmin kolmannella ehdotuksella, joka koskee *sähkö- ja elektroniikkalaitteiden suunnittelua ja valmistusta*. Direktiivin piiriin kuuluvat suuret ja pienet kotitalouskoneet, it-laitteet, telekommunikaatiolaitteet, radiot, tv:t, akustiikka- ja musiikkilaitteet, valaistus, lääkintälaitteistot, seuranta- ja valvontalaitteistot, lelut, sähkökäyttöiset työkalut ja automaattiset jakelulaitteet. (SET, 1999)

Direktiivi on toistaiseksi vielä hyväksymättä. Edellisessä käsittelyssä vuoden 2000 joulukuussa Euroopan unionin ympäristöministerit eivät päässeet yksimielisyyteen mm. siirtymäajan pituudesta. Direktiivin voimaantuloa odotetaan aikaisintaan vuonna 2004. Toteutuessaan direktiivi tulee määrittelemään kierrätysvelvoitteet käytöstä poistetuille sähkö- ja elektroniikkalaitteille. Direktiiviehdotuksessa asetetaan vähimmäistavoite, joka on pyrittävä saavuttamaan viimeistään vuoden 2005 loppuun mennessä. Tavoite on keskimäärin neljä kilogrammaa kotitalouksien sähkö- ja elektroniikkalaiteromua asukasta kohden vuodessa, joka Suomen tapauksessa tarkoittaisi n. 21 000 tonnia kotitalouksista kerättävää romua vuodessa. Kotitalouksien kierrätystavoite tullaan myöhemmin huomioon ottaen asettamaan prosenttiosuutena myytyjen sähkö- ja elektroniikkalaitteiden määrästä.

Sähkö- ja elektroniikkalaiteromu koostuu hyvin erilaisista jakeista, joilla on myös erilainen materiaalikoostumus. Arvioita keskimääräiseksi materiaalikoostumukseksi on kuitenkin olemassa, joista eräs arvio on esitetty taulukossa 7. Lisäksi siinä on esitetty keskimääräiset jätteeksi kertyvät materiaalmäärät, mikäli oletetaan sähkö- ja elektroniikkalaiteromua syntyvän vuosittain noin satatuhatta tonnia.

Taulukko 7 Sähkö- ja elektroniikkaromun materiaalikoostumus, %. (Viitanen, 2000) sekä vuosittainen kertymä laskettuna 100 000 tonnin keskimääräisellä jätemäärällä.

MATERIAALI	OSUUS, %	TONNIA
Metallit yhteensä	60,6	60 600
Rauta ja teräs	47,9	47 900
Alumiini	4,7	4 700
Kupari	7	7 000
Muut metallit	1	1 000
Muovit	20,6	20 600
Lasi	5,4	5 400
Kumi	0,9	900
Keramiikka	2	2 000
Puu	2,6	2 600
Piirilevyt yms. komponentit yhteensä	3,1	3 100
Al	0,2	200
Cu	0,3	300
Fe	0,3	300
Ni, Pb, Sn, Zn, Br, Sb (% 0,01-0,1)	0,3	300
Ag, Au, Be, Cd, Pd, Ci, Hg (%<0,01)	0,01	10
Muovilevy	2	2 000
Muut materiaalit	4,6	4 600
Yhteensä	100	100 000

Sähkö- ja elektroniikkalaitteiden kierrätys on Suomessa toistaiseksi vähäistä, mutta direktiivien kierrätyksen ympärille on alkanut syntyä yritystoimintaa. Forssan seudulle on suunnitteilla käsittelylaitos, jonka on määrä käsitellä Etelä-Suomesta syntyvää elektroniikkaromua arviolta n. 15 000 tonnia vuodessa. (Helsingin Sanomat 6.2.2001). Käsittelylaitoksessa romu murskataan, siitä erotetaan muovit ja metallit, joista metallit jatkavat vielä matkaansa erilliseen erotteluun. Muovimurske on tarkoitus myydä Keski-Eurooppaan, jossa siitä tehdään mm. sekamuovilankkuja.

5.1.5 Loppuunkäytetyt ajoneuvot ja renkaat

Tilastokeskus on esittänyt arvioita romutettavien autojen vuosittaisesta määrästä Suomessa, joka on laskettu rekisteristä poistettujen ja uudelleenrekisteröityjen autojen lukumäärien erotuksena. Tällöin on käytöstä poistettujen ajoneuvojen määräksi saatu yli 80 tuhatta kappaletta vuonna 1997 ja alle 50 tuhatta kappaletta vuonna 1998. Keskimäärin vuosina 1992-1998 on romutettavaksi päätynyt n. 43 000 kappaletta vuodessa. Hyötykäyttömääräksi on valtakunnallisessa jätesuunnitelmassa arvioitu vuonna 1995 n. 75-85%.

EU:n direktiivi romuajoneuvoista (**2000/53/EY**) pyrkii edistämään jätteiden synnyn ehkäisyä mm. rajoittamalla vaarallisten aineiden käyttöä ajoneuvoissa. Direktiivissä määritetään

uudelleenkäyttö- ja kierrätystavoitteeksi 80% viimeistään vuoden 2006 alussa ja 85% viimeistään vuoden 2015 alussa. Hyödyntämistavoitteet ovat näitä 5 prosenttiyksikköä korkeampia eli 85 % ja 95%. Taulukossa 8 on esitetty keskimääräinen henkilöauton materiaalikoostumus. Merkittävää on, että direktiivin määräämät kierrätystavoitteet eivät tule täytetyiksi pelkästään rauta- ja teräsromua kierrättämällä, vaan mukaan tulee ottaa myös ajoneuvon muita osia, esim. muovia.

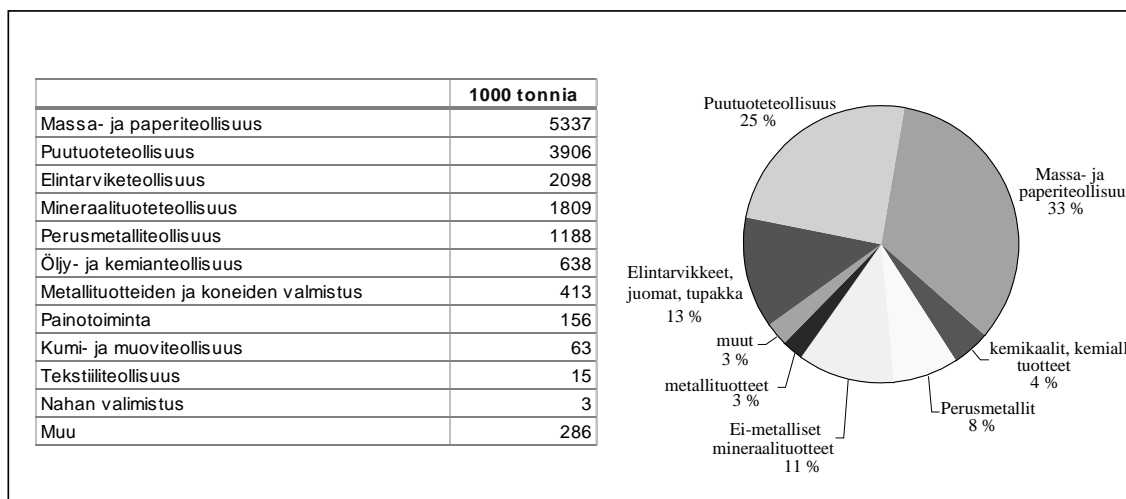
Taulukko 8. Henkilöauton keskimääräinen materiaalikoostumus (Viitanen, 2000)

MATERIAALI	%
Rauta ja teräs	65-72
Muovi	8-16
Lasi	2-3
kumi	3-6
voiteluaineet, ym. nesteet	2-6
muut metallit	1-8
Muut materiaalit	2-4

Käytöstä poistettuja ajoneuvojen renkaita Suomessa syntyy Suomen ympäristökeskuksen mukaan vuosittain n. 30 000 tonnia. Niistä hyödynnetään materiaalina yli 90% lähinnä murskeena tienrakentamisessa sekä kokonaisina esim. meluvälleissa, sekä jonkin verran energiana. Renkaiden kierrätystä hoitaa Suomen Rengaskierrätys Oy.

5.2 Teollisuuden jätteet

Vuonna 1997 syntyi teollisuudessa jätteitä yhteensä yli 15 miljoonaa tonnia. Suurimmat jätekertymät tulivat massa- ja paperiteollisuudesta (5,3 milj. tonnia), puutuoteteollisuudesta (3,9 milj. t), elintarviketeollisuudesta (2,1 milj. t) sekä mineraalituoteteollisuudesta (1,8 milj. t) ja perusmetalliteollisuudesta (1,2 milj. t). Jätteiden prosentuaalinen jakautuminen toimialoittain vuonna 1997 on esitetty kuvassa 3. Teollisuuden jätteiden kokonaiskertymästä ohjautui kaatopaikoille 26%, hyötykäyttöön 64 % ja muuhun sijoitukseen 10%. Prosentuaalisesti eniten hyötykäyttöön ohjautui mekaanisen metsäteollisuuden puujätteestä, josta vuonna 1997 hyödynnettiin hieman yli 97 %. Kaatopaikalle sen sijaan päätyi yli 90% kertymästä mm. mineraalien louhinnasta ja käsittelyssä syntyneistä jätteistä samoin kuin pigmenttien valmistuksesta ja ei-rautametallien hydrometallurgisista prosesseista syntyvistä jätteistä (Vahvelainen, ym., 2000)



Kuva 3. Teollisuuden jätteiden määrät toimialoittain vuonna 1997

5.2.1 Metsäteollisuus

Massa- ja paperiteollisuus on suurin teollisuuden jätteiden tuottaja. Vuonna 1999 vietiin sellu- ja paperitehtaiden kaatopaikoille jätteitä teollisuuden oman ilmoituksen mukaan n. 575 000 tonnia. Tästä oli valtaosa energiantuotannon tuhkia (156 000 t), soodasakkaa ja meesaa (yhteensä 70 000 t), jätevedenpuhdistamon lietteitä (62 000 t), siistauslietettä (102 000 t) sekä kuitu- ja pastalietteitä (68 000 t). Kierrätyskelvotonta jätepaperia muodostui 337 tonnia, puujätettä 27 000 tonnia ja muita jätteitä 68 000 tonnia. Sellu- ja paperitehtaiden puuperäisistä jätteistä ja sivutuotteista hyödynnetään n. 97 % ja jätevedenpuhdistamojen lietteistä 80 %. Vähiten hyötykäyttöä on energiantuotannon tuhilla, soodasakalla, meesalla sekä siistauslietteillä. (Metsäteollisuus ry, 2000a)

Seuraavaksi suurin jätteiden tuottaja on puutuoteteollisuus. Saha- ja levyteollisuuden puunkäyttö oli vuonna 1999 n. 31 milj. m³, josta 45 % päätyi sahatavaraksi, 28% sellun raaka-aineeksi, 16% biopolttoaineeksi, 8% paperin raaka-aineeksi, 3% levyjen raaka-aineeksi ja 1% oli jättehukkaa. (Metsäteollisuus ry, 2000b) Kaatopaikalle päätyvä osuus oli vuonna 1998 n. 80 000 tonnia sisältäen puhdistuslietteitä, tukeista irtoavaa jätetuorta ja tuhkaa.

Räsänen (ym, 2000) on arvioinut massa- ja paperiteollisuuden jätteiden tulevaa hyötykäyttöä. Mukana tutkimuksessa olivat merkittävimmiksi jakeiksi arvioidut jätevedenpuhdistamojen liete, paperi- ja kartonkikoneilta syntyvä kuitu- ja pastaliete, polttoprosessien tuhkat ja sellutehtaalta syntyvä soodasakka. Tuleviksi hyötykäyttökohteiksi arvioitiin jätevedenpuhdistamon lietteen osalta kuivaus, ohjaaminen mustalipeän joukkoon, kompostointi ja mädättäminen sekä kuitu- ja pastalietteen osalta kierrätys uudelleen prosessiin ja kuitulietteen osalta myös käyttö maa- ja viherrakentamisessa sekä poltto. Tuhkien ja soodasakan hyötykäyttöä voitaisiin tehostaa lannoitteena ja maanrakennuksessa.

Tulevaisuuden tavoitteena on myös kehittää soodasakan pesua ja tätä kautta hyötykäyttöä. (Räsänen, ym. 2000)

5.2.1.1 Kiertokuidun käytön lisääminen

Kiertokuidun valmistuksen energiankulutus on mekaanisesti ja kemiallisesti valmistettuihin massoihin nähden varsin pieni. KTM:n Teknologia ja kasvihuonekaasupäästöjen rajoittaminen –raportissa (Savolainen, ym (toim), 2001) on esitetty mekaanisen massan sähkönkulutuksen olevan 2,4 MWh/t, kun se kemiallisella massalla on 0,7 ja kiertokuitumassalla 0,3 MWh/t. Prosessilämmön kulutus puolestaan on mekaanisella massalla –1,5 GJ/t, kemiallisella massalle 14 ja kiertokuitumassalla noin 1 GJ/t. Yhteenvedo tuotantomääristä ja sähkön- ja prosessilämmön vuosittaisista kulutuksista on esitetty taulukossa 9. Kierrätyskuituun perustuvan massan osuuden lisääminen olisi energiankulutuksen ja kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamisen suhteen siis hyvinkin kannattavaa. Helpoiten tämä on toteutettavissa tehostamalla kotimaisen kierrätyspaperin keräystä tehostamalla ja hävikkiä pienentämällä. KTM:n raportin mukaan kiertokuidun laajamittaisen tuonnin lisääminen ei ole metsäteollisuuden kannalta taloudellinen vaihtoehto. Paperinkeräys Oy:n mukaan keräyspaperia tuonti oli 81 tuhatta tonnia ja vienti 93 tuhatta tonnia vuonna 1999. (Paperinkeräys Oy)

Taulukko 9. Tämänhetkiset ja vuoteen 2020 asti ennustetut massa- ja paperiteollisuuden tuotantomäärät sekä sähkön ja prosessilämmön kulutukset (Savolainen, ym (toim), 2001)

TUOTANTO GG/A	SKENAARIO					SÄHKÖN KULUTUS GWH/A				PROSESSILÄMMÖN KULUTUS PJ/A			
	1997	1999	2005	2010	2020	1998	2005	2010	2020	-98	2005	2010	2020
mekaaniset massat	3939	4112	4695	4989	5469	9526	11358	12136	13236	-5,8	-8,9	-10,9	-12,1
puolisellu	530	490	561	581	597	192	224	232	236	1,9	2,2	2,2	2,2
kemialliset massat	6620	6977	7550	7970	8695	4779	5332	5548	5947	94,7	104,7	108,5	114,4
kiertokuitumassa	510	570	724	812	911	151	223	253	282	0,5	0,6	0,5	0,5
massat yhteensä	11599	12149	13530	14353	15672	14649	17137	18170	19702	91,3	98,5	100,7	105,1
sanomalehtipaperi	1470	1490	1500	1500	1500	845	855	848	833	7,7	7,7	7,5	7,4
puupitoinen painopaperi	4649	4902	5900	6500	7170	3642	4397	4866	5272	26,5	30,3	32,3	33,7
sellupohjainen painopaperi	2472	2929	3430	3820	4380	2003	2685	3012	3425	19,7	24,8	26,9	29,2
muut paperit	952	1002	1020	1030	1050	804	873	871	873	6,4	6,8	6,7	6,4
puupitoiset kartongit	1581	1575	1760	1870	2100	1086	1223	1286	1433	10,6	11,7	12,1	13
sellupohjaiset kartongit	1025	1048	1140	1280	1600	761	848	948	1171	6,9	7,6	8,2	9,7
paperit ja kartongit yhteensä	12149	12947	14750	16000	17800	9142	10880	11831	13006	77,9	88,9	93,6	99,4

Metsäteollisuuden kokonaisenergiankulutus vastasi vuonna 1998 kaikkiaan noin 30%:a Suomen kokonaisprimäärienergian tarpeesta. Metsäteollisuuden sähkönkulutuksen tehostamisella on arvioitu suoraan voivan vähentää ostosähkön tarvetta ja sitä kautta koko Suomen sähkönkulutusta. Energiankulutus vaihtelee kuitenkin tuotantotavoittain, eli laskettaessa on tärkeää huomioida, onko kyseessä kemiallisesti vai mekaanisesti tuotettu massa vai kiertokuitumassa. Mekaaninen massa voidaan tuottaa vielä lisäksi sekä hiomalla että hiertämällä, joiden ero keskimääräisessä sähkönkulutuksessa on hiokkeella n. kolmanneksen vähemmän sähköä kuin hierteellä. Kemialliset massat käsittävät Suomessa tällä hetkellä sulfaattisellun valmistuksen, jossa käytetään vajaat 20% metsäteollisuuden sähkön ominaiskulutuksesta ja yli 50% prosessilämmön ominaiskulutuksesta, joskin sellun valmistus on lämmön suhteen omavaraista eli kaikki lämpö saadaan jätelipeästä. (Savolainen, ym. (toim.) 2001)

5.2.2 Metalliteollisuus

Metalliteollisuus on kasvihuonekaasujen kannalta merkityksellinen toimiala monellakin tapaa. Ensinnäkin se on maassamme merkittävä sähkön käyttäjä, joten prosessiparannukset tai energian vähennystoimenpiteet heijastuvat Suomen sähköntuotannon päästöihin. Toiseksi metallien kierrätys vaatii huomattavasti vähemmän energiaa kuin metallien valmistaminen malmista, joten metallien kierrätysastetta nostamalla voidaan myös vähentää päästöjä. Kolmanneksi metalliteollisuuden kuonia voidaan käyttää hyödyksi sementin valmistamisessa ja tienrakennuksessa, joka myös johtaa päästövähennyksiin.

Suomessa valmistetaan teräksiä sekä malmipohjaisella että romupohjaisella menetelmällä, kuparia pyrometallurgisesti sekä liekkisulatusmenetelmällä, nikkeliä pyrometallurgisesti, sinkkiä elektrolyyttisesti sekä alumiinia romupohjaisesti. Vuonna 1999 Suomessa tuotettiin Metalliteollisuuden keskusliiton tilastojen mukaan rautaa 3956 tuhatta tonnia, teräsaihoita 3783, valssaustuotteita 2954, ferrokromia 256, kuparia 225, sinkkiä 115 ja nikkeliä 53 tuhatta tonnia (Savolainen, ym (toim), 2001)

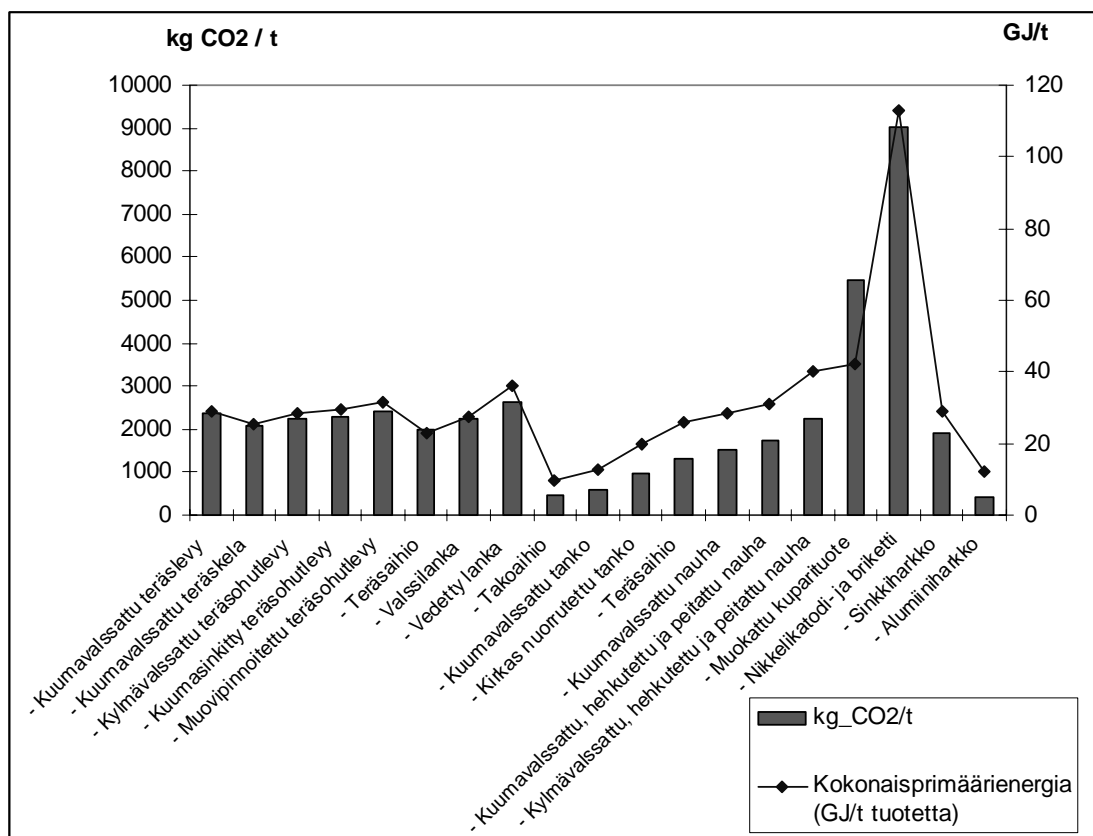
Rautaruukin Raahen ja Fundian Koverharin integroiduissa terästehtaissa käytetään perusraaka-aineena pääasiassa rautamalmia, mutta myös jonkin verran romua. Imatra Steel käyttää raaka-aineena ainoastaan romua. (Seppälä, ym. 2000) Imatra Steelin terästehdas käyttää sähköä n. 880 kWh/tonni terästä ja hiilidioksidipäästöt romuteräksen tuotannosta ovat n. 0,5 t/ tonni terästä. Rautaruukin Raahen terästehtaan ominaisenergiankulutus oli vuonna 1999 n. 20,2 GJ/t terästä ja CO₂-ominaispäästö 1,887 t CO₂/tehtaalla tuotettu terästtonni, johon voidaan lisätä jalostusketjun alkupään osuus eli n. 0,415 t CO₂/t terästä (ennen tehdasta) (KTM, 2001)

Teräksen tuotannossa syntyy Suomen ympäristökeskuksen mukaan (Dahlbo ym. 2000) 1,36 miljoonaa tonnia masuuni- ja teräskuonia, joiden hyödyntämisaste on 84 %. Kuparin sulatuksessa syntyy kuonaa ja tuhkaa lähes 3000 tonnia/tonni kuparia, eikä sille ole toistaiseksi hyötykäyttöä. Myös nikkelin valmistus pyrometallurgisesti liekkisulatuksella nikkeliirikasteista tuottaa kuonaa, jolle ei ole hyötykäyttöä. Kuonaa syntyy suunnilleen saman verran tuotettua tonnia kohti kuin kuparin valmistuksessa. Sinkin valmistuksessa rikastetta pasutettaessa poistetaan rikasteesta rautaa ns. jarsiittisakkana, jolle ei ole löydetty hyötykäyttöä. Metalliteollisuuden syntyvien jätejakeiden määrät on esitetty taulukossa 10. Metalliteollisuus tuotti Tilastokeskuksen mukaan vuonna 1997 n. 1,2 miljoonaa tonnia jätteitä, joka on vajaat 10% teollisuuden jätekertymästä (Vahvelainen, 2000). Suomen ympäristökeskus (Dahlbo, ym. 2000) on arvioinut jätemäärän tähän verrattuna lähes kaksinkertaiseksi, 2,1 miljoonaa tonnia.

Taulukko 10. Metallien jalostusteollisuuden jätejakeiden määrät ja hyödyntämisasteet v. 1997 (Seppälä, ym. 2000)

	MÄÄRÄ, TONNIA	HYÖDYNTÄMISASTE, %
Masuuni- ja teräskuonat	1 360 000	84
Kupari- ja nikkelikuonat	88 000	10
Jarsiitti (rautasakka)	117 000	0
Muut sakat ja lietteet	144 000	<5
Pölyt	135 000	50
Romu	113 000	100
Hilseet	97 000	33
Teollisuus- ja yhdyskuntajätteet	41 000	16
Tulenkestävät materiaalit	11 000	5
Kalkki ja kalkkikivi	8000	n.100
Ongelmajätteet	3000	
Rakennus- ja purkujätteet	1800	11
Yhteensä	2118800	

Suomessa ei ole alumiinin primaarista tuotantoa malmista, vaan kaikki Suomessa käytettävä alumiini tuodaan Suomeen. Romupohjaisen alumiinin valmistusta harkoiksi Suomessa kuitenkin tapahtuu. Seppälä (ym. 2000) on arvioinut romupohjaisen alumiinin tuotannon hiilidioksidipäästöiksi 413 kg CO₂/tonni tuotetta. Primäärisistä lähteistä valmistettaessa vaaditaan huomattavia määriä energiaa, joten sähkön tuotantotapa määrää pitkälti primäärialumiinin hiilidioksidipäästöt. CO₂-päästöjen primääriselle alumiinintuotannolle on esitetty vaihtelevan arvoista 4200 kg/t (Ranne, ym. 1993), 3600 kg/t (U.S. EPA, 1998c), 4500 kg/t (EAA), 6160 kg/t (BUWAL, 1998). Kuvassa 4 on esitetty metallituotteiden koko elinkaaren aikaisten energiankulutusten sekä hiilidioksidipäästöjen määrät eri metallituotteille.



Kuva 4. Metallituotteiden valmistuksen energiankulutus- ja CO₂-päästötietoja (Seppälä, ym. 2000)

5.2.2.1 Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen

Metalliteollisuuden CO₂-päästöjä on käsitelty mm. seuraavissa tutkimuksissa: KTM:n kansallisen ilmasto-ohjelman taustaraportissa teknologia ja kasvihuonekaasujen päästöjen rajoittaminen (Savolainen, ym (toim), 2001), Suomen ympäristökeskuksen tekemissä raporteissa metalliteollisuuden ympäristövaikutuksista (Seppälä, ym. 2000) ja romun kierrätyksestä (Melanen, ym. 2000) sekä Oulun Yliopiston Thule-instituutin materiaalivirta-analyyseissä (Viitanen, 2000) Kasvihuonekaasupäästöjä voidaan vähentää lisäämällä sekä romupohjaisen teräksen tuotannon osuutta että kuonien hyötykäyttöä sementin valmistuksessa ja maanrakennuksessa. Arvioita romun määrän kehittymiselle Suomessa on arvioitu taulukossa 11.

Taulukko 11. Romun määrät vuosina 1995 sekä ennuste vuodelle 2010 (Melanen ym.2000) sisältäen romun tuonnin, viennin, valmistuksessa syntyvän romun keräyksen ja lopputuoteromun keräyksen.

ROMU: TUONTI-VIENTI+VALMROMU+LOPPUTUOTEROMU		
	1995	2010
teräs	674,6	1191,3
ruostumaton teräs	36,5	87,9
kupari	18,3	22,9
nikkeli	7,1	11,2
alumiini	51,7	64,9
sinkki	-2,6	2,6
lyijy ja muut metallit	-3,9	-4,6
yhteensä	781,7	1376,2

Terästeollisuuden kuonia voidaan hyödyntää maanrakennuksessa ja lisäaineena sementin valmistuksessa. Nykyisin kuonien hyötykäyttöaste on jo varsin korkea, yli 80% syntyvästä määrästä. Sementtien valmistuksessa kalkkikiveä poltettaessa muodostuu kalkkia ja hiilidioksidia, jota syntyy hieman alle puoli kiloa käytettyä kalkkikivimäärää kohti. Kun kuonan määrää sementissä lisätään, vähenee tarvittavan kalkkikiven määrä ja hiilidioksidipäästöt vähenevät. Kuonien käytetään hyödyksi myös maanrakennuksessa. VTT Kemiantekniikan tutkimuksessa (Laine-Ylijoki, ym, 2000) vertailtiin n 4 km:n tieosuuden erilaisia pohjustusvaihtoehtoja: luonnon kalliomursketta, masuunikuonaa ja betonimursketta. Elinkaaren CO₂-päästöt olivat masuunikuona-vaihtoehdossa n. 17 % pienemmät kuin luonnonmateriaalilla ja 21% pienemmät kuin betonilla. Kalkkipitoisia kuonia käytetään myös maataloudessa kalkitusaineena

Suomen ympäristökeskus on arvioinut (Dahlbo, ym. 2000) metalliteollisuuden päästövähennyksiksi, mikäli metalliteollisuuden kuonat korvaavat sementtiä. Vaihtoehto 1 perustuu oletukseen, että kaikki teräskuona käytetään tienrakentamiseen, nykyisin hyödynnettävästä masuunikuonamäärästä käytetään 76% tienrakentamiseen ja 24% sementin valmistukseen. Vaihtoehdossa 2 kaikki teräskuona käytetään tienrakentamiseen ja kaikki masuunikuona sementin valmistukseen. Taulukossa 12 on esitetty näiden vaihtoehtojen mukaiset päästöjen vähenemät vuosille 2010 ja 2020.

Taulukko 12. Kuonien hyötykäytön CO₂-vähenemät (Dahlbo ym. 2000)

	2010	2020
	Milj. t. CO ₂ -eqv.	Milj. t. CO ₂ -eqv.
1. vaihtoehto	0,17	0,26
2. vaihtoehto	0,56	0,65

5.3 Rakentamisesta ja purkamisesta syntyvät jätteet

Rakentamisessa ja purkamisessa syntyy vuosittain merkittävä määrä jätettä, josta suurin osa on maa-aineksia maa- ja vesirakentamisesta. Taulukossa 14 on esitetty Tilastokeskuksen arviot vuoden 1997 talonrakennus- ja maa- ja vesirakennusjätteistä sekä VTT Rakennustekniikan (Perälä & Nippala, 1998) arvio korjausrakentamista sekä rakennusten purkamisesta aiheutuvista jätteistä. Tilastokeskus on arvioinut rakennusten purkamisjätteen määrän 100 000 tonnia tässä esitettyä suuremmaksi. Vuonna 1997 maa-ainesten osuus kokonaisjättemäärästä rakennustyömailla oli yli 95 %. Mikäli maa-aineksia ei oteta lukuun, syntyi eniten jätettä korjausrakentamisessa (600 tonnia) ja seuraavina tulevat maa- ja vesirakentaminen (400 t), rakennusten purkaminen (300 t) sekä uudisrakentaminen (200 t). Rakennustuoteteollisuuden jätteet kuuluvat mukaan teollisuuden jättemääriin, joten niitä ei ole mukana taulukon 13 jättemäärissä.

Taulukko 13. Rakennustyömailla syntyvien jätteiden määrä ja arvio hyödyntämistä v. 1997

	TALON- RAKENTAMIN EN ¹	MAA- JA VESI- RAKENTAMI NEN ¹	KORJAUS- RAKENTAMI NEN ²	RAKENNUS- TEN PURKAMI- NEN ²	YHTEENS Ä
	1000 t	1000 t	1000 t	1000 t	1000 t
Ongelmajäte	*	1	*	*	
Pakkausjäte	9	1	2	0	12
Mineraalipohjainen jäte	435	90	70	200	795
Puu	525	40	280	70	915
Lasi	3	0	*	*	
Muovi	2	0	*	*	*
Asfaltti	0	225			225
Metallit	191	1	140	5	337
Maa-ainekset	8480	25000			33480
Eristysaineet	*	0			
Sekalainen jäte	155	15	110	15	295
Yhteensä	9800	25373	600	300	36073
Arvio hyödyntämistä v. 2	28 – 45 %	58 %	25 %	20 %	42 %

1. lähde: Tilastokeskus, Vahvelainen & Salomaa, 2000

2. lähde: VTT Rakennustekniikka, Perälä & Nippala 1998

Materiaaleista eniten syntyi puu- ja metallijätettä, muovi- ja lasijätettä syntyi kumpaakin vain noin tonni. Rakennusjätteen määrä voi vuosittain vaihdella hyvinkin merkittävästi johtuen erilaisista rakennusmääristä, jotka puolestaan ovat hyvin suhdannesidonnaisia.

Valtioneuvoston päätöksessä rakennusjätteistä (VNp N:o 295/1997) on esitetty suuntaantavaksi tavoitteeksi 50%:n hyödyntämistason kaikelle rakennusjätteelle maa-aines-, kiviaines- ja ruoppausjätettä lukuun ottamatta. Hyödynnettävistä aineista päätös nimeää

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

jotka on pidettävä erillään ja lajiteltava erikseen toisistaan ja muista rakennusjätteistä.

Nykyiset arviot uudisrakentamisen hyötykäyttöprosentista vaihtelevat materiaaleittain siten, että sahatavaralla on suurin, yli 60%:n hyödyntämistaso, ja teräslevyilläkin lähes 60%. Muista puu- ja terästuotteista hyödynnetään noin kolmannes. Tiilet, betonituotteet ja muut kivipohjaiset tuotteet hyödynnetään huonoiten, vain n. 10%. Kokonaisyötykäyttöaste on vajaa 30% (Vahvelainen, ym. 2000). VTT Rakennustekniikka on arvioinut hyötykäyttöasteeksi korjausrakentamisen jätteille 25 % ja rakennusten purkamisen jätteille 30 % (Perälä & Nippala, 1998).

5.4 Muut jätejakeet

Muista teollisuuden toimialoista merkittäviä määriä jätteitä syntyy elintarvike-, mineraalituote- ja öljy- ja kemianteollisuudessa sekä painotoiminnassa. Kasvihuonekaasupäästöjen kannalta merkityksellisiä näistä ovat ainakin elintarviketeollisuuden eloperäiset jätteet. Tilastokeskuksen mukaan elintarviketeollisuuden jätteitä syntyi vuonna 1997 hiukan reilut kaksi miljoonaa tonnia, josta vajaa puolet (46%) kierrätettiin. Suurin yksittäinen erä oli maidonjalostusteollisuuden jätteet, lähes puolitoista miljoonaa tonnia. Elintarviketeollisuuden jätteitä hyödynnetään mm. eläinten rehuna ja lannoitteena.

Teollisuuden jätekertymän ulkopuolelle jää energiantuotannon tuhkat, kuonat ja prosessijätteet (lähinnä savukaasujen rikinpoistossa syntyvä kipsijäte) sekä vedenpuhdistuksen lietteet ja maa- ja metsätaloudessa syntyvät jätteet ja puunkorjuutähteet. Energiantuotannon tuhkia syntyi vuonna 1997 yhteensä n. 1,2 miljoonaa tonnia, josta vajaa 0,7 miljoonaa tonnia hyödynnettiin mm. tienrakennuksessa ja rakennustarvikkeiden raaka-aineena. Kaatopaikalle päätyi hieman reilu puoli miljoonaa tonnia tuhka- ja jätettä. Vedenpuhdistuksen lietteet ja maa- ja metsätalouden biohajoavat jätteet muodostavat kasvihuonekaasupäästöjen kannalta mielenkiintoisen osa-alueen, joka kuitenkin on tässä tutkimuksessa jouduttu sivuuttamaan resurssien rajallisuuden vuoksi.

5.5 Jättemäärien kasvuennusteet

Jättemäärien kehitystä tulevaisuudessa on monissa yhteyksissä ennustettu yhteydessä taloudelliseen kehitykseen. Teollisessa tuotannossa yhteys onkin ilmeinen, mikäli merkittäviä panostuksia uuteen tai puhtaampaan teknologiaan ei tehdä. Tällöin tuotettu jättemäärä kasvaa suorassa suhteessa tuotannon määrään. Sen sijaan kulutuspuolella esim. yhdyskuntajätteen määrän kehityksen ja taloudellisen kasvun välinen yhteys ei ole yhtä selkeä. Ennustamista vaikeuttaa myös menneiden aikasarjojen puute, sillä jätteiden määrien systemaattinen tilastointi on aloitettu vasta 1990-luvulla.

Yhdyskunta- ja kotitalousjätteen kasvun ennustamiseksi on ehdotettu käytettäväksi mm. sitä osuutta kansantulosta, joka käytetään yksityiseen kuluttamiseen (ks. Esim. Cristiansen, ym. 1999) On kuitenkin olemassa – ainakin teoreettisesti – katto sille, kuinka paljon kulutusvarojen kasvu kotitalouksissa suuntautuu hyödykkeisiin, jotka päätyvät jätteeksi, sillä tietyn perustarpeen tyydyttämisen jälkeen lisäkasvu voi hyvin suuntautua myös muihin kuluttamisen tapoihin kuten matkustamiseen, palveluihin, harrastuksiin tai energiakulutukseen. Lisäksi kestokulutushyödykkeiden pitkä käyttöikä vaikuttaa siihen, että tuotteet, joita tällä hetkellä ostetaan ja kulutetaan, päätyvät jätteeksi vasta vuosien tai vuosikymmenten päästä. Samoin tämän hetken jätteistä on osa valmistettu vuosikymmeniä sitten. Myös materiaaleissa tehdyt muutokset näkyvät jätepuolella viiveellä, kun käytöstä poistetut tuotteet päätyvät jätteiksi.

Valtakunnallisessa jätesuunnitelmassa vuoteen 2005 (1998) on jättemäärien kasvua ennustettu perustuen bruttokansantuotteen markkinahintaiseen kasvuennusteeseen, jossa kasvua on tarkasteltu myös toimialoittain. Jättemääriä on ennustettu vuosien 1992-1994 tiedossa olevien jättemäärien mukaan vuosille 2000, 2005 ja 2010. Samansuuntaisia kehitysarvioita on esitetty myös Suomen ympäristökeskuksen raportissa jätesektorin mahdollisuuksista kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi (Dahlbo, ym. 2000), jossa perusura-skenaariensa on kuitenkin vähennetty oletetuilla toimilla jätteen määrän vähentämiseksi.

Tässä tutkimuksessa on jätteiden syntymäärien kasvuoletuksina käytetty perus-skenaariossa seuraavia ennusteita jättemäärien kasvulle:

- Yhdyskuntajätteen osalta BKT:n mukaista kasvua vähennettynä 15%:lla 10 vuoden aikajänteellä
- Teollisuuden jätteiden osalta kunkin teollisuusalan odotettuja kasvulukuja vähennettynä 15%:lla 13 vuoden aikajänteellä
- rakennus- ja purkujätteitä rakennustoiminnan kasvun mukaan vähennettynä 15%:lla 10 vuoden aikajänteellä.

Teollisuuden jätemäärien kasvuennusteita laskettaessa on käytetty taulukon 14 mukaisia kasvulukuja, jotka perustuvat KTM:n uusimpiin arvioihin eri sektoreiden kasvusta tarkastelujaksolla. Yhdyskuntajätteelle on yleisesti käytetty BKT:n mukaista kasvuennustetta. Sähkö- ja elektroniikkalaiteromun määrän on tässä oletettu kasvavan yhtä voimakkaasti kuin muun yhdyskuntajätteen, vaikka EU:n direktiiviluonnoksessa kasvun oletetaan olevan voimakkaampaa (3-5%/vuosi).

5.5.1 Ennusteisiin vaikuttavia tekijöitä

Erityisesti kulutussektorilla jätteiden määrään tulee tulevaisuudessa vaikuttamaan monet muutokset. Näitä muutostrendejä ovat väestön vanheneminen ja keskittyminen muutamiin asutuskeskuksiin, informaatioteknologian kehitys ja e-kauppa sekä kulutustottumusten yleinen muutos. Jätteen määrän lisäksi tulevaisuuden yhteiskunnalliset muutokset voivat vaikuttaa myös jätteen laatuun, materiaalikoostumukseen tai syntypaikkaan ja tätä kautta käsittelyvaihtoehtoihin.

Yhteiskunnallisista muutoksista näkyvimpiä ovat väestön keski-ikä kasvaminen ja sodan jälkeisten suurten ikäluokkien siirtyminen eläkeikään. Vuoden 2010 tienoilla suuret ikäluokat alkavat siirtyä eläkkeelle, ja vuonna 2030 eläkeläisten osuus on noussut nykyisestä n 20%:sta väestöä jo yli 30%:iin. Toinen näkyvä muutos yhteiskunnassa on väestön keskittyminen kasvukeskuksiin ja maaseutukuntien väestökato sekä erityisesti näissä tapahtuva väestön keski-ikä nousu. Toisaalta vastakkaisena liikkeenä väestön keskittymiselle on nähtävissä eläkkeelle jääneiden ikäluokkien maaseudulta hankkimat kakkosasunnot tai muuttaminen takaisin kotiseudulle siirryttyään syrjään työmarkkinoilta

Väestörakenteen tai kulutustottumusten muutosten näkyminen kuluttajien roskapöydissä ei ole aivan helposti ennustettavissa oleva asia, mutta kuitenkin yhteiskunnassa on tapahtunut tai tapahtumassa kulutusmuutoksia, joiden merkitys pitkällä tähtäimellä on nähtävissä myös jättesektorilla. Monissa tutkimuksissa oletetaan kuluttajakäyttäytymisen olevan kymmenen vuoden kuluttua samanlaista kuin se on nykypäivänä, ts. tulevaisuuden jätteiden koostumuksen erityisesti yhdyskuntajätteiden osalta olevan samanlaista kuin nykyään. Kuluttajien tulevaisuuden käyttäytymisestä ovat tarkastelleet mm. Lampikoski & Lampikoski (2000), jotka nostavat esille tulevaisuuden kulutuksessa yhden trendin ylitse muiden. Tämä on kuluttajakäyttäytymisen polarisoituminen, jonka mukaan ei ole enää olemassa yhtä ”perinteistä” ydinperhettä tai keskivertokuluttajaa, jonka kulutustottumukset kuvaisivat keskimääräistä suomalaista kuluttajaa, vaan kuluttajat sijoittuvat monella osa-alueella hyvin vastakkaisiin kulutustottumuksiin, joiden väliin jää kuitenkin monenkirjavia joukkoja eri tavalla käyttäytyviä kuluttajia. Kulutustottumuksiin vaikuttavat myös tieto- ja tietoliikenneteknologian kasvu ja erityisesti internetin lähes räjähdysmäinen leviäminen sekä voimakas kansainvälistyminen. Talouksien keskikoon pienenemisestä johtuu myös

kulutusmäärien kasvu, sillä samoja kodinkoneita ym. hyödykkeitä käyttää vähempi määrä ihmisiä. Yleensäkin henkilöiden elämäntilanteella tulee olemaan voimakas vaikutus kotitalouden kulutustottumuksiin.

Eräänä trendinä tulevaisuudessa on nähtävissä tietoyhteiskunnan kehittyminen edelleen, josta erityisesti elektroniseen kaupankäyntiin liittyy suuria odotuksia, joskin ainakin tällä hetkellä myös pettymyksiä. Kehityksellä voi ympäristön kannalta olla joko positiivisia tai negatiivisia vaikutuksia. On arvioitu, että e-kaupan yleistymisellä on ympäristön kannalta mm. seuraavat potentiaalit (Cohen 1999):

- lisätä tuotteiden toimittamisen tehokkuutta
- vähentää joidenkin materiaalien käyttöä sekä samalla jätteeksi päätyvien tuotteiden kuten tulostettujen luetteloiden määrää
- vähentää ostoskeskusten määrää ja niiden epätehokasta maan käyttöä
- lisätä kuluttajien mahdollisuuksia tiedostaa ja vaatia tuotteita, jotka ovat vähemmän myrkyllisiä, energiatehokkaampia ja kestävätkä kauemmin.
- Vähentää jätettä lisäämällä kierrätysmateriaalien ja uudelleenkäytettävien tuotteiden markkinoita

Ennusteita voidaan esittää sekä positiiviseen että negatiiviseen suuntaan. Esimerkiksi sähköisen viestinnän vaikutus paperin kulutukseen on ollut tähän saakka päinvastainen kuin mitä on kuviteltu: sähköpostin yleistyminen ja dokumentoinnin siirtyminen sähköiseen muotoon on lisännyt toimistoissa paperin kulutusta sen sijaan että se olisi ennusteiden mukaan vähentänyt sitä. Sama voidaan ennakoita myös nettikaupan suhteen: mikäli esim. logistiikka ei ole riittävän hyvin suunniteltua, saattaa tavaroiden kuljetukseen käytettävän polttoaineen määrä kasvaa ja päästöt lisääntyä tai tavaroiden pakkaamisen lisääntyminen pakkausjätteen määrän merkittävään kasvuun. Lisäksi ongelmat yleensä siirtyvät toisaalle esim. rahtiliikenteen lisääntymisen kautta, joka erityisesti ilmastonmuutosta ajatellen on huonompi kehityssuunta.

Internet tarjoaa kuitenkin erinomaisen kanavan muuttaa tuotteita palveluiksi sekä valmiin jakelukanavan niille. Esimerkkejä löytyy jo vaikka kuinka paljon: internetissä toimivat tuoteluettelot ja erilaiset hakemistot, digitaaliset valokuvat, digitaaliset ääni- ja videotallenteet sekä elektroniset laskut. Kehittyvät sähköiset asiointi- ja maksutavat sekä koneiden ja siirtonopeuksien tekninen kehitys tulevat ennusteiden mukaan entisestään lisäämään sähköisten tallenteiden kauppaa. Elektronisesti korvaavat tuotteet ovat lyöneet itsensä läpi erityisesti erilaisten luetteloiden (puhelinluettelot, tuoteluettelot, tietokirjat yms.) muodossa. Nopea päivitettävyys ja ajantasaisuus samoin kuin helposti ja nopeasti tapahtuvat hakutoiminnot tekevät sähköisistä luetteloista myös painettuja versioita käyttäjäystävällisempiä.

Edellä mainituilla yhteiskunnallisilla muutoksilla tulee mitä todennäköisimmin olemaan vaikutusta tulevaisuuden kulutusjätteiden koostumukseen. Tutkimustietoja siitä, mitä vaikutuksia näistä voisi jätteiden määrään olla, ei kuitenkaan ole satavissa.

5.6 Yhteenveto jätemääristä

Seuraaviin taulukoihin 14 ja 15 on koottu kasvuennusteiden mukaan lasketut jätemäärien kehitysarviot vuosille 2005, 2010 ja 2020 sekä kulutuksen että teollisuuden jätteiden osalta. Jätemäärien laskennassa on käytetty seuraavia kasvuoletuksia:

- Yhdyskuntajätteen osalta BKT:n mukaista kasvua vähennettynä 15%:lla 10 vuoden aikajänteellä
- Teollisuuden jätteiden osalta kunkin teollisuusalan odotettuja kasvulukuja vähennettynä 15%:lla 13 vuoden aikajänteellä
- rakennus- ja purkujätteitä rakennustoiminnan kasvun mukaan vähennettynä 15%:lla 10 vuoden aikajänteellä.

Taulukko 14. Kulutuksen jätemäärien kasvuennusteet vuosille 2005, 2010 ja 2020

	1998	2005	2010	2020	Kasvu, keskimäärin	Vähennys
Jae	tonnia	tonnia	tonnia	tonnia	%/a	
Biojäte	712 000	754 000	774 000	780 000	2,4	15 %/10 a
Pakkausjäte	423 100	448 000	460 000	463 000	2,4	15 %/10 a
Paperi ja kuitu	1 079 000	1 143 000	1 173 000	1 182 000	2,4	15 %/10 a
elektroniiikka	100 000	106 000	109 000	110 000	2,4	15 %/10 a
autot	80 000	85 000	87 000	88 000	2,4	15 %/10 a
renkaat	28 000	30 000	30 000	31 000	2,4	15 %/10 a
rakennusjäte	2 510 000	2 997 000	3 206 000	3 285 000	1,1	15 %/10 a
Yhteensä	2 422 100	2 566 000	2 633 000	2 654 000	2,4	15 %/10 a

Taulukko 15. Teollisuuden jätemäärien kasvuennusteet vuosille 2005, 2010 ja 2020

1000 TONNIA	1997	2005	2010	2020	KASVU, KESKIMÄÄRIN	VÄHENNYS
					%/a	
Massa- ja paperiteollisuus	5 340	5 660	6 340	6 980	1,8	15 %/13 a
Puutuoteollisuus	3 910	4 140	4 240	4 670	1,8	15 %/13 a
Elintarviketeollisuus	2 100	2 190	2 430	2 650	1,6	15 %/13 a
Mineraalituoteollisuus	1 810	2 000	2 100	1 990	0,8	15 %/13 a
Perusmetalliteollisuus	1 190	1 340	1 520	1 650	2	15 %/13 a
Öljy- ja kemianteollisuus	640	670	740	780	1,4	15 %/13 a
Metallituotteiden ja koneiden valmistus	410	380	390	360	1,6	15 %/13 a
Painotoiminta	160	160	180	200	1,6	15 %/13 a
Kumi- ja muoviteollisuus	60	70	70	80	1,6	15 %/13 a
Tekstiiliteollisuus	20	20	20	20	1,6	15 %/13 a
Nahan valmistus	3	3	4	4	1,6	15 %/13 a
Muu	290	300	330	360	1,6	15 %/13 a
Yhteensä	15 933	16 933	18 364	19 744	1,8	15 %/13 a

6. Materiaalikierrätyksen KHK-vaikutukset

Materiaalikierrätyksen vaikutuksia kasvihuonekaasupäästöjen syntyyn on käsitelty tässä kahdessa eri skenaariossa. Molemmissa on käytetty edellä määriteltyjä kasvuarvioita jätemäärille. Materiaalien kierrätysmäärien kasvua on arvioitu ensimmäisessä skenaariossa nykyisin tiedossa olevien kierrätysvelvoitteiden kannalta siten, että kierrätysasteet eivät tästä tulevaisuudessa tule kasvamaan. Toisessa tapauksessa on arvioitu mahdollista ”maksimiskenaariota”, jossa mahdollisimman paljon kustakin jätejakeesta kierrätettäisiin materiaalina. Käytetyt kierrätysasteet on esitetty taulukossa 16. Kierrätysasteiden perusteella lasketut jätemäärät on taulukoitu liitteessä A.

Taulukko 16. Käytetyt kierrätysasteet materiaaleittain

	1997		TAVOITE, 2001	TAVOITE	VUOSI	MAKSIMI, %	VUOSI
Pakkaukset	45		42	60	2006	50-68 ³	
lasi	48		48	70	2006	53-87 ³	
muovi	10		15	20	2006	28-38 ³	
paperi ja kuitu	57		53	60	2006	60-74 ³	
metalli	8		25	50	2006		
teräs						60-70 ³	
alumiini						25-31 ³	
Biojäte	10						
Paperi ja kuitu ¹	65	v. 1999	70	75	2005		
Elektroniikka ⁴	vähäinen		16	16	2006	50 (arvio)	
Autot ²	75			80	2006	85	2015
Renkaat	90						
Rakennus ja purku	20-60						

¹ VnP N:o 883/1998 Keräyspaperin talteenotosta

² Direktiivi romuajoneuvoista

³ Pira&RDC international (Nimetön, 2001)

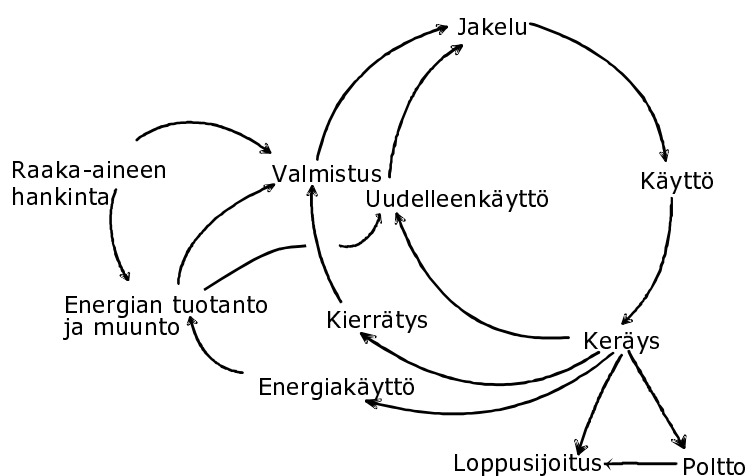
⁴ WEEE -direktiiviluonnos

6.1 Jätekohtaiset arviot

Seuraavassa on jätejakeittain esitetty arvioita materiaalikierrätyksen mahdollisista vaikutuksista kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen. Potentiaalinen vähenemä on laskettu vuoden 1990 kasvihuonekaasupäästöistä, jotka puolestaan on arvioitu takautuvasti vuoden 1997 kierrätysasteista ja jätemääristä.

Materiaalivirtojen kiertoa tuotteen elinkaaren aikaisissa prosesseissa voidaan kuvata kuvan 5 kaltaisella kaaviolla. Neitseellisistä raaka-aineista lähtien ketju kattaa tuotteen elinkaaren

aikaiset vaiheet: valmistuksen, jakelun, käytön ja keräyksen sekä näissä vaiheissa kuluneen energiantuotannon ja kuljetukset. Käytön jälkeen tuote voidaan joko uudelleenkäyttää, kierrättää materiaalina takaisin valmistukseen tai energiakäytön kautta energiaksi. Hyötykäytölle vaihtoehtoisia jätteenkäsittelytapoja ovat poltto ilman energian talteenottoa ja/tai loppusijoitus kaatopaikalle. Tässä on periaatteessa huomioitu materiaalikierrätyksen kannalta relevantit prosessit lukuun ottamatta kuljetuksia, jotka tosin olisivat muodostaneet mielenkiintoisen, mutta työlään, jätteiden syntypaikkatietoja huomioivan tutkimusnäkökannan.



Kuva 5. Materiaalivirtojen kierto tuotteen elinkaaren aikaisissa prosesseissa

Yksittäisen tuotteen ympäristövaikutusten selvittämiseen on vakiintuneeksi menetelmäksi kehittynyt elinkaariarviointi (life cycle assessment, LCA), jossa myös käytöstä poistetun tuotteen käsittely ja loppusijoitus tulee huomioiduksi. Menetelmää on sovellettu monille tuotteille, ja erilaisten loppusijoitusvaihtoehtojen vertailu on ollut näistä yleensä mukana. Erityisesti pakkausten ympäristövaikutusten vertailua varten elinkaariarviointia on sovellettu monissa maissa myös poliittisen päätöksenteon tukena, mutta selkeästi on havaittavissa uusien alojen, kuten elektroniikkateollisuuden kiinnostus menetelmää kohtaan. Elinkaariarviointimenetelmä sinänsä on kehitetty tuotekohtaiseen ympäristöön kohdistuvien vaikutusten tunnistamiseen, parannuskohteiden identifiointiin ja tuotteen elinkaaren aikaisten vaikutusten parempaan hallintaan ja järjestelmätarkasteluihin menetelmä on usein liian kankea ja työläs. Elinkaariarviointia menetelmänä on sovellettu myös jätteiden käsittelyn järjestelmätarkasteluihin.

Elinkaarimetodiikan soveltaminen jätehuoltoon tuo tullessaan kaksi menetelmällistä ongelmaa. Käsiteltävä jättemateriaali koostuu useista erialisista virroista, jotka käsitellään yhdessä ja päästöjä tai muita ympäristövaikutuksia on vaikeaa kohdistaa yksittäiselle tuotteelle. Kun pyritään selvittämään tietyn tuotteen jätehuollosta aiheutuvia

ympäristövaikutuksia, joudutaan kohdentamaan käsittelyprosessista kullekin tuotteelle osa päästöistä ja ympäristövaikutuksista. Tämä ei ole aivan yksinkertaista, sillä osa päästöistä johtuu prosessin, osa tuotteen ominaisuuksista. Toinen ongelma on menetelmän soveltaminen useille tuotteille, jolloin käsittelyprosessin jakamiselta vältytään, mutta tällöin tuotteita tulee esim. kaatopaikkaa käsiteltäessä niin lukuisia, että niiden muun elinkaaren – valmistuksen ja käytön – arvioiminen muodostuu erittäin työlääksi.

6.1.1 Pakkausjäte

Pakkauksiin liittyen on maailmalla tehty lukuisia elinkaaripohjaisia selvityksiä (esim. Tillman, ym. 1991, BUWAL 1998, Frees, ym. 1998a&b, Person, ym. 1998a&b, Ryberg, ym. 1998, Widheden, ym. 1998a&b). Suurten volyymiensä vuoksi juuri juomapakkaukset ovat olleet usein tarkastelun kohteena. Suomessakin on tehty 90-luvun puolivälissä juomapakkausten elinkaaritutkimus (Mälkki, ym. 1995) Tyypillistä näille selvityksille on, että maakohtaisesti on pyritty selvittämään eri pakkausvaihtoehtojen elinkaaren aikaisia ympäristövaikutuksia, vertailemaan samaan tarkoitukseen sopivia pakkausmateriaaleja keskenään sekä tuottamaan tietoa mm. materiaalien kierrätysasteen ja pakkausten uudelleenkäyttöasteen vaikutuksista. Tutkimusten tuloksia on käytetty mm. lainsäädännön kehittämiseen siten, että se ohjaisi ympäristöä vähemmän koko elinkaarensa aikana kuluttavien pakkausten käyttöön mm. ympäristöverotuksen kautta. Pakkausjätteitä on käsitelty myös US EPA:n raportissa yhdyskuntajätteen kasvihuonekaasuvaikutuksista (US EPA 1998a&b&c). Tutkimustulosten vertaaminen toisiinsa on ongelmallista, sillä elinkaarimenetelmän standardoimisesta huolimatta eri tutkimukset on tehty käyttäen erilaisia rajaus- ja kohdentamistapoja. Eri maissa suoritettujen tutkimusten taustatiedot ovat erilaisia, erityisesti energiantuotannossa käytettyjen polttoaineiden ja prosessien ominaisuuksilla on suuri vaikutus erityisesti kasvihuonekaasujen tuotannon kannalta.

Taulukossa 17 on esitetty BUWAL:n (1998) ja EPA:n (1998a) esittämiä arvoja eri pakkausmateriaaleille. Laskennassa käytetyt arvot perustuvat BUWAL:n ilmoittamiin arvoihin. Luvut eivät ole suoraan sovellettavissa Suomeen johtuen mm. sähköntuotannon erilaisista jakaumista maittain. Huomattavaa on lisäksi, että tutkimukset on tehty erityisesti jonkin tietyn tyyppisille pakkauksille, esim. alumiinitölkeille, eikä ne ole siten suoraan sovellettaessa kaikille alumiinituotteille. Neitseellisen ja kierrätysraaka-aineen erottaminen toisistaan on lisäksi hankalaa, sillä materiaaleissa on usein mukana jonkin verran kierrätettyä ja jonkin verran uutta raaka-ainetta (esim. lasi). Laskennan tuloksia voidaan siten pitää ainoastaan suuruusluokaltaan oikeansuuntaisina arvioina.

Taulukko 17. Valmistuksen ja kierrätyksen kasvihuonekaasupäästöt eri pakkausmateriaaleille [t-CO₂-eqv./t jätettä](U.S. EPA 1998, BUWAL 1998)

	VALMISTUS		KIERRÄTYS	
	epa	buwal	epa	buwal
Lasi	0,587	1,031	0,257	0,60
muovi	2,915	2,277	1,118	-
paperi ja pahvi	1,302	0,89	1,668	0,580
Teräs	11,935	3,223	1,943	1,212
alumiini	19,763	6,16	2,640	0,425

Pakkausjätteestä kierrätetään nykyisellään n. 45%, josta syntyy vuosittain n. 0,25 milj. tonnia kasvihuonekaasupäästöjä. Direktiivissä määritetään kierrätystavoitteet, joiden pitäisi tiukentua samaan tahtiin kun pakkausjätteen määrä kasvaa, jotta kasvihuonekaasujen määrä ei kasvaisi.

6.1.2 Biojäte

Valtakunnallisen jätehuoltosuunnitelman tarkistamisen yhteydessä ehdotetaan orgaanisen jätteen kaatopaikkakieltoa vuodesta 2010 alkaen. Tällä pyritään sekä nostamaan jätteen hyödyntämistä 70% tasolle että saavuttamaan Suomen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisvelvoitteet. (Ympäristöministeriö 2001b) Kaatopaikkakielto tulisi lisäämään biologisesti hajoavan yhdyskuntajätteen kompostointia, mädätystä ja polttoa. Tässä yhteydessä on käsitelty biojätteen kompostointia, vaikkakin mädätys olisi ollut mielenkiintoinen vertailukohde.

Kompostoinnilla pystytään vähentämään kaatopaikoilta tulevan metaanin määrää. Biojätteen kompostoinnissa voi kuitenkin syntyä huomattaviakin metaanipäästöjä, mikäli kompostit ovat huonosti hoidettuja. Näin on usein esim. haja-asutusalueella toimivissa pienkompostoreissa, joista voi pahimmillaan syntyä metaanipäästöjä enemmän käsiteltyä jätemäärää kohti kuin hyvin hoidetulta kaatopaikalta.

Biojätteen käsittelyn vaikutusten laskennassa on tässä oletettu, että haja-asutusalueella kompostointi tapahtuu kotikompostoreissa ja taajama-alueella erilliskerättynä, jolloin kompostoinnin on oletettu jakautuvan puoliksi aumakompostoinnin ja laitospompostoinnin kesken. Lajittelutehokkuuksina on käytetty taulukossa 4 esitettyjä minimiarvioita. Biojätteen kompostointiprosesseille on Pelkonen, ym (2000) esittänyt seuraavat taulukossa 18 esitetyt päästöt.

Taulukko 18. Biojätteen kompostointiprosessien kasvihuonekaasupäästöt eri tyyppisille kompostointiratkaisuille (Pelkonen, ym. 2000)

	PELKKÄ PROSESSI			ENERGIANTUOTANTO			YHTEENSÄ
	g CH ₄ /t	g N ₂ O /t	t CO ₂ /t	polttoaine kg/t	sähkö kWh/t	CO ₂ t CO ₂ /t	
Suljettu kompostointi	0,3	-	0,0000075	0	40	0,027400	0,02740
Auma-kompostointi	100	4,5	0,00394	1,5	11	0,011900	0,01584
Pien-kompostointi	160	250	0,084	-	-	-	0,084

Biojätteen kaatopaikalla tuottaman metaanin määrää voidaan IPPC:n ohjeiden mukaisesti arvioida joko massataseeseen perustuvalla mallilla tai päästöjen aikakäyttämisen huomioivalla mallilla. Malleja ja kaatopaikoilta syntyviä biojättemääriä on käsitelty tarkemmin kaatopaikkakaasujen osahankkeen raportissa (Tuhkanen, 2001), eikä niitä ole tässä tarkasteltu muutoin kuin kompostoinnin osalta. Yhdyskuntien biojätteiden lisäksi kaatopaikoille sijoitetaan vuosittain n.70 000 tonnia elintarviketeollisuuden jätteitä.

6.1.3 Muut jätejakeet

Sähkö- ja elektroniikkalaiteromu on yksi nopeimmin kasvavista jätejakeista. Romun käsittelyä ja hyödyntämistä puoltavat erityisesti sen sisältämät vaaralliset ja myrkylliset aineet, joiden joutuminen kaatopaikalle pyritään estämään. Samalla asetetut keräystavoitteet tuovat oman lisänsä materiaalikierrätykseen. WEEE-direktiivin kierrätystavoitteet ovat kuitenkin ainakin aluksi vaatimattomia, ja tätä kautta tuleva lisäys materiaalikierrätykseen vähäistä. Romu on koostumukseltaan moninaista ja sen sisällön ja kierrätysmenetelmien tarkempi analysointi vaatii oman tutkimuksensa eikä ole mahdollista näin suppean tutkimuksen puitteissa. Tarkasteluun tuo oman erityispiirteensä aika, sillä sähkö- ja elektroniikkalaitteita käytetään useita vuosia, jolloin valmistus ja kierrätyksestä saatavan raaka-aineen päästöt rajoittuvat ajallisesti eri vuosille. Tässä ne on kuitenkin ajateltu tapahtuvan samanaikaisesti.

Rakennusjätteistä puuperäiset jätteet hyödynnetään pääasiassa energiana. Materiaalikierrätyksen kannalta rakennusjätteestä mielenkiinnon kohteena ovat erityisesti metallit, joita syntyy yli 300 tuhatta tonnia vuodessa, sekä ”sekalaiset jätteet”, joita syntyy samoin lähes 300 tuhatta tonnia vuodessa, ja joka VTT Energian (Hietanen, 2001) arvioiden mukaan sisältää pääasiassa erilaisia muoveja. Mikäli metallien oletetaan sisältävän pääasiassa eri teräslaatuja, ja talonrakentamisen metallijätteestä päätyvän hyötykäyttöön noin puolet ja korjaus- ja purkutoiminnasta vain vähäisiä määriä, voidaan arvioida hyötykäytettäväksi metallijätteestä kokonaisuudessaan noin kolmannes. Jos kierrätysteräksen CO₂-päästöt ovat n. viidennes neitseellisestä raaka-aineesta valmistetusta teräksestä, voitaisiin rakennusjätteen

teräsisällön kierrätysasteen nostamisella 50%:iin jätteen määrästä saavuttaa 0,1 milj. tonnin hiilidioksidivähennemä.

Paperi- ja kartonkijätteen keräysaste kokonaiskulutuksesta laskettuna oli vuonna 1999 Suomessa 65%. Valtioneuvoston päätös (N:o 883/1998) keräyspaperin talteenotosta ja hyödyntämisestä vuodelta 1998 asettaa tavoitteeksi ottaa talteen ja hyödyntää keräyspaperista vähintään 70% vuonna 2000 ja vähintään 75% vuonna 2005 Suomessa myytävien ja kulutettavien paperituotteiden määrästä. Talteen otettu keräyspaperi hyödynnetään ensisijaisesti aineena. Paperin kierrätys vähentää kasvihuonekaasupäästöjä sekä kaatopaikoilta että vähentyneen energiankulutuksen myötä välillisesti paperin tuotannosta.

6.1.4 Yhteenveto kasvihuonekaasumääristä

Taulukossa 19 on yhteenvetona esitetty arvioidut kasvihuonekaasumäärät vuosille 1990, 1997, 2005, 2010 ja 2020. Päästöt on eritelty jätejakeittain.

Taulukko 19. Yhteenveto kasvihuonekaasuvähennemistä jätejakeittain vuosina 2005, 2010 ja 2020 vuoteen 1990 verrattuna [milj. t CO₂-ekv]

		1990	1997	ERO V. 1990 (MILJ. T)	2005	ERO V. 1990 (MILJ. T)	2010	ERO V. 1990 (MILJ. T)	2020	ERO V. 1990 (MILJ. T)
rakennus	min	1630376	1229488	0,40	1331786	0,30	1424660	0,21	1459765	0,17
	max	1630376	1229488	0,40	1331786	0,30	1233687	0,40	1264086	0,37
pakkaukset	min	901491	642566	0,26	631466	0,27	648476	0,25	653475	0,25
	max	901491	642566	0,26	631466	0,27	598421	0,30	542050	0,36
sähkö- ja elektroniikka	min	392985	489163	-0,10	500017	-0,11	514169	-0,12	438317	-0,05
	max	392985	489163	-0,10	500017	-0,11	453830	-0,06	443657	-0,05
paperi		1900652	1876798	0,02	1722785	0,18	2031489	-0,13	2047076	-0,15
biojäte	min	338	1501	0,00	3227	0,00	3313	0,00	3339	0,00
	max	338	1501	0,00	3227	0,00	8282	-0,01	13668	-0,01
ajoneuvot	min	240299	146647	0,09	148880	0,09	172701	0,07	174686	0,07
	max	240299	146647	0,09	168731	0,07	183495	0,06	185604	0,05
yhteensä	min	5066141	4386164	0,68	4338162	0,73	4794808	0,27	4776658	0,29
	max	5066141	4386164	0,68	4358013	0,71	4509204	0,56	4496141	0,57

7. Yhteenveto

Ympäristöministeriön selvityksen mukaan jätehuollon kasvihuonekaasupäästöt olivat vuonna 1990 yhteensä 3,6 Mt CO₂-ekvivalenttia. Vuoteen 1998 mennessä kasvihuonekaasupäästöt vähenivät puoleen eli 1,8 miljoonaan tonniin CO₂-ekv. Jätepolitiikan ensisijainen tavoite on jätteen määrän vähentäminen, jonka jälkeen jätteen sisältämä materia on pyrittävä uudelleenkäyttämään tai kierrättämään materiaalina, jonka jälkeen vasta tulee materiaalin energiasisällön hyödyntäminen ja kaatopaikkasijoitus.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on ollut arvioida materiaalikierrätyksen kasvihuonekaasupäästövaikutuksia osana jätteiden kasvihuonekaasupäästöjä kartoittavaa tutkimusta, jossa on selvitetty myös kaatopaikkasijoituksen ja jätteiden energiakäytön potentiaalisia kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistoimia.

Tehokkainta jätehuollon kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä on jätteiden määrän vähentäminen. Materiaali, jota ei tuoteta, ei tuota valmistuksessaan, käytössään eikä loppusijoituksessaan kasvihuonekaasupäästöjä. Materiaalihyötykäytön kannalta mielenkiinto kohdistuu niihin pääasiassa kolmeen ryhmään. Ensinnäkin niihin materiaaleihin, joiden valmistaminen vaatii merkittäviä määriä (fossiilista) energiaa. Näiden materiaalien kierrätys on kannattavaa, sillä kierrätettävän materiaalin valmistus vaatii yleensä vähemmän energiapanoksia kuin materiaalin neitseellinen valmistaminen. Tällaisia materiaaleja ovat esim. metallit. Toinen ryhmä on sellaiset materiaalit, joiden valmistuksesta vapautuu suoraan hiilidioksidiä tai muita kasvihuonekaasuja, kuten esim. kalkin valmistus. Kolmanteen ryhmään kuuluvat materiaalit, joiden loppusijoituksesta tai -käsittelystä syntyy päästöjä, kuten esim. biojätteen kaatopaikkasijoitus, joka tuottaa metaania.

Yhteiskunnassamme on tapahtunut tai tapahtumassa monia muutoksia, joilla on joko suoria tai välillisiä vaikutuksia jätehuoltoon joko jätteiden määrän tai materiaalimuutosten kautta. Näitä muutoksia ovat esim. väestön ikärakenteen muutos, keskittyminen kasvukeskuksiin sekä yleinen kulutus- ja asuintottumusten muutos, mm. informaatioteknologian aiheuttamat muutokset. Toistaiseksi tutkimustuloksia tältä alueelta on kuitenkin varsin niukalti.

Tässä tutkimuksessa on tarkasteltu kulutuksen jätteistä seuraavia jätejakeita: pakkaukset, paperi ja kuitu, biojäte, sähkö- ja elektroniikkalaiteromu sekä romuajoneuvot ja renkaat. Teollisuuden sektoreista on tarkasteltu metsäteollisuutta erityisesti paperin ja kuidun kierrätyksen sekä metalliteollisuutta romun kierrätyksen ja kuonien hyötykäytön kannalta. Lisäksi on tarkasteltu talonrakennusteollisuuden ja rakennusten purkamisen jätteitä.

Paperin valmistaminen uusiokuidusta vaatii vähemmän energiaa kuin sen valmistaminen kemiallisesta tai mekaanisesta massasta. Kotimaisen keräyspaperin talteenottoa ja

hyödyntämistä voidaan edelleen tehostaa, vaikkakin keräysaste on nykyiselläänkin varsin korkea.

Metalliteollisuudessa voidaan päästä huomattaviinkin hiilidioksidipäästöjen vähenemisiin tehostamalla terästeollisuuden kuonien hyötykäyttöä tienrakentamisessa tai sementin lisäaineena. Lisäksi muiden metallien kuten kuparin ja sinkin valmistuksesta jääville sakoille ja kuonille ei ole olemassa hyötykäyttöä. Romun talteenottoa voitaisiin erityisesti tehostaa rakennusjätteen osalta. Oman pienen lisänsä kierrätettävien metallien määrään tuo myös sähkö- ja elektroniikkalaitteista peräisin oleva metallifraktio.

Kulutuspuolella biojäte muodostaa kotitalousjätteestä noin kolmanneksen. Biojätteen kaatopaikkasijoittamiselle tullaan lähitulevaisuudessa asettamaan rajoituksia. Jätesuunnitelman päivityksen yhteydessä ehdotettu orgaanisen jätteen kaatopaikkakielto vuonna 2010 tulisi ohjaamaan biojätteen joko kompostointiin, mädätykseen tai polttoon. Huomattavaa on kuitenkin, että kompostointi tulisi tuolloin hoitaa asiallisissa ja valvotuissa olosuhteista, sillä hoitamaton komposti tuottaa yhtäläillä metaania kuin kaatopaikkakin. Biojätteen keskitetty kerääminen on lisäksi kannattavaa vain taajamissa ja haja-asutusalueella asukkaat joutuisivat itse huolehtimaan biologisesti hajoavien jätteiden kompostoinnista. Orgaanisen jätteen kaatopaikkakiellon kannalta mielenkiintoisia jakeita ovat myös kierrätykseen kelpaamattomat paperi ja kuidut sekä elintarviketeollisuuden hyödyntämättä jäävät jakeet.

Pakkausjäte muodostaa merkittävän osan yhdyskuntajätteestä. EU-direktiivit ja kansallinen lainsäädäntö ovat kuitenkin asettaneet pakkausjätteille tiukkojakin kierrätys- ja hyötykäyttötavoitteita. Direktiivin päivitys on parhaillaan käynnissä EU-tasolla ja ehdotuksen toteutuessa tulisi pakkausjätteen kierrätysaste nostaa 60%:iin vuoteen 2006 mennessä.

Direktiiviluonnos sähkö- ja elektroniikkalaiteromusta on EU:ssa hyväksymättä, mutta voimaantullessaan se tulisi asettamaan asteittain kiristyviä kierrätysvelvoitteita. Direktiivi on myös osoitus tuottajan vastuu –periaatteesta, joka velvoittaa tuottajat ottamaan vastaan valmistamansa tuotteet niiden käytön jälkeen. Direktiivi on askel oikeaan suuntaan, sillä sähkö- ja elektroniikkalaiteromun määrän arvioidaan olevan yksi nopeimmin kasvavista kulutuksen jätejakeista lähitulevaisuudessa. Romulle tunnusomaista on kuitenkin sen koostuminen hyvin erilaisista ja eri koostumuksen omaavista tuotteista, sekä sen sisältämät monet pienet materiaalivirrat. Lainsäädännön myötä kierrätyksen ympärille on kuitenkin jo syntynyt Suomessakin liiketoimintaa.

Käytöstä poistettujen ajoneuvojen ja renkaiden hyötykäyttö ja kierrätys on jo nykyisellään hyvässä jamassa EU-direktiivin mukanaan tuomat kiristyvät normit aiheuttavat kuitenkin paineita myös muiden jakeiden kuin teräksen hyötykäytölle.

Erityisesti rakennusten korjaus- ja purkujätteen hyödyntäminen on nykyisin puutteellista ja sitä voitaisiin merkittävästikin nykyisestään tehostaa. Erilaiset maa-ainekset ovat rakennusteollisuuden ehdottomasti suurin jäte-erä. Erityisesti metallijätteen osalta sen keruuta voitaisiin entisestään tehostaa.

Arvioita materiaalikierrätyksen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämismääristä on esitetty taulukossa 20. Saadut arviot materiaalihyötykäytön tehostamisella saavutettavista kasvihuonekaasupäästövähenemistä vaihtelevat välillä 0,3-0,7 Mt CO₂-ekv vuosina 2010 ja 2020. Päästöjen vähentäminen edelleen edellyttäisi joko panostamista jätemäärien vähentämiseen eli jätteiden synnyn ennaltaehkäisyyn tai oletettuja radikaalimpia kierrätystavoitteita erityisesti vuosille 2010-2020. Arviot eivät sisällä kaatopaikkasijoituksen vähentämisen tai jätteiden polton vaikutuksia, sillä niitä on käsitelty erillisissä osahankkeissaan. Arvioiden laskemista hankaloittaa Suomen oloihin sopivan tiedon puute sekä materiaalien että erityisesti yksittäisten tuotteiden kierrätysprosessien kasvihuonekaasupäästöistä, vaikkakin eri teollisuussektoreiden mahdollisuuksia vähentää kasvihuonekaasupäästöjä on aivan viime aikoina tutkittu kansallisen ilmasto-ohjelman valmistelun yhteydessä. Tuotteiden elinkaaren aikaisten –niin kasvihuone- kuin muidenkin päästöjen – arviointia varten ei ole olemassa muuta keinoa kuin arvioida tuotekohtaisesti koko tuotantoketjun vaikutukset tapahtui jätteiden käsittely sitten polttamalla, kierrättämällä tai sijoittamalla jäte valvotulle kaatopaikalle.

Taulukko 20. Arvioita materiaalikierrätyksen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämismääristä [milj.t.CO₂]. Vertailuvuosi on 1990. Negatiivinen arvo luvuissa kuvaa kasvavia päästöjä.

	2010		2020	
	Min.	maksimi	Max.	maksimi
Rakentaminen ja purku	0,21	0,40	0,17	0,37
Kuonan hyötykäyttö	0,17	0,56	0,26	0,65
Pakkaukset	0,25	0,30	0,25	0,36
Sähkö ja elektroniikka	-0,12	-0,06	-0,05	-0,05
Paperi	-0,13		-0,15	
Biojäte	0,00	-0,01	0,00	-0,01
Ajoneuvot	0,07	0,06	0,07	0,05
Yhteensä	0,44	1,12	0,55	1,22
ilman kuonaa	0,27	0,56	0,29	0,57

Elinkaariarviointiselvitysten lisäksi aihepiiriin liittyy myös yhteiskunnan materiaalivirtojen hallinnan parantamisen kautta syntyvien kasvihuonekaasupäästöjen selvittäminen. Tuotteiden parempi suunnittelu sekä materiaalien valmistuksen ja käsittelyn kehittyneemmät teknologiat edesauttavat myös kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä. Päätöksiä siitä, kierrätetäänkö joku materiaali tai tuote vaiko ei tai mistä materiaalista tuote valmistetaan, tehdään kuitenkin harvoin perustuen pelkästään ympäristöllisistä näkökohdista käsin. Taloudelliset seikat sekä mm. materiaalin käyttöominaisuudet vaikuttavat myös valintoihin.

Jätteiden materiaalisesta hyödyntämisestä aiheutuva kasvihuonekaasupäästöjen vähenemä on jakautunut pieniin ja usein epähomogeenisiin materiaalivirtoihin. Eri materiaalivirtojen erottaminen yhdyskuntajätevirrasta on tosin mahdollista joko tehostamalla syntypaikkalajittelua tai panostamalla jätteiden keskitettyyn lajitteluun. Tuottajan vastuu – periaate velvoittaa tuottajat kantamaan vastuunsa tuotteista niiden elinkaaren ajan, ja ottamaan vastaan käytetyt tuotteet. Tämä velvoittaa tuottajia myös huolehtimaan omien tuotteidensa hyötykäytöstä ja kierrättämisestä.

Lähdeluettelo

75/442/ETY . Neuvoston direktiivi 75/442/ETY, annettu 15 päivänä heinäkuuta 1975, jätteistä

91/156/ETY. Neuvoston direktiivi 91/156/ETY, annettu 18 päivänä maaliskuuta 1991, jätteistä annetun direktiivin 75/442/ETY muuttamisesta

91/689/ETY. Neuvoston direktiivi 91/689/ETY, annettu 12 päivänä joulukuuta 1991, vaarallisista jätteistä.

94/62/EC. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 94/62/EY, annettu 20 päivänä joulukuuta 1994, pakkauksista ja pakkausjätteistä.

BUWAL (1998). Life cycle inventories for packagings. Vol 1&2.Environmental series No. 250/1 & 250/II.Swedish Agency for the Environment, Forests and Landscape, SAEFL (Bundesampi für Umweltschutz, Wald und Landschaft, BUWAL).552 s.

Cohen, N. (1999) Greening the Internet: Ten Ways E-Commerce Could Affect the Environment and What We Can Do. iMP, Magazine of Information Impacts. October 1999. http://www.cisp.org/imp/october_99/10_99allenby-insight.htm

Cristiansen, K., M. & Fischer, C. (1999) Baseline projections of selected waste streams. Development of methodology. Technical report No 28. Copenhagen, European Environment Agency, 51 s.

Dahlbo, H., Uusitalo, S., Juutinen, A., Lohi, T-K., Koskela, S. & Pylkkö, T. (2000) Jätesektorin mahdollisuudet kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi. Suomen ympäristökeskuksen moniste 197. Helsinki, Suomen ympäristökeskus. 100 s.

ENDS Report 317/2001. Environment Directorate goes with 60% recycling target for packaging. Environmental Data Services Ltd, London.

ETY N:o 259/93, Neuvoston asetus annettu 1 päivänä helmikuuta 1993, Euroopan yhteisössä, Euroopan yhteisöön ja Euroopan yhteisöstä tapahtuvien jätteiden siirtojen valvonnasta ja tarkastamisesta.

EU komissio, 2001a. Vihreä kirja yhdenntetystä tuotepolitiikasta.

EU komissio, 2001 b. Komission tiedonanto neuvostolle, Euroopan parlamentille, talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle. Kuuden ympäristöä koskeva Euroopan yhteisön

toimintaohjelma “Ympäristö 2010: Tulevaisuutemme valinta”. http://europa.eu.int/eur-lex/fi/com/pdf/2001/fi_501PC0031.pdf

Eur-lex (2001) Euroopan unionin lainsäädäntö. Jätehuolto ja puhdas teknologia. <http://europa.eu.int/eur-lex/>

Frees N, Weidema B (1998a) Life cycle assessment of packaging systems for beer and soft drinks. Energy and transport scenarios. Technical report 7. Environmental project No. 406. Danish Environmental Protection Agency.

Frees N, Ryberg A, Ekvall T (1998b). Life cycle assessment of packaging systems for beer and soft drinks. Steel cans. Technical report 4. Environmental project No. 403. Danish Environmental Protection Agency.

Helsingin Sanomat 6.2.2001

Hietanen, L. (2001). Jätteiden määrät ja käsittely vuonna 2000. VTT Energian raportteja ENE1/35/2001. 34 s.

Komission ehdotus - COM (1996) 191 lopullinen [596PC0191] Ehdotus Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiiviksi pakkausmerkinnöistä ja pakkausten vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelyjen vahvistamisesta /* KOM/96/0191 lopull. - COD 96/0123 */

Komission ehdotus - COM (2001) 315 lopullinen [501PC0315] Muutettu ehdotus: Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi sähkö- ja elektroniikkalaiteromusta (komission EY:n perustamissopimuksen 250 (2) artiklan nojalla esittämä)

Komission ehdotus - COM (2001) 316 lopullinen [501PC0316] Muutettu ehdotus: Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi tiettyjen vaarallisten aineiden käytön rajoittamisesta sähkö- ja elektroniikkalaitteissa (komission EY:n perustamissopimuksen 250 (2) artiklan nojalla esittämä)

KTM (2001). Kasvihuonekaasujen vähentämistarpeet ja –mahdollisuudet Suomessa. Kansallisen ilmastostrategian taustaselvitys

KTM (2000). Ehdotus energiansäästöohjelmaksi. Työryhmän mietintö. Kauppa- ja teollisuusministeriön työryhmä- ja toimikuntaraportteja 11/2000. Energiansäästötyöryhmä. 72 s.

Kuusi, O. (1994) Materiaalit murroksessa. Valtion taloudellinen tutkimuskeskus, Vatt-julkaisuja 16. Helsinki 1994. 179 s.

Laine-Ylijoki, J., Mroueh, U-M., Wellman, K. & Mäkelä, E. (2000) Maarakentamisen elinkaariarviointi. Ympäristövaikutusten laskentaohjelma.. Espoo, Valtion teknillinen tutkimuskeskus. VTT Tiedotteita, 2014. 43 s. + liitt. 12 s. ISSN 1455-0865 (www.inf.vtt.fi/pdf/tiedotteet/2000/T2014.pdf)

Lampikoski, K. & T. (2000) Kuluttajavisiot – näköaloja kuluttajakäyttäytymisen tulevaisuuteen. Porvoo, Markkinointi-instituutin kirjasarja N:o 51. 273 s.

Lohiniva, E., Sipilä, K., Mäkinen, T. & Hietanen, L. (2001) Jätteiden energiakäytön vaikutukset GHG-päästöihin. Espoo: VTT Energia. (Tutkimusselostus ENE1/48/2001)

Melanen, M., Palperi, M., Viitanen, M., Dahlbo, H., Uusitalo, S., Juutinen, A., Lohi, T-K., Koskela, S. & Seppälä, J. (2000) Materiaalivirrat ja romun kierrätys Suomessa. Suomen ympäristö 401. Helsinki, Suomen ympäristökeskus. 138 p.

Metsäteollisuus ry (2000a). Ympäristönsuojelun vuosikirja. Massa- ja paperiteollisuus. Vuoden 1999 tilastot. Espoo, Metsäteollisuus ry, 56 s.

Metsäteollisuus ry (2000b). Ympäristönsuojelun vuosikirja. Saha- ja levyteollisuus. Vuoden 1999 tilastot. Espoo, Metsäteollisuus ry, 126 s.

Mälkki, H., Virtanen, Y., Leppänen, A; Hakala, S. Suomalaisten juomapakkauusjärjestelmien elinkaaritutkimus. Vaihe 1 (1995). Pakkausteknologiaryhmä ry, Helsinki. 78 s. PTR:n raportti : 42

Nimetön (2001). Evaluation of costs and benefits for the achievement of reuse and recycling targets for the different packaging materials in the frame of the packaging and packaging waste directive 94/62/EC – proposed draft final report, RDC-Environment & Pira International, May 2001. http://europa.eu.int/comm/environment/waste/public_discussion.pdf. Viitattu 24.8.2001. 341 p.

Paperinkeräys Oy. www.paperinkerys.fi

Pelkonen, M., Rauta, E. & Tanskanen, J-H. (2000). Yhdyskuntajätehuollon päästöjen järjestelmätarkastelu. Teknillinen korkeakoulu, vesihuoltotekniikan laboratorio, Espoo. TKK-VHT-21. 66 s.

Person L, Ekvall T, Weidema B (1998a). Life cycle assessment of packaging systems for beer and soft drinks. Disposable PET bottles. Technical report 65. Environmental project No. 405 Danish Environmental Protection Agency.

Person L, Ekvall T, Weidema B (1998b). Life cycle assessment of packaging systems for beer and soft drinks. Refillable PET bottles. Technical report 5. Environmental project No. 404. Danish Environmental Protection Agency.

Perälä, A-L. & Nippala, E. (1998) Rakentamisen jätteet ja niiden hyötykäyttö. VTT Rakennustekniikka, Espoo. VTT tiedotteita 1936.

Pipatti, R., Hänninen, K., Vesterinen, R., Wiherssari, M., & Savolainen, I. (1996) Jätteiden käsittelyvaihtoehtojen vaikutus kasvihuonekaasupäästöihin. Espoo, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT Julkaisuja 811. 85 s.

PYR, 2001. www-sivut, www.pyr.fi.

Ranne, A., Virtanen, Y. & Mäkelä, K. (1993) Jätehuollon energiataseet. Kauppa- ja teollisuusministeriö, energiaosasto, Helsinki. S. 1 - 82. Katsauksia B:144

Ryberg A, Ekvall T, Person L, Weidema B (1998). Life cycle assessment of packaging systems for beer and soft drinks. Aluminium cans. Technical report 3. Environmental project No. 402. Danish Environmental Protection Agency.

Räsänen, J., Soukka, R., Marttila, E, Hammo, S., Pesari, J. & Toikka, M. (2000) Metsäteollisuuden merkittävimpien sivuainevirtojen tarkastelu hyötykäytön kannalta. Tutkimusraportti EN B-139. Lappeenranta, Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu, Energiatekniikan osasto. 129 s.

Savolainen, I, Tuhkanen, S. & Lehtilä, A. (toim.) (2001) Teknologia ja kasvihuonekaasujen päästöjen rajoittaminen. Taustatyö kansallista ilmasto-ohjelmaa varten. Kauppa- ja teollisuusministeriön julkaisuja 1/2001. KTM, Energiaosasto.

Scholl, G.U., Hirschl, B. & Konrad, W. (1999) New concepts of product use – aspects of consumption patterns and market potential. Paper presented 6th European Roundtable on Cleaner Production (ERCP), Hungary, 1999.

Seppälä, J., Koskela, S., Palperi, M. & Melanen, M. (2000) Metallien jalostus ja ympäristö. Suomen ympäristö 438, Helsinki, Suomen ympäristökeskus, 2000.

SET (1999). Sähkö- ja elektroniikkaromun kierrätyksen toteuttaminen. Loppuraportti marraskuu 1999. Tampere, Sähkö- ja elektroniikkateollisuusliitto, SET, 72 s.

Suomen kuntaliitto (2000). Tietoja kuntienjätehuollosta, kysely 2000. Helsinki, Suomen kuntaliitto. 101 s.

Tanskanen, J-H. (1996). Syntypaikkalajitteluun perustuvan yhdyskuntajätehuollon tarkastelu, jätevirrat, kustannukset ja päästöt. Suomen ympäristö 38. Helsinki, Suomen ympäristökeskus. 93 s.

Tanskanen, J-H. (1997). Valtakunnallisten yhdyskuntajätteen hyödyntämistavoitteiden saavutettavuus Päijät-Hämeessä. Suomen ympäristö 151. Helsinki, Suomen ympäristökeskus 67 s.

TEKES (2001). Teknologian kehittämiskeskus, TEKES, www-sivut. www.tekes.fi.

Tillmann A, Baumann H, Eriksson E. et al. (1991). Livscykelanalyser för förpackningsmaterial/Packaging and the Environment. SOU 1991:77. Miljödepartementet, Stockholm

Tuhkanen, S. (2001) Jätehuollon merkitys Suomen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä. Kaatopaikkojen metaanipäästöt ja niiden talteenotto. Tutkimusselostus, ENE6/25/2001.

US EPA (1998a). Greenhouse gas emissions from management of selected materials in municipal solid waste. Final report. EPA530-R-98-013 (<http://www.epa.gov/epaoswer/non-hw/muncpl/ghg/greengas.pdf>) 119 p.

US EPA (1998b). Greenhouse gas emissions from management of selected materials in municipal solid waste. Appendix A. Background Data Submitted by Franklin Associates, Ltd. 90 s.

US EPA (1998c). Greenhouse gas emissions from management of selected materials in municipal solid waste. Appendix B. Background Data Submitted by The Tellus Institute. 90 s.

Vahvelainen, S. & Salomaa, E. (2000). Tuotannon ja kulutuksen jätteet. Tilastokeskus, Ympäristö ja luonnonvarat 2000:5, SVT. 192 s.

Viitanen, M. (2000). Metallien materiaalivirrat Suomessa 1970-1997. Ekotehokas Suomi-projekti, osaraportti 8. Oulun yliopisto, Thule-instituutti. <http://thule.oulu.fi/ecoef/metalli.pdf> (viitattu 12.1.2001)

VnP N:o 883/1998 Valtioneuvoston päätös keräyspaperin talteenotosta ja hyödyntämisestä

VnP N:o 962/1997 Valtioneuvoston päätös pakkauksista ja pakkausjätteistä

VnP N:o 295/1997 Valtioneuvoston päätös rakennusjätteistä

VNS 1/2001 vp. Kansallinen ilmastostrategia. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 27.3.2001.

Widheden J, Ekvall T, Nielsen PH (1998a). Life cycle assessment of packaging systems for beer and soft drinks. Disposable glass bottles. Technical report 2. Environmental project No. 401 Danish Environmental Protection Agency.

Widheden J, Ekvall T, Nielsen PH (1998b). Life cycle assessment of packaging systems for beer and soft drinks. Refillable glass bottles. Technical report 1. Environmental project No. 400. Danish Environmental Protection Agency.

Ympäristö 6/2000. Helsinki, ympäristöministeriö.

YM (2001a) Kansallinen ilmasto-ohjelma : ympäristöministeriön sektoriselvitys. Suomen ympäristö, 473. Helsinki. 185 s. <http://www.vyh.fi/palvelut/julkaisu/elektro/sy473/sy473.htm>

YM (2001b). Ympäristöministeriön työryhmän ehdotus tarkistetuksi valtakunnalliseksi jätesuunnitelmaksi vuoteen 2005 perusteluineen. Ympäristöministeriö, 29.6.2001. 52 s.

YM (1998). Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2005. Suomen ympäristö 260 , Helsinki 1998. 243 s.

YmVM 6/2001 vp. Ympäristövaliokunnan mietintö kansallisesta ilmastostrategiasta.

Liite A: Kierrätettävät materiaalmäärät

A. Kierrätysaste ei nouse vuoden 2005 tavoitteiden jälkeen

	1998			2005			2010			2020		
	syntyvä		kierrätys	syntyvä		kierrätys	syntyvä		kierrätys	syntyvä		kierrätys
Jae	t	%	t	t	%	t	t	%	t	t	%	t
Biojäte	712000	10	71200	798000	20	159600	924000	20	184800	1049000	20	209800
Pakkausjäte	423100	45	190395	474000	60	284400	549000	60	329400	623000	60	373800
lasi	55700	48	26736	62400	70	43680	72300	70	50610	82000	70	57400
muovi	89400	10	8940	100200	20	20040	116000	20	23200	131600	20	26320
paperi ja kuitu	246000	57	140220	275600	60	165360	319200	60	191520	362200	60	217320
metalli	32000	8	2560	35800	50	17900	41500	50	20750	47100	50	23550
Paperi ja kuitu	1079000	65	701350	1210000	75	907500	1400000	75	1050000	1590000	75	1192500
elektroniikka	70000	5	3500	78000	27	21000	91000	27	24500	103000	27	27731
autot	80000	75	60000	90000	80	72000	104000	80	83200	118000	80	94400
renkaat	28000	90	25200	31000	90	27900	36000	90	32400	41000	90	36900
rakennusjäte (ilman maamassoja)	2510000	20	502000	2997000	30	899100	3206000	30	961800	3285000	30	985500
Yhteensä (ilman maamassoja)	5325200	33	1732101	6152000	43	2618480	6859000	43	2952180	7431900	44	3245221

B. Arvioidut maksimikierrätysprosentit

	1998			2005			2010			2020		
	syntyvä		kierrätys	syntyvä		kierrätys	syntyvä		kierrätys	syntyvä		kierrätys
Jae	t	%	t	t	%	t	t	%	t	t	%	t
Biojäte	712000	10	71200	798000	20	159600	924000	50	462000	1049000	60	629400
Pakkausjäte	423100	45	190395	474000	60	284400	549000	63	346780	623000	63	393460
lasi	55700	48	26736	62400	70	43680	72300	80	57840	82000	80	65600
muovi	89400	10	8940	100200	20	20040	116000	35	40600	131600	35	46060
paperi ja kuitu	246000	57	140220	275600	60	165360	319200	70	223440	362200	70	253540
metalli	32000	8	2560	35800	50	17900	41500	60	24900	47100	60	28260
Paperi ja kuitu	1079000	65	701350	1210000	75	907500	1400000	75	1050000	1590000	75	1192500
elektroniikka	70000	5	3500	78000	27	21000	91000	50	45500	103000	50	51500
autot	80000	75	60000	90000	80	72000	104000	85	88400	118000	85	100300
renkaat	28000	90	25200	31000	90	27900	36000	90	32400	41000	90	36900
rakennusjäte (ilman maamassoja)	2510000	20	502000	2997000	30	899100	3206000	50	1603000	3285000	50	1642500
Yhteensä (ilman maamassoja)	5325200	20	1051645	6152000	24	1472400	6859000	30	2025080	7431900	32	2404060