

YMPÄRISTÖN-
SUOJELU

Matti Melanen, Matti Palperi, Mikko Viitanen,
Helena Dahlbo, Seppo Uusitalo, Artti Juutinen,
Tiina-Kaisa Lohi, Sirkka Koskela ja Jyri Seppälä

Metallivirrat ja romun kierrätys Suomessa



Matti Melanen, Matti Palperi, Mikko Viitanen,
Helena Dahlbo, Seppo Uusitalo, Artti Juutinen,
Tiina-Kaisa Lohi, Sirkka Koskela ja Jyri Seppälä

Metallivirrat ja romun kierrätys Suomessa

HELSINKI 2000

*Julkaisu on saatavana myös internetistä:
<http://www.vyh.fi/palvelut/julkaisu/elektro/sy401/sy401.htm>*

*ISBN 952-11-0710-3
ISSN 1238-7312*

*Kannen kuva: Matti Melanen
Taitto: Pikseri Julkaisupalvelut*

*Oy Edita Ab
Helsinki 2000*

Esipuhe

Ekokilpailukyky ja kansainvälinen toimintaympäristö asettavat uusia vaatimuksia suomalaisen metallien jalostusteollisuuden ympäristöasioiden tietopohjalle, miltä osin tietämys on ollut varsin hajanaista. Tätä taustaa vastaan Suomen metallien jalostusteollisuus ja Suomen ympäristökeskus (SYKE) aloittivat kevättalvella 1998 yhteisen hankkeen ”Elinkaarianalyysi metallien jalostusteollisuuden ympäristöasioiden hallinnan työväliseenä”, jonka tarkoituksena oli luoda valmiuksia elinkaariarviointien laadintaan ja niiden tulosten hyväksikäyttöön yrityksissä. Tavoitteena oli myös muodostaa tuotteiden elinkaariarviointien pohjalta kokonaiskuva Suomen metallien jalostusteollisuuden ympäristöasioista. Metallien jalostusteollisuuden ympäristöasiat liittyvät kiinteästi yhteiskuntamme metallivirtoihin, minkä takia hankkeeseen sisällytettiin omana kokonaisuutena käsillä oleva selvitys. Koko hanke on ollut osa ympäristöklusterin tutkimusohjelmaa. Tutkimusta ovat rahoittaneet ympäristöministeriö (YM), Teknologian tutkimuskeskus (TEKES) ja Metallinjalostajat ry.

Hanketta varten perustettiin johtoryhmä, jonka puheenjohtajana oli toimitusjohtaja Sirpa Smolsky (Metallinjalostajat ry) ja jäseninä ympäristösuojelujohtaja Matti Koponen (Outokumpu Oyj), FT Mikko Arponen (Rautaruukki Oyj), projektipäällikkö Seppo Haarala (Imatra Steel Oy Ab), kehitysjohtaja Pertti Kostamo (Fundia Wire Oy Ab), paikallisjohtaja Esko Mustonen (Kuusakoski Oy), projektipäällikkö Seppo Ruonala (SYKE), yksikönjohtaja Veli-Matti Tiainen (SYKE), ympäristöneuvos Sauli Rouhinen (YM), yli-insinööri Markku Hietämäki (YM) ja tutkimuspäällikkö Heikki Uusi-Honko (TEKES). Vuonna 1999 Veli-Matti Tiaisen ja Heikki Uusi-Hongon tilalle johtoryhmään tulivat yksikönjohtaja Alec Estlander (SYKE) ja teknologia-asiantuntija Helena Manninen (TEKES).

Hankkeen valmistelusta vastasi Suomen ympäristökeskuksen asiantuntijoista koottu projektiryhmä, johon kuuluivat erikoistutkija Jyri Seppälä (hankkeen vastuullinen johtaja), tutkimusprofessori Matti Melanen, diplomi-insinööri Matti Palperi, vanhempi tutkija Sirkka Koskela, vanhempi tutkija Helena Dahlbo ja tutkija Tiina-Kaisa Lohi.

Metallivirtoja ja metallien kierrätystä koskevan osakokonaisuuden ovat toteuttaneet yhteistyössä Suomen ympäristökeskus ja Oulun yliopiston Thule-instituutti. Sen vastuullisena johtajana toimi tutkimusprofessori Matti Melanen ja pää-tutkijoina diplomi-insinööri Matti Palperi ja vanhempi tutkija Helena Dahlbo. Thule-instituutin tutkija Mikko Viitanen on vastannut julkaisun luvusta 2 ja tutkija Artti Juutinen luvusta 6 sekä siihen liittyvästä liitteestä 7. Suomen Romukauppiaiden Liiton toiminnanjohtaja Seppo Uusitalo on osallistunut työhön asiantuntijana ja on muun muassa organisoinut ja koordinoinut julkaisun liitteessä 4 kuvattun case-tutkimuksen. Suomen ympäristökeskuksen tutkijat ovat vastanneet työn ja julkaisun muista osista.

Julkaisussa kuvataan kvantitatiivisesti Suomen talouden metallivirrat vuosina 1970, 1995 ja 2010 (luku 2). Lisäksi tarkastellaan yleisesti metallien kierrätyksen merkitystä ja vaikutuksia (luvut 3 ja 6), kuvataan romun kierrätyksen järjestäminen Suomessa (luvut 4 ja 5) ja arvioidaan romun kierrätyksen ympäristövaikutuksia (luku 5). Kierrätys on itsestään selvä asia metallien jalostusteollisuudessa, koska romu on arvokas raaka-aine. Lähes kaikki syntyvä romu saadaankin meillä hyvin järjestetyn keräyksen ansiosta talteen ja teollisuuden käyttöön. Tällä on suuri taloudellinen ja ympäristöllinen merkitys.

Julkaisun käsikirjoitus on käsitelty hankkeen johtoryhmässä 8.11.1999. Kirjoittajat kiittävät lämpimästi johtoryhmän jäseniä palautteesta, joka ohjasi varsinkin julkaisun johtopäätösten ja suositusten esittämistä. Osoitamme kiitoksemme

myös limnologi Kimmo Silvolle ja tekn. lis. Juha-Heikki Tanskaselle Suomen ympäristökeskuksesta samoin kuin toimitusjohtaja Hans Petterssonille Osuuskunta Teollisuuden Romusta (OTR). Heidän evästyksensä julkaisun viimeistelyvaiheessa olivat tärkeitä.

Aivan erityisesti haluamme kiittää tutkimuksessa mukana olleita romuliikkeitä.

Helsingissä helmikuussa 2000

Tekijät

Sisällys

Yhteenveto	7
I Johdanto	12
1.1 Taustaa	12
1.2 Työn tavoitteet	13
1.3 Työn sisältö	14
2 Suomen talouden metallivirrat 1970–2010	15
2.1 Tarkastelukehikko	15
2.2 Metallien tuotanto ja kulutus	16
2.2.1 Toteutunut kehitys	16
2.2.2 Tulevan kehityksen perusskenaario	17
2.2.3 Romun tuonti ja vienti	19
2.3 Metallien välilliset virrat ja loppukulutus	20
2.4 Metallien käyttö talouden toimialoilla	21
2.5 Kiertävät metallivirrat	23
2.5.1 Käsitteet ja yleiset lähtökohdat	23
2.5.2 Tuotteen valmistusromu	24
2.5.3 Lopputuoteromu	25
2.6 Metallivirrat vuosina 1995 ja 2010	28
3 Metallien kierrätyksen merkitys ja vaikutukset	31
3.1 Metallien kierrätyksestä	31
3.1.1 Johdanto	31
3.1.2 Romun käyttö	31
3.2 Metallituotteiden elinkaari	33
3.2.1 Elinkaariajattelu	33
3.2.2 Vertailtavat vaihtoehdot	34
3.2.3 Romupohjainen versus malmipohjainen teräs	35
3.2.4 Kierrätysaste	36
3.3 Kierrätyksen taloudelliset lähtökohdat	39
3.3.1 Romu, arvokas raaka-aine	39
3.3.2 Kierrätyksen kustannusvaikutukset	39
3.3.3 Turhan kierrätyksen välttäminen	40
3.4 Kierrätyksen muita yleisiä näkökohtia	40
3.4.1 Kierrätyksen lisäperusteluja	40
3.4.2 Raaka-ainepohjan kotimaisuus	41
3.4.3 Sivutuotteiden hyödyntäminen	41
3.4.4 Kierrätyksen vaikutus työllisyyteen	41
3.5 Kierrätyksen ympäristönäkökohtia	42
3.5.1 Metallien kierrätyksen ympäristövaikutuksista	42
3.5.2 Malmivarojen säästö	43
3.5.3 Kaivostoiminnan ympäristöhaittojen väheneminen	43
3.5.4 Vaikutukset energian kulutukseen ja ilmapäästöihin	44
3.5.5 Kaatopaikkavaikutusten väheneminen	44
4 Romun kierrätyksen organisointi Suomessa	47
4.1 Keräyksen ja kierrätyksen yleisjärjestelyt	47
4.2 Romuliikkeet ja romutukkuliikkeet	49

5	Romun kierrätyksen ympäristökuormitus	52
5.1	Johdanto	52
5.2	Case-tutkimus romun keräyksestä ja käsittelystä	52
5.3	Romun keräys ja kuljetukset romuliikkeisiin	53
5.3.1	Päästöt ilmaan	53
5.4	Romun käsittely romuliikkeissä	54
5.4.1	Käsittelymenetelmät ja tuotteet	54
5.4.2	Energian ja raaka-aineiden käyttö	56
5.4.3	Päästöt maaperään, vesiin ja ilmaan	56
5.4.4	Jätteet	57
5.4.5	Meluhaitat	58
5.5	Romun keräyksen ja käsittelyn ympäristöluvitusta ja sen vaikutukset	58
5.6	Romuliikkeistä lähtevät jatkokuljetukset romun loppukäyttäjille	59
5.6.1	Päästöt ilmaan	59
5.7	Romun tuonti	59
5.7.1	Päästöt ilmaan	59
5.8	Romun epäpuhtaudet	60
5.8.1	Epäpuhtauksien lähteet ja käyttäytyminen	60
5.8.2	Epäpuhtauksien negatiiviset vaikutukset ja niiden estäminen ..	61
5.8.3	Epäpuhtauksien kohtalo metallien valmistuksessa	62
5.9	Yhteenveto (päästöt ilmaan)	65
6	Romun kierrätyksen muutosten vaikutukset	68
6.1	Romun käytön ja keräyksen tulevaisuuden näkymät	68
6.2	Kierrätyksen muutosten vaikutusten suunta ja suuruusluokka	69
7	Johdopäätökset ja suositukset	72
	Summary	75
	Kirjallisuus	81
	Käsiteluettelo	84
Liite 1.	Romun elinkaari ja romukäsitteistö	87
Liite 2.	Metallien kierrosta – esimerkkinä teräksen elinkaarikierto	92
Liite 3.	Osuuskunta Teollisuuden Romun (OTR) käyttämä teräsromulaatujen luokittelu	103
Liite 4.	Case-tutkimus: Romun keräys ja käsittely romuliikkeissä	104
Liite 5.	Romun keräyskuljetusten ja esikäsittelyn ominaispäästöjen (päästöt ilmaan) laskentamenettely – romuliikemoduuli	123
Liite 6.	Kuorma-auto- ja junakuljetusten polttoaineen kulutus ja päästöt	125
Liite 7.	Romun kierrätyksen muutosten vaikutukset kansantalouden tasolla	130
	Kuvailulehdet	136

Yhteenveto

Työn tavoitteet ja sisältö

Julkaisussa esitetään ympäristöministeriön (ympäristöklusterin tutkimusohjelma), Teknologian kehittämiskeskuksen ja Metallinjalostajat ry:n rahoittaman ja Suomen ympäristökeskuksen johtaman Elinkaarianalyysi metallien jalostusteollisuuden ympäristöasioiden hallinnan työvälineenä -hankkeen ns. kierrätysosion tulokset. Kierrätysosion ovat toteuttaneet Suomen ympäristökeskus ja Oulun yliopiston Thule-instituutti. Sille asetettiin seuraavat tavoitteet:

- antaa kvantitatiivinen kuva Suomen talouden toteutuneista ja tulevista metallivirroista
- antaa käsitys metallien kierrätyksen merkityksestä ja vaikutuksista
- kuvata romun kierrätyksen järjestäminen Suomessa
- arvioida mahdollisimman pitkälle kvantitatiivisesti romun kierrätyksen ympäristövaikutuksia Suomessa.

Julkaisu on rakenteellisesti jäsennetty näiden tutkimuskysymysten pohjalta. Romun kierrätyksen (keräys, käsittely ja kuljetukset) aiheuttama ympäristökuormitus (lähinnä päästöt ilmaan) on tässä työssä arvioitu ja laskettu kierrätettävää romutonna kohti.

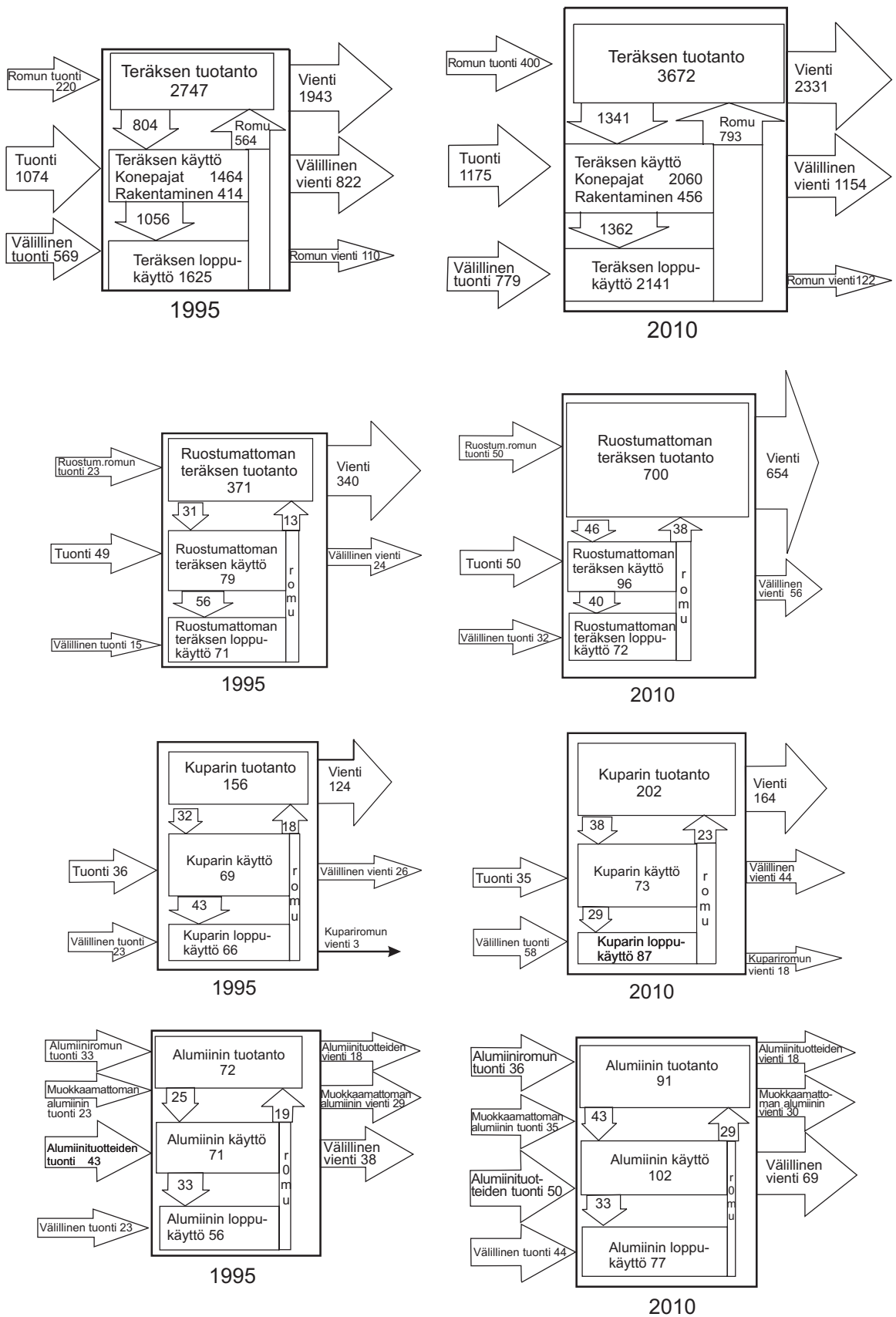
Suomen talouden metallivirrat

Julkaisussa on laskettu ja arvioitu metallien ns. ilmenevä kulutus (tuotanto + tuonti – vienti) ja ilmenevä loppukulutus (ilmenevä kulutus + välillinen tuonti – välillinen vienti) Suomen kansantaloudessa vuosina 1970, 1995 ja 2010. Laskelmat on tehty teräkselle, ruostumattomalle teräkselle, kuparille, nikkelille, alumiinille, sinkille ja lyijylle. Vuosien 1970 ja 1995 luvut on laskettu teollisuus- ja ulkomaankauppatilastojen avulla. Vuoden 2010 arviot on tehty käyttämällä Thule-instituutin makrotaloudellista FMS-mallisysteemiä, joka sisältää erillisen metalliteollisuuden toimialalle kehitetyn ”metallisatelliitin”. Suomen talouden kasvuskenaariona vuoteen 2010 on käytetty kauppa- ja teollisuusministeriön EMS-skenaariota.

Metallien valmistuksen metallivirrat on työssä laskettu metallien jalostusteollisuuden toimittamina lopputuotteina. Kun on otettu huomioon myös kiertävät metallivirrat eli romun kierrätys, on saatu kuvan 1 mukaiset metallivirta-arviot vuosille 1995 ja 2010. Vuodelle 1970 ei vastaavanlaista esitystä ole voitu tehdä, koska tällöin olisi kiertävien metallivirtojen osalta jouduttu tarkastelemaan sodan jälkeisiä poikkeusoloja, joista ei ole tähän tarkoitukseen riittävän luotettavia lukuja.

Romun kierrätys Suomessa

Romun kierrätys on organisoitu Suomessa tehokkaasti. Maassamme on noin 250 romuliikettä, jotka vastaanottavat (ostavat) kaikkea romua, joka voidaan hyödyntää prosessoimalla se teollisuuden raaka-aineeksi. Toiminnan lähtökohtana on kerätä pienemmät materiaalivirrat yhteen. Perus- ja erikoistuneiden romuliikkei-



Kuva 1. Päämetallivirrat (1 000 tonnia) Suomen kansantaloudessa vuosina 1995 ja 2010. (Romun välitysvienti ei sisälly lukuihin.)

den ohella toimii muutamia romutukkuliikkeitä, jotka kokoavat romua laajemmalta alueelta ja toimittavat sitä joko käsittelyn jälkeen tai ilman käsittelyä eteenpäin teollisuuteen. Romutukkuliikkeet voivat olla myös ns. laskutuskeskuksia, jotka eivät fyysisesti käsittele materiaalia, vaan keräävät ostosopimuksia ja välittävät sopimuksia romuliikkeiden ja teollisuuden välillä.

Romuliikkeistä esikäsitelty ja jalostettu romu kuljetetaan teollisuuden käyttöön. Hallinnollisesti/kirjanpidollisesti suuri osa kotimaisesta ostoromusta kulkee Osuuskunta Teollisuuden Romun (OTR) välityksellä. OTR on romua käyttävän teollisuuden omistama hankintakeskus, joka organisoii teräs- ja rautaromun romutukkuliikkeiltä romua käyttävälle teollisuudelle ja hoitaa romun laskutuksen. OTR:llä muun muassa on oma teräsromulaatujen luokittelu. Yhtiön osakkaat ovat Rautaruukki Oyj, Imatra Steel Oy Ab, Fundia Wire Oy Ab, Outokumpu Polarit Oy Ab, Kemira Pigments Oy ja Valimoiden Hankintaosuuskunta, johon kuuluvat maamme suurimmat valimot.

Romun keräyksen ja kuljetusten ja sen romuliikkeissä tapahtuvan käsittelyn aiheuttaman ympäristökuormituksen arvioinnissa tarvittavan perusaineiston hankkimiseksi tehtiin työssä case-tutkimus, jossa oli mukana viisi romuliikettä. Case-yrityksissä käsiteltävä materiaalivirta on 1 000–60 000 t/a ja työntekijämäärä 5–45 henkilöä. Niissä käsitellään vuosittain yhteensä noin 140 000 tonnia romua, mikä vastaa 20–25 prosenttia Suomessa kerättävän romun määrästä.

Työssä on pystytty esittämään kvantitatiiviset arviot romun keräyskuljetuksista, romuliikkeissä tapahtuvasta käsittelystä ja romun jatkokuljetuksista ilmaan joutuville päästöille. Muiden kuormitustekijöiden käsittely jää pääasiassa kvalitatiiviselle tasolle. Kvantifioinneissa tarkastelu on pyritty ulottamaan elinkaariajattelun mukaisesti ketjun alkuun asti. Laskelmiin on mahdollisuuksien mukaan sisällytetty sekä välittömät (itse toiminnasta syntyvät) että välilliset (esimerkiksi toiminnassa tarvittavien raaka-aineiden ja energian tuotannosta syntyvät) päästöt. Case-tutkimuksen aineiston ohella ilmapäästöarvioiden perustana olevien päästökertoimien laskennassa on käytetty hyväksi Kuusakoski Oy:n Heinolan tehtaan kahden romunkäsittely-yksikön (rautaromu ja auto- ja peltiromu, yhteensä noin 80 000 t/a) tietoja.

Työssä on päädytty taulukon 1 mukaisiin arvioihin kotimaisen romun kierätyksen ominaispäästöistä ilmaan. On huomattava, että kertoimiin ei sisälly romun käytöstä metallien jalostusteollisuudessa syntyvä kuormitus.

Taulukko 1. Kotimaisen romun keräyskuljetuksen, käsittelyn ja jatkokuljetuksen päästöt ilmaan romutonnia kohti. ¹

Päästökomponentti	Ominaispäästö (kg/romutonni) elinkaarivaiheittain			
	Keräyskuljetus	Käsittely	Jatkokuljetus	Yhteensä
CO ₂	61,0	17,9	16,2	95,1
CH ₄	0,00689	0,00258	0,00190	0,0114
N ₂ O	0,00269	0,00102	0,000663	0,00437
SO ₂	0,00121	0,01863	0,00408	0,0239
NO _x	0,591	0,149	0,201	0,941
CO	0,333	0,0291	0,0590	0,421
HC	0,119	0,0788	0,0273	0,225
Hiukkaset	0,0605	0,00934	0,0175	0,0873

¹ Lukuihin sisältyvät välittömät ja välilliset päästöt

Pääjohtopäätökset ja -suositukset

Metallien valmistuksesta, niiden käytöstä erilaisten tuotteiden valmistukseen ja näiden tuotteiden käytöstä poistamisesta syntyy romuvirtoja. Romua voidaan käyttää uudelleen metallien valmistuksen raaka-aineena. Romun kierrättäminen sulattamalla se uudelleen metalliksi voi periaatteessa jatkua loputtomasti. Kierrätys onkin itsestään selvä asia metallien jalostusteollisuudessa, koska romu on arvokas raaka-aine. Lähes kaikki syntyvä romu saadaan meillä hyvin järjestetyn keräyksen ansiosta talteen ja teollisuuden käyttöön. Tällä on suuri taloudellinen merkitys.

On kuitenkin huomattava, että osa romusta poistuu kierrosta hävikkinä tai muuhun hyötytarkoitukseen. Kun lisäksi metallien kulutus kaiken aikaa kasvaa huolimatta siitä, että metallien ominaisuuksia jatkuvasti parannetaan ja esimerkiksi haluttu lujuus saadaan aikaan yhä kevyemmin rakentein, ei kierrätysraaka-aineesta valmistettu metalli riitä, vaan tarvitaan edelleen malmeista lähtevää metallien valmistusta

Malmi- ja romupohjaista teräksen valmistusta ei voida pitää toistensa vaihtoehtoina, sillä esimerkiksi olemassa oleva tuotantolaitteisto määrää käytettävät prosessit. Asiaan vaikuttaa suuri joukko muitakin tekijöitä, muun muassa laatuksymykset siten, että tiettyjä teräslajeja ei puhtausvaatimusten takia voida tehdä romusta.

Romun kierrätys edustaa kierrätysajattelua vanhimmillaan ja parhaimmillaan, eikä toisaalta voida kuvitella tilannetta, jossa metallien kierrätystä ei olisi Suomen kaltaisessa maassa tehokkaasti järjestetty. Myös kierrätys itsessään aiheuttaa ympäristöarastusta, mutta sen kokonaistaloudellinen vaikutus on säästävämänkin työn laskelmat osoittavat, että romun keräyksen ja käytön lisäämisen kokonaisvaikutus on ympäristön kannalta myönteinen. Täyttä varmuutta ei kuitenkaan ole siitä, onko metallien kierrätys meillä kokonaistaloudellisesti (kansantaloudellisesti ja ekologisesti) optimissaan.

Juridisessa mielessä, jätelain perusteella, romu on jätettä niin kauan kuin se otetaan tuotantoprosessissa käyttöön raaka-aineena. Metallien jalostusteollisuus kuitenkin pitää romua nimenomaan raaka-aineena eikä näe sitä missään vaiheessa ”jätteenä”. Romuliiketoiminnassakin puhutaan mielellään romusta romuliikkeeseen tulevana materiaalina, josta tietyn esikäsittelyn ja jalostuksen kautta tulee teollisuuden käyttöön toimitettavaa raaka-ainetuotetta. Romun luokittelulla jätteeksi voidaanakin nähdä olevan eräitä kierrätystä vaikeuttavia seurauksia: romulle tulee huono nimi ja lisäksi aiheutuu byrokratiaa, esteitä ja suoranaisia ylimääräisiä kustannuksia.

Romun hyödyntämistä (jonakin vuonna käytetty romumäärä / syntyvä romumäärä) on Suomessa korkea, kokonaisuutena 90 prosentin luokkaa. Metallien valmistuksen sisäinen kiertoromu, ns. oma romu, kerätään käytännössä 100-prosenttisesti. Myös konepajateollisuudessa eli tuotteiden valmistuksessa syntyvän romun talteensaanti lähentelee 100 prosenttia.

Tuotteiden käytöstä poistamisessa syntyvä romu, ns. lopputuoteromu, sen sijaan on kierrätyksen kannalta vaikea ryhmä, koska se on heterogeeninen. Tuoteromun talteensaanti vaihtelee suuresti – lähes nolasta 100 prosenttiin. Tämän romuryhmän osalta talteenotossa on tehostamisen tarvetta, ja tehostamisen tulisi kohdistua erityisesti sähkö- ja elektroniikkaromun sekä kuntien kaatopaikoille joutuvan yhdyskuntajätteen metallijakeen talteensaantiin ja kierrätykseen. Sähkö- ja elektroniikkaromulle ollaankin parhaillaan kehittämässä valtakunnallista tuottajan vastuuseen (tuottajayhteisömalli) perustuvaa kierrätysjärjestelmää, jonka lähtökohtana on tulevan sähkö- ja elektroniikkalaitteita koskevan EU-direktiivin (Directive on Waste from Electrical and Electronic Equipment; ”WEEE-direktiivi”)

täytäntöönpano Suomessa, ja ympäristöministeriö on valmistellut ehdotuksen vuoden 2001 alusta voimaan tulevaksi valtioneuvoston päätökseksi sähkö- ja elektroniikkaromun jätehuollosta.

Lopputuoteromun kertymän ja talteenoton arviointiin liittyy tällä hetkellä myös paljon laskennallisuutta, minkä vähentämiseksi olisi tarpeen selvittää rakennuksiin, maatalouteen ja metsäteollisuuteen sitoutuneet metallit pidemmälle taaksepäin. Samalla täsmentyisi käsitys kansantalouteen eri tuotteissa kumuloituneesta metallivarannosta, kansantalouden romupotentiaalista.

Romun epäpuhtauksien määrät ovat sinänsä useimmiten vähäisiä, mutta niiden vaikutukset voivat romua raaka-aineena käytettäessä olla merkittäviä. Romun tarkka lajittelu ja puhdistaminen onkin tärkeä tekijä sekä sen käytettävyyden että käytössä syntyvien päästöjen takia. Eri tehtaiden prosesseilla on erilaiset vaatimukset romun puhtauden suhteen. Jotkut prosessit sietävät epäpuhtauksia paremmin kuin toiset. Samoin vaatimukset romun kappalekoolle vaihtelevat romua käyttävän tehtaan mukaan. Romun esikäsitteilyillä onkin käytössään tehdaskohtaiset luokat romun lajittelemiseksi loppukäyttäjälle sopivasti. Pinnoitetun (sinkki, muovi jne.) romun määrä kasvaa jatkuvasti. Tällaisen romun käsittely edellyttää yksinkertaista erottelua ja muuta käsittelyä täydellisempää prosessointia, johon tarvitaan teknis-taloudellisesti käyttökelpoisia menetelmiä.

Tutkimustarpeita

Työn kuluessa on tullut esille suuri joukko tutkimustarpeita:

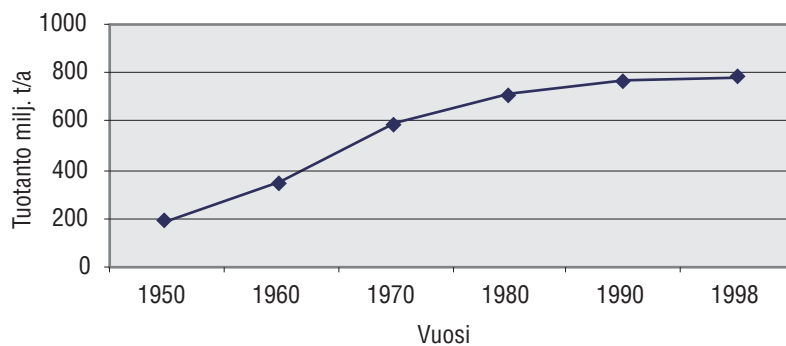
- metallien kierrätyksen matemaattinen kuvaus ja mallintaminen
- kierrätyksen huomioonotto ja jätteitä koskeva vaikutusarviointi elinkaariarvioinnissa (metodologian kehittäminen)
- kansantalouteen sitoutunut metallivaranto – kansantalouden romupotentiaali
- romun kierrätyksen kokonaistaloudellinen optimointi (selvitys siitä, mistä ja mitä kannattaa ekologisesti ja taloudellisesti kerätä ja kierrättää)
- haja-asutusalueiden romuinventory ja keräysmahdollisuuksien selvitys
- kotitalouksien romun (”valkoisen linjan” kodinkoneet, elektroniikka, pakkauskaukset) kierrätys
- pinnoitettujen (erityisesti sinkittyjen) terästuotteiden ja muiden pinnoitettujen romujen prosessointi, kierrätys ja käyttö
- betonirakenteiden teräksen kierrätysmahdollisuudet
- raaka-aine-jäte-tulkinnat

Tutkimusta tulisi välittömästi kohdistaa erityisesti kierrätyksen kokonaistaloudelliseen optimointiin, lopputuoteromun kertymän arviointiin sekä pinnoitettujen romujen prosessointiin ja kierrätykseen.

Johdanto

1.1 Taustaa

Metallien käyttöön kansantaloudessa ja sen eri toimialoilla vaikuttavat talouden suhdanteista riippuvat tekijät, erityisesti teollisuuden investoinnit ja kotitalouksien ostovoima. Kuva 1 havainnollistaa koko maailmantalouden teräksen tuotannon, sulatusprosesseilla tuotetun teräsmäärän, kehitystä 1950-luvulta lähtien. Teräksen tuotanto kasvoi voimakkaasti 1980-luvun alkuun asti, jolloin teräksen kysyntä laski joiksikin vuosiksi ja samalla tuotantoa siirtyi kehitysmaiin. Vastavasti 1990-luvun alussa Neuvostoliiton/Venäjän tuotannon lasku vaikutti koko maailmantalouden tuotantolukuihin. 1990-luvulla maailman teräksen tuotanto on vakiintunut hieman alle 800 miljoonaan tonniin vuodessa (kuvat 1 ja 2).

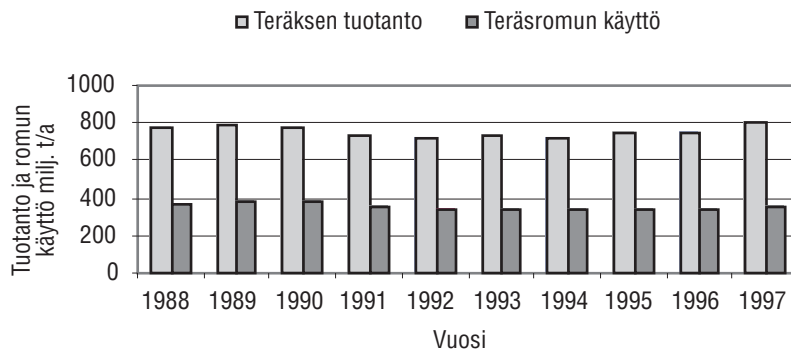


Kuva 1. Maailman teräksen (crude steel) tuotanto 1950–1998 (IISI 1999).

Metallien tuotannosta, niiden käytöstä erilaisten tuotteiden valmistukseen ja näiden tuotteiden käytöstä poistamisesta syntyy romua. Romua voidaan käyttää uudelleen metallien valmistuksen raaka-aineena sekä niiden malmipohjaisessa tuotannossa, jossa se toimii lisäraaka-aineena, että romupohjaisessa tuotannossa, jossa se on pääraaka-aine. Romun käyttö metallien jalostusteollisuuden tuotantopanoksena on lisääntynyt ja sen taloudellinen merkitys siten kasvanut.

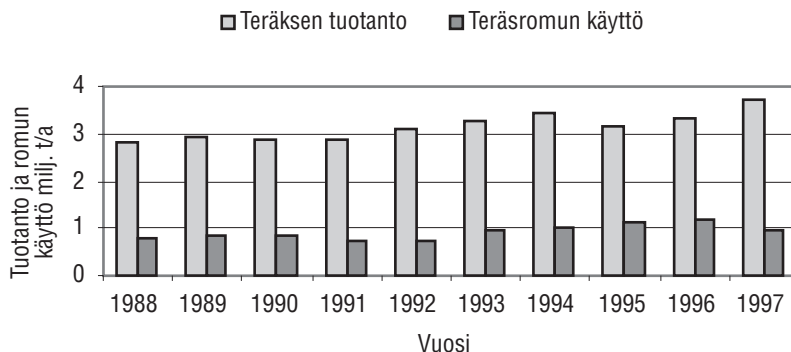
Romun kierrättäminen sulattamalla se uudelleen metalliksi voi periaatteessa jatkua loputtomasti. On kuitenkin huomattava, että osa romusta poistuu kierrosta hävikkinä tai muuhun hyötytarkoitukseen. Metallien kysyntää ei voidakaan koskaan edes teoriassa kattaa yksinomaan romupohjaisella tuotannolla, joten malmin käyttö metallien valmistuksessa tulee jatkumaan.

Teräsromun käyttö maailmantaloudessa on teräksen tuotannon tasaantumisen myötä vakiintunut kuluvalle vuosikymmenellä jonkin verran alle 400 miljoonaan tonniin vuodessa (kuva 2).



Kuva 2. Maailman teräksen (crude steel) tuotanto ja teräsromun käyttö 1988–1997 (IISI 1998).

Suomi tuottaa noin 0,5 % maailman teräksestä (kuvat 2 ja 3). Yksinomaan romupohjaisella prosessilla eli sähköuuniprosessissa meillä tuotetaan 22,8 % teräksestä, kun koko maailman vastaava osuus on keskimäärin 33,9 % (IISI 1999). Maailman ruostumattomasta teräksestä Suomi tuottaa noin 3,2 % (maailmantilastot Outokumpu Polarit Oy 1999) ja kuparista 1,5 % (maailmantilastot Riekkola-Vanhainen 1999). Alumiinin tuotanto on Suomessa ns. sekundäärituotantoa eli tuotanto perustuu kokonaan romuraaka-aineeseen.



Kuva 3. Suomen teräksen (crude steel) tuotanto ja teräsromun käyttö 1988–1997 (IISI 1998).

1.2 Työn tavoitteet

Tässä julkaisussa käsiteltävälle Elinkaarianalyysi perusmetalliteollisuuden ympäristöasioiden hallinnan työväliseen -hankkeen ns. kierrätysosiolle asetettiin seuraavat tavoitteet:

- antaa kvantitatiivinen kuva Suomen talouden toteutuneista ja tulevista metallivirroista
- antaa käsitys metallien kierrätyksen merkityksestä ja vaikutuksista
- kuvata romun kierrätyksen järjestäminen Suomessa
- arvioida mahdollisimman pitkälle kvantitatiivisesti romun kierrätyksen ympäristövaikutuksia Suomessa

1.3 Työn sisältö

Julkaisu on rakenteellisesti jäsenelty edellä esitettyjen tutkimuskysymysten pohjalta.

Luvussa 2 kuvataan toteutuneet metallivirrat romuvirrat mukaanlukien vuosina 1970 ja 1995. Niiden laskenta ja arviointi perustuu teollisuus- ja ulkomaankauppatilastoihin (Tilastokeskus ja tullihallitus). Vuodelle 2010 on tehty metallivirroista ja -taseista arvio Oulun yliopiston Thule-instituutin makrotaloudellisella FMS-mallisysteemillä käyttäen Suomen talouden kasvuennusteena kauppa- ja teollisuusministeriön EMS-skenaariota. Tarkasteltavat metallit ovat teräs, ruostumaton teräs, kupari, nikkeli, alumiini, sinkki ja lyijy. Romun elikaarta ja romukäsittelystä käsitellään erikseen liitteessä 1.

Luvussa 3 tarkastellaan metallien kierrätyksen merkitystä ja vaikutuksia periaatteellisella tasolla. Luvussa painotetaan metallituotteiden elinkaariajatteluun perustuvan lähestymistavan omaksumista kierrätyksen eri aspektien käsittelyssä. Kierrätyksen taloudellisten ja ympäristölähtökohtien sekä muiden yleisten näkökohtien perusteluja käsitellään kriittisesti. Metallien kierron kokonaiskuvaa havainnollistetaan neljän teräksen elinkaarikiertoon liittyvän laskennallisen esimerkin avulla liitteessä 2.

Romun kierrätyksen organisointi Suomessa kuvataan luvussa 4.

Luku 5 sisältää arviot romun kierrätyksen aiheuttamista ympäristövaikutuksista Suomessa. Sen perusaineistona on käytetty tämän tutkimuksen osana tehtyä case-tutkimusta, jossa kerättiin aineistoa viidestä romuliikkeestä. Case-tutkimus ja sen yksityiskohtaiset tulokset kuvataan liitteessä 4. Romun kierrätyksen ympäristövaikutukset on pystytty kvantifioimaan ilmaan joutuvien päästöjen osalta elinkaarivaiheittain, jotka ovat romun keräyskuljetukset, romun käsittely romuliikkeissä ja romun jatkokuljetukset romuliikkeistä sen käyttäjille. Muita romun kierrätyksen vaikutuksia käsitellään lähinnä kvalitatiivisesti.

Romun kierrätyksen aiheuttama ympäristökuormitus arvioidaan ja lasketaan kierrätettävää romutonnia kohti. Kierrätyksen aiheuttamia ympäristövaikutuksia tarkastellaan Elinkaarianalyysi metallien jalostusteollisuuden ympäristöasioiden hallinnan työvälinaana -hankkeen loppuraportissa osana ao. teollisuuden koko ympäristökuormitusta, jolloin ne tulevat suhteutetuiksi kokonaisuuteen.

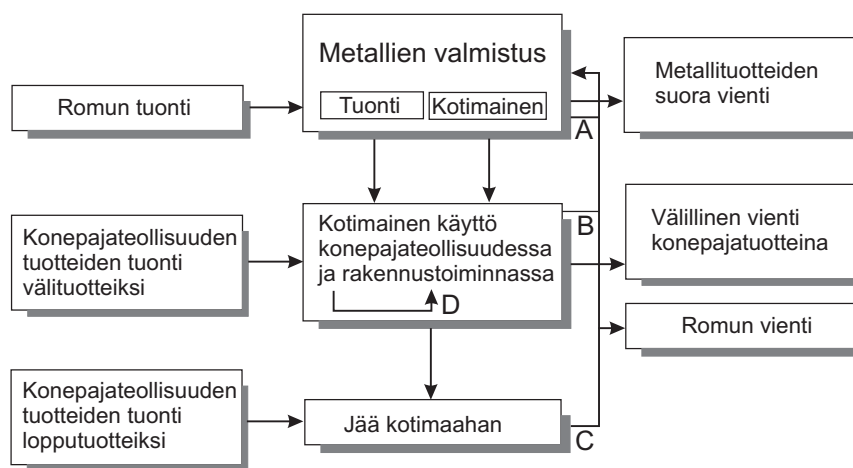
Luvussa 6 tarkastellaan lopuksi romun kierrätyksen muutosten vaikutuksia Suomen kansantalouden tasolla neljän skenaarion valossa, joista kahdessa lisätään rauta- ja teräs- sekä kupariromun keräystä tai käyttöä ja kahdessa puolestaan vähennetään niitä. Tarkastelut tehdään em. FMS-mallisysteemillä. Skenaariot ja niiden tulokset kuvataan tarkemmin liitteessä 7.

Suomen talouden metallivirrat 1970-2010

2

2.1 Tarkastelukehikko

Kansantalouden metallitase muodostuu hyödykkeiden tuottamiseen käytetyistä metallivirroista ja metallivaroista, jota ilmentää kansantalouden hyödykkeiden metallisisältö. Metallivirroissa erottuu osavirtoja, joita havainnollistaa kuva 4.



Kiertävät metallivirrat:
 A= metallien valmistuksen sisäiset
 B= tuotteen valmistusromu
 C= lopputuoteromu
 D= konepajateollisuuden sisäiset välituotevirrat

Kuva 4. Talouden metallivirrat.

Metallivirtojen tarkastelu rajataan tässä lähteväksi metallien tuotannosta. Suurin osa kansantaloudessa käytetyistä metallivirroista tuotetaan Suomessa ulkomailta tuoduista malmeista, mutta merkittävästi myös romuna palautuvista metallivirroista. Metallien valmistuksessa syntyy sisäisiä metallivirtoja takaisin tuotantoon. Näitä virtoja on sekä yrityksen toimipaikan sisällä että konsernin eri toimipaikkojen välillä. Huomattava osa metallien jalostusteollisuuden tuotteista viedään suoraan ulkomaille ja toisaalta suora tuonti on merkittävä metallivirtaerä.

Metallit käytetään pääasiassa konepajateollisuuden tuotteiden valmistukseen ja rakennustoimintaan. Konepajateollisuus on tässä yleisnimitys metallituote-, kone- ja laite-, sähkö- ja elektroniikka- sekä kulkuneuvoteollisuuden muodostamalle kokonaisuudelle. Jatkojalostusprosessista palautuu metallivirta metallien valmistukseen. Prosessiin tulee metalleja välillisesti konepajatuotteiden tuontina välituotteiksi. Eri toimialojen välillä on metallivirtoja, jotka aiheutuvat toimialan tuotteiden käytöstä välituotteina toisten toimialojen tuotteiden valmistamiseen. Konepajatuotteiden viennissä kansantaloudesta virtaa metalleja välillisenä vienninä.

Konepajateollisuuden ja rakennustoiminnan tuotteet päätyvät hyödykkeinä kansantalouden lopputuotekäyttöön lisäämään metallivarantoa. Lisäksi kansantalouden lopputuotekäyttöön tulee metalleja konepajateollisuuden tuotteiden tuontina. Metallivarannosta palautuvat loppuunkäytetyt hyödykkeet metallien valmistukseen. Kierrätettävistä metallivirroista osa päätyy vientiin ja toisaalta merkittävä osa tuodaan.

Metallien käyttöä kansantaloudessa kuvaa metallien ns. ilmenevä kulutus (apparent consumption):

$$(1) \quad \text{Ilmenevä kulutus} = \text{tuotanto} + \text{tuonti} - \text{vientti}$$

Ilmenevä kulutus ilmaisee kansantaloudessa käytettävien metallien määrän. Ilmenevä kulutus sisältää myös tuottajien ja tukkukaupan varastomuutokset. Kansantalouteen jäävän metallivirran ilmaisee metallien ilmenevä loppukulutus (final apparent consumption):

$$(2) \quad \text{Ilmenevä loppukulutus} = \text{ilmenevä kulutus} + \text{välillinen tuonti} - \text{välillinen vientti}$$

Metallien valmistuksen sisäisestä jatkojalostuksesta ja metallien keskinäisistä seoksista aiheutuu ns. kaksinkertaisen laskennan ongelma. Se on ratkaistu vähentämällä metallien omakäyttö jatkojalostuksessa, esimerkiksi kuumavalssattujen levyjen käyttö kylmävalssattujen levyjen tai putkien tuottamiseen (menettelyä on selostettu tarkemmin lähteessä Viitanen 1998). Tuotantoon palautuvia tehtaiden sisäisiä hukka- ja virhetuotteita ei lasketa mukaan. *Metallivirrat lasketaan seuraavassa siten metallien valmistuksen toimittamina lopputuotteina, joiksi luetaan myös vientiin menevät puolivalmisteet.*

Ruostumaton teräs sisältää keskimäärin 10 prosenttia nikkeliä. Sitä ei ole poikkeuksellisesti erotettu pois, joten kokonaissummat seuraavissa taulukoissa sisältävät tältä osin kaksinkertaisuutta. Toisaalta kaikki metallivirrat (esimerkiksi sakat ja liuokset eri tuotantoprosessien välillä) eivät näy tilastoissa ja sen seurauksena taulukoissa voi olla näennäistä epätarkkutta.

2.2 Metallien tuotanto ja kulutus

2.2.1 Toteutunut kehitys

Metallien tuotanto, vientti ja tuonti metalleittain vuosina 1970 ja 1995 (taulukot 1 ja 2) on laskettu teollisuustilaston ja ulkomaankauppatilaston perusteella (Tilastokeskus 1972, Tilastokeskus 1997, Tullihallitus 1971, Tullihallitus 1997). Tilastojen puuttuvia tonnimääräisiä tietoja on täydennetty yritysten tilastoaineistoilla.

Taulukko 1. Metallien tuotanto, vientti, tuonti ja kulutus (1 000 tonnia) vuonna 1970.

Metalli	Tuotanto	Vienti	Tuonti	Ilmenevä kulutus
Teräs	1182,7	743,1	913,2	1352,8
Ruostumaton teräs	0,0	0,4	23,7	23,3
Kupari	65,1	19,5	18,5	64,1
Nikkeli	4,0	3,7	0,2	0,5
Alumiini	3,5	5,1	38,8	37,3
Sinkki	57,4	44,2	3,2	16,3
Lyijy ja muut metallit	6,2	0,2	13,1	19,2
Yhteensä	1318,9	816,2	1010,7	1513,5

Taulukko 2. Metallien tuotanto, vienti, tuonti ja kulutus (1 000 tonnia) vuonna 1995.

Metalli	Tuotanto	Vienti	Tuonti	Ilmenevä kulutus
Teräs	2746,8	1943,0	1074,4	1878,2
Ruostumaton teräs	370,5	339,8	48,7	79,4
Kupari	156,4	123,9	35,8	68,3
Nikkeli	16,6	13,4	19,2	22,4
Alumiini	72,0	47,2	45,8	70,6
Sinkki	176,6	150,2	2,7	29,1
Lyijy ja muut metallit	0,0	11,6	6,3	-5,3 ¹
Yhteensä	3538,8	2628,9	1232,8	2142,7

¹ Miinusmerkki johtuu lyijyromun viennistä. Lyijyromua syntyy akkujen romuttamisen yhteydessä.

Metallivirrat kasvoivat ajanjaksolla 1970–1995 voimakkaasti. Metallien tuotanto kasvoi ja monipuolistui. Ruostumattoman teräksen tuotanto alkoi vuonna 1976. Sinkin tuotanto aloitettiin vuonna 1969; aluksi tuotantokapasiteetti oli 90 000 tonnia vuodessa, mutta jo vuonna 1974 sitä laajennettiin 160 000 tonniin vuodessa. Lyijyn tuotanto puolestaan loppui. Muokkaamattoman alumiinin tuotanto kasvoi kymmenkertaiseksi. Metallien vienti kasvoi 1970–1995 kolminkertaiseksi. Ruostumattoman teräksen ja sinkin tuotannosta noin 90 prosenttia meni vientiin 1990-luvun puolivälissä. Teräksen kasvaneesta tuotannosta kolmannes meni kotimaan kysynnän kasvuun ja kaksi kolmannesta vientiin. Terästeollisuudessa tuotannon kasvun lisäksi tuotanto ja tuotevalikoima monipuolistuivat.

Kansantalouden metalli-intensiteetti, metallien käyttö bruttokansantuotteen yksikköä kohden, aleni 1970–1995, vaikka metallien ilmenevä kulutus kansantaloudessa kasvoi. Kuparin kulutuksen kasvu pysähtyi. Sitä korvasi osittain alumiini, jonka kulutus lisääntyi merkittävästi. Nikkelin ja sinkin kulutuksen kasvu johtui ruostumattoman teräksen ja sinkityn teräslevyn valmistuksen kasvusta. (Viitanen 1998)

2.2.2 Tulevan kehityksen perusskenaario

Metallivirtojen laskennassa vuodelle 2010 on käytetty analyysivälineenä Oulun yliopiston Thule-instituutin monitoimialaista ekonometristä simulointimallia, FMS-mallisysteemiä. Se on pitkän ajan kasvumalli, jolla voidaan tuottaa sisäisesti johdonmukaisia, talouden teoreettisia ja empiirisiä riippuvuuksia noudattavia Suomen talouden kehitysuria talouden ulkoisia oloja ja sisäisiä politiikkatoimia koskevien oletusten pohjalta. Mallin tärkein käyttöalue on vaikutusanalyyysissä: millä tavoin vaihtoehtoiset oletukset talouden ulkoisista oloista tai politiikkavaihtoehtoisista vaikuttavat talouden pitkän ajan kulkuun? (Mäenpää ym. 1996)

FMS-ydinmallia on laajennettu satelliittimalleilla, joissa kuvataan yksityiskohtaisemmin valittua tarkastelukohdetta. Satelliittimalleissa tuotevirtoja pyritään mittaamaan fyysisin mitoin. Metalliteollisuuden toimialalle on kehitetty erillinen metallisatelliitti (Viitanen 1995). Metallisatelliitissa metallien tuotanto on jaettu 40 tuoteryhmään. Konepajateollisuuden 11 toimialan tuotanto mitataan kokonaistuotoksen vuoden 1990 hintaisina markkoina. Metallien jalostusteollisuuden tuotteita mitataan sen sijaan tonneina.

Tulevaisuuden arvioinnin lähtökohdaksi asetetaan talouden todennäköinen kehitysvaihtoehto, ns. perusskenaario. Tässä työssä käytetty perusskenaario, jonka pohjalta talouden metallivirrat vuonna 2010 määräytyvät, vastaa kauppa- ja teollisuusministeriön ns. EMS-skenaarion oletuksia talouden rakenteen ja kasvun kehityksestä (KTM 1997). Talouden kasvuvauhdiksi ajanjaksolla 1995–2010 oletetaan

taan 3,3 prosenttia vuodessa. Päätevuoteen mennessä lähestytään Suomen talouden pitkän ajan kasvulinjaa, johon 1990-luvun alun lama aiheutti syvän notkahduksen. (Juutinen ja Mäenpää 1998)

FMS-mallin metallisatelliitissa viennin kasvu ja tuontiosuuksien muutokset johdetaan eksogeenisesti suoraan metallien jalostusteollisuuden 40 tuoteryhmälle ja konepajateollisuuden 11 alatoimialalle. Metalliteollisuuden oletukset muodostetaan konepajateollisuudelle ja metallien valmistukselle eri tavalla.

Konepajateollisuudelle on tehty alatoimialoittain viennin kasvun arviot (taulukko 3) sekä kilpailevan tuonnin osuuksien muutoksen arviot. Suomen talouden kokonaiskehityksestä FMS-mallisysteemissä määräytyy konepajatuotteiden kotimainen käyttö, jolloin saadaan konepajateollisuuden lopullinen tuotannon kasvu. Metallien valmistuksen tuoteryhmille on muodostettu muun muassa yrityskyselyn pohjalta arviot kotimaisen tuotantokapasiteetin kehityksestä. Kysely tehtiin vuonna 1995 Metalliteollisuus Suomen taloudessa -projektin (Mäenpää ym. 1996) yhteydessä, jolloin metallien jalostusteollisuuden yrityksiä pyydettiin arvioimaan todennäköinen ja suurin mahdollinen tuotantokapasiteettinsa vuonna 2010. Viennin kasvu määräytyy tuotantokapasiteetin ja mallisysteemissä muodostuvan kotimaisen kysynnän erotuksena. Metallien käytön (tonnia/BKT-yksikkö) oletetaan tehostuvan prosentin vuodessa, mikä merkitsee kansantalouden metalli-intensiivisyyden tasaista alenemista.

Taulukko 3. Konepajateollisuuden viennin kasvuoletukset ja tuotannon kasvu perusskenaariossa.

	Viennin kasvu		Tuotannon kasvu
	Toteutunut 1988–1994	Oletus 1994–2010	FMS-mallin ratkaisussa
Konepajateollisuuden toimialat	%/a	%/a	%/a
Metallituotteiden valmistus	3,8	4,5	3,1
1 Metallirakenteiden valmistus	0,8	4,5	2,9
2 Muiden metallituotteiden valmistus	7,4	5,4	4,0
Koneiden valmistus	2,5	3,6	4,2
3 Yleiskäyttökoneiden valmistus	2,8	3,4	3,3
4 Erikoiskoneiden valmistus	4,5	3,7	4,9
5 Massa- ja paperikoneiden valmistus	-2,5	4,1	5,2
6 Kotitalouskoneiden valmistus	10,0	2,5	3,1
Sähkötekn. tuotteiden valmistus	22,5	8,9	7,8
7 Tietoliikennevälineiden valmistus	28,1	10,7	8,8
8 Muiden sähkötekn. tuotteiden valmistus	15,6	4,0	4,6
Kulkuneuvojen valmistus	-3,9	0,7	1,4
9 Laivojen valmistus	-11,3	1,6	0,0
10 Autojen valmistus	4,7	0,4	3,4
11 Muiden kulkuvälineiden valmistus	8,1	0,7	4,9
Yhteensä	7,9	5,9	4,9

Taulukko 3 esittää KTM:n EMS-skenaarioon perustuvat konepajateollisuuden viennin kasvuoletukset vuosina 1994–2010 ja viennin toteutuneen kasvun vuosina 1988–1994. Vuosina 1995–1997 konepajateollisuuden viennin kasvu on ollut erittäin nopeaa, noin 16 prosenttia vuodessa; tietoliikennevälineiden vienti on kasvanut 28, metallituotteiden 9, koneiden 13 ja kulkuneuvojen 16 prosenttia vuodessa. Konepajateollisuuden tuotanto kasvaa perusskenaariossa 4,9 prosenttia vuodessa vuosina 1994–2010.

Metallien tuotanto lisääntyy Suomessa edelleen. Teräksen osalta kasvu perustuu jo toteutettuihin investointeihin. Nopeimmin kasvaa ruostumattoman teräksen tuotanto. Metallien tuotannon ja viennin kasvu tulee yleisesti ottaen hidastua.

tumaan edelliseen 15 vuoden jaksoon verrattuna. Teräksen kotimaan kysynnän kasvu on kuitenkin jopa suurempi kuin edeltävällä ajanjaksolla. Se johtuu terästeollisuuden kotimaan asiakkaiden viennin kasvusta ja bruttokansantuotteen nopeasta kasvuvauhdista 1990-luvun alun laman jälkeen.

Taulukko 4 osoittaa edellä kuvatuilla perusteilla lasketut metallivirrat vuonna 2010. Metallien määrällinen vuotuisen tuotannon, viennin, tuonnin ja kulutuksen kasvu kahtena tarkasteltuna ajanjaksona ilmenee taulukosta 5.

Taulukko 4. Metallien tuotanto, vienti, tuonti ja kulutus (1 000 tonnia) vuonna 2010.

Metalli	Tuotanto	Vienti	Tuonti	Ilmenevä kulutus
Teräs	3672,0	2331,0	1175,0	2516,0
Ruostumaton teräs	700,0	654,0	50,0	96,0
Kupari	202,0	164,0	35,0	73,0
Nikkeli	33,0	21,0	17,0	29,0
Alumiini	91,0	48,0	59,0	102,0
Sinkki	226,0	180,0	0,0	46,0
Lyijy ja muut metallit	0,0	12,0	5,5	-6,5
Yhteensä	4924,0	3410,0	1341,5	2855,5

Taulukko 5. Metallien vuotuisen tuotannon, viennin, tuonnin ja kulutuksen muutokset (1 000 tonnia) vuosien 1970–1995 ja 1995–2010 välillä.

Metalli	Muutos							
	Tuotanto		Vienti		Tuonti		Ilmenevä kulutus	
	1970- 1995	1995- 2010	1970- 1995	1995- 2010	1970- 1995	1995- 2010	1970- 1995	1995- 2010
Teräs	1564,1	925,2	1199,8	388,0	161,2	100,6	525,4	637,8
Ruostumaton teräs	370,5	329,5	339,4	314,2	25,0	1,3	56,1	16,6
Kupari	91,3	45,6	104,3	40,1	17,2	-0,8	4,2	4,7
Nikkeli	12,6	16,4	9,7	7,6	19,0	-2,2	21,9	6,6
Alumiini	68,5	19,0	42,1	0,8	7,0	13,2	33,3	31,4
Sinkki	119,2	49,4	105,9	29,8	-0,4	-2,7	12,9	16,9
Lyijy ja muut metallit	-6,2	0,0	11,4	0,4	-6,8	-0,8	-24,5	-1,2
Yhteensä	2219,8	1385,2	1812,7	781,1	222,1	108,7	629,2	712,8

2.2.3 Romun tuonti ja vienti

Metallien virroissa merkittävä erä ovat erilaiset romut, joita käytetään raaka-aineena metallien valmistuksessa. Alumiinin tuotanto on Suomessa ns. sekundääri-alumiinin tuotantoa, joka perustuu kokonaan romuraaka-aineeseen.

Romun ulkomaankaupan vuodesta 1970 lähtien ilmaisee taulukko 6. Suomeen on koko ajanjakson tuotu teräsromua. Alumiinromun laajamittaisempi tuonti alkoi 1980-luvun alkupuolella. Nikkelromua tuodaan ruostumattoman teräksen valmistukseen. Vuoden 1995 ulkomaankauppatilastoihin sisältyy melko suuri määrä romun välitysvientiä Venäjältä ja Virostä Suomen kautta maailmanmarkkinoille. Teräsromun välitysviennin tarkka määrä ei ole tiedossa, ja taulukko 6 esittää vain Suomeen jäävän romuvirran, kun tiedetään Osuuskunta Teollisuuden Romun tuoneen teräsromua 203 000 tonnia vuonna 1995 eikä se tuo ruostumattomaa teräsromua lainkaan (OTR 1997). Teräsromun välitysvienti on suuruusluokkaa 50 000, ruostumattoman teräsromun 22 000, kupariromun 20 000 ja alumiinromun 10 000 tonnia vuodessa. Suomesta viedään merkittävä määrä lyijyromua, joka on pääasiassa peräisin romuakuista.

Taulukko 6. Romun vienti ja tuonti (1 000 tonnia) vuosina 1970, 1995 ja 2010. (Ei sisällä romun välitysvientiä.)

Metalli	Romun vienti ja tuonti					
	Vuonna 1970		Vuonna 1995		Vuonna 2010	
	Vienti	Tuonti	Vienti	Tuonti	Vienti	Tuonti
Teräs	4,4	136,1	109,6	219,9	122,0	400,0
Ruostumaton teräs	0	0	0	23,4	0,0	50,0
Kupari	0	0	2,7	0	18,0	0,0
Nikkeli	0	0,2	0,3	7	0,0	11,0
Alumiini	0,8	0	0	33,0	0,0	36,0
Sinkki	0	0	9,6	1,9	5,0	0,0
Lyijy ja muut metallit	0,2	0	9,4	0,3	12,0	0,0
Yhteensä	5,4	136,3	131,6	285,5	157,0	497,0

Romun ulkomaankauppa vuonna 2010 (taulukko 6) perustuu arvioon romun käyttömäärästä ja kotimaisesta tarjonnasta. Varsinkin ruostumattoman teräksen tuotannon merkittävä kasvu lisää romun kysyntää. Kotimaisen tarjonnan lisääntyminen kattaa suuren osan romun lisääntyvistä käytöstä.

2.3 Metallien välilliset virrat ja loppukulutus

Tuotteen kokonaismetallisisältö, joka koostuu tuotetta valmistavan prosessin käyttämistä välittömistä metallipanoksista sekä valmistuksessa käytettyjen välituotteiden sisältämästä välillisestä metallipanoksesta, ratkaistaan panos-tuotoselementin avulla (menetelmäkuvaus, ks. Viitanen 1998).

Laskennan lähtökohtana on virallinen tilastoaineisto konepajateollisuuden eri toimialojen metallien ja muiden konepajatuotteiden käytöstä tuotteidensa valmistamiseen (Tilastokeskus 1997). Kukin konepajateollisuuden toimiala edustaa yhtä tuotetta, joka koostuu 238 tarkemmasta tuotenimikkeestä. Konepajateollisuuden 56 toimialan tuotteen tuottamiseen välittömästi käytetyt metallit on vuonna 1995 tilastoitu markkoina ja tonneina. Sen sijaan näiden toimialojen käyttämät muiden konepajateollisuuden toimialojen tuotteet on tilastoitu markkoina. Näiden tuotteiden markkamääräinen käyttö muunnetaan tonneiksi ulkomaankauppatilaston mittaaman viennin tonnihinnan avulla. Painoa on verrattu vastaavien tuontituotteiden painoon.

Kunkin konepajateollisuuden toimialan tonnimääräinen tuotanto on laskentaproseduurissa vähintään yhtä suuri kuin sen tuottamiseen välittömästi käytetyt metallipanokset ja välituotteina välillisesti käytetyt metallipanokset. Tuotteen kokonaismetallisisältö saadaan, kun toimialan välitön metallien käyttö tonneissa mitattua tuotosyksikköä kohden kerrotaan välituotteiden kokonaispanoskerroimella, joka saadaan Leontiefin käänteismatriisista (Viitanen 1998).

Kansainvälisiä arvioita metallisisällöistä on käytetty vertailukohtana ja apuna, kun on arvioitu muiden materiaalien kuin metallien osuuksia tuotepainoissa. Arvioita on esitetty muun muassa seuraavissa lähteissä: Lassen ym. 1996, Lassen ym. 1997, Hedemalm ym. 1995, IISI 1996.

Vuonna 1995 ulkomaankauppatilastossa kaikki tuotteet ilmoitettiin painoina, joka on ensisijainen mittayksikkö. Aikaisemmin laivat ilmoitettiin tilavuusyksikköinä. Vuoden 1970 telakoiden vienti ja tuonti on muunnettu tonneiksi viennin osalta käyttämällä kertoimena vuodelle 1995 laskettuja arvoja suhteutettuna laivojen valmistuksen välittömään metallien käyttöön. Tuonti on muunnettu muunnoskerroimella bruttorekisteritonnista tonneiksi. Muunnoskerroin vastaa keskimääräistä laivatyyppiä (Laivatekniikka 1997, Laivan painonlaskenta 1984).

Edellä kuvatuilla perusteilla lasketun välillisen metallien viennin ja tuonnin ilmaisee taulukko 7.

Taulukossa 8 esitetään Suomeen jäävä metallivirta, ilmenevä loppukulutus, eri ajankohtina. Loppukulutus saadaan vähentämällä ilmenevästä kulutuksesta välillinen nettovienti. Tulevaisuudessa Suomen metalliteollisuuden metallien välillinen vienti kasvaa tuontia nopeammin. Se johtuu perusskenaarion oletuksista. Skenaariossa metalliteollisuuden viennin kasvua on tietoliikenneteollisuus, mutta paljon metalleja käyttävät koneiden ja metallituotteiden valmistuksen toimialat kasvavat myös melko nopeasti.

Taulukko 7. Metallien välillinen tuonti ja vienti sekä välillinen nettovienti (1 000 tonnia) vuosina 1970, 1995 ja 2010.

Metalli	Välillinen tuonti			Välillinen vienti			Välillinen nettovienti		
	1970	1995	2010	1970	1995	2010	1970	1995	2010
Teräs	326,6	568,9	779,2	386,9	822,0	1154,1	60,3	253,2	374,9
Ruostumaton teräs	7,2	15,1	32,3	9,7	23,6	55,9	2,5	8,5	23,6
Kupari	7,8	23,0	57,8	9,8	25,8	43,6	2,0	2,8	-14,2
Nikkeli	0,2	0,3	0,0	0,1	0,1	0,0	-0,1	-0,1	0,0
Alumiini	10,9	23,4	43,8	22,5	38,0	69,1	11,6	14,6	25,3
Sinkki	3,4	6,5	3,9	3,9	7,0	4,8	0,5	0,5	0,8
Lyijy ja muut metallit	1,0	5,3	15,3	0,9	3,2	13,7	-0,1	-2,1	-1,6
Yhteensä	357,1	642,5	932,3	433,7	919,9	1341,1	76,7	277,4	408,8

Taulukko 8. Metallien ilmenevä kulutus, välillinen nettovienti ja loppukulutus (1 000 tonnia) vuosina 1970, 1995 ja 2010.

Metalli	Ilmenevä	Netto-	Loppu-	Ilmenevä	Netto-	Loppu-	Ilmenevä	Netto-	Loppu-
	kulutus	vienti	kulutus	kulutus	vienti	kulutus	kulutus	vienti	kulutus
	1970	1970	1970	1995	1995	1995	2010	2010	2010
Teräs	1352,8	60,3	1292,5	1878,2	253,2	1625,0	2516,0	374,9	2141,1
Ruostumaton teräs	23,3	2,5	20,8	79,4	8,5	70,8	96,0	23,6	72,4
Kupari	64,1	2,0	62,1	68,3	2,8	65,5	73,0	-14,2	87,2
Nikkeli	0,5	-0,1	0,7	22,4	-0,1	22,5	29,0	0,0	29,0
Alumiini	37,3	11,6	25,7	70,6	14,6	56,0	102,0	25,3	76,7
Sinkki	16,3	0,5	15,8	29,1	0,5	28,6	46,0	0,8	45,2
Lyijy ja muut met	19,2	-0,1	19,3	-5,3	-2,1	-3,2	-6,5	-1,6	-4,9
Yhteensä	1513,5	76,7	1436,9	2142,7	277,4	1865,4	2855,5	408,8	2446,8

Autojen tuonti sisältää eniten välillisiä metallivirtoja. Teollisuuden erikoiskoneiden ja yleiskäyttöisten koneiden tuonnin metallisisällöt ovat myös melko suuria. Metallien välillisessä viennissä laivat, massa- ja paperikoneet, teollisuuden koneet, yleiskäyttökoneet ja metallirakenteet ovat suurimmat ryhmät.

2.4 Metallien käyttö talouden toimialoilla

Toimialojen metallien käyttö vuosina 1970 ja 1995 (taulukot 9–10) on laskettu teollisuustilaston aineistosta (Tilastokeskus 1972 ja 1997). Metallien käyttö vuonna 2010 (taulukko 11) on laskettu FMS-perusskenaarion tuloksesta. Perusskenaarion oletukset on esitetty aiemmin luvussa 2.2.2.

Taulukko 9. Metallien käyttö (1 000 tonnia) talouden toimialoilla vuonna 1970.

Toimiala	Teräs	Ruost.	Kupari	Alumiini	Sinkki	Lyijy ym.	Yhteensä
1 Metallirakenteiden valmistus	128,9	2,6	3,3	1,9	2,0	0,2	138,9
2 Muiden metallituotteiden valm.	229,2	4,7	5,9	3,4	3,2	0,4	246,7
3 Yleiskäyttökoneiden valmistus	82,5	3,8	0,6	0,6	0,3	0,1	87,9
4 Erikoiskoneiden valmistus	122,2	5,6	0,8	0,9	0,3	0,2	130,0
5 Massa- ja paperikoneiden valm.	85,5	3,9	0,6	0,7	0,1	0,1	90,9
6 Kotitalouskoneiden valmistus	15,3	0,7	0,1	0,1	0,0	0,0	16,2
7 Tietoliikennevälineiden valm.	1,0	0,0	0,8	0,4	0,0	0,2	2,5
8 Muiden sähkötekn. tuott. valm.	50,8	0,4	37,0	21,7	0,2	11,7	121,8
9 Laivojen valmistus	144,6	1,3	1,2	1,5	0,1	1,3	150,1
10 Autojen valmistus	37,6	0,1	0,1	0,2	0,0	0,1	38,2
11 Muiden kulkuvälineiden valm.	13,7	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	14,2
12 Muu teollisuus	11,6	0,0	0,1	0,1	2,1	0,1	14,0
13 Betonituotteiden valmistus	49,5	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	49,7
14 Rakentaminen	371,7	0,0	13,7	5,4	2,0	0,0	392,8
Yhteensä	1344,2	23,3	64,1	37,3	10,4	14,6	1493,9

Taulukko 10. Metallien käyttö (1 000 tonnia) talouden toimialoilla vuonna 1995.

Toimiala	Teräs	Ruost.	Kupari	Alumiini	Sinkki	Lyijy ym.	Yhteensä
1 Metallirakenteiden valmistus	349,5	7,9	0,2	27,3	4,8	0,0	389,6
2 Muiden metallituotteiden valm.	139,3	3,8	2,7	4,9	6,3	0,1	157,1
3 Yleiskäyttökoneiden valmistus	270,4	5,6	3,3	3,2	0,9	0,1	283,4
4 Erikoiskoneiden valmistus	164,8	3,2	1,0	0,6	0,2	0,9	170,7
5 Massa- ja paperikoneiden valm.	118,8	14,7	0,1	0,7	0,0	0,0	134,4
6 Kotitalouskoneiden valmistus	28,6	2,6	0,5	0,7	0,2	0,0	32,6
7 Tietoliikennevälineiden valm.	31,4	3,5	2,4	1,9	0,4	0,2	39,7
8 Muiden sähkötekn. tuott. valm.	107,3	0,2	31,3	9,7	0,5	3,3	152,3
9 Laivojen valmistus	150,8	2,0	1,6	11,7	0,2	0,0	166,2
10 Autojen valmistus	45,8	0,6	0,4	1,3	0,1	0,1	48,2
11 Muiden kulkuvälineiden valm.	18,3	0,6	0,0	0,5	0,0	0,0	19,4
12 Muu teollisuus	39,4	0,5	0,5	6,6	0,6	1,1	48,5
13 Betonituotteiden valmistus	53,5	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	53,7
14 Rakentaminen	360,7	34,1	25,3	0,0	1,6	1,0	422,8
Yhteensä	1878,5	79,3	69,2	69,1	15,8	6,7	2118,6

Taulukko 11. Metallien käyttö (1 000 tonnia) talouden toimialoilla vuonna 2010.

Toimiala	Teräs	Ruost.	Kupari	Alumiini	Sinkki	Lyijy ym.	Yhteensä
1 Metallirakenteiden valmistus	526,3	33,2	0,5	33,8	7,9	0,0	601,7
2 Muiden metallituotteiden valm.	305,4	10,7	4,1	12,5	10,5	0,1	343,3
3 Yleiskäyttökoneiden valmistus	327,1	22,4	6,2	4,9	1,5	1,7	363,7
4 Erikoiskoneiden valmistus	308,7	9,9	0,5	0,5	0,8	0,0	320,4
5 Massa- ja paperikoneiden valm.	119,8	10,8	0,0	1,4	0,0	0,0	132,0
6 Kotitalouskoneiden valmistus	17,0	3,0	0,3	0,7	0,1	0,0	21,0
7 Tietoliikennevälineiden valm.	88,1	0,0	6,3	12,4	0,4	0,8	108,1
8 Muiden sähkötekn. tuott. valm.	97,6	1,4	43,9	16,6	1,3	2,1	162,9
9 Laivojen valmistus	115,2	0,1	1,5	1,2	0,0	0,0	118,0
10 Autojen valmistus	59,7	0,3	0,1	3,5	0,1	0,0	63,6
11 Muiden kulkuvälineiden valm.	35,4	3,5	0,0	0,7	0,1	0,0	39,5
12 Muu teollisuus	59,1	0,0	2,5	8,2	1,5	0,7	72,0
13 Betonituotteiden valmistus	82,6	0,4	0,0	0,8	0,0	0,0	83,8
14 Rakentaminen	373,1	0,0	7,0	0,0	1,9	0,0	382,1
Yhteensä	2515,2	95,7	72,8	96,9	26,0	5,5	2812,1

Metalleja on taulukoissa 9–11 yhdistelty. Nikkelin ja kromin käytön voi laskea ruostumattoman teräksen kulutuksesta. Nikkeliä on seostettuna ruostumattomassa teräksessä noin 10 prosenttia ja kromia 18 prosenttia. Teräksen valmistuksessa käytettiin seosaineena alumiinia 3 500 tonnia vuonna 1995 ja arvioidaan käytettävän 5 500 tonnia vuonna 2010.

Terästä käytetään paljon rakennustoiminnassa, metallirakenteiden, raskaiden koneiden, laivojen sekä massa- ja paperikoneiden valmistuksessa. Massa- ja paperikoneiden, säiliöiden ja tietoliikennevälineiden valmistus ovat tärkeimpiä ruostumattoman teräksen käyttäjiä. Kuparin käytöstä noin puolet menee eristimien, johtimien ja kaapeleiden valmistuksen toimialalle. Kuparin osuus on vähenemässä. Alumiinia käytetään sähköteknisten tuotteiden, metallirakenteiden ja laivojen valmistukseen. Myös rakennustoiminta on alumiinin suuri käyttäjä.

Metallituoteteollisuuden viennin kasvu näkyy tulevaisuudessa varsinkin teräksen ja ruostumattoman teräksen sekä alumiinin käytön kasvuna. Teollisuuden erikois- ja yleiskäyttöisten koneiden viennin kasvu lisää teräksen kulutusta. Tietoliikennevälineiden valmistuksen hyvin nopea kasvu ei kovin voimakkaasti lisää metallien kulutusta, koska toimiala käyttää suhteellisen vähän metalleja.

2.5 Kiertävät metallivirrat

2.5.1 Käsitteet ja yleiset lähtökohdat

Metallien tuotannosta, metallien käytöstä lopputuotteiden valmistukseen ja lopputuotteiden käytöstä poistamisesta syntyy romuvirtoja (kuva 4, liite 1). Romua voidaan käyttää uudelleen metallien valmistuksen raaka-ainepanoksena. Romun kierrättäminen sulattamalla se uudelleen metalliksi voi jatkua loputtomasti. Osa romusta kuitenkin poistuu kierrosta muuhun hyötytarkoitukseen, esimerkiksi maaliteollisuuden katalyytiksi pigmentin valmistuksessa, tai hävikkinä.

Romut voidaan luokitella syntytapansa perusteella seuraavasti (ks. tarkemmin liite 1, jossa käsitellään myös terminologiaa):

- Tehtaan "oma romu", joka on metallien valmistuksen yksiköiden sellaista romua, joka ei ole päätyntä valmiiksi tuotteeksi saakka. Se on tehtaan sisäistä romua, joka palautuu valmistusprosessin alkuun.
- Tuotteen valmistusromu, jota syntyy konepajateollisuudessa, kun tuotteen valmistukseen käytetyistä metalleista osa jää hukkapaloina, sorvauslastuina yms. romuksi. Myöskään tuotteen valmistusromu ei ole vielä ollut osana varsinaista lopputuotetta, mutta se ei toisaalta ole tehtaan sisäistä omarmua.
- Lopputuoteromu, jota syntyy metalleja sisältävien tuotteiden tai tuotteen osien poistussa käytöstä vanhentuneina ja käyttökelvottomina.

Oman romun muodostumista ei tässä tarkastella erikseen, koska se käsitellään metallien valmistuksen sisäisenä kiertona mukaan lukien konsernin erillään sijaitsevien yksiköiden palauttavat romut. Oman romun määrä vaihtelee metalleittain ja tuotantotavoittain.

Romujen käyttö metallien jalostusteollisuuden raaka-aineena on jatkuvasti kasvanut ja niiden taloudellinen merkitys on siten lisääntynyt. Romuvirtojen suuruuteen vaikuttavat useat taloudelliset tekijät. Romusta maksettava hinta vaikuttaa keräyksen kannattavuuteen. Romun kysynnän kasvu nostaa romusta maksettavaa hintaa. Metallien ilmenevä kulutus koko taloudessa ja talouden eri toimialoilla sekä metallien välillinen vienti ja tuonti ovat tiiviissä kytkennässä talouden suhdannetekijöihin. Menneisyyden suhdannepiikit kuvastuvat tulevaisuuden romuvirroissa, esimerkiksi romutettavien henkilöautojen määrissä.

Romumäärien laskennassa käytetään *tässä työssä* seuraavia käsitteitä:

- Romun kertymä kuvaa menneisyyden metallien kulutuksen perusteella tiettyin oletuksin syntyvää laskennallista romun määrää.
- Romun keräysaste tarkoittaa kerätyn romumäärän suhdetta laskennalliseen romun kertymään. Laskennallisesta kertymästä osa saattaa olla edelleen käytössä, osaa ei ole kerätty ja osan kerääminen ei ole lainkaan mahdollista. Tästä johtuen seuraavassa käytettävät keräysasteet ovat useilla aloilla alhaisia, 50 prosentin luokkaa. Se merkitsee kuitenkin lähinnä romupotentiaaliolemassaoloa.
- Romun hyödyntämisaste kertoo jonakin vuonna todella syntyneestä romusta hyödynnettävän määrän. Romun kokonaisyödyntämisaste on korkea, 90 prosentin luokkaa, metallien hyvän kierrätettävyyden ansiosta.

2.5.2 Tuotteen valmistusromu

Tuotteen valmistusromua syntyy pääasiassa konepajateollisuudessa. Tämä metallivirta on "uutta romua". Sen kertymä riippuu konepajateollisuuden toimialarakenteesta ja käyttöasteesta. Varsinkin autoteollisuusmaissa tuotteen valmistusromun määrät ovat suuria. Sen sijaan esimerkiksi rakennustoiminnassa metallista valmistusromua syntyy vähän (Isaksson 1993).

Sekä tuotteen valmistusromun kertymässä että sen talteenotossa on toimialoittain eroja. Suomessa valmistusromun kertymän voidaan olettaa vuonna 1970 olleen konepajateollisuudessa noin 15 prosenttia käytetystä metallimäärästä (Romutyöryhmän mietintö 1980). Se vastaa maailman keskiarvoa tuona vuonna (Cavic ym. 1991). Osuuskunta Teollisuuden Romu (OTR) on 1980-luvun arvioissa päätyntä samaan tasoon (Pietiläinen 1988). YK:n Euroopan talouskomission arvio Suomen osalta 1970-luvun puolivälissä on 14 prosenttia (ECE 1992).

Vuoteen 1995 mennessä metallien käyttö oli tehostunut muun muassa esivalmistuksen johdosta siten, että tuotteen valmistusromua oletetaan tuolloin syntyneen noin 10 prosenttia. Kansainvälinen arvio on 10–15 prosenttia maasta riippuen (IISI 1997). OTR:n toimittaman uuden tuotteen valmistusromun määrä oli vuonna 1995 noin 125 000 tonnia, mikä vastaa 10 prosentin tasoa (OTR 1997). Parempi tuotesuunnittelu, paremmat tuotantomenetelmät ja tuotteiden esivalmistus alentavat edelleen valmistusromun kertymää. Vuoteen 2010 metallien käyttö tehostuu niin, että tuotteen valmistusromun kertymän oletetaan olevan kahdeksan prosenttia. Rakennustoiminnassa valmistusromuksi luokiteltavaa romua syntyy vain kahdesta kolmeen prosenttia. Betonituotteiden valmistuksessa ja muun teollisuuden metallien välituotekäytössä oletetaan kaiken metallin tulevan käytetyksi, eikä valmistusromuksi luokiteltavaa romua synny. Rakennustoiminnan valmistusromun alhainen taso johtuu osittain siitä, että rakentamiseen käytetään valmiita tai puoli-valmiita metallirakenteita. (Ks. myös Isaksson 1993, Cavic ym. 1991.)

Tuotteen valmistusromun kertymää näillä oletuksilla kuvaa taulukko 12. Valmistusromun keräysasteeksi oletetaan teräksen osalta 98 prosenttia ja muiden metallien osalta 100 prosenttia. Tuotteen valmistusromun keräysaste on korkea Tilastokeskuksen teollisen toiminnan jätetilaston perusteella (Tilastokeskus 1995).

Taulukko 12. Metallien jatkojalostuksessa syntyvän tuotteen valmistusromun kertymä ja keräys (1 000 tonnia) vuosina 1970, 1995 ja 2010.

Metalli	Tuotteen valm.romun kertymä			Tuotteen valm.romun keräys		
	1970	1995	2010	1970	1995	2010
Teräs	136,7	142,5	160,0	134,0	139,6	156,8
Ruostumaton teräs	3,5	4,5	7,6	3,5	4,5	7,6
Kupari	7,6	4,3	5,9	7,6	4,3	5,9
Nikkeli	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
Alumiini	4,7	6,8	7,0	4,7	6,8	7,0
Sinkki	0,9	1,4	1,8	0,9	1,4	1,8
Lyijy ja muut metallit	2,1	0,4	0,4	2,1	0,4	0,4
Yhteensä	155,6	160,0	182,7	152,9	157,1	179,5

2.5.3 Lopputuoteromu

Lopputuoteromu koostuu romutettavista investointitarvareista ja kotitalouksien kulutushyödykkeistä. Teollisuuden koneet ja kuljetusvälineet, henkilöautot, isot kodinkoneet sekä purettavat rakennukset ovat keskeisimmät tuoteryhmät.

Lopputuoteromun kertymä on laskennallinen suure, joka perustuu arvioon tuotteiden keskimääräisestä käyttöiästä ja romuuntuneiden tuotteiden keräysasteesta. Kertymä kuvaa lähinnä romun potentiaalia eikä todellista romun tarjontaa. Lopputuoteromun keräysasteiden oletetaan kansainvälisissä tutkimuksissa olevan keskimäärin 45 prosenttia 15 vuoden takaisesta metallien ilmenevästä kulutuksesta (IISI 1997). Keräysasteen alhaisuus johtuu sovelletun käyttöiän lyhydestä. Etenkin rakennuksissa on runsaasti sitoutuneena metalleja huomattavasti pidempään. Osa metalleista joutuu kaatopaikoille, osa ei ole taloudellisesti hyödynnettävissä. Terästeollisuudessa on käytetty tuotteiden elinikäarviona 11 vuodesta 30 vuoteen (Marcus ja Kirsis 1995).

Lopputuoteromun kertymä tarkentuu, kun laskennan perustaksi otetaan ilmenevän metallien kulutuksen sijasta yksityiskohtaisempi toimialoittainen metallien loppukulutus, Suomeen jäävä metallivirta. Toimialoittaisessa tarkastelussa voidaan arvioida tarkemmin tuotteiden käyttöikä. Samoin arvio keräysasteesta tarkentuu. Tilastokeskuksen vuonna 1991 julkaisemaa tutkimusta (Tilastokeskus

1991) teollisuuden käyttöomaisuusryhmien keskimääräisestä iästä käytetään tässä yhtenä käyttöikäarviona. Kyseisessä tutkimuksessa on esitetty toimialoittaisia ja kone- ja laiteryhmittäisiä arvioita, jotka perustuvat yli tuhannen yrityksen otokseen. Taloudellinen ikä on fyysisen iän alaraja.

Paperikoneiden eliniästä ja romuttamisesta on erillinen tutkimus, jossa olivat kaikki Suomen paperikoneet, niiden modernisoinnit ja romutukset (Lehtoranta 1994). Tutkimus osoitti, että paperi- ja kartonkikoneiden keskimääräinen elinikä on selvästi lyhentynyt. Vuonna 1990 paperi- ja kartonkikoneiden uusimisväli oli noin 18 vuotta, suurimpien ja nopeimpien koneiden 15 vuotta, kun se 1980-luvun alussa oli 20 vuotta ja 1960-luvun alussa 30 vuotta. Paperikoneuusinta merkitsee usein vanhan koneen täydellistä uusimista uutta vastaavaksi, jolloin vanhan paperikoneen elinikä päättyy. Metsäteollisuuden osuus Suomen koko talouden kone-, laite- ja kuljetusvälineinvestoinneista on huomattava, 15–20 prosenttia.

Korkeimmat keräysasteet, jopa 90 prosenttia, saavutetaan autojen romutuksessa (AEM 1996, Ympäristöministeriö 1989). Tosin käytettyjen autojen vienti 1990-luvun alkuvuosina merkitsi Suomeen jäävän romumäärän laskua. Käytettyinä autoina vietiin vuonna 1995 noin 20 000 tonnia metalleja. 1980-luvun vaihteen autojen rekisteröintimääristä käytettyjen autojen vienti vuonna 1995 oli noin 15 prosenttia.

Metallirakenteiden valmistuksen toimialan tuotteet ovat rakennusten teräs- ja alumiinirakenteita, siltoja, pylväitä, kaiteita, mastoja, ovia, ikkunakehyksiä, kattoja ja katonkehysrakenteita sekä kaukolämpöputkistoja. Niiden kiertoaika on pitkä, 40 vuotta. Toimialan tuotteisiin kuuluvat voimalaitoskattilat, joiden elinikä jatkuu yleensä varakattilana. Metallirakenteiden lisäksi rakennuksissa käytetään metalleja betoniraudoitteina ja metallituotteina, kuten putkina sekä ohutlevyinä. Rakennuskannan vanhetessa romun kertymä kasvaa.

Muiden metallituotteiden valmistuksen toimialan tuotteisiin sisältyy runsaasti rakennustoiminnan tuotteita, kuten nauvoja, pultteja, erilaisia kiihinnikkeitä, lukkoja, heloja, keskuslämmitys- ja saniteettikalusteita, verkkoja, vaijereita ja lankoja. Kotitalouksien käsityövälineet ja ruokailu- ja ruuan laittovälineet, työkalut yms. kuuluvat tämän toimialan tuotteisiin samoin kuin erilaiset metallipakkaukset, tynnyrit, säiliöt, säilykepurkit, juomatölkit jne. Toimialan tuotteiden runsaus hankaloittaa keskimääräisten käyttöikäiden ja keräysasteiden arvioimista. Pakkausten keräysaste on ruotsalaisten selvitysten mukaan vain 25–30 prosenttia (Lindblad 1994). Metallituotteissa on paljon sen kaltaista metallista käyttötavaraa, joka ei ole romunkeräyksen tavoitettavissa. Kaatopaikoille päätyvästä yhdyskuntaromun metallivirrasta sekalaiset metallituotteet muodostavat suurimman ryhmän.

Yleiskäyttöisten koneiden ryhmässä moottorit ja voimakoneet, pumpput, kompressorit, hanat, venttiilit, laakerit ja muut koneiden ja laitteiden osat muodostavat merkittävän erän. Ne ovat monesti teollisuuden koneiden kuluvia osia, joita vaihdetaan kunnossapidon yhteydessä. Niiden elinikä on siten lyhyempi. Toisaalta yleiskäyttökoneiden ryhmään luetaan nosto- ja siirtolaitteet, joista hissit ovat suuri ryhmä. Niiden elinikä on pidempi ja vastaa rakennusten elinikää. Teollisuuden nosto- ja siirtolaitteiden elinikä on lyhyempi.

Kotitalouskoneiden ja kotitalouksien elektroniikan käyttöikä on lyhin. Sähkömoottorit, sähkönjakelulaitteet, eristimet ja johtimet, muun muassa kaapelit, ovat tärkeimmät tuotteet muiden sähköteknisten tuotteiden ryhmässä, joiden eliniän perusteella tuotteiden keskimääräinen elinikä määräytyy.

Suomessa ei enää ole laivojen romutustoimintaa. Kaikki telakoiden välittömästi ja välillisesti käyttämät metallit romutetaan muualla maailmassa.

Lopputuoteromun kertymää voidaan laskennallisesti karkeasti arvioida soveltamalla edellä mainittuja, joiltain osin melko epävarmoja havaintoja, ja ottamalla huomioon, että keräysaste todennäköisesti paranee tiukentuvan lainsäädännön, järjestetyn keräilyn ja kierrätykselle suotuisan yleisen mielipiteen ansiosta.

Lopputuoteromun kertymän ja keräyksen laskemiseksi on tässä tutkimuksessa tehty tuotteiden käyttöiästä ja potentiaalisesti syntyvän romun keräysasteesta toimialoittaiset oletukset, jotka esitetään taulukossa 13.

Taulukko 13. Oletusarvot lopputuoteromun laskennallisen kertymän ja keräyksen laskemiseksi. Ikäoletus= toimialan tuotteiden keskimääräinen ikä, jonka perusteella romun kertymä lasketaan. Keräysasteoletus= kerätyn romumäärän suhde laskennalliseen romun kertymään. *Taulukon ikä- ja keräysasteoletukset ovat tämän työn laskentamenettelyyn liittyviä eikä niitä tule käyttää sellaisenaan muissa yhteyksissä.*

Toimiala	Ikäoletus a		Keräysasteoletus %	
	1995	2010	1995	2010
1 Metallirakenteiden valmistus	40	40	60	60
2 Muiden metallituotteiden valmistus	25	17	20	40
3 Yleiskäyttökoneiden valmistus	25	18	60	60
4 Erikoiskoneiden valmistus	25	22	40	60
5 Massa- ja paperikoneiden valmistus	25	22	70	70
6 Kotitalouskoneiden valmistus	15	15	50	70
7 Tietoliikennevälineiden valmistus	15	15	70	70
8 Muiden sähkötekn. tuotteiden valm.	25	20	40	50
10 Autojen valmistus	18	15	75	90
11 Muiden kulkuvälineiden valmistus	25	22	80	85
12 Betonituotteiden valmistus	40	40	40	40
13 Rakentaminen	40	40	50	60

Vuodelle 1970 kertymän laskeminen samoilla toimialajaoituksilla ei onnistu, koska silloin joudutaan selvittämään sodan jälkeisiä poikkeusoloja. Metallien ilmenevä kulutus oli 1940-luvun lopulla luokkaa 250 000 tonnia vuodessa. Suomeen tuotiin terästankoja ja levyjä, konepajateollisuuden koneita, melko vähän autoja ja traktoreita. Täältä vietiin paperiteollisuuskoneita, laivoja, kuparikaapeleita ja sähköteollisuuden koneita. Vuonna 1970 ei lopputuoteromun potentiaali ollut vielä kovin suuri, kun autojen romutustoimintaa ei vielä ollut. Se alkoi vuonna 1972. Samoin maataloudessa oli runsaasti metalleja sitoutuneena maatalouden koneisiin ja kalustoon. Tilastoista voidaan laskea ostoromun ja prosessiromun erotuksen olleen luokkaa 70 000 tonnia ja jos keräysaste olisi 40–50 prosenttia, niin lopputuoteromun potentiaali olisi vuonna 1970 ollut noin 150 000 tonnia.

Lopputuoteromun kertymä ja keräys on laskettu toimialoittain. Taulukko 14 esittää tulokset summattuna metalleittain. Lopputuoteromua voidaan karkeasti ryhmitellä myös eri romuluokkiin toimialan tyypillisten tuotteiden perusteella. Taulukot 15 ja 16 ilmaisevat lopputuoteromun keräyksen pääryhmät metalleittain vuosina 1995 ja 2010. Laskentamenettelyyn liittyvistä epävarmuuksista johtuen lukuarvot ovat parhaimmillaan suuntaa antavia – esimerkiksi teräksen osalta vuodelle 2010 laskettu lopputuoteromun talteensaatava määrä on käytännössä todennäköisesti liian suuri.

Taulukko 14. Lopputuoteromun laskennallinen kertymä ja keräys (1 000 tonnia) vuosina 1995 ja 2010.

Lopputuoteromu	Lopputuoteromun kertymä		Lopputuoteromun keräys	
	1995	2010	1995	2010
Teräs	831,8	1259,0	424,7	756,5
Ruostumaton teräs	18,9	48,1	8,6	30,3
Kupari	40,8	64,5	16,7	35,0
Nikkeli	0,9	0,3	0,4	0,2
Alumiini	27,5	37,0	11,9	21,9
Sinkki	9,0	11,6	3,7	5,8
Lyijy ja muut metallit	11,6	13,5	4,8	7,0
Yhteensä	940,4	1433,9	470,8	856,7

Taulukko 15. Lopputuoteromun keräys (1 000 tonnia) romuryhmittäin vuonna 1995.

Lopputuoteromu ryhmittäin	Teräs	Ruost.	Kupari	Alumiini	Sinkki ym.	Yhteensä
Rakenneteromu	115,7	0,6	2,1	2,0	2,6	123,0
Raskas kone- ja kuljetusvälineromu	113,5	3,4	1,0	1,1	0,7	119,6
Kevyt kone- ja laiteromu	73,1	2,4	11,5	6,7	4,4	98,1
Kodinkoneromu	25,5	0,7	0,4	0,4	0,2	27,2
Autoromu	76,2	0,6	0,6	1,1	0,5	79,0
Sekalainen metallituoteromu	20,7	0,8	1,0	0,6	0,7	23,9
Yhteensä	424,7	8,6	16,7	11,9	9,0	470,8

Taulukko 16. Lopputuoteromun keräys (1 000 tonnia) romuryhmittäin vuonna 2010.

Lopputuoteromu ryhmittäin	Teräs	Ruost.	Kupari	Alumiini	Sinkki ym.	Yhteensä
Rakenneteromu	303,9	1,2	9,9	4,0	2,3	321,2
Raskas kone- ja kuljetusvälineromu	140,8	10,8	0,6	1,3	0,3	153,7
Kevyt kone- ja laiteromu	112,9	10,1	20,5	7,4	6,4	157,3
Kodinkoneromu	48,7	4,7	2,2	2,0	0,7	58,3
Autoromu	86,1	1,2	0,9	4,9	0,7	93,8
Sekalainen metallituoteromu	64,2	2,3	0,9	2,3	2,7	72,5
Yhteensä	756,5	30,3	35,0	21,9	13,0	856,7

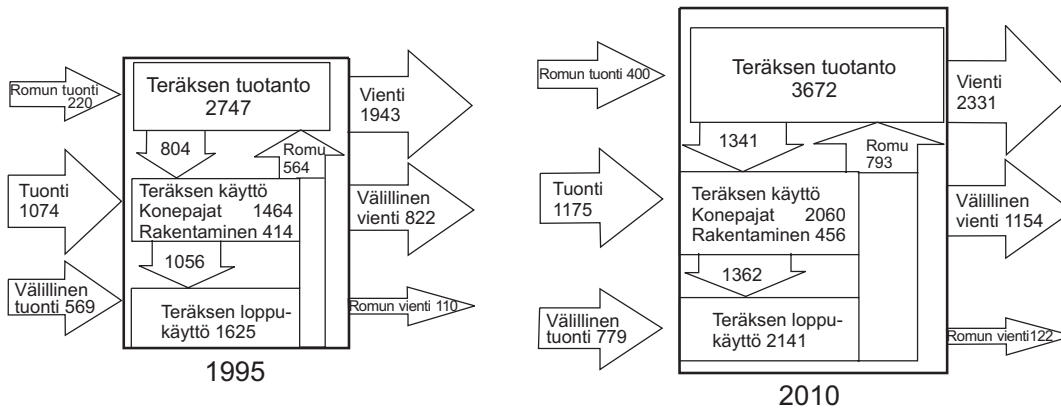
Laskennallinen teräsromun keräys vuonna 1995 oli yhteensä 564 300 tonnia (ks. kuva 5), mikä on jonkin verran suurempi kuin OTR:n myynti kotimaahan ja ulkomaankauppatilaston romun vienti yhteensä (476 300 tonnia). Eroa lukujen välillä selittää usea tekijä. Tehtaat ottavat vastaan suoria romutoimituksia, tuotteen valmistusromun keräyksessä on viivettä, valimot toimivat usein jonkin konepajateollisuuden toimipaikan yhteydessä ja saavat konserniromuna romutoimituksia. Myös tuontieromun saatavuus ja hinta vaikuttavat kotimaan keräykseen ja romuvarastoihin.

Lopputuoteromun kertymän ja keräysasteen laskennallisuuden vähentämiseksi olisi tarpeen selvittää rakennuksiin, maatalouteen ja metsäteollisuuteen sitoutuneet metallit pidemmälle taaksepäin. Se kattaisi yli puolet vuosittaisesta metallien käytöstä. Samalla täsmentyisi käsitys kansantalouteen eri tuotteissa kumuloituneesta metallivarannosta, kansantalouden romupotentiaalista.

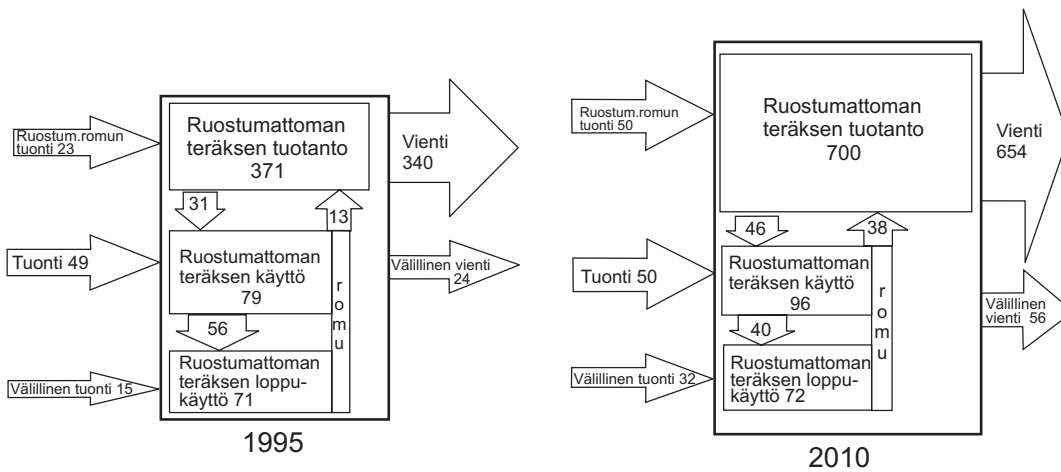
2.6 Metallivirrat vuosina 1995 ja 2010

Päämetallien vuosille 1995 ja 2010 lasketut ja arvioidut virrat esitetään graafisesti kuvissa 5–8. Metallivirtojen kuvauksessa on huomattava alumiinin hieman poikkeuksellinen kuvaustapa. Siinä on erotettu muokkaamattoman alumiinin tuonti

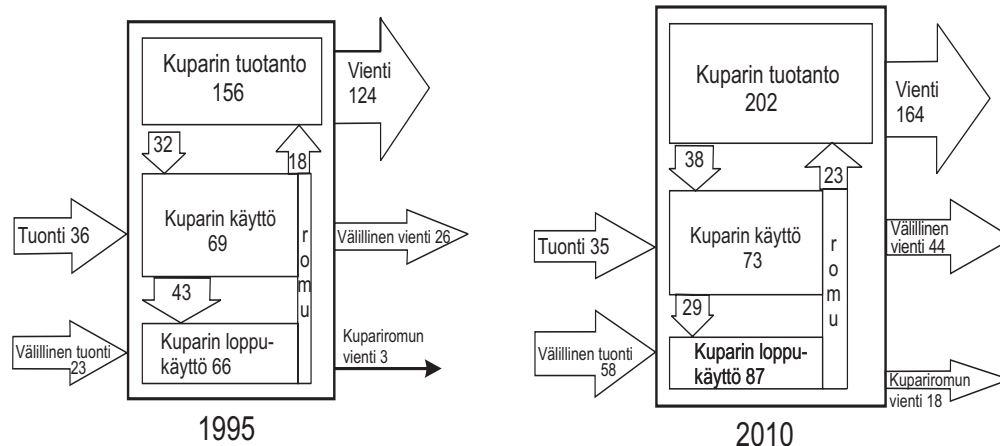
ja vienti sekä alumiinituotteiden tuotanto. Tämä johtuu siitä, että Suomessa tuotetaan alumiinromusta muokkaamatonta alumiinia, joka menee pääasiassa vientiin. Se on haluttu esittää erikseen. Toisaalta muokkaamattomasta tuontialumiinista valmistetaan erilaisia alumiinituotteita ja alumiinituotteita jalostetaan edelleen toisiksi alumiinituotteiksi. Muokkaamatonta alumiinia käytetään suoraan muun muassa kaapeleiden valmistuksessa. Alumiinin kuvaukseen on havainnollisuuden vuoksi liitetty lukuohje.



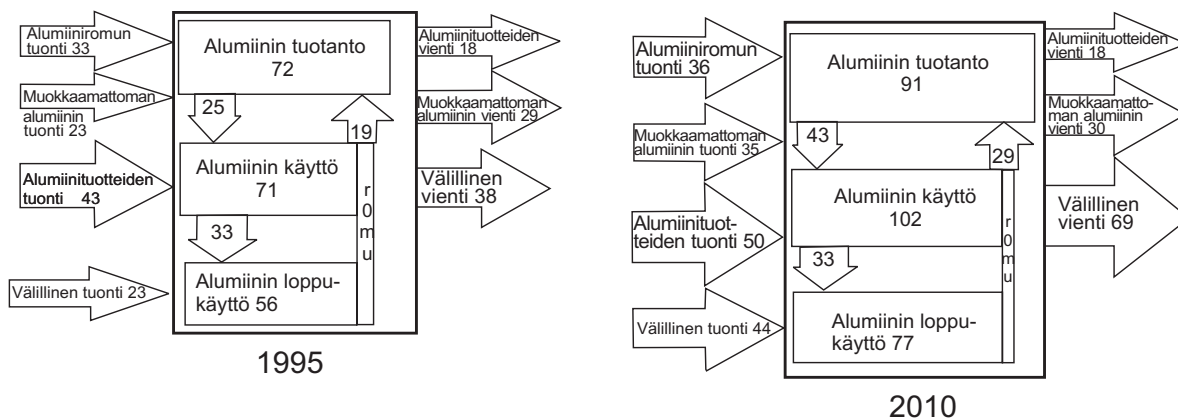
Kuva 5. Teräsvirrat (1 000 tonnia) vuosina 1995 ja 2010. (Ei sisällä romun välitysvientiä.)



Kuva 6. Ruostumattoman teräksen virrat (1 000 tonnia) vuosina 1995 ja 2010. (Ei sisällä romun välitysvientiä.)



Kuva 7. Kuparivirrat (1 000 tonnia) vuosina 1995 ja 2010. (Ei sisällä romun välitysvientiä.)



Kuva 8. Alumiinivirrat (1 000 tonnia) vuonna 1995 (alumiinin tuotanto 72 = alumiiniromun tuonti 33 + kotimainen alumiiniromu 19 + muokkaamattoman alumiinin tuonti 20; alumiinin käyttö 71 = muokkaamattoman alumiinin tuonti 3 + alumiinituotteiden tuonti 43 + kotimaiset alumiinituotteet 25) ja vuonna 2010 (alumiinin tuotanto 91 = alumiiniromun tuonti 36 + kotimainen alumiiniromu 29 + muokkaamattoman alumiinin tuonti 26; alumiinin käyttö 102 = muokkaamattoman alumiinin tuonti 9 + alumiinituotteiden tuonti 50 + kotimaiset alumiinituotteet 43). (Ei sisällä romun välitysvientiä.)

Metallien kierrätyksen merkitys ja vaikutukset

3

3.1 Metallien kierrätyksestä

Tässä luvussa käsitellään metallien kierrätystä yleisellä tasolla. Romuvirroista ja romun keräyksestä ja käsittelystä puhutaan konkreettisesti luvuissa 2 (metallivirrat), 4 (romun kierrätyksen organisointi) ja 5 (romun kierrätyksen ympäristövaikutukset).

3.1.1 Johdanto

Metallien kierrätys on vanha menettely. Kulta, hopea, kupari ja tina (pronssi) sekä rauta (ja teräs) on kivikauden jälkeen aina käytetty uudelleen mahdollisimman tarkkaan ja huolellisesti, kun niistä valmistetut esineet ovat rikkoutuneet tai ne on muuten poistettu käytöstä. Näin tapahtuu edelleen pääsääntöisesti.

Metallien hyvä kierrätettävyys onkin eräs niiden valtteja verrattuna moniin muihin käyttömateriaaleihin. Metallien kierrätyksen lisäyksen esteenä eivät ole romua raaka-aineena käyttävä teollisuus ja käyttömahdollisuudet, vaan ongelmia on metallien kiertoon saamisessa ja erityisesti laajalle leviävien pienten ja pienehköjen koneiden, laitteiden ja tarvikkeiden kiertoon palauttamisessa. Teollisuuden ja yhteiskunnan infrastruktuurien – koneiden, laitteiden ja rakenteiden – materiaalit tulevat yleensä kiertoon tehokkaasti.

Romun keruusta ja käsittelystä on kehittynyt oma liiketoimintansa. Romu on myös jo kauan ollut merkittävä kansainvälinen kauppatavara. On olemassa tieto- ja mittavasta romuliikenteestä Välimerellä jo ainakin roomalaisaikana.

Metallien kierrätyksen on oikeastaan myöhäsyntyisesti todettu ainakin jonkin tiettyyn rajaan saakka olevan myös ympäristön kannalta edullista muun muassa luonnonvarojen säästön ja ympäristökuormitusten vähenemisen kautta. Mutta aikaisemminkin, edes mieltämättä että romun kierrätyksellä vaikutetaan ympäristöön, on metallien jalostusteollisuudessa siis tässä suhteessa tullut toimineeksi myös ympäristön kannalta järkevästi.

Romu tai tässä tapauksessa metallijäte itsessään ei aikaisemmin ole ollut ympäristöongelma. Asia ei ole edes tullut esille niin kauan kuin metallien valmistusmäärät ovat olleet pieniä, metallit suhteellisesti kalliita ja ihmistyön hinta alhainen, niin että kaiken romun talteenotto, keruu ja käyttö on ollut teollisuudelle kannattavaa ja itsestään selvä asia. Vasta kun 1900-luvulla metallien käyttö ja siten niiden valmistus on valtavasti lisääntynyt, on osasta metallituotteita tullut jätettä.

3.1.2 Romun käyttö

Kierrätyksessä romuja käytetään etupäässä uudelleen metallien valmistukseen, mutta myös muita hyötykäyttömuotoja on. Jotta olisi kysymys kierrätyksestä, romun ei tarvitse palautua samaksi perustuotteeksi, jota se on ollut – ei myöskään samalle metallin valmistajalle tai samaan maahan, josta se on lähtenyt¹.

¹ Eri asia on, jos lopputuotteen valmistaja tai myyjä ehkä veloitetaan ottamaan vastaan käytöstä poistettuja tuotteita.

Metallien kierrätystä on myös metalliesineiden tai -osien uudelleenkäyttö samaan tarkoitukseen ja käytöstä poistetun romumateriaalin käyttö sellaisenaan raaka-aineena muiden, uusien tuotteiden valmistukseen. Tällaiset "lyhyet" kierrot ovat ympäristön, energian ja muiden resurssien käytön sekä kokonaistaloudellisuuden kannalta edullisempia kuin se, että metalliromu uudelleen sulatetaan ja jalostetaan metallijalosteiksi. Metallin elinkaarikierron suhteen välitön uudelleenkäyttö merkitsee metallituotteiden pidentynyttä käyttöikää eli hitaampaa ja myöhempää romun syntymistä. (Metallituotteiden välitöntä uudelleenkäyttöä ei tässä yhteydessä varsinaisesti käsitellä.)

Jonkin verran romua käytetään myös muihin tarkoituksiin kuin uudelleen metallituotteiden valmistukseen, esimerkiksi sementointiin tai muihin kemiallisiin prosesseihin lähtöaineeksi ei-metallisia materiaaleja valmistettaessa. Metallin kannalta tällainen romun käyttö merkitsee poistumista kiertokulusta.

Metallien valmistukseen käytettävä romu voi olla yksittäisen tehtaan pääasiallinen raaka-aine tai sitä käytetään tai voidaan käyttää lisä- tai jossain määrin korvaavana raaka-aineena. Metallien valmistustavasta, valmistettavan tuotteen laatuvaatimuksista ja romun ominaisuuksista – esimerkiksi puhtaudesta, kappalekoosta jne. – riippuen vaihtelee myös se prosessivaihe, jossa romu käytetään. Suurelta osaltaan romu käytetään saman metallin, metallijalosteen, tai ainakin saman tuoteryhmän tuotteiden valmistukseen, mutta tästä on poikkeuksia – romua käytetään myös eri tuotteisiin kuin mistä se on peräisin.

Eri metalleilla on myös eroja. Teräksen valmistukseen on kehittynyt erityisiä prosesseja, joissa voidaan käyttää vain romua tai vastaavaa metallista suorapelkistettyä rautaa mutta ei malmia (sähköuuni ja Siemens-Martin-uuni). Integroituissa terästehtaissa käytössä olevissa happikonverttereissa voidaan käyttää romua rajoitetusti.

Osa rauta- ja teräsromusta käytetään teräs- ja rautavalimoissa valukappaleiden valmistukseen. Tavallista, seostamatonta teräsromua käytetään myös yhtenä pääraaka-aineena valmistettaessa ruostumattomia² teräksiä, joiden erilliseen kiertoon tämä teräsromun osuus poistuu. Ruostumatonta teräsromua sen sijaan ei voida käyttää seostamattomien terästen valmistukseen.

Alumiiniromua käytetään, ja voidaankin käyttää, vain "sekundäärialumiinin" valmistukseen ja muihin suoriin käyttöihin romuna, mutta ei edes teoriassa primäärisen ("malmipohjaisen") alumiinin valmistuksen yhteydessä.

Kupariromua ja kupariseosromua voidaan tietty määrä käyttää lisäraaka-aineena "malmipohjaisessa" kuparisulatossa. Näin joudutaankin tekemään, jos romu sisältää sellaisia epäpuhtauksia tai seosaineita, jotka on saatava pois – erottaminen on mahdollista vain sula- tai elektrolyyttisessä raffinoinnissa. Jos romu on tunnettua ja puhdasta, se on taloudellista lisätä mahdollisimman myöhäiseen tuotantovaiheeseen, sulattaa suoraan tuoteaihioksi.

Eräät metallit eivät yleensä koskaan esiinny erillisenä romuna vaan sisältyvät seosaineina muun romun kiertoon. Tällaisia ovat esimerkiksi kromi ja nikkeli (teräs, erityisesti ruostumaton teräs) sekä osittain myös sinkki (kuparin kanssa messingissä messinkien kierrossa).

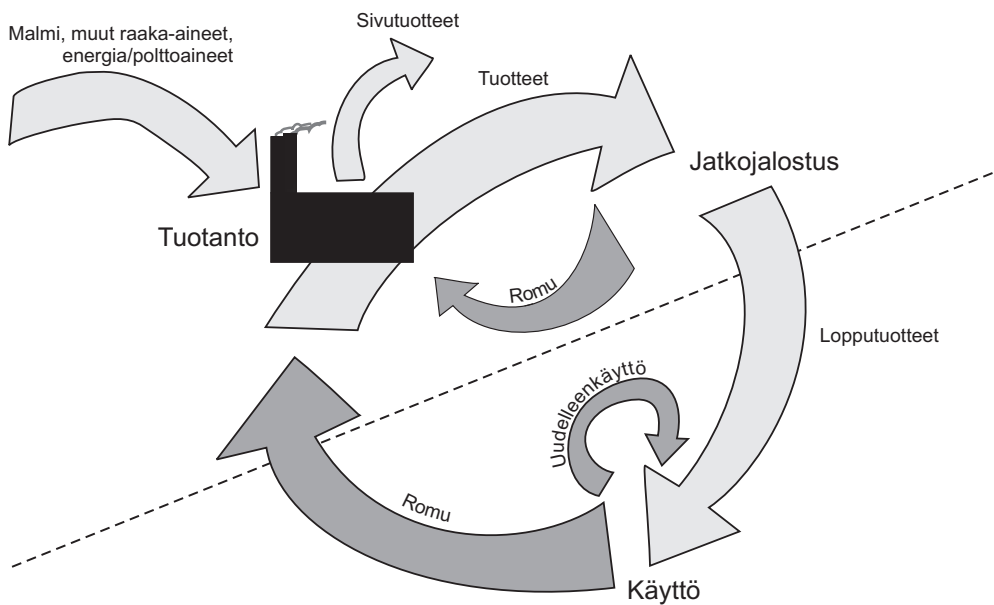
² Oikeastaan runsaseosteisia, kromi-nikkeliseosteisia teräksiä, joiden yksi alaryhmä ovat ns. "ruostumattomat" teräsket (joita niitäkin on monta).

3.2 Metallituotteiden elinkaari³

3.2.1 Elinkaariajattelu

Kuvassa 9 on periaatteellisesti kuvattu metallituotteen elinkaari. Siihen kuuluvat metallin ja metallisen, varsinaisen lopputuotteen valmistusvaiheiden lisäksi oleellisinä osina tuotteen käyttövaihe ja käytöstä poisto. Elinkaarianalyysi metallien jalostusteollisuuden ympäristöasioiden hallinnan työvälineenä -hankkeessa on etupäässä keskitytty kaavion katkoviivan yläpuoliseen elinkaaren osaan. Tässä hankkeen osiossa on koottu romuun, romun keräykseen, kuljetuksiin ja prosessointiin (s.o. metallituotteiden tähän elinkaarivaiheeseen) liittyvää elinkaari-inventaariotietoa romun kierrätykseen liittyvien ympäristökuormitusten selvittämiseksi (luku 5).

Tässä työssä ei ole varsinaisesti tehty minkään tuotteen elinkaariarviointia (LCA-standardit SFS 1997, 1998). Elinkaariarvioinnin ajatusmallia on sen sijaan sovellettu yleistäen ja laajemmassa mielessä kuin vain tuotteen ympäristövaikutusten selvittämiseen, mihin tarkoitukseen se on alunperin kehitetty. Elinkaariajattelua on sovellettu myös pohdittaessa romun kiertoa kokonaisuutena (liite 1) sekä metallien kiertoa yleisemminkin (liite 2).



Kuva 9. Metallituotteiden ja romun elinkaari. Kuhunkin elinkaaren vaiheeseen kuuluu syötteitä (inputs) ja tuotoksia (outputs) – raaka-aineiden ja energian hankintaa, päästöjä ilmaan ja vesiin, jätteitä, maankäyttöä jne. – ympäristöstä ja ympäristöön.

³ Tuotteen elinkaari (life cycle) tässä yhteydessä tarkoittaa kaikkia tuotteen valmistamiseen, käyttöön ja käytöstä poistamiseen liittyviä tapahtumia ja toimenpiteitä, kuten raaka-aineiden ja energian hankintaa ja jalostamista, tuotteen varsinaisen valmistamisen, pakkaamisen, varastoimisen sekä kuljetukset (kaikissa vaiheissa), tuotteen käyttö sekä käytöstä poisto ml. kierrätys ja loppusijoitus.

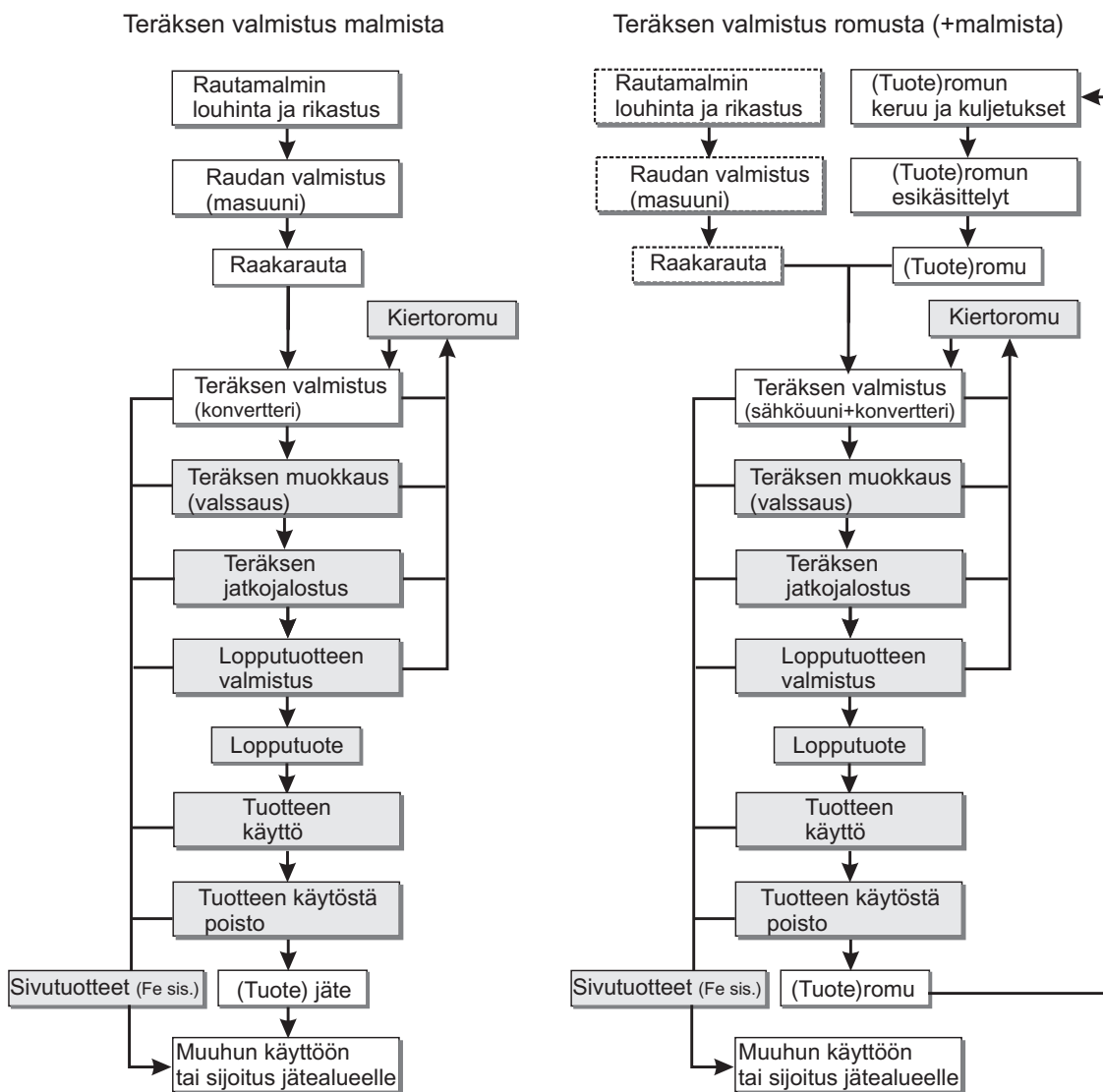
3.2.2 Vertailtavat vaihtoehdot

Usein näkee esitettävän vertailevia ympäristövaihtoehtoja, esimerkiksi että malmipohjaiseen tuotantoon verrattuna romun käyttö metallien (teräksen) raaka-aineena säästää ympäristöä, (rauta)malmivarat säästävät ja teräksen tekemiseen kuluu huomattavasti vähemmän energiaa ja tuotannon apuaineita. Ajatus sinänsä – että verrataan toisiinsa vaihtoehtoisia tuotanto- ja toimintatapoja, niiden hyötyjä ja haittoja – on periaatteessa oikea, edellyttäen että vertailussa sovelletaan elinkaari-ajattelua huolehtien erityisesti siitä, että vertailtavat vaihtoehdot todella ovat vaihtoehtoja ja vertailukelpoisia keskenään.

Kuitenkaan vastakkain asetettavat vaihtoehdot eivät ole metallin valmistus malmista ja metallin valmistus romusta, vaan oikeat vertailtavat vaihtoehdot ovat kokonaisuudet (koko tuotejärjestelmät), kun

- metalli (romu) kierrätetään tai
- metalli (jäte) hylätään ja sijoitetaan kaatopaikalle;

molemmat vaihtoehdot kokonaisvaltaisesti ajateltuina, kaikkine seurauksineen (kuva 10).



Kuva 10. Ns. malmipohjaisen ja romupohjaisen teräksenvalmistuksen elinkaarivaiheittainen vertailu.

Näiden vaihtoehtojen vertaamiseksi olisi laadittava kumpaakin edustavat tuotejärjestelmät (elinkaarikaaviot) ja tehtävä elinkaarianalyysi. Täydellinen, kaiken kattava yhdenkin tuotteen elinkaariarviointi on kuitenkin suuritöinen. Riippuen tutkimuksen luonteesta ja tavoitteista täydellinen elinkaarianalyysi ei kuitenkaan aina ole tarpeen. Kun vertaillaan vaihtoehtoja, esim. vaihtoehtoisia tuotteita, vaihtoehtoisia tuotantotapoja tai vaihtoehtoisia valmistusprosesseja, riittää usein, että elinkaaria verrataan vain toisistaan eroavilta osiltaan. Mutta tällöin on tarkoin huolehdittava siitä, että toisiinsa verrattavat prosessit, tuotantoketjujen osat todelta vastaavat toisiaan ja ovat realistisia vaihtoehtoja.

Hieman yksinkertaistaen, kun verrataan romun kierrätystä ja hylkäystä, ovat samoiksi ajateltavia romun käytöstä riippumattomia elinkaarivaiheita (tummennetut osat kuvassa 10)⁴:

- sulatuksen jälkeiset metallin jalostusvaiheet (valu, valssaus jne.)
- lopputuotteen valmistus (ml. varastoinnit, kuljetukset ym.)
- lopputuotteen käyttö ja käytöstä poisto.

Eroavat ja siis vertailtaviksi jäävät elinkaarivaiheet ovat

”jätevaihtoehdossa”:

- (kaiken) raakametallin valmistus malmista (kaikkine siihen kuuluvine materiaaleineen ja tuotantoketjuineen)
- raakametallin käsittely, raffinointi (ja toimitus valuun) sekä lisäksi
- jätteen keruu, kuljetus, prosessointi ja sijoitus jätealueelle

”kierrätysvaihtoehdossa”:

- romun sulatus ja metallin käsittely, raffinointi (ja toimitus valuun)
- kierrätyksen häviöitä vastaavan osan raakametallia valmistus malmista (kaikkine siihen kuuluvine materiaaleineen ja tuotantoketjuineen; katkoviivoilla merkityt osat kuvassa 10) sekä lisäksi
- romun keruu, prosessointi ja kuljetukset

On huomattava, että *vertailut* siis olisi aina tehtävä *lopputuotekohtaisesti*. Eri lopputuotteiden elinkaaret eroavat yleensä niin paljon toisistaan, että yleistykset – esim. koko jonkin metallin kierrätyksen tarkastelu vain yhtenä, ”keskiarvoisena” kokonaisuutena – voi johtaa pahastikin harhaan (vrt. esim. liitteen 2 kuvia 4 ja 5). Aivan erityisen harhaanjohtavaa on eri metallien (ja/tai muiden materiaalien) suora keskinäinen vertailu.⁵

3.2.3 Romupohjainen versus malmipohjainen teräs⁶

Malmipohjainen teräs ja romupohjainen teräs eivät ole mitään ”peruskäsitteitä” eivätkä muutenkaan merkitykseltään yksikäsitteisiä. Näitä sanoja käytetään usein erottamaan integroitujen terästehtaiden ja vain romua raaka-aineena käyttävien terästehtaiden tuotantomääriä.

⁴ Näin ei aina, kaikilla metalleilla, todellisuudessa ole.

⁵ Eri materiaaleja ei voida lainkaan verrata keskenään esimerkiksi per tonni -pohjalta. Vertailut ovat mahdollisia vain samantyyppisten lopputuotteiden kesken ja silloinkin on verrattava kokonaisvaltaisesti eri tavoin tehtyjen tuotteiden koko elinkaaria, kaikkia (ympäristö)vaikutuksia. Tämän asian tarkempi käsittely ei kuitenkaan kuulu tähän raporttiin.

⁶ Se mitä tässä sanotaan teräksestä, pätee soveltaen yleensä muihinkin metalleihin.

Mutta myös teräksen konvertterivalmistuksessa (integroiduissa terästehtaisa) käytetään raaka-aineena osaksi romua. Pitäisikö tämä romusta tehty osuus laskea mukaan ”romupohjaiseen”? Toisaalta kaikki teräs on alunperin malmipohjaista.

On tavallaan väärin sanoa, että romupohjainen valmistus korvaa malmipohjaista. Itse asiassa tilanne on toisin päin, malmipohjainen on ”korvaava” – se korvaa kierrätyksestä pois joutuvan osuuden metalleista.⁷ Tämä jää helposti huomamatta, kun ihmiskunta jatkuvasti ottaa käyttöönsä uutta metallia niin paljon, että malmipohjaisesta valmistuksesta valtaosa menee sen käytössä olevan metallivarrannon kasvattamiseen.

Sanoja ”malmipohjainen” ja ”romupohjainen” teräs ei tulisi oikeastaan lainkaan käyttää tai ainakaan malmipohjaista ja romupohjaista terästä ei saisi käsittää vaihtoehtoiksi ja asettaa vastakohdikseen. Terästuotteen elinkaarta on tarkasteltava yhtenä kokonaisuutena ja nimenomaan koko elinkaarta.

Se, että esimerkiksi teräksestä maailmassa tällä hetkellä hieman yli puolet tehdään malmipohjaisesti – ja siis vajaa puolet romusta – ei tarkoita, että romun kierrätys olisi näin ”huono”, vaan pääasiassa sitä että terästä edelleen varastoituu ihmiskunnan käyttöön. Joskus tulevaisuudessa, jos saavutetaan tasapaino käyttöönoton ja käytöstä poiston kesken, romupohjaisen teräksen suhteellinen osuus tulee olemaan suurempi. Se on jo nyt viime vuosikymmeninä ollut selvästi, joskin hitaasti, nousemassa. Tämä ei tarkoita, että malmipohjaista teräksen valmistusta voitaisiin vielä vähentää, mutta kylläkin että romupohjaista tullaan – paljonkin – lisäämään, jos ihmiskunnan teräksen tarve per capita kasvaa entiseen malliin, so. kaikkialla ”länsimaiselle” tasolle.

3.2.4 Kierrätysaste

Kirjallisuudessa esitetään runsaasti erilaisia kierrätysastelukuja eri materiaaleille, metallit mukaan lukien, tietynlaisena materiaalin ympäristöystävällisyyden mitana.

Tilastotiedot. Eri metallien kierrätysasteiksi ilmoitetaan usein varsin pieniä lukuja⁸. Metallinjalostusteollisuuden ja romukaupan piirissä tiedetään kuitenkin, että syntyvät romut kierrätetään varsin täydellisesti, joten kierrätysasteiden pitäisi olla selvästi korkeampia, monien metallien osalta lähellä 100 prosenttia. Tosin hyvin alhaisiakin keräys/kierrätysasteita selitettävästi on joidenkin tuotteiden kohdalla, mutta nämä ovat poikkeuksia.

Miksi käsitykset ja näkemykset eroavat niin radikaalisti toisistaan? Selvää, yhtä syytä ei ole. Tilanteeseen on esitetty muun muassa seuraavia selityksiä (Lagneborg 1998):

- Tilastotiedoista lasketut luvut voivat olla sinänsä laskennallisesti oikeita, mutta tilastot, ml. tuotteiden ja romun tuonti ja vienti, ovat puutteellisia, epätarkkoja ja eripohjaisia eivätkä vertailukelpoisia keskenään.
- Tuotteiden elin/käyttöikä on todellisuudessa pidempi kuin laskelmissa käytetty.
- Metallit ”muuttavat muotoaan” kierron aikana. Niitä ei tunnusteta ja luullaan ja raportoidaan toisiksi. Tuotetta tai sen osia ja materiaaleja käytetään sellaisenaan uusien tuotteiden valmistukseen ilman, että ne tulevat välillä romuiksi.

⁷ Tätä on käsitelty terästä esimerkkinä käyttäen liitteessä 2..

⁸ Tällaisin perustein metallien jalostusteollisuus helposti leimataan ympäristöepäystävälliseksi tai kategorisesti vaaditaan kierrätyksen lisäystä, kierrätysasteen nostoa.

- Romua käytetään – tilastoimatta sitä romuksi – todellisiin muihin käyttö-tarkoituksiin, joihin se ”häviää”.

Kierrätysasteen määrittely. Esimerkiksi Janke ja Savov (1997, s. 5) esittävät Hornbogenia ym. (1993) lainaten teräksen kierrätysasteeksi 55 prosenttia. Jos kierrätysasteella tässä tarkoitetaan sitä, montako prosenttia maailmassa valmistetusta teräksestä, ”raakateräksestä”, jonakin vuonna on valmistettu romusta, luku voi olla oikeutettu vaikkakin korkeimpia esitettyjä⁹. Mutta samalle asialle voidaan esittää hyvällä syyllä muitakin lukuarvoja, runsaasta 30 prosentista ylöspäin, siitä riippuen tarkoitetaanko vain ns. romupohjaisia terästehtaita – kuten usein näkee esitetävän – vai lasketaanko mukaan myös romun osuus integroitujen terästehtaiden tuotannosta sekä lasketaanko kierrätykseen mukaan, ja kuinka pitkälle, terästehtaiden omassa tuotantoketjussa syntyvä kierrätettävä romu. Eikö siis tässä ja vastaavissa tapauksissa olisi parempi vain todeta paljonko romua on käytetty suhteessa malmista pelkistettyyn metalliin, rautaan? Ja vaikka tämä ilmaistaisiin suhdelukuna, prosenteissakin, sitä ei voida kutsua kierrätysasteeksi.

Yritys- tai tehdaskohtaisestikaan kierrätysasteen määrittely ei ole itsestään selvä. Sillä voidaan tai voitaisiin tarkoittaa esimerkiksi

- teräksen valmistukseen panostetun romun osuutta panoksen koko rautamäärästä
- teräksen valmistukseen käytetyn romun määrää verrattuna tuotettuun raakateräkseen
- teräksen valmistukseen käytetyn romun määrää verrattuna valmistettujen teräsjalosteiden määrään tai
- lopputuotteen valmistukseen käytetyn teräksen valmistukseen käytetyn romun osuutta lopputuotteen koko teräsisällöstä tai sitten
- sitä osuutta lopputuotteen teräsisällöstä, joka palautetaan uudelleen teräksen valmistukseen.

Pelkistäen: metallien kierrätystä voidaan siis katsoa tuotteen käyttäjän kannalta joko

- taaksepäin, lopputuotteeseen käytetyn metallin tai metallijalosteen suuntaan tai
- eteenpäin, metallista valmistetun käytöstä poistetun lopputuotteen kohtalon kannalta.

Jälkimmäiseltä pohjalta määritelty metallin kierrätysaste lähentelee käsitettä romun keräysaste, jos oletetaan, että kaikki kerätty romu käytetään. Tällöin on muistettava kuitenkin, että kierrätys- ja keräysasteet pitää käsittää kokonaisvaltaisesti, sisältäen kaiken romun, joka menee johonkin hyötykäyttöön – ei pelkästään sitä osuutta, joka käytetään metallin uusvalmistukseen. Tavoitteenakaan ei siis pidä olla, että metallien jalostusteollisuus yksin käyttäisi kaikki romut, vaan että kierrätys kaiken kaikkiaan olisi mahdollisimman täydellinen ja kokonaisvaltaisesti optimaalinen.

⁹ 55 % voi olla melko oikea 1990-luvun loppupuolen arvo, jos laskettaisiin kuinka suuri osuus kaikkien tehtaiden ”raakateräksen” (= sula teräs ennen valua ja valssausta) raudasta on välittömästi peräisin malmista (raakaraudasta) ja kuinka paljon romusta (kaikesta romusta, tehtaan oma kiertoromu mukaan lukien).

Myöskään **romun keräysaste** ei käsitteenä ole selvä. Voidaan esimerkiksi kysyä onko se

- a) kerätyn romun %-osuus käytöstä poistuvien tuotteiden koko ao. metallin määrästä
vai
- b) kerätyn romun %-osuus kerättäväksi mahdollisesta käytöstä poistuvasta metallimäärästä?

Aikatekijä. Jonakin ajanjaksona valmistetun metallin määrällä ja tänä, samana ajanjaksona syntyneen romun määrällä ei itse asiassa ole keskinäistä riippuvuutta. Se tuote, josta romu on peräisin, on tehty joskus aikaisemmin, yleensä paljon aikaisemmin¹⁰, koska metallituotteet pääasiassa ovat pitkäikäisiä (poikkeuksiakin on, mutta ne ovat harvinaisia).

Teoreettisesti ”oikea” tapa metallin kierrätysasteen laskemiseksi olisi siten verrata jonakin aikana valmistettua metalli- ja metallituotemäärää ja siitä syntyvää palautuvaa romumäärää – sitten kun se romutukseen tulee. Tämä merkitsee, että pitäisi seurata tuotteita tuotekohtaisesti läpi niiden elinkaarien. Tämä ei käytännössä ole mahdollista joitakin poikkeuksia lukuun ottamatta (tarkoittaa sellaisia harvinaisia tapauksia, joissa riittävän yksityiskohtaisia historiatietoja on saatavilla)¹¹. Tästä syystä käytetään laskelmissa – tämänkin julkaisun luvussa 2 – eri tavoin, paremmin tai huonommin onnistuneesti tuotteiden arvioituja käyttöikäjä.

Tällaisten arvioiden epävarmuus näkyy suoraan lasketuissa kierrätysasteluvuissa. Alhaisia kierrätysasteita selittäisi, että tuotteiden elin/käyttöikä on todellisuudessa paljonkin pidempi kuin laskelmissa käytetty.

Väärinymmärrysmahdollisuudet. Laskentamalleihin sisältyy helposti väärinymmärrysmahdollisuuksia. Kun esimerkiksi¹² mainitaan, että romun määrä jonakin vuonna on 45 prosenttia n:n vuoden takaisesta tuotetusta teräksen määrästä, se ei tarkoita että keräysaste olisi 45 prosenttia tai että teräksen tuotteena keskimääräinen todellinen elinikä olisi n vuotta, vaan vain – ja nimenomaan vain – sitä mitä sanotaan eli että jollekin vuodelle voidaan romun kertymä arvioida ottamalla 45 prosenttia n:n vuoden takaisesta tuotantomäärästä.

Edellä sanottu perustuu siihen, että on havaittu että teräksen tuotannon määrällä ja keräysromun määrällä, ajan funktiona tehdyillä kasvukäyrillä, on suunnilleen tällainen suhde. Mutta se nimenomaan ei tarkoita, että n vuotta sitten tehdystä teräksestä 45 prosenttia on kerätty, vaan vain että nyt-vuonna on kerätty määrä, joka laskennallisesti on 45 prosenttia siitä määrästä, joka tehtiin n vuotta sitten. Siten tällaisia lukuja ei saa käyttää muussa yhteydessä kuin kyseisissä mallilaskelmissa, eikä missään tapauksessa todistusaineistona kierrätysprosentteista tai tuotteiden käyttöikästä. Erityisesti siten myös tämän julkaisun taulukkoon 13 sisältyy väärinkäytön mahdollisuus. Siinä esitetyt keräysoletusprosenttiluvut ovat käytettyyn laskentamalliin tarvittavia laskentateknisiä lukuja, jotka on arvioitu ja sovitettu vain tässä yhteydessä käytettäväksi. Niitä ei saa käyttää irrallisina, muussa yhteydessä. Aivan erityisesti on huomattava, että ne eivät ole lueteltujen toimialojen tuotteiden varsinaisia, todellisia kierrätys- tai romun kertymäprosentteja.

Mikä on oikein? Metallien kierrätysaste ei siis ole käsitteenä selvä. Kierrätysasteella saatetaan tarkoittaa eri yhteyksissä eri asioita, käsityksiä on erilaisia ja ne saattavat periaatteellisestikin, ei vain lukuarvoiltaan, poiketa toisistaan.

¹⁰ Tässäkin mielessä on harhaanjohtavaa kutsua jonakin vuonna tehdyn metallin ja samana aikana käytetyn romun suhdetta kierrätysasteeksi.

¹¹ Eri asia on, onko tällaisilla seurannoilla ja ehkä kymmenien vuosien taakse takautuvilla laskelmilla käytännön merkitystä nykypäivän tai tulevaisuuden muuttuneiden olojen päätöksentekoon.

¹² Tämän julkaisun luvussa 2.

Kun tällaisia lukuja lasketaan ja julkaistaan, on mietittävä mihin tarkoitukseen niitä tarvitaan ja käytetään (myös mihin "väärin" tarkoituksiin niitä ehkä voidaan käyttää). Aina olisi ilmoitettava mitä käsitteet nimenomaan kyseisessä tapauksessa tarkoittavat, miten lukuarvot on saatu ja mihin käyttötarkoitukseen ne kelpaavat.

Metallin valmistukseen käytetyn romun määrä verrattuna valmistettujen metallijalosteiden määrään ei ole kierrätysaste – ei tuote-, metalli- eikä toimialakohtaisestikaan. Kierrätysprosentteja ei pitäisi laskea myöskään tehdas-, yritys-, (jonkin maan) toimiala- tai maakohtaisestikaan, ei ainakaan siinä mielessä että niitä voitaisiin käyttää keskinäisiin vertailuihin. Oikeastaan metallin kierrätysaste on määriteltävissäkin vain tuotekohtaisesti. Tällöin *metallin kierrätysaste tarkoittaa sitä osuutta lopputuotteen metallisisällöstä, joka palautetaan metallin valmistukseen tai muuhun hyötykäyttöön.*

Tämä katsantotapa on myös lisäkierrätystä motivoiva. Ei siis pitäisi väitellä siitä, montako prosenttia jonkin metallin raaka-aineesta on romua, "kierrätysmateriaalia", vaan keskustelu ja käytännön toimet kierrätyksen tehostamiseksi tulisi suunnata lopputuotteisiin painottaen niiden kierrätyksenkin kannalta järkevää suunnittelua ja valmistusta sekä toisaalta tuotteen käytöstä poistoon, tuotteiden romutukseen, romun keruuseen ja käsittelyyn.

3.3 Kierrätyksen taloudelliset lähtökohdat

3.3.1 Romu, arvokas raaka-aine

Metallien kierrätys ja romuun raaka-aineena perustuva tuotanto on taloudellisesti erittäin merkittävä maailmanlaajuisesti. Romujen käytön tärkein ja varsinainen perustelu onkin juuri taloudellisuus. Koska se perustuu erilaisiin energian ja materiaalien käyttötarpeen vähennyksiin, myös kerrannaisvaikutukset, esimerkiksi päästöt vähenevät. Metallien kierrätyksessä taloudellisuus ja ympäristövaikutusten väheneminen ovat siten samanaikaisia ja -suuntaisia ilmiöitä.

Vaikka romu on sitä käyttävälle teollisuudelle ja romun käsittelyketjuun osallistuville arvokas raaka-aine, sen suurta taloudellista merkitystä ei välttämättä riittävästi ymmärretä muilla tahoilla. Romun "jäteimago" voikin konkreettisesti vaikeuttaa metallien kierrätyksen parantamista. Romua ei esimerkiksi erotella, sitä pilataan likaamalla jne.

3.3.2 Kierrätyksen kustannusvaikutukset

Metallien kierrätyksen kustannusvaikutukset ovat kahtalaisia, toisaalta säästöjä, toisaalta lisäkustannuksia. Käsitteiden niiden määrästä riippuu tarkastelijan näkökulmasta ja vertailutasosta (vaihtoehtoista), mihin nähden säästöjä tai lisäkustannuksia lasketaan syntyvän, samoin kuin valinnoista mitä otetaan mukaan mitä ei. Asiaa pitäisi tarkastella kokonaisvaltaisesti elinkaariajattelun mukaisesti.

Pidetään tavallaan itsestään selvänä, että investointikustannukset romua käytettäessä ovat alhaisemmat kuin jos sama metallimäärä tehtäisiin malmista. Väite pitää paikkansa, jos verrataan esim. integroidun terästehtaan rakentamiskustannuksia (per tuotettu terästonni) romua raaka-aineena käyttävän miniterästehtaan rakentamiskustannuksiin (myös per tuotettu terästonni).

Kuten edellä on esitetty (vrt. kuva 10), nämä eivät kuitenkaan ole suoraan keskenään vertailtavat vaihtoehdot. "Oikeat" vaihtoehdot olisivat investointitarpeenkin suhteen romun hylkääminen jätteeksi verrattuna romun kierrätykseen –

ja vertailtavat investoinnit siten integroidun terästehtaan ja jätteen käsittelyn ja sijoittamisen vaatimat investoinnit verrattuna miniterästehtaan investointiin, johon lisätään häviöiden korvaamiseksi tarvittavan teräksen osuudelta integroidun terästehtaan vaatimat investoinnit sekä tietenkin romun kierrätyksen edellyttämät investoinnit.

On myös huomattava, että kokonaisvaltaisen tarkastelutavan mukaisesti myös kaikki seurannaisinvestoinnit on otettava mukaan. Yllä olevassa esimerkissä miniterästehdas edellyttää sähköntuotannon lisäystä, sähkölaitosinvestointia jossakin, joka osaltaan on laskettava mukaan, kun taas integroitu terästehdas voi olla energian suhteen omavarainen, jopa ylijäämäinen, jäte-energioiden hyödyntämisen takia. Samaan tapaan pitäisi käsitellä myös käyttökustannuksia, muita välittämiä ja välillisiä lisäkustannuksia tai kustannussäästöjä.

Muilla metalleilla vaihtoehtomallit ovat erilaisia ja yksittäiset tapaukset eroavat toisistaan.

Perusteelliset kustannusvertailut saattavat siten olla melko monimutkaisia eikä lopputulos aina ole alunperin odotetun mukainen. Jos säästöjä tai lisäkustannuksia tarkastellaan rajoittuneesti, saatetaan saada väärä kuva kierrätyksen kustannusvaikutuksista ja päätyä kokonaisuuden kannalta epäedullisiin ratkaisuihin.

3.3.3 Turhan kierrätyksen välttäminen

Jo syntyneen romun kierrätys metallin valmistukseen tai muuhun hyötykäyttöön on yleensä kannattavaa sekä taloudelliselta että ympäristön kannalta. Vielä edullisempaa on pyrkiä siihen, että jätettä tai kierrätettävää materiaalia, romua, ei synny.

Yksinkertaisesti tähän suuntaan johtaisi lopputuotteen kestoajan, taloudellisen käyttöajan pidentäminen. Metallin tarpeen tuotteeseen, syntyvän ja kierrätettävän romun määrän sekä kaikkien näistä johtuvien ympäristö- ja muiden vaikutusten voidaan ajatella vähenevän samassa suhteessa kuin tuotteen käyttöikä pitenee. Vastakkaiseen suuntaan vaikuttaa tosin esimerkiksi se, että pitkäikäisempään tuotteeseen saatetaan tarvita enemmän ja kalliimpaa materiaalia tai enemmän ympäristöä kuormittavaa materiaalia.

Metallin valmistuksen ja tuotteen valmistuksen yhteydessä syntyvän, kierrätettävän romun määrän pieneneminen vaikuttaa kustannuksiin ja päästöihin vähentävästi. Tämä prosessi- ja valmistusvaiheiden materiaalihiötysuhteiden paraneminen vaikuttaa itse asiassa kertautuvasti, koska muutkin valmistusvaiheiden häviöt vähenevät. Vaikka yksittäisten prosessi- tai työvaiheiden hiötysuhteiden parannukset eli romun määrän vähennykset erikseen olisivat vähäisiäkin, niiden yhteisvaikutus saattaa olla merkittävä. (Ks. liite 2.)

3.4 Kierrätyksen muita yleisiä näkökohtia

3.4.1 Kierrätyksen lisäperusteluja

Usein (ks. esim. Henstock 1996) näkee pyrkimystä löytää metallien kierrätyksen päähyötyjen, so. taloudellisten ja ympäristöhyötyjen lisäksi muita näkökohtia, joilla voidaan motivoida lisää romun kierrätystä ja romun keruun ja käytön lisäämistä. Vastakkain asetettavat keskenään verrattavat vaihtoehdot ovat tällöin romun kierrätys (eli metallijätteen palautus metallin kiertoon) ja metallijätteen sijoittaminen kaatopaikalle (vrt. kuva 10). Lisähyötynä mainitaan muun muassa raaka-ainepohjan kotimaisuuden nosto, sivutuotteiden hyödyntäminen ja romun käytön työllistävä vaikutus.

3.4.2 Raaka-ainepohjan kotimaisuus

Kirjallisuudessa esitetään, että kotimaisesta romusta valmistettujen sekundäärimetallien käyttö pienentää tarvetta käyttää neitseellisiä raaka-aineita, jotka ovat enimmäkseen tuontitavaraa. Tämä vähentää riippuvuutta tuontiraaka-aineista ja lisää tuotannon kotimaisuusastetta. Tällöin asiaa on katsottu USA:n kannalta, vaikka myös Suomi on sinänsä ”neitseellisten” raaka-aineiden nettotuojia. Lisäksi ajatus pätee vain, jos kotimaista romua jää hyödyntämättä. Siis joko kaikkea potentiaalista romua ei kerätä, romua menee kaatopaikalle tai romua viedään. Suomi on kuitenkin keskimäärin romunkin suhteen nettotuojia. Ainakaan siltä osin ylläsanottu ei päde. Väite sisältää myös implisiittisesti edellä käsitellyn ”väärän” ajatuksen, että romu ja malmi olisivat suoraan vaihtoehtoja.

Näin ollen ei itse asiassa liene aiheellista eikä edullistakaan pyrkiä maakohlaiseen omavaraisuuteen, vaan on parasta antaa metallien jalostusteollisuuden ja siihen liittyvien romuvirtojen ohjautua liiketaloudellisin perustein kansainvälisten markkinoiden mukaisesti. Tilanne olisi toinen poikkeusoloissa, jos rajat olisivat kiinni tai materiaali- ja valuuttavirrat säännösteltyjä. Tällaisiin mahdollisuuksiin varautuminen valtiovallan toimenpitein – mikäli tai missä määrin se katsotaan aiheelliseksi yli sen, minkä yritykset luonnostaan tekevät pitkän tähtäyksen suunnittelussa – on poliittinen kysymys.

3.4.3 Sivutuotteiden hyödyntäminen

Kirjallisuudessa (Henstock 1996, s. 26) mainitaan romun kierrätyksen etuna, että yhden materiaalin, metallin, talteenoton yhteydessä voidaan saada talteen muitakin materiaaleja. Esimerkkinä mainitaan antimoni, jota saadaan talteen lyijyn kierrätyksessä.

Romun kaikki komponentit pyritään hyödyntämään kierrätyksessä. Sivutuotteiden syntyminen ei kuitenkaan läheskään aina ole myönteinen asia. Jotta romusta saatava päämetalli olisi käyttökelpoista, se useimmiten on pakkokin puhdistaa muista aineista, epäpuhtauksista. Tämä saattaa olla hankalaa, runsaasti energiaa vaativaa sekä muutenkin kokonaisvaltaisesti ajatellen ympäristövaikutusten suhteen epäedullista ja kallista. Mikäli mahdollista, eri metalleja ja muita materiaaleja ei pidäkään sekoittaa keskenään, vaan ne tulee erotella jo romun syntyvaiheessa omiksi, mahdollisimman puhtaiksi fraktioiksi.

Sivutuotteista saatavat hyödyt eivät ilman muuta kompensoi niiden erotuksesta ja käsittelystä aiheutuvia negatiivisia vaikutuksia kokonaan. Joissakin tapauksissa välttämättä syntyvän, periaatteessa hyödynnettävissä olevan sivutuotteen hyöty jää käytännössä saamatta esim. markkinoiden puutteen takia tai siksi, että sille ei ole olemassa jatkokäsittelymahdollisuutta.

3.4.4 Kierrätyksen vaikutus työllisyyteen

Kirjallisuudessa (esim. Henstock 1996, s. 26) romun kierrätyksellä katsotaan olevan työllistävä vaikutus. Tällöin päätellään, että koska romun keruu ja käsittely kierrätystä varten on suhteellisesti ottaen (tonnia kohti ajatellen) pienimittakaavaista verrattuna metallien valmistukseen malmeista, kokoefektistä johtuen kierrätysvaihtoehto vaatisi enemmän ihmistyötä ja siksi sillä olisi työllistävä vaikutus.

Tällöin on kuitenkin taas lähdetty siitä ajatuksesta, että metallin valmistaminen malmista tai romusta olisivat suoraan keskenään verrattavissa olevat vaihtoehdot. Elinkaariajattelun mukaisesti oikeat verrattavat vaihtoehdot ovat kuitenkin kokonaisuudet silloin, kun metallijäte sijoitetaan kaatopaikalle verrattuna sii-

hen, että romu kierrätetään eli palautetaan metallin kiertoon (ks. kuva 10). Kun kummankin vaihtoehdon samat osat hieman yksinkertaistaen¹³ voidaan katsoa työllistämismielessä yhtäläisiksi, vertailtaviksi jäävät erotukset ovat käytännössä seuraavat:

- a) raakametallin valmistukseen malmista tarvittava työmäärä kaikkine sivu- ja apuketjuineen lisättynä työllä, joka tarvitaan jätteen keruuseen, kuljetukseen ja varastointiin kaatopaikalle, sekä
- b) romun keruuseen, käsittelyyn ja kuljetukseen liittyvä työmäärä lisättynä työllä, joka tarvitaan kierrätyksen häviöitä vastaavan osan raakametallia valmistukseen malmista.

Kuva työllistävistä vaikutuksista kääntyy silloin vastakkaiseksi. Kokonaisuutena ottaen romun kierrätys säästää eli vähentää ihmistyön tarvetta aivan kuten se säästää muitakin resursseja.

Paikallisesti, suppeasti, ajatellen romun kierrätyksen (keruun) lisäys voisi työllistää, jos siihen tarvitaan enemmän työpanosta kuin vaihtoehtoon, eli että romu käsitellään jätteenä ja menee kaatopaikalle. Riippuu siitä, minkälaisesta romusta on kysymys ja minkälainen yleensäkin on jätehuolto, lisääkö – vaiko vähentääkö – lisääntyvä romun palautus ihmistyön tarvetta. Kun lisäksi, kuten yleensäkin teollistuneissa/teollistuvissa maissa, aikaisemmin käsityönä tehtyjen vaiheiden koneellistaminen ja muu rationalisointi vähentää työvoiman tarvetta, jäänee romun kierrätyksen lisäyksen näinkin – ”paikallis-itsekkäästi” – ajateltu työllistävä vaikutus teoreettiseksi.

Engelmallisten, vaikeasti hyödynnettävään muotoon käsiteltyjen romu- ja jäte-esineiden ja -fraktioiden käsittely voisi aidosti lisätyöllistää edellyttäen, että lisäkäsittely vaatii ihmistyöpanoksen lisäystä. Jos ja kun tämä kuitenkin lisää romun käsittelykustannuksia ja siten nostaa kiertoon tulevan lisäromun hintaa, teollisuuden kiinnostus käyttää romua vähenee. Vaikutus on positiivinen mahdollisen työllistämisen suhteen vain, jos lisäkustannukset katetaan muuten kuin romun hintaa nostamalla.

3.5 Kierrätyksen ympäristönäkökohtia

3.5.1 Metallien kierrätyksen ympäristövaikutuksista

Kun tässä yhteydessä tarkastellaan metallien kierrätyksen ympäristövaikutuksia, perusolettamus on, että kierrätyksellä on ympäristöä säästävää vaikutus, että säästävät vaikutukset ovat suuremmat kuin kierrätyksestä johtuvat lisävaikutukset. Näin pääsääntöisesti onkin. Vain joissakin harvoissa, pieniä metallimääriä koskevissa tapauksissa voi olla päinvastoin, eli kierrätys ei kuitenkaan aina ole järkevää. Se ei saa olla itsetarkoituksellista.

On tarkoin harkittava ja huomattava, mitä asioita on mielekästä verrata toisiinsa. ”Metallien maailmassa” kierrätys ei ole kertakäyttökulttuurin vaihtoehto vaan se on pääsääntö – oleellinen, joillakin metalleilla ja tuotteilla jopa aivan keskeinen ja erottamaton osa metallien valmistusta ja käyttöä. Tältä osalta – siis pääosalta – on vaikeaa tai oikeastaan epämielikästä yrittää määritellä hyötyjä tai säästäviä vaikutuksia, kun ei ole mitään todellista vertailukohtaa mihin verrata.

¹³ Yksinkertaistus koskee metallin valmistuksen sulatto-osaa, sitä että raakarautaa (malmista) ja romua käyttävä sulatto työllistävät yhtä monta henkilöä, käyttäisivät per tonni yhtä paljon työtunteja itse sulatukseen ja panoksen valmisteluun.

Ympäristövaikutusten ja niiden potentiaalisten lisävähennysten kannalta on tärkeää jo tapahtuvan peruskierron lisäksi kiinnittää erityisesti huomiota niiden metallijätteiden ympäristövaikutuksiin, joita ei vielä kierrätetä romuna ja jotka eivät siis palaudu kiertoon. Tällaisia ovat erityisesti yhdyskuntajäte, muun jätteen joukossa oleva metallijäte, kompleksiset, monimateriaaliset, monimetalliset ja hankalasti käsiteltävät romuesineet sekä kertakäyttötuotteet ja vaikeasti kerättävät, hajallaan olevat pienet metallimäärät. Tällaisten tuotteiden takia osasta käytöstä poistettuja metalleja tulee jätettä ja ympäristöongelmia.

3.5.2 Malmivarojen säästö

Malmi on luonnossa, lähinnä kallioperässä esiintyvä mineraalikesä, jonka taloudellinen hyväksikäyttö on mahdollista. Kaivosteollisuudessa käsitteeseen malmi sisällytetään mitkä tahansa mineraalit, joita kannattaa louhia kivistä. (Ratia1996)

Malmien riittävyden suhteen onkin muistettava, että malmi on taloudellinen käsite. Jos metallien tarve ja siten kysyntä ja hinta nousevat, "löytyy" malmeja lisää. Malmien kirjaimellinen loppuminen ei ole uhkaamassa, tunnettujakin esiintymiä on runsaasti ja niitä voidaan ottaa käyttöön sitä mukaa kun todellista tarvetta esiintyy. Malmikaivoksia tarvitaan aina, niin kauan kuin metalleja käytetään. Pelkästään romun kierrätys ei koskaan riitä, sillä kierrosta poistumiset on joka tapauksessa korvattava malmipohjaisella valmistuksella.

Malmien ohella metallien kierrätys vaikuttaa myös monien muiden luonnonvarojen käyttöön ja niihin liittyviin päästöihin ja ympäristövaikutuksiin, vaikka niitä ei tässä yhteydessä tarkemmin käsitellä myöhemmin esille tulevaa energian käyttöä lukuun ottamatta (luku 3.5.4).

3.5.3 Kaivostoiminnan ympäristöhaittojen väheneminen

Malmivarojen hyödyntämiseen liittyy ympäristönäkökohtia. Kaivostoiminta muuttaa alueen ekologiaa ja aiheuttaa esteettistä haittaa (esim. Young 1992, Henstock 1996). Tämä tosin on suppea paikallinen haitta, sillä suurikin malmiesiintymä on ympäristöönsä nähden pieni yksikkö.

Malmien louhinnassa ja rikastuksessa muodostuu jätteitä, sivutuotteita. Ne ovat pääosin sivukiveä ja malmimineraalisaation metallien valmistukseen soveltumattomia osia eli paikkakunnan ja alueen kallioperään kuuluvia aineita. Näitä materiaaleja pyritään mahdollisuuksien mukaan hyödyntämään esimerkiksi maanrakentamiseen, kaivosten louhosten täytteenä, jolloin ne puolestaan vähentävät ja korvaavat muiden aineiden ottoa ja niistä aiheutuvia haittoja.

Koska kuitenkin erityisesti hienojakoisista rikastushiekoista on mahdollista tavanomaista kalliosta liukenemista enemmän liueta muun muassa metalleja, rikastusjätteiden varastointiin ja loppusijoitukseen liittyy vaara maaperän ja (pohja)vesien saastumisesta. Toisaalta myös louhintaa, rikastusta ja muut malmien hyödyntämismenetelmät kehittyvät ja niiden mukana ympäristönäkökohtien huomioinnon mahdollisuudet.

Suomessa tunnetut, tällä hetkellä louhitut malmivarat ovat vähäiset (Vartiainen 1999). Metallien valmistus rakentuu tältä osin enimmäkseen tuontirikasteiden varaan, eivätkä kaivostoiminnan ympäristöhaitat ole meillä saaneet osakseen suurta huomiota. Osansa tietysti on silläkin, että meillä kaivokset ja rikastamot on hoidettu hyvin. Kokonaisvaltaisen elinkaariajattelutavan mukaisesti ei kuitenkaan riitä, että otetaan huomioon vain omassa maassa tapahtuva, omien tuotantolaitosten toiminta, vaan kaikki raaka-aineketjut ja niiden kaikki ympäristövaikutukset on otettava mukaan riippumatta siitä missä ne maantieteellisesti ilmenevät.

3.5.4 Vaikutukset energian kulutukseen ja ilmapäästöihin

Energian kulutusta ja päästöjä ilmaan voidaan tarkastella yhteen kytkettyinä, sillä sekä metallien valmistuksessa ja jalostuksessa että romun keruun ja käsittelyn yhteydessä valtaosa ilmapäästöistä on suoraan tai välillisesti peräisin energian käytöstä.

Pidetään ehkä liiankin itsestään selvänä, että energian tarve on pienempi metallia tai metallituotteita romusta valmistettaessa kuin jos vastaava tuote tehdään malmista lähtien. Tällä tavoin laskien tämä pitääkin paikkansa – romusta lähtien tarvitaan vain sulatuslämpö ja malmista lähtien sen lisäksi metallin pelkistysenergia. Romusta lähtien siis periaatteessa aina säästetään pelkistysenergian määrä.

Todellisuudessa asia ei ole näin yksioikoinen. Romusta valmistettu ”sekundaarimetalli” tuotetaan erilaisilla prosesseilla kuin malmista valmistettaessa. Vaikka sulamis- ja pelkistysenergiat luonnonvakioina pysyvätkin samoina, muut eri prosesseihin ja laitteistoihin liittyvät energiavirrat ja päästöt voivat olla huomattavastikin toisistaan poikkeavia. Käytettävät energiamuodot ja energian käyttötavat eroavat toisistaan. Samoin vaihtelevat eri prosessien energiahyötysuhteet, lämpöhäviöt ja jätelämmön talteensaamis- ja hyötykäyttömahdollisuudet. Myös yksilöllisiä eroja esiintyy eri tehtaiden välillä.

Kokonaisenergiamäärät ovat siten – paitsi yleensäkin suuremmat kuin vain sulatusenergia – myös eri vaihtoehdoissa siinä määrin erilaiset, ettei pelkästään pelkistysenergioita vertaamalla ole lupa tehdä päätelmiä kierrätyksen kokonaisyödyistä. Itse asiassa pitäisi tarkastella eri lopputuotteiden metallin koko elinkaarta. Tähän taas sisältyy vielä muutakin energian käyttöä, mukaan lukien myös romun keruuseen ja prosessointiin liittyvä.

Vaikka romun kierrätys energian kulutuksen ja siihen liittyvien päästöjen suhteen yleensä onkin edullista, ei se ole sitä suinkaan aina. Joistakin rajoista lähtien kokonaisvaikutus voi ruveta kasvamaan. Kaiken kaikkiaan kuitenkin jo käytetty pelkistysenergia on ihmiskunnan käytössä olevissa metalleissa pankissa tuleville sukupolville, kun vain huolehditaan järkevästi kierrätyksestä.

3.5.5 Kaatopaikkavaikutusten väheneminen

Kokonaisvaltaisesti ajatellen metallien kaatopaikkavaikutuksia olisi verrattava vaihtoehtoisten sijoitus- ja käsittelytapojen ympäristövaikutuksiin. Kierrätys on järkevää vain, jos sen aiheuttamat haitat jäävät pienemmiksi.

Metallijätteiden suorat, välittömät kaatopaikkavaikutukset. Romun kierrätys osaltaan vähentää suoraan kaatopaikkatilan tarvetta sekä kaatopaikkojen aiheuttamia ympäristöhaittoja, niiltä metallien takia syntyviä päästöjä. Suurin osa metallituotteista päätyy romukiertoon ja metallivirroista vain pieni osa keskimäärin joutuu kaatopaikoille. Esimerkiksi pääkaupunkiseudulla (YTV) arvioitiin kuluvan vuosikymmenen puolivälissä 77 prosenttia metallijätteistä tulleen kierrätyksen piiriin (Tanskanen 1997, s. 6). Pienmetallijätteen (muu kuin ”romu”) osuus YTV:n alueella syntyvän yhdyskuntajätteen määrästä (painosta) oli 3,5 prosenttia ja kaatopaikalle joutuvan sekajätteen määrästä 5 prosenttia (Tanskanen 1997, s. 10 ja 34).

Näiden pienten metallimäärien vähentyminen ei siten sinänsä tunnu ratkaisevasti suorien, välittömien kaatopaikkavaikutusten vähentymisenä (esim. tilantarve). Joissakin paikoissa joidenkin tuotteiden tai tuoteryhmien (esim. eräät pakkausmateriaalit) osalta saattaa toki näinkin olla. Tällaisten, metallien koko kiertoon verrattuna pienten ja sekalaisten metallimäärien talteenotto on taloudellisesti kannattamatonta tai edellyttäisi erittäin tehokasta, erikoisesti niille luotua erotelu- ja talteenottojärjestelmää.

Metallien välilliset vaikutukset kaatopaikoilla. Sen sijaan välilliset vaikutukset, esimerkiksi metallin toimiminen katalysaattorina tai inhibiittorina, saattavat olla merkittäviä vaikka olisi kysymys pienistä metallimääristä. Metallijätteetkin hajoavat kaatopaikoilla ajan myötä ja niiden sisältämät metallit voivat levitä kaatopaikkojen suotovesien mukana ympäristöön. Metallien liukeneminen ja liikkuvuus riippuvat kaatopaikassa vallitsevista hapetus-pelkistysolosuhteista, happamuudesta sekä kompleksoivien aineiden esiintymisestä. Purkautumisen viive voi olla pitkä, sillä irtauduttuaan alkuperäisestä materiaalista metallit ja niiden sisältämät haitta-aineet voivat vielä sitoutua useilla erilaisilla prosesseilla, esimerkiksi adsorboitumalla savipartikkeleihin.

Eräät luonnossa muutenkin runsaasti esiintyvät metallit kuten rauta ja alumiini ovat sinänsä ympäristölle suhteellisen haitattomia, mutta niidenkin seos- ja lisäaineet (esim. Ni, Cr) ja useat muut metallit saattavat olla ympäristölle haitallisia, kun ne korroosion myötä voivat vapautua ja poistua suotovesissä ympäristöön (Ogilvie 1992). Rauta voi toimia suotovesissä muiden metallien keraosaostajana. Rauta, kuten monet muutkin metallit ovat toisaalta pienissä, hivenmäärissä elolliselle luonnolle myös välttämättömiä.

Tavallisten terästen varsinaisten seosaineiden (Ni, Cr ym.) pitoisuudet ovat niin pieniä – yleensä korkeintaan muutamia kymmenesosaprosentteja raudan määrästä – ettei niillä korroosion kautta vesiin jouduttuaankaan liene kovin suurta merkitystä. Sama koskee alumiiniseoksia. Sen sijaan teräksen pinnoitteina käytetyistä metalleista (Ni, Cr, Zn, Sn) syntyvät päästöt voivat olla merkittäviä. Samoin erillisinä osina terästuotteisiin liittyvät tai niiden mukana kulkevat muut metallit saattavat aiheuttaa havaittavia haitallisia kaatopaikkavaikutuksia.

Kompleksiset jätteet. Kompleksiset, monia materiaaleja ja metalleja sisältävät jätteet, kuten sähkö- ja elektroniikkaromu, ovat sekä metallien talteenoton kannalta että mahdollisten kaatopaikkavaikutustensa takia ongelmallinen materiaalityyppi. Ne sisältävät usein ympäristölle haitallisia aineita, joten niiden tehokas talteenotto ja asianmukainen käsittely on tärkeää, vaikka niiden lisä metallien kierrätykseen voi olla marginaalinen. EU:n ongelmajäteluettelossa (Neuvoston päätös 94/904/EY) tullaan vuonna 2002 määrittelemään ongelmajätteeksi muun muassa PCB/PCT-yhdisteitä, CFC-yhdisteitä ja vapaata asbestia sisältävät sekä muut vaarallisia komponentteja sisältävät laitteet.

Kotitalouksista poistuvan SER-materiaalin määrä on 70 000–100 000 t/a ja yleisen arvion mukaan se kasvaa lähivuosina. Osa kotitalouksista poistuvista laitteista palautuu joko uusia laitteita myyviin kauppoihin tai kuntien jätehuoltopisteisiin, joista ne joko ohjataan eteenpäin kierrätykseen (muun muassa ”käytettyinä kodinkoneina” Venäjälle tai Baltian maihin) tai pahimmillaan kaatopaikoille. Vielä tällä hetkellä vain pieni osa SER-materiaalista päätyy käsittelyyn, joka edes osittain täyttää kierrätyksen tunnusmerkit. (Sähkö- ja elektroniikkateollisuuden SER-materiaalin ympäristömyötäinen kuljetus- ja hyötykäyttömalli, 1999)

Sähkö- ja elektroniikkaromulle ollaan parhaillaan kehittämässä valtakunnallista tuottajan vastuuseen perustuvaa kierrätysjärjestelmää, jonka lähtökohtana on tulevan sähkö- ja elektroniikkalaitteita koskevan EU-direktiivin (Directive on Waste from Electrical and Electronic Equipment; ”WEEE-direktiivi”) täytäntöönpano Suomessa. Kierrätyksen organisoinnista ja rahoituksesta vastaisi tuottajayhteisö. Järjestelmä on tarkoitettu etupäässä kotitalouksista poistuvien laitteiden ja niitä vastaavien muiden pienerien kierrätykseen. Tavoitteena on, että vuodesta 2001 alkaen asteittain valtakunnalliseksi laajenevalla järjestelmällä kerätään vähintään 50 prosenttia maamme kotitalouksien sähkö- ja elektroniikkalaitteepoistumasta. Järjestelmään kuuluu laitteiden purkujakeiden jalostaminen kierrätysraaka-aineiksi, jotka myydään loppuhyödyntäjille. Järjestelmän avulla SE-laitteiden maahantuojat ja valmistajat täyttävät EU-direktiivin asettamat laitteiden keräystä, käsittelyä ja hyödyntämistä koskevat velvoitteet. (Sähkö- ja elektroniikkateollisuuden SER-materiaalin ympäristömyötäinen kuljetus- ja hyötykäyttömalli, 1999)

WEEE-direktiiviluonnosta ja SER-materiaalin kierrätystä Suomessa tarkastellaan yksityiskohtaisemmin lähteessä SET (1999). Sähkö- ja elektroniikkalaitteiden ympäristömyötäistä tuotesuunnittelua ja tuoteketjuajattelua on käsitellyt lissensiaattityössään Kärnä (1999).

Ympäristöministeriö on valmistellut ehdotuksen valtioneuvoston päätökseksi sähkö- ja elektroniikkaromun (SE-romu) jätehuollosta. Ehdotuksen tarkoituksena on tuottajan vastuuseen perustuen edistää SE-romun erilliskeräyksen järjestämistä sekä SE-romun ja sen osien uudelleenkäyttöä, kierrätystä sekä muuta hyödyntämistä. Siinä asetetaan vähimmäistavoitteet SE-romun kierrätykselle ja hyötykäytölle vuonna 2004. Ehdotuksessa veloitetaan tuottaja järjestämään SE-romun jätehuolto sekä vastaamaan kotitalouksien SE-romun osalta siitä aiheutuvista kustannuksista. Ehdotuksen mukaan SE-romusta tulee esikäsittelyssä poistaa vaaralliset aineet ja valmisteet sekä niitä sisältävät osat. Valtioneuvoston päätös tulisi ehdotuksen mukaan voimaan vuoden 2001 alussa.

Romun kierrätyksen organisointi Suomessa

4

4.1 Keräyksen ja kierrätyksen yleisjärjestelyt

Romu toimitetaan syntypaikaltaan joko romua tuottavan omasta tai ammattimaista keräystä harjoittavan yrityksen toimesta romun keräyspisteeseen. Keräysyritys voi olla keskittynyt pelkästään romun keräämiseen tai se voi myös harjoittaa romun käsittelyä keräyspisteessä (= romuliike). Keräyspiste voi olla romuliike, romutukkuliike tai näitä edeltävä, kunnan järjestämä kierrätyskeskuksessa, hyötyjätekeskuksessa tai kaatopaikalla sijaitseva tai kunnan alueella kiertävä romulava tai muu romun keräyspiste.

Teollisuuslaitoksissa ja rakennus- ja purkutoiminnassa syntyvä, keräysorganisaatiolle toimitettava romu kootaan yleensä lavoille, jotka romuliike on sopimuksesta toimittanut yrityksen käyttöön. Romuliike tyhjentää lavat tarpeen mukaan. Romuliike voi myös ostaa itselleen purettavaksi tarkoitettujen tuotantolaitoksen koneet, jolloin koneista syntyvä romu voidaan sopivaksi käsiteltynä toimittaa purkutyömaalta suoraan teollisuuden raaka-aineeksi.

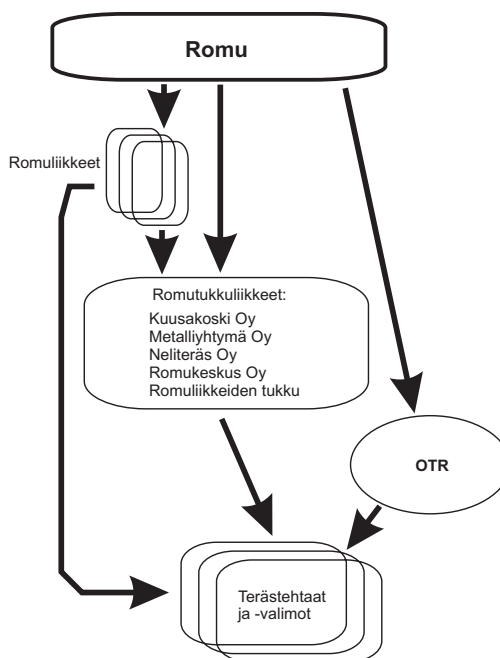
Romuliikkeistä esikäsitelty ja jalostettu romu (romuliikkeen näkökulmasta tuote) kuljetetaan joko romuliikkeen tai kuljetuksiin erikoistuneen yrityksen toimesta teollisuuden käyttöön. Hallinnollisesti/kirjanpidollisesti suuri osa kotimaisesta ostoromusta kulkee Osuuskunta Teollisuuden Romun (OTR) välityksellä. OTR on romua käyttävän teollisuuden omistama hankintakeskus, joka organisoi teräs- ja rautaromun romutukkuliikkeiltä romua käyttävälle teollisuudelle ja hoitaa romun laskutuksen. OTR:llä muun muassa on oma teräsromulaatujen luokittelu (liite 3). Yhtiön osakkaat ovat Rautaruukki Oyj, Imatra Steel Oy Ab, Fundia Wire Oy Ab, Outokumpu Polarit Oy Ab, Kemira Pigments Oy ja Valimoiden Hankintaosuuskunta, johon kuuluvat maamme suurimmat valimot.

Teräs- ja rautaromun materiaalivirrat ja niihin kytkeytyvät rahavirrat esitetään yksinkertaistettuna kuvissa 11 ja 12.

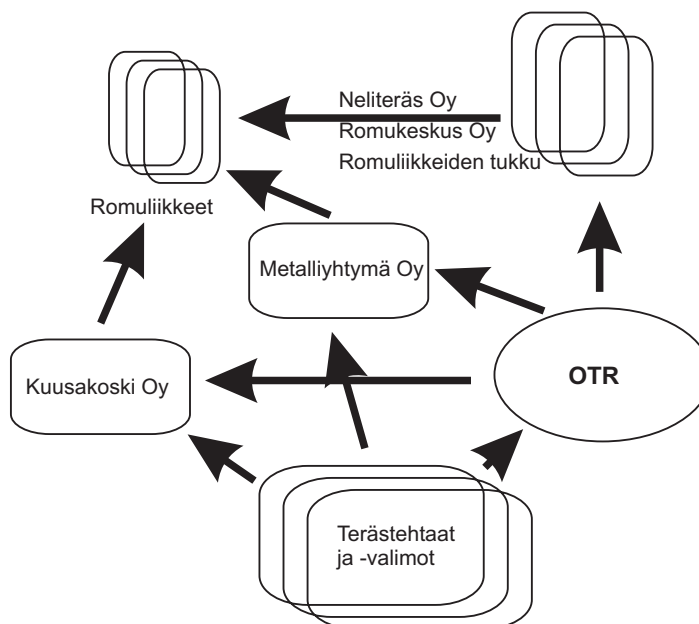
Suurin osa romuliikkeissä käsiteltävästä romusta on rauta- ja teräsromua. Muita romulaatuja ovat ruostumaton ja haponkestävä teräs (RST/HK) sekä eirautametallit (ns. värimetallit), muun muassa alumiini, kupari, sinkki (sisältyy lähinnä messinkiromuun) ja nikkeli. Alumiiniromusta suurin osa, noin 80 prosenttia, toimitetaan joko teollisuudesta suoraan tai romuliikkeistä Kuusakoski Oy:n sekundäärialumiinitehtaalle Heinolaan, missä se valetaan alumiiniharkoiksi ja myydään teollisuuden käyttöön kotimaassa tai viedään ulkomaille. Loppu alumiiniromu toimitetaan pääsääntöisesti romuliikkeestä suoraan lähimmän alumiinivalimon raaka-aineeksi.

Kupari- ja messinkiromujen suurin käyttäjä (noin 50 prosenttia kokonaismäärästä) on Outokumpu Poricopper Oy, jonne romut kulkevat perusromuliikkeestä erikoistuneen romuliikkeen (ks. luku 4.2) kautta. Muu kupari- ja messinkiromu toimitetaan pääsääntöisesti romuliikkeestä suoraan lähimmälle valimolle.

Nikkeliromua esiintyy harvoin puhtaana. Ruostumattoman ja haponkestävän teräksen sisältämän nikkelin pääasiallinen käyttäjä on Outokumpu Polarit Oy (noin 85 prosenttia kokonaismäärästä). Romuvirta kulkee tehtaalle perusromuliikkeestä erikoistuneen romuliikkeen kautta. Loput nikkeliromusta toimitetaan romuliikkeestä suoraan lähimpään valimoon.



Kuva 11. Teräs- ja rautaromun materiaalivirrat. OTR=Osuuskunta Teollisuuden Romu. Neliteräs Oy, Romukeskus Oy ja Romuliikkeiden tukku ovat tukkuliikkeitä, ns. laskutuskeskuksia, jotka eivät fyysisesti käsittele materiaalia vaan hoitavat lähinnä logistiikkaa ja sopimuksia romuliikkeiden ja teollisuuden välillä. Kuusakoski Oy ja Metalliyhtymä Oy ovat sekä tukkuliikkeitä että romua käsitteleviä yrityksiä.



Kuva 12. Teräs- ja rautaromun kaupankäynnissä liikkuvat rahavirrat.

Monimetalliromuun, kuten elektroniikka- ja kodinkoneromuun, sisältyvä metalli toimitetaan murskauslaitokselle, jossa metallit erotellaan ja lajitellaan ja toimitetaan teollisuudelle.

Suomeen myös tuodaan romua tarpeen mukaan. Vuonna 1995 maahamme tuotiin (luvun 2 taulukko 6)

teräsromua	220 000 t
ruostumatonta teräsromua	23 000 t
nikkeliromua	7 000 t
alumiiniromua	33 000 t
sinkkiromua	1 900 t
lyijy- ja muuta romua	300 t

Teräsromun suurin tuoja on OTR. Sen tuoma romu menee käsittelemättömänä suoraan teollisuudelle. Suurin tuodun teräsromun käyttäjä on Imatra Steel Oy Ab. Ruostumaton teräs ja osa nikkeliromusta menee Outokumpu Polarit Oy:n käyttöön. Nikkeliromua käyttää myös Outokumpu Harjavalta Metals Oy. Käsittelyä vaativa alumiiniromu menee Kuusakoski Oy:lle. Alumiiniromun tuonnista vähäinen määrä on hyvin puhtaita alumiiniromulaatuja. Ne toimitetaan romuliikkeiden kautta suoraan valmistavalle valimoteollisuudelle.

Romua käyttävä teollisuus ostaa romun suurissa erissä. Jokaiseen tehtaaseen menee tiettyjä ennalta määrättyjä laatuja. Suomessa vain Imatra Steel käyttää raaka-aineenaan yksinomaan rauta- ja teräsromua. Muut tehtaot käyttävät romua malminpohjaisten raaka-aineiden ohella. Merkittävimmät yksittäiset romua käyttävät yritykset Suomessa ovat

- Rautaruukki Steel, Raahen terästehdas (integroitu tehdas, pääraaka-aineet: rautarikaste ja -pelletit, kivihiili sekä rauta- ja teräsromu)
- Imatra Steel Oy Ab, Imatran terästehdas (sähköuuniprosessi, pääraaka-aine: rauta- ja teräsromu)
- Fundia Wire Oy Ab, Koverharin terästehdas (integroitu tehdas, pääraaka-aineet: rautapelletit, kooksi sekä rauta- ja teräsromu)
- Outokumpu Polarit Oy, Tornion jaloterästehdas (integroitu tehdas, jossa myös sähköuuniprosessi, pääraaka-aineet: ferrokromirikaste ja -pelletit, feronikkeli, ruostumaton teräsromu sekä rauta- ja teräsromu)
- Outokumpu Harjavalta Metals Oy, Harjavallan kuparisulatto (integroitu tehdas, pääraaka-aineet: kuparirikaste ja -romu)
- Outokumpu Poricopper Oy, Porin kuparivalimo (sähköuunipohjainen kuparivalimo, pääraaka-aineet: kuparikatodit ja -romu)
- Kuusakoski Oy, Heinolan sekundäärialumiinitehdas (sähköuunipohjainen alumiinisulatto, pääraaka-aine: alumiiniromu)
- Kemira Pigments Oy, Pori

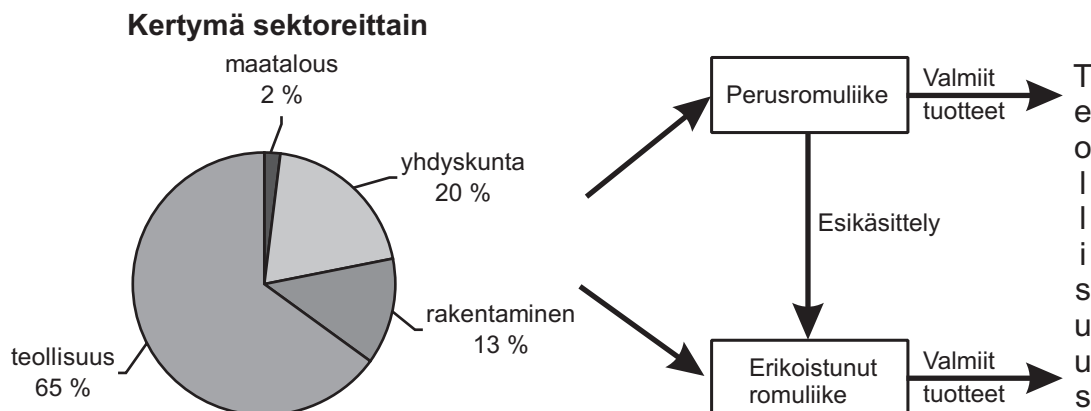
Lisäksi romua käytetään muun muassa valimoissa.

Juutinen ja Mäenpää (1998, s. 19) ovat arvioineet kotimaisen keräysromun kierrätyksen (= keräyksen ja käsittelyn) tuotannon arvoksi noin 330 milj. mk/a 1990-luvun puolivälissä.

4.2 Romuliikkeet ja romutukkuliikkeet

Romuliikkeet voidaan jakaa toiminnallisesti kahteen ryhmään: 1) perusromuliikkeet ja 2) erikoistuneet romuliikkeet. Oman ryhmänsä muodostavat tiettyssä mielessä romutukkuliikkeet.

Perusromuliikkeiden ja erikoistuneiden romuliikkeiden työnjakoa ja asemaa romun kierrätyksessä havainnollistaa kuva 13, jossa esitetty romun keskimääräinen kertymä sektoreittain perustuu liitteessä 4 kuvattavan case-tutkimuksen tuloksiin.



Kuva 13. Perusromuliikkeen ja erikoistuneet romuliikkeen.

Suomessa on noin 250 romuliikettä, joista 80 prosenttia on luokiteltavissa **perusromuliikkeiksi**. Niiden kautta kulkee noin 60 prosenttia Suomessa vuosittain kertyvästä romuvirrasta. Perusromuliikkeen ovat ns. mikroyrityksiä. Niiden liikevaihto on tyypillisesti alle 3 milj. mk/a ja materiaalivirta alle 3 000 t/a. Työntekijöitä yrityksissä on yleensä 4–6. Perusromuliikkeisiin luetaan kuuluviksi myös pelkkää romun keräystoimintaa harjoittavat yritykset.

Jotta romuliikkeen voivat myydä rauta- ja teräsromua OTR:n kautta teollisuuteen, niillä tulee olla ISO 9003 -standardin mukainen laatu järjestelmä. Auditoinnilla hyväksytyt romuliikkeitä on Suomessa noin 230 (Jurva 1998). Kaikki romuliikkeen tarvitsevat toimintaansa varten ympäristöluvan. Lupaviranomainen on alle 10 000 t/a materiaalia käsittelevällä yrityksellä kunta ja tätä suuremmalla yrityksellä alueellinen ympäristökeskus. Noin 80 prosenttia romuliikkeistä on lupavelvollisia kuntaan.

Perusromuliikkeen vastaanottavat (ostavat) kaikkea romua, joka voidaan käyttää niiden omassa tuotannossa tai joka voidaan käyttää muualla prosessoimalla se teollisuuden raaka-aineeksi. Toiminnan lähtökohtana on kerätä pienemmät materiaalivirrat yhteen. Käsittelymenetelmänä perusromuliikkeessä on tavallisesti lajittelu ja polttoleikkaus tai hydraulinen palottelu, jossa eri metallit erotetaan toisistaan ja saatetaan luokituksen mukaiseen kappalekoko. Sivutuotteena syntyy esikäsiteltyä romua, kuten peltiromua ja monimetalliromua, joka toimitetaan erikoistuneelle romuliikkeelle hyödynnettäväksi. Romuliikkeen raaka-ainepohjasta riippuen sen toiminnalle voi olla suurempi merkitys koneiden ja laitteiden osien välityksellä ja esikäsittelyllä kuin varsinaisella tuotannolla. Useimmilla romuliikkeillä on romun käsittelyn lisäksi vähittäismyyntiä suoraan pienkuluttajille.

Romuliikkeen voivat toimittaa luokittelemansa romun joko suoraan romua käyttävälle teollisuuslaitokselle tai siirtää sen eteenpäin romua laajemmalla alueella kokoavalle tukkuliikkeelle. Erityisesti arvokkaampia metalleja romuliikkeen toimittavat myös vientiin. Lisäkäsittelyä vaativa romu, kuten yhdyskunnista syntyvä monimetalliromu sekä autopeltiromu toimitetaan eteenpäin romun rikastus- ja jalostuslaitokselle. Rikastus- eli murskaus- eli paloittamolaitoksia on Suomessa kolme ja jalostuslaitoksia yksi. Nämä ovat kaikki nykyään Kuusakoski Oy:n omistuksessa. Romun rikastuksessa metalliraaka-aineen pitoisuutta nostetaan esim.

murskauksen, seulonnan, tuulierottelun, materiaalien pesun sekä mekaanisten tai kemiallisten erottelutekniikoiden avulla. Jalostuksessa puolestaan metallirikaste sulatetaan ja siihen lisätään haluttuja lisäaineita.

Erikoistuneilla romuliikkeillä on perustoimintojen lisäksi käsittelymenetelminä murskaus, paalaus, briketointi tai kaapeliromun hyödyntäminen (kuorinta tai granulointi). Erikoistuminen on riippuvainen toiminta-alueen raaka-ainepohjasta, jota on täydennetty perusromuliikkeiden esikäsitellyllä romulla. Erikoistuneesta romuliikkeestä tuotteet toimitetaan teollisuuden raaka-aineeksi. Erikoistuneet liikkeet ovat perusromuliikkeitä huomattavasti suurempia yrityksiä, joiden liikevaihto on tyypillisesti yli 10 milj. mk/a ja materiaalivirta yli 10 000 t/a. Työntekijöitä näissä yrityksissä on 10–50.

Romuliikkeiden lisäksi romualalla toimivat **autohajottamot**, jotka poikkeavat ratkaisevasti romuliikkeistä sikäli, että niiden pääasiallisena työnä on romuajoneuvojen purkaminen (jossain määrin korjaaminenkin) ja käyttökelpoisten osien myyminen varaosiksi. Jäljelle jäävä peltiromu joko puristetaan paketeiksi tai toimitetaan murskaamoihin, joissa siitä tehdään autopalaromua (shredderromu). Murskauslaitoksille tulevasta romusta arvioidaan 35–50 prosenttia olevan ajoneuvoromua (Ympäristöministeriö 1989, AEM 1996, ref. Juutinen 1996).

Romutukkuliikkeet kokoavat romua laajemmalla alueella ja toimittavat sitä joko käsittelyn jälkeen tai ilman käsittelyä eteenpäin teollisuuteen. Romutukkuliikkeet voivat olla myös ns. laskutuskeskuksia, jotka eivät fyysisesti käsittele materiaalia, vaan keräävät ostosopimuksia ja välittävät sopimuksia romuliikkeiden ja teollisuuden välillä; tällaisia tukkuliikkeitä on Suomessa kolme (kuvat 11 ja 12).

5

Romun kierrätyksen ympäristökuormitus

5.1 Johdanto

Ympäristölle haitallisia päästöjä voi romun kierrätyksessä syntyä sen keräyksestä, kuljetuksista, esikäsittelystä ja jalostuksesta sekä romun käytöstä raaka-aineena teollisuuden prosesseissa. Seuraavassa tarkastellaan näitä erilaisia päästöjä mainittujen "elinkaarivaiheiden" mukaan. Tarkastelun kvantitatiivinen perusaineisto on pääasiassa peräisin tämän tutkimuksen osana tehdystä, luvussa 5.2 pääpiirteittäin ja liitteessä 4 tarkemmin kuvatussa case-tutkimuksesta. Myös suuri osa tämän luvun kvalitatiivisesta arvioinnista perustuu mainitusta case-tutkimuksesta saatuun näkemykseen.

Kvantitatiiviset arviot pystytään esittämään romun keräyskuljetuksista, romuliikkeissä tapahtuvasta käsittelystä ja romun jatkokuljetuksista ilmaan joutuville päästöille. Muiden kuormitustekijöiden käsittely jää pääasiassa kvalitatiiviselle tasolle. Kvantifioinneissa tarkastelu on pyritty ulottamaan elinkaariajattelun mukaisesti ketjun alkuun asti. Laskelmiin on mahdollisuuksien mukaan sisällytetty sekä välittömät (itse toiminnasta syntyvät) että välilliset (esimerkiksi toiminnassa tarvittavien raaka-aineiden ja energian tuotannossa syntyvät) päästöt. Ympäristökuormitusta laskettaessa on käytetty luvussa 2 esitettyjä romun käyttömääriä vuodelta 1995 sekä arviota romun käyttömääristä vuonna 2010.

Liitteessä 4 kuvattavan case-tutkimuksen aineiston ohella tämän luvun ilmapäästöarvioiden perustana olevien päästökertoimien laskennassa on käytetty hyväksi Kuusakoski Oy:n Heinolan tehtaan kahden romunkäsittely-yksikön (rauta-romu ja auto- ja peltiromu, yhteensä noin 80 000 t/a) tietoja. Ominaispäästöjen laskentamenettelyä selostetaan tarkemmin liitteessä 5.

5.2 Case-tutkimus romun keräyksestä ja käsittelystä

Romun keräyksen ja kuljetusten ja sen romuliikkeissä tapahtuvan käsittelyn aiheuttaman ympäristökuormituksen arvioinnissa tarvittavan perusaineiston hankkimiseksi tehtiin huhtikuussa 1998 kenttäkäynnit viiteen romuliikkeeseen (ks. tarkemmin liite 4). Case-yritykset valittiin siten, että niiden avulla voitiin muodostaa käsitys romun keräyksen ja kuljetusten sekä sen esikäsittelyn ja jalostuksen ympäristövaikutuksista. Valintakriteereitä olivat yrityksen koko, käsiteltävän materiaalin kertyminen ja laatu sekä materiaalin käsittelytavat.

Tutkimuksen eri case-yrityksissä käsiteltävä materiaali virtaa on 1 000–60 000 t/a ja työntekijämäärä 5–45 henkilöä. Case-yrityksissä käsitellään vuosittain yhteensä noin 140 000 tonnia romua, mikä vastaa 20–25 prosenttia Suomessa kerättävän romun määrästä.

Case-yrityksiin tehdyillä käynneillä haastateltiin niiden johtoa ja muita toiminnasta vastaavia, kerättiin yrityksiä koskevaa taustamateriaalia sekä arvioitiin paikan päällä niiden havaittavissa olevia tai potentiaalisia ympäristövaikutuksia. Kenttäkäyntien lisäksi yrityksissä järjestettiin kesäkuun 1998 ensimmäisellä viikolla (1.–5.6.1998) yritysten itsensä toteuttamat ja Suomen Romukauppiain Liiton toiminnanjohtajan koordinoimat seurannat, joissa kerättiin aineisto seuraavista muuttujista:

- romuliikkeisiin tuleva romu
 - tulevan romun määrä
 - tulevan romun syntypaikat
 - tulevan romun jakauma metalleittain
 - tulevan romun kuljetustavat
- romun käsittely (hyödyntäminen) romuliikkeissä
 - romun käsittely (hyödyntäminen) eri menetelmillä
- romuliikkeistä lähtevä romu (romuliikkeen tuote)
 - lähtevän romun määrä
 - lähtevän romun ostajat
 - lähtevän romun jakauma metalleittain
 - lähtevän romun kuljetustavat

Kahdesta case-yrityksestä (yhteensä kolmesta toimipisteestä) koottiin lisäksi vuositason tietoa energian ja raaka-aineiden kulutuksesta romun eri käsittelymenetelmissä.

Kesäkuun ensimmäinen viikko kuvaa suhteellisen hyvin koko vuoden keskimääräistä romun kertymistä ja käsittelyä, jolloin sen tulosten pohjalta on mahdollista tehdä ainakin karkeita yleistyksiä.

Case-yritysseurantojen kvantitatiiviset tulokset esitetään liitteessä 4.

5.3 Romun keräys ja kuljetukset romuliikkeisiin

Keräilyvaiheessa romusta voi päästä haitallisia aineita ympäristöön, jos sen pinta vaurioituu, sillä pintakäsittelyyn käytettyjä aineita (maalit, galvanoinnit) voi tällöin irrota ja levitä pölynä maahan tai huuhtoutua sadeveden mukana viemäriin. Myös tuotteiden sisältämät kaasut tai nesteet (esimerkiksi jäähdytysaineet ja öljyt) voivat tuotteen vaurioitumisen myötä vapautua ilmaan, maaperään, viemäriin tai vesistöihin. Edellä kuvatut päästöt ovat kuitenkin marginaalisia eikä niitä pystytä kvantifioimaan.

Romun keräys kuormittaakin ympäristöä lähinnä kuljetusten kautta. Keräykseen liittyvät liikenteen yleiset haitat: päästöt, melu ja ruuhkat. Tiheästi asutuilla alueilla haitat korostuvat. Romun keräilyvaiheessa energiaa ja raaka-aineita kuluu keräilykalustona käytettävien ajoneuvojen polttoaineen muodossa. Päästöjä syntyy polttoaineiden palamisen synnyttämienä savukaasuina. Keräilyvaiheessa kuormat ovat vajaita ja etäisyydet voivat olla pitkiä, joten kuljetettua materiaalmäärää kohti päästöt ovat suuria.

5.3.1 Päästöt ilmaan

Liitteen 4 luvussa 2.4 on laskettu case-tutkimuksen tulosten avulla metalleittain ja kuljetustavoittain romuliikkeisiin tulevan romun keräyksen, eli keräyskuljetusten, keskimääräiset polttoaineiden kulutukset ja välittömät päästöt ilmaan kerättyä ja kuljetettua romutonnin kohti. Kun näihin päästöihin lisätään polttoaineiden valmistuksessa syntyvät välilliset päästöt, saadaan keräyskuljetuksille lukuun 5.9 kuuluvassa taulukossa 20 ja kuvassa 15 esitettävät ominaispäästökertoimet.

5.4 Romun käsittely romuliikkeissä

5.4.1 Käsittelymenetelmät ja tuotteet

Romuliikkeissä romu käsitellään teollisuudelle sopivaan muotoon. Romu tunnistetaan ja käsitellään sen jälkeen tarvittavaan muotoon ja lajitellaan yli 60 luokkaan. Metallien tunnistaminen perustuu lähinnä magneettiseen testaukseen ja silmämääräiseen arvioon sekä tietoon siitä, mitä materiaalia on käytetty eri metallituotteissa.

Romua esikäsittelyä yritysten tuotteita ovat eri romuluokkiin lajitellut romut. Näin ollen romun käsittelyn voidaan katsoa olevan romun hyödyntämistä raaka-aineena lopullisten tuotteiden eli romuluokkien valmistuksessa, ja romuliiketoiminnassa puhutaankin hyödyntämisestä. Tässä raportissa käytetään kuitenkin romuliikkeissä tapahtuvasta, romuluokkiin johtavasta toiminnasta termiä esikäsittely tai käsittely. Romuluokituksen pääjako on metallisisällön mukaan rauta- ja teräsromu, ruostumatonta teräsromu sekä ei-rautametallit (alumiini, kupari, sinkki jne.). Tärkeimpiä romuluokkia, niiden syntyä paikkoja ja käsittelytapaa esittää taulukko 17.

Romuliikkeen päätuotteena syntyy rauta- ja teräsromuluokkaan A1 (puhdas, ei-murskattu) kuuluvaa romua. Ruostumatonta teräsromua ja ei-rautametalleja on tonnimääräisesti vähemmän, mutta ne ovat painoonsa nähden huomattavasti arvokkaampia kuin rauta- ja teräsromu. Case-tutkimuksen yrityksistä seuranta-jaksolla asiakkaille lähtevän romun ja tuotteen määrä jakautui metallien kesken seuraavasti:

• teräs	87,8 %
• RST/HK	3,6 %
• alumiini	1,2 %
• kupari	0,8 %
• messinki	0,4 %
• muu romu (ml. monimetalliromu)	6,2 %

Romun tyypillistä esikäsittelyä ovat lajittelu, purku, paloittelu, puristaminen ja murskaaminen. Lajittelua ja purkua voidaan tehdä käsin tuotteille ja materiaaleille, joiden arvo on merkittävä (joko tuote itse voidaan myydä eteenpäin sellaisenaan käytettäväksi tai sen sisältämä materiaali on harvinaista tai sen valmistus kuluttaa runsaasti energiaa, kuten alumiinin, nikkelin, kuparin ja ruostumatonta teräksen). Paloittelemalla (hydraulinen leikkuri tai polttoleikkaus) pienennetään suuria metallikappaleita niiden edelleen käsittelyn ja kuljetuksen helpottamiseksi. Paloittelun jälkeen tuotteet yleensä toimitetaan suoraan romua käyttävälle tehtaalle. Puristusta (paalaus, briketöinti) käytetään epähomogeenisten, tilaa vievien esineiden, kuten autojen ja sorvilastujen, tilavuuden pienentämiseen. Täten helpotetaan niiden kuljetusta jatkokäsittelyyn.

Murskauslaitoksissa epähomogeeninen romu paloittelallaan pieniin osiin, jotka voidaan lajitella mekaanisilla menetelmillä (ballistinen erottelu, magneettinen erottelu) tai neste-erottelulla. Murskaimesta ulos tulevia materiaalivirtoja ovat magneettinen metallifraktio, ei-magneettinen metallifraktio (sekoitus kupari-, alumiini- ja sinkkiseoksista) ja pöly (sisältää muoveja, eristemateriaaleja, maata jne.). Magneettinen fraktio lähetetään romua käyttävälle terästehtaalle. Ei-magneettinen fraktio voidaan lajitella edelleen manuaalisesti tai neste-erottelulla ja ohjata romua käyttävälle metallitehtaalle uudelleensulatukseen (alumiini) tai sähkökemialliseen erotukseen (kupari) tai myydä manuaalisesti lajiteltavaksi muualle.

Taulukko 17. Tuotteita ja romun käsittelytapoja romuliiketoiminnassa. Tuoteluokittelu toimialalla käytettävän luokituksen mukainen. Teräsromuluokkien laatuvaatimukset liitteessä 3.

Tuote	Romua synnyttävä toiminto					Romun käsittelytapa					
	Teollisuus	Maa- talous	Rakenta- minen	Energia- huolto	Yhdys- kunta	Lajittelu	Poltto- leikkaus	Hydraulinen leikkuri	Paalaus	Murskaus	Muu
AI/SG ¹	•										
Eri AI/SG	•										
A6 PAK/SG	•								•		
A6	•					•					
A7 PAK/K	•								•		
Sorvilastu A4	•									•	Bri ⁶
Valurauta no 6	•									•	Bri
Tinapelti	•								•		
A1		•	•	•		•	•	•			
Eri A1/60	•		•					•	•		
A5		•	•			•					•
A5/PAK		•	•			•			•		
B1	•	•	•	•	•	•	•	•			
A7/K	•					•					
Nippulanka			•					•	•		
Valu 2A	•	•	•		•	•		•			•
CRK ²		•	•		•	•	•	•			
RST > 3mm ³	•	•	•		•		•	•			
RST ohutlevy	•	•	•		•	•			•		
RST lastut	•									•	Bri
HK > 3mm ⁴	•	•	•			•	•	•			
HK ohutlevy	•	•	•			•			•		
HK lastut	•									•	Bri
Kupari A1-A3 ⁵	•		•			•		•			
Kupari A4	•										
Kupari A5-A6	•		•			•		•			
Kupari B1-B2			•			•		•	•		
Messinki D1-D3	•					•					
Messinki D4-D7					•	•					
Messinki E1, E2, E4, E6			•		•	•		•			
Messinkilastut E3, E5, E7	•										Bri
Alumiini, vanha			•		•	•		•	•	•	
Alumiini, uusi	•		•			•		•	•		
Valualumiini	•				•						•
Alumiinilastut	•										Bri

¹ SG=pallografiittivalurauta (sferoidized graphite)

² CRK=Outokumpu Polarit Oy:n oma rautaromuluokka

³ RST=ruostumaton teräs

⁴ HK=haponkestävä teräs

⁵ Kupari A1-A6, Outokumpu Oy:n luokitus

⁶ Bri=briketöinti

Eri käsittelymenetelmien käyttö vaihtelee yrityksissä riippuen niiden koosta ja erikoistumisesta (ostettavan ja myytävän romun laatu). Tutkimuksen case-yrityksissä esimerkiksi oli seurantajaksolla havaittavissa seuraava, varsin suuri vaihtelu käsittelyn jakautumisessa eri menetelmien kesken (laskettuna käsitellyn romun kokonaismäärästä):

- lajittelu/varastointi 7,1–76,0 %
- paloittelu 1,7–56,1 %
- paalaus 1,0–17,1 %
- lajittelu/paloittelu 0–29,5 %
- murskaus 0–88,4 %
- briketöinti 0–31,8 %

5.4.2 Energian ja raaka-aineiden käyttö

Energiaa ja raaka-aineita, lähinnä polttonesteitä, kuluu romun käsittelyssä pääasiassa työkoneiden (nosturi, trukki, leikkuri, paalain, briketöintilaitos, murskain, erottelulaite jne.) käytössä. Työkoneet ja romujen siirtoon tarvittavat ajoneuvot käyttävät energian lähteenä polttoaineita tai sähköä. Polttoleikkauksessa käytetään happi-asetyleenikaasuseosta. Lisäksi työkoneissa tarvitaan muun muassa hydrauliiikka- ja voiteluöljyjä.

Case-tutkimuksen tulosten mukaan (ks. tarkemmin liitteen 4 luku 3.2) romuliikkeissä käsiteltyä romutonnaa kohti käytetään keskimäärin seuraava määrä energiaa ja polttoaineita:

- sähkö 26,6 kWh/t
- polttoöljy 3,1 l/t
- happikaasu 3,6 kg/t
- nestekaasu 0,4 kg/t

5.4.3 Päästöt maaperään, vesiin ja ilmaan

Romusta voi esikäsitellyssä syntyä päästöjä sekä maaperään, vesiin että ilmaan. Lisäksi haitallisia aineita voi jäädä tuotteisiin, joita käsittelyprosessissa valmistetaan. Ilmapäästöjä lukuun ottamatta näitä päästöjä ei kuitenkaan pystytä kvantifioimaan eikä niitä nykyisen ympäristölupamenettelyn (ks. luku 5.5) aikana voida pitääkään merkittävänä. Seuraava tarkastelu onkin – ilmaan joutuvat päästöt pois lukien – kvalitatiivinen ja käsittelee lähinnä potentiaalisia päästöjä ja vaikutuksia.

Romun varastoinnissa voi syntyä päästöjä, jos romujen sisältämät kaasut tai nesteet vapautuvat sopimattoman käsittelyn seurauksena. Happpoja sisältäviä akkuja käsiteltäessä voivat happojen vuodot aiheuttaa vakaviakin ympäristöhaittoja maaperän ja jopa pohjaveden saastumisen myötä. Avopihalla romusta voi varastoinnin aikana ruostumisen seurauksena irrota aineita ja esimerkiksi pieniä metallikappaleita voi hautautua päällystämättömälle varastointikentälle.

Vanhoilla romupiha-alueilla on havaittu maassa kohonneita lyijy- ja PCB-pitoisuuksia sekä öljyä ja PAH-yhdisteitä. Öljyä on voinut päästä maaperään öljyisten romujen käsittelyssä ja romupihoilla käytettävien hydraulisten laitteiden vaurioiden yhteydessä. PCB- ja PAH-yhdisteitä on päässyt maaperään muuntajien varastoinnista sekä aiemmin yleisesti harjoitetusta kaapeleiden poltosta. Nykyään kaapeleita käsitellään mekaanisesti (Juuti 1991). Saastuneiden maa-alueiden kartoituksissa (Puolanne ym. 1994, päivitys Haavisto ja Pyy 1999) on löydetty 545 romuliiketoiminnan käytössä ollutta aluetta. Ensimmäisessä kartoituksessa oli 22

alueella joko todettu saastumista metalleilla (muun muassa lyijyllä ja kuparilla) tai öljyllä tai niistä aiheutui ympäristöhaittaa tai terveysvaaraa. Noin 100 alueella näiden lisäksi lähes varmasti tiedettiin päässeen haitallisia aineita maaperään.

Romun varastointiin käytettävät maa-alueet on yleensä kaavoituksessa varattu teollisuus- tai jätteiden hyötykäyttöominnalle. Ympäristölupamenettelyllä on ollut erittäin suuri merkitys romupihojen maaperän saastumisen estämisessä. Romuliikkeistä syntyviä metalli- ja öljypäästöjä maaperään ehkäistään myös niiden omilla vastaanottoehdoilla, jotka kieltävät ongelmajätteitä sisältävien romujen tuonnin liikkeeseen.

Vesien mukana ei nykyisen ympäristölupamenettelyn aikana romuliiketoiminnasta haitallisia aineita juurikaan joudu vesistöihin.

Romun polttoleikkauksessa syntyy hienopölypäästöjä ja muita käryjä, jotka ovat lähinnä työsuojelullisia ongelmia. Polttoleikkauksessa voi myös syntyä helposti höyrystyvien metallien, kuten lyijyn, päästöjä ilmaan. Pinnoitettujen peltien polttoleikkausta on joidenkin romuliikkeiden ympäristölupakäsittelyssä pyritty rajaamaan vain sellaisille kiinteistöille, jotka sijaitsevat yli 200 metrin etäisyydellä asutuksesta. Rajoitukset ovat perustuneet olettamuksiin polttoleikkauksessa syntyvien päästöjen laadusta ja leviämisestä (Uusitalo 1998).

Romun puristamisessa vapautuu kaasuja ja nesteitä, jos niitä edelleen on tuotteissa jäljellä. Tässä vaiheessa myös pinnoitteesta voi irrota palasia. Murskaus saa aikaan ilmapäästöjä vaihtelevasti riippuen puhdistuslaitteiden tehokkuudesta. Myllyssä vallitsevat lämpötilat voivat edesauttaa monimutkaisten orgaanisten yhdisteiden, kuten dioksiinien muodostumista sellaisissa tapauksissa, joissa niiden syntymiseen tarvittavat kemialliset ainesosat ovat läsnä.

Ainoa jollain tarkkuudella kvantifioitavissa oleva romun esikäsittelyn ympäristöhaitta ovat päästöt ilmaan, jotka aiheutuvat työkoneiden ja ajoneuvojen käytöstä. Välittömiä päästötietoja on käytettävissä vain polttoöljyn käytöstä. Muilta osin tarkastellaan välillisiä päästöjä, jotka syntyvät, kun romun käsittelyssä tarvittavat raaka-aineet (polttoöljy, nestekaasu ja happikaasu) sekä sähkö valmistetaan. Kun käytetään liitteen 4 luvussa 3.2 laskettuja ominaispäästöjä sekä Kuusakoski Oy:n elinkaari-inventaariotiedoista laskettuja ominaispäästöjä (vrt. liite 5), saadaan romun esikäsittelyvaiheelle luvun 5.9 taulukossa 20 ja kuvassa 15 esitetyt ominaispäästökertoimet.

5.4.4 Jätteet

Liitteessä 4 käsiteltävissä tutkimuksen case-yrityksissä tarvitaan 137 000 romutuotetonnin tuottamiseen 142 000 tonnia raaka-aineromua eli tässä vaiheessa poistuma on noin neljä prosenttia (vrt. liitteen 2 tarkastelut, joissa vastaavana hävikkinä on laskennallisesti viisi prosenttia).

Romun käsittelyn jätemäärät ovat vähäisiä. Tosin eri toimintojen väliset erot ovat huomattavat – etenkin romujen murskauksessa syntyy runsaasti murskausjätettä. Murskauslaitoksella jätteen määrä on jopa 8 prosenttia laitokselle tulevan materiaalin määrästä (eli noin 80 kg / murskattu tuotetonne). Valtaosa tästä on ns. murskauksen kevyttä jätettä, joka sisältää pääasiassa muovia, kumia, puuta ja muuta vastaavaa fraktiota. Murskauksen yhtenä lopputuotteena olevasta ei-magneettisesta jakeesta 70 prosenttia on ei-metalleja eli jätettä. Kaapeliromun granulointi tuottaa runsaasti jätettä. Kaapeliromua käsittelevällä laitoksella (näitä ei ollut mukana case-yrityksissä) syntyy pääasiassa muovia sisältävää jätettä peräti noin 500 kg granulointua tonnia kohti.

Hyödyntämisprosesseissa syntyvien jätejakeiden raskasmetallisisältö voi joissain tapauksissa olla liian korkea sijoitettavaksi tavanomaisen jätteen kaatopaikalle (AEM 1994).

Jalometallien liuotus- ja elektrolyyttisissä talteenottoprosesseissa muodostuu komponentti- ja piirikorttijätettä sekä mahdollisesti jättevettä. Piirikortit toimitetaan yleensä kaatopaikalle. Jätevesi johdetaan käsiteltynä kunnalliseen viemäriverkostoon. (AEM 1994)

Lajittelua, paloittelua ja puristusta harjoittavissa romuliikkeissä kiinteää jätettä syntyy < 1–3 prosenttia tuotetusta romumäärästä (jalostetusta romusta). Keskimäärin tutkimuksen case-yrityksissä syntyi käsiteltyä materiaalitonnia kohti

yhdyskuntajätettä	8,5 kg/t (vaihteluväli 0,2–33 kg/t)
puujätettä	1 kg/t (vaihteluväli 0,07–0,7 kg/t)
jäteöljyä	0,11/t (vaihteluväli 0,02–0,1 l/t).

5.4.5 Meluhaitat

Romun esikäsitelyssä ympäristön kannalta haitallista melua aiheuttavat romun siirtely ja käsittely romupihalla sekä romun kuljetukset alueelle ja sieltä pois. Melua aiheuttavia käsittelylaitteita ovat erityisesti leikkurit ja paalaimet. Tutkimuksen case-yritysten ei ole mittauksissa havaittu aiheuttavan ympäristöä häiritsevää melua. Melu voi kuitenkin joillain romupihoilla Suomessa olla ongelma.

5.5 Romun keräyksen ja käsittelyn ympäristöluvitusten vaikutukset

Romuliikkeet ovat jätelupavelvollisia, koska jätteen laitos- tai ammattimaiseen hyödyntämiseen ja käsittelyyn on oltava jätelupa. Jätelupaa koskeva hakemus käsitellään ympäristölupamenettelylaissa säädetyssä järjestyksessä (JäteL 42 §). Romuliike on myös terveydensuojeluasetuksen 1 §:n 12 kohdan mukainen laitos, jolla on oltava terveydensuojelulain 9 §:n mukainen sijoituslupa.

Alle 10 000 tonnia vuodessa romua käsittelevän yrityksen ympäristölupaviranomainen on kaupunki tai kunta. Tätä suurempien yritysten ympäristöluvan käsittelee alueellinen ympäristökeskus. (Case-tutkimuksen romuliikkeistä kolme on lupavelvollisia kunnalle ja kaksi alueelliselle ympäristökeskukselle.) Ympäristöluvissa romuliikkeet on velvoitettu muun muassa tulevien ja lähtevien materiaalivirtojen kirjanpitoon sekä ongelmajätteiden asianmukaisen säilytyksen ja käsittelyn varmistamiseen.

Maaperän saastumisen ennaltaehkäisyyn velvoitetaan muun muassa käsittelyalueiden päällystämällä, öljyisten ja ongelmajätteitä sisältävien romujen käsittelyn kieltämisellä päällystämättömällä alueella sekä varautumisella onnettomuus- ja vahinkotapausten hoitamiseen imeytysaineen avulla. Romuliikkeistä aiheutuva maaperän saastuminen saadaan nykyään tehokkaasti estetyksi ympäristölupamenettelyllä.

Vesipäästöjen rajoittamiseksi romuliikkeiden ympäristöluvissa vaaditaan ainakin alueelta huuhtoutuvien vesien johtamista öljynerotuskaivon kautta viemäriin tai muualle. Myös käsittelyalueiden asfaltoinnilla ja näiden alueiden vesien kokoamisella erikseen ehkäistään vesipäästöjen muodostumista. Jos yritys käsittelee öljyisiä romuja (kuten sorvilastuja), vaaditaan varastoinnille ja käsittelylle katettua, asfaltoitua ja öljynerotuskaivolla varustettua aluetta.

Ilmapäästöjen rajoittaminen tulee yleensä kysymykseen vain murskainlaitoksen tapauksessa. Yhdessä tutkimuksen case-yrityksistä murskaimessa syntyvät kaasut on edellytetty puhdistettavaksi pesurilla; pesurilta syntyvät jätevedet käsitellään laitosalueella ja liete viedään kaatopaikalle.

Romuliikkeissä syntyvän melun häiritsevyyttä on luvissa ehkäisty sijoittamalla toiminta alueelle, jossa melutaso ei tämän toiminnan johdosta nouse, rajoittamalla laitosten toiminta-aikaa arkipäiviin ja päiväsaikaan sekä joissain tapauksissa vaatimalla rakennettavaksi meluvalleja tai muita suojarakenteita.

Yhteenvedona on todettavissa, että nykyisen ympäristölupamenettelyn ansiosta romun käsittelyn välittömät ympäristöhaitat ovat vähäiset. Romupiha voi kuitenkin olla esteettinen haitta ja myös melu voi joissain tapauksissa olla ongelma.

5.6 Romuliikkeistä lähtevät jatkokuljetukset romun loppukäyttäjille

Romuliikkeistä esikäsitelty ja luokiteltu romu kuljetetaan romun loppukäyttäjille. Näissä jatkokuljetuksissa energiaa ja raaka-aineita kuluu, kuten keräyskuljetuksissa, kuljetuskalustona käytettävien kuljetusvälineiden polttoaineena tai sähköinä. Päästöjä syntyy polttoaineiden palamisen synnyttämienä savukaasuina sekä polttoaineiden ja sähkön valmistamisen aiheuttamina päästöinä. Romun jatkokuljetukset poikkeavat romun keräyskuljetuksista siten, että kuormat ovat painavampia, kuljetustehokkuus on parempi ja kuljetuskalustona käytetään isompia ajoneuvoja sekä myös rautatie(- ja laiva)kalustoa (ks. liite 4, luku 4.3).

Romun jatkokuljetusten osalta case-tutkimuksen seuranta-aineistoa on täydennetty kokoamalla vuodelta 1996 kattava aineisto kotimaisen romun kaikista jatkokuljetuksista. Romua käyttäviltä tehtailta sekä teräs- ja rautaromun suurimmalta välittäjältä OTR:lta koottiin tiedot romun jatkokuljetusten romumääristä, kuljetusetäisyyksistä ja kuljetustavoista.

5.6.1 Päästöt ilmaan

Vuodelta 1996 koottujen jatkokuljetuksia koskevien tietojen pohjalta laskettiin jatkokuljetusten ominaispäästökertoimet (sisältävät välilliset ja välittömät päästöt) metalleittain sekä keskimääräistä romutonnia kohti (luvun 5.9 taulukko 20 ja kuva 15).

5.7 Romun tuonti

Suomeen tuodaan romua tarpeen mukaan lähinnä Venäjältä tai muualta Euroopasta. Tässä tarkastelussa tuontiromun ympäristökuormitus lasketaan vain kuljetuksista. Tiedot kuljetuksista koottiin samalla tavalla kuin luvussa 5.6 kotimaisen romun jatkokuljetusten osalta on kuvattu. Tuontikuljetuksiin sisältyy myös Suomen rajojen ulkopuolella tapahtuva kuljetus.

5.7.1 Päästöt ilmaan

Vuonna 1996 kuljetettuja romumääriä, kuljetusetäisyyksiä ja kuljetusmuotoja koskevan aineiston avulla laskettiin välilliset ja välittömät päästöt sisältävät ominaispäästökertoimien arvot tuontiromun kuljetuksille (taulukko 18). Kertomalla ne vuonna 1995 Suomeen tuoduilla ja vuonna 2010 tuotavaksi arvioiduilla romumäärillä saadaan arvio tuontiromun aiheuttamista päästöistä ilmaan (taulukko 18).

Taulukko 18. Romun tuonnin ilmapäästöjen ominaiskertoimet ja päästöt ilmaan vuosina 1995 ja 2010.¹ Romun tuontimäärät luvun 2 mukaisia (285 500 tonnia v. 1995 ja 497 000 tonnia v. 2010).

Päästökomponentti	Ominaispäästökertoimen kg/romutonni	Päästö ilmaan (kg/a)	
		v. 1995	v. 2010
CO ₂	18,4	5260000	9160000
CH ₄	0,000688	196	341
N ₂ O	0,000240	68	118
SO ₂	0,110	31400	54700
NO _x	0,417	119000	207000
CO	0,0510	14600	25300
HC	0,0421	12000	20900
Hiukkaset	0,0159	4500	7900

¹ Välittömät ja välilliset päästöt

5.8 Romun epäpuhtaudet

5.8.1 Epäpuhtauksien lähteet ja käyttäytyminen

Romun epäpuhtaudet, vierasaineet, voivat olla muita metalleja – jotka kadmiumia lukuun ottamatta ovat romumetalleja itsekin – tai orgaanisia aineita ja yhdisteitä (Hansen 1998). Romun vierasaineiden sekä absoluuttiset että suhteelliset määrät ovat sinänsä pääsääntöisesti pieniä, mutta niiden vaikutukset voivat romua raaka-aineena käytettäessä silti olla merkittäviä.

Epäpuhtaus voi esiintyä a) itse romumetallissa tai b) romun mukana erillään olevina vieraina kappaleina tai materiaaleina.

Metallissa itsessään olevat seosaineet ja epäpuhtaudet ovat joko metallifaasisissa liuenneina alkuaineina tai esimerkiksi teräksen (tai raudan) rakenteessa erilisinä oksidi-, sulfidi-, karbidi- ja muina sulkeumina. Metalliseoksissa esiintyy metalleja myös tarkoituksellisesti lisättyinä. Esimerkiksi lyijyä on käytetty seosaineena messingissä ja teräksessä materiaalin työstettävyyden parantamiseksi (Hedemalm 1994). Työhygienisistä syistä lyijyä ei kuitenkaan ole enää pariin kymmeneen vuoteen lisätty teräksiin länsimaissa ja Japanissa.

Romun mukana kulkeutuvat vieraat kappaleet ja materiaalit voivat olla joko

- (i) irrallaan romun seassa
- (ii) sulkeutuneena tai tarrautuneena romuun
- (iii) tiukasti, pysyvästi kiinnittyneenä romuun, mutta kuitenkin eri faasina.

Irrallisia muita materiaaleja voivat olla esimerkiksi toista metallia olevat kappaleet ja esineet, maa-ainekset, rakennusaineet (multa, sora, kivet, betoni, lasi, puu), pakkausmateriaalit, lumi ja jäänkappaleet.

Tarrautuneena romuun tai romun pinnoilla tai sulkeutuneena romukappaleissa oleviin suljettuihin tiloihin voi olla öljyjä ja muita nesteitä (ml. vesi nesteinä, huurteena/jäänä) tai jäänteitä pinnoilla kuivuneista nesteistä ja liuoksista (ml. merivesi, likavedet) sekä yleensä erilaista, epämääräistä likaa.

Aivan oman ryhmänsä – ja omat ongelmansa – muodostavat romumetallissa kiinni olevat toiset metallit tai muut aineet, erityisesti erilaiset pinnoitteet (sinkitys, kromaus, tinaus, muovipinnoitteet, maalit) sekä yhteen liitetyt, eri materiaaleja olevat kappaleet, laitteet, esineet ja osat.

Metallipigmenttejä, esim. kadmium- tai lyijypigmenttiä sisältäviä maaleja käytetään erityisesti silloin, kun maalattava pinta joutuu vaativiin olosuhteisiin. Pinnoitteet poistuvat romusta lähinnä hilseilemällä eri käsittelyvaiheiden aikana.

Muoviset pakkaukset ja osat muodostavat haitallisten aineiden lähteen romuun. Muoveissa käytetään metalleja ja orgaanisia yhdisteitä erilaisina lisäaineina kuten pigmentteinä (yleisimmät metalli-ionit ovat titaani, sinkki, rauta, kromi ja lyijy), stabilisaattoreina (muun muassa lyijy ja organotinayhdisteet) sekä pehmittiminä (yleisin on dietyyliheksyyliiftalaatti, DEHP). (Kemikalieinspektionen 1995)

Esikäsiteltyyn romuun jää etenkin pienissä elektroniikkatuotteissa esiintyviä haitallisia aineita, joita on vaikea poistaa laitteiden suuren lukumäärän takia (AEM 1994). Elektroniikka- ja sähkölaitteissa käytettävät muovit sisältävät palosuoja-aineina muun muassa bromiyhdisteitä, kuten TBBA ja PBDE (SETELI 1995). PVC-muoviset kaapelit sisältävät palosuoja-aineina ja pehmittiminä klooriparafiineja (Hedemalm ym. 1994, Bergendahl ja Hedemalm 1994, ref. SETELI 1995).

Ladattavien pienkoneiden akut sisältävät muun muassa nikkeliä ja kadmiumia. Elektroniikkaromussa esiintyy lisäksi lukuisia erityisaineita: seleeniä kirjoittimien, kopiokoneiden sekä telefax-laitteiden kuvarummuissa ja fluoresoivia yhdisteitä kuvaruuduissa ja -putkissa (AEM 1994). Kuvaputkissa esiintyy lyijyä ja erityisesti vanhojen laitteiden kytkimissä elohopeaa. Nestekidenäyttöjen sisältämät nesteet voivat koostua yli 2 000 yhdisteestä (Hedemalm ym. 1994). Metallin jatkokäsittelylaitoksilla nämä elektroniikasta romuun jäävät haitta-aineet voivat aiheuttaa päästöjä tai jäädä romusta valmistettuihin tuotteisiin.

Orgaaniset epäpuhtaudet ovat yleensä mukana vain yhdessä romun kierrossa, mutta metallit voivat esiintyä useassa. Eri metallit käyttäytyvät kuitenkin eri tavalla. Alumiinista tai teräksestä valmistetun tuotteen ikä on yleensä 10–50 vuotta. Jokaisella kiertokerralla voidaan olettaa poistuvan noin 10 prosenttia materiaalista (esim. likaisuuden takia). Alumiini- ja teräsromussa esiintyvät metallit voivat taten pysyä kierrossa jopa 500 vuotta olettaen, että nykyinen käytäntö metallien käytössä ja käsittelyssä säilyy. Luonnonvarojen käytön tehostamisen toteutuessa ne todennäköisesti pysyvät kierrossa vielä pidempään (Hansen 1998).

5.8.2 Epäpuhtauksien negatiiviset vaikutukset ja niiden estäminen

Romun laadulla, sen epäpuhtauksilla ja vierasaineilla, voi olla monenlaisia vaikutuksia. Esimerkiksi teräksen valmistuksessa ne vaikuttavat valmistettavien terästen valintaan ja terästen laatuun, tarvittaviin raaka-, apu- ja lisäaineisiin, energiatarpeisiin, sivutuotteisiin, prosessien valintaan, työympäristöön (työsuojelu, työhygienia, työterveys) sekä syntyviin päästöihin ja jätteisiin. Lisäksi niillä on vaikutusta investointi- ja käyttökustannuksiin, toiminnan kannattavuuteen, romusta valmistetun teräksen hintaan ja kilpailukykyyn. Taulukossa 19 käsitellään esimerkinomaisesti romun epäpuhtausmetallien pitoisuuden lisääntymisen vaikutusta terästen joihinkin laatuominaisuuksiin.

Taulukko 19. Romun epäpuhtausmetallien pitoisuuden lisääntymisen vaikutus terästen laatuominaisuuksiin (Stephensonin 1983, s. 348, mukaan). + = vahvistaa ominaisuutta, - = heikentää ominaisuutta, 0 = ei vaikutusta.

Ominaisuus	Alkuaine					
	Cu	Ni	Cr	Mo	Sn	Sb
Lujuus ja kovuus	+	+	+,-	+	+	+
Sitkeys	-	+,-	+,-	-	-	-
Muokkauslujittuminen, n	-	-	0,-	-	-	-
Muokkaussuhde, r	+,-	0	0,-		0	
Iskulujuus	+	+	0	-	0,-	
Karkenevuus ¹	+	+	+	+	+0	+0
Hitsattavuus	-	-	-	-		
Korroosionkestävyys	+	+	+	+	+	
Kuumahauraus ²					+	+

¹ Karkenevuus lisääntyy, mutta karkenevuuden lisäys voi olla haitallistakin terästyypistä ja käyttötarkoituksesta riippuen.

² Merkintä + tarkoittaa, että kuumahauraus lisääntyy, mutta kuumahauraus on (erittäin) negatiivinen ominaisuus.

Epäpuhtauksien vaikutusten ehkäisykeinot voidaan jakaa kolmeen ryhmään:

- vierasaineiden romuun pääsyn estäminen
- romun puhdistus
- toimenpiteet metallin valmistuksen yhteydessä.

Selvästi parasta olisi, jos romussa ei olisi epäpuhtauksia. Tärkeintä on siten muun materiaalin pääsyn esto romun joukkoon, romun huolellinen lajittelu ja materiaalien ja eri romulajien erillään pito kaiken aikaa, heti niiden syntypaikalta lähtien. Romun materiaalien helppo erottaminen toisistaan tulisi ottaa huomioon jo tuotteiden suunnittelussa ja valmistamisessa.

Monissa tapauksissa vieraat haitalliset aineet liittyvät romuun niin kiinteästi, että pelkkä yksinkertainen erottelu ei auta vaan ongelma-aineiden poisto edellyttää romun perusteellista mekaanista, termistä tai kemiallista prosessointia. Yleensä tämä olisi teknisesti, taloudellisesti ja ympäristövaikutusten minimoinnin kannalta perusteltua tehdä mahdollisimman aikaisessa vaiheessa keskitetysti eikä vasta romun käyttäjän toimesta.

5.8.3 Epäpuhtauksien kohtalo metallien valmistuksessa

Romu tarkka lajittelu ja puhdistaminen on siis tärkeä tekijä sekä sen käytettävyyden että käytössä syntyvien päästöjen takia. Eri tehtaiden prosesseilla on erilaiset vaatimukset romun puhtauden suhteen. Jotkut prosessit sietävät epäpuhtauksia paremmin kuin toiset. Samoin vaatimukset romun kappalekoolle vaihtelevat romua käyttävän tehtaan mukaan. Romun esikäsittelijöillä onkin käytössään tehdaskohtaiset luokat romun lajittelemiseksi loppukäyttäjälle sopivaksi.

Tehtaan mahdollisuudet romun vierasaineiden poistoon ovat rajalliset. Siksi jo alunperin on valittava mitä romua, romuluokkia, voidaan käyttää milläkin tehtaalla – sen prosessi ja muut teknis-taloudelliset edellytykset huomioon ottaen – ja esimerkiksi minkä teräslajien valmistukseen mitäänkin romua käytetään. Epäpuhtaudet aiheuttavat yleensä aina ylimääräisiä kustannuksia muun muassa ylimääräisen prosessoinnin ja sen mukana lisääntyneen energian, tarvittavien lisäainesten ja pidemmän käsittelyajan muodossa, mutta myös lisääntyviä päästöjä ja jätteitä – joskus sellaisia, joita ei lainkaan olisi ilman romun epäpuhtauksia.

Metallitehtaassa romu sulatetaan, jolloin osa romun sisältämistä vierasaineista kulkeutuu prosessikaasuihin ja kuoniin ja osa jää sulaneina metalliseokseen. Prosessikaasujen puhdistuksessa osa epäpuhtauksista saadaan talteen pölyn poistossa, mutta osa joutuu lopulta ilmaan poistokaasuissa ja jäännöspölynä.

Kuvassa 14 on esimerkinomaisesti ja yksinkertaistaen esitetty materiaalivirtoja sähköuunia (valokaariuunia) käyttävässä terässulatossa, joka on nykyään yleisin vain romua raaka-aineena käyttävä teräksen valmistusmenetelmä.

Teräksen valmistuksessa esikuumennettu romu sulatetaan, raffinoidaan ja täsmätään (ml. seostus) panoksittain – ”sulatuksittain” – eri teräslajeiksi, jotka valetaan aihioiksi ja muokataan edelleen erilaisiksi terästuotteiksi. Terässulatossa romun epäpuhtaudet ennen kaikkea aineiden fysikaalis-kemiallisen luonteen määrääminä reagoivat ja jakautuvat eri tavoin eri materiaalivirtoihin. Vierasaineet päätyvät johonkin/joihinkin sulaton tuotoksista, joista oleelliset ovat

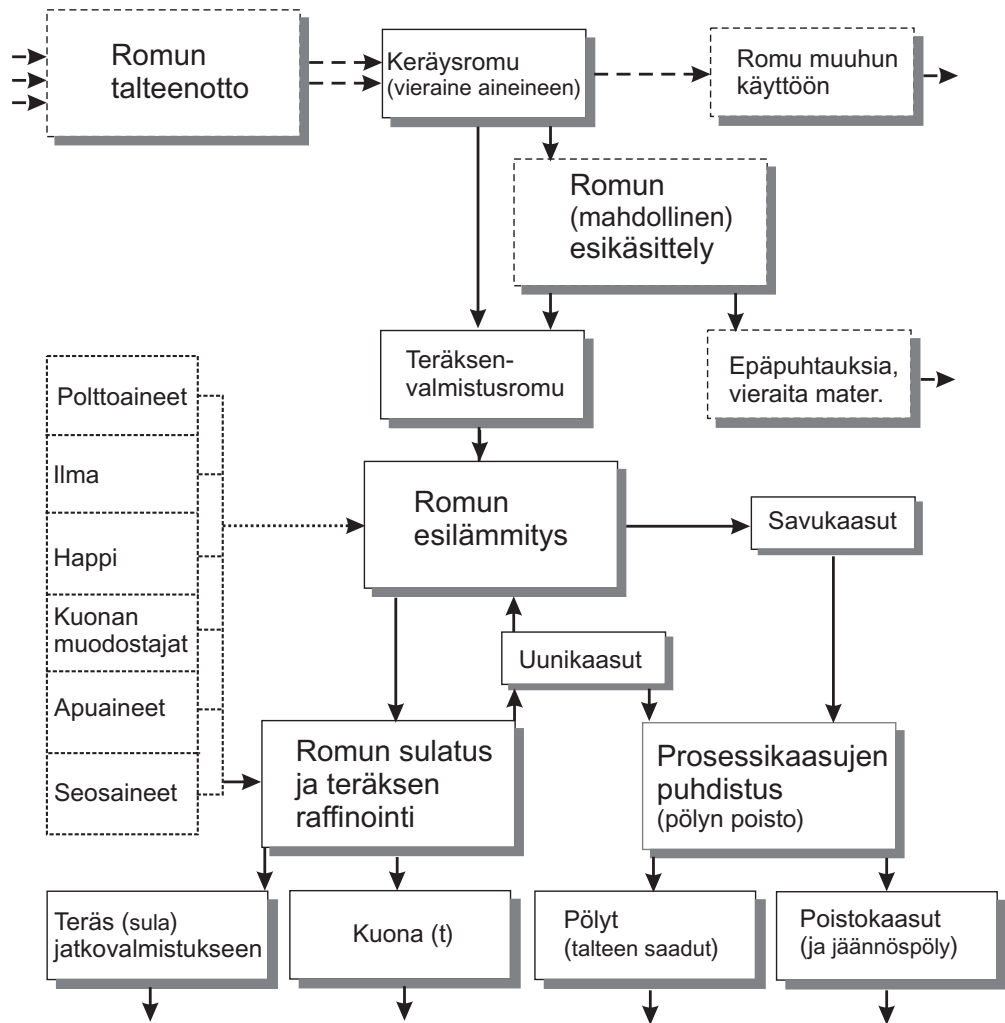
- teräs
- kuonat (valmistettavista teräksistä ja prosessista riippuen yksi tai useampia kuonia)
- prosessikaasut (romun esilämmityksestä, uuneista, senkoista sekä hajapäästöt), joiden osalta eritellen
 - itse kaasut, kaasumaiset päästöt
 - talteen otetut pölyt
 - pölypäästöt.

Pölyjä ja pölypäästöistä peräisin olevia aineita voi päätyä vähäisessä määrin myös jätevesiin. Epäpuhtausaineita voi huuhtoutua myös suoraan romusta sadeveden mukaan.

Suurin osa romun sisältämistä vierasaineista poistuu teräksen valmistuksessa ”sivutuotteiden” mukana. Sivutuotteet ajatellaan tässä laajasti: kuona(t), jätteet, pölyt ja kaasut. Useimmiten niillä ei ole muuta vaikutusta kuin mitä lisääntyneet sivutuotosten määrät sinänsä vaikuttavat, mukaan lukien elinkaariajattelutavan mukaisesti epäpuhtauksien poiston takia lisääntyneet, kertautuvat, energian ja lisä/apuaineiden tarpeet. Epäpuhtaudet, so. niiden poisto ja jatkokäsittely sekä loppusijoitus, voivat aiheuttaa lisäinvestointeja ja lisää käyttökustannuksia.

Esimerkkinä edellä sanotusta voidaan ottaa sinkki. Teräsromussa sinkki tyyppillisesti on metallisena korroosionestokerroksena sinkittyjen teräsesineiden pinnalla. Lisääntyneen teräksen sinkityksen takia sinkin määrä teräsromussa on kasvamassa. Teräksen valmistuksessa sinkki höyrystyy (+ hapettuu) sulatusuunissa ja poistuu uunikaasujen pääasiassa rautaoksidia olevan pölyn mukana pölyyn sitoutuneena. Pölymäärä lisääntyy ja ennen kaikkea pölyn luonne muuttuu aiheuttaen talteen otetun pölyn sijoitusmahdollisuuksiin muutoksia, jatkoprosessointitarpeen.

Toisena esimerkkinä on elohopea. Teräksissä esimerkiksi ei ole havaittavia määriä tai pitoisuuksia elohopeaa (Hg). Kaikki satunnaisesti romun mukana kulkeva, metallinen elohopea esiintyy – yleensä lasiin kapseloituna tai näiden särytyä, pieninä ei havaittavina pisaroina – romun joukossa erillisenä. Näinkin romussa olevat elohopeamäärät ja -pitoisuudet jäävät kuitenkin keskimäärin erittäin pieniksi. Teräksen valmistuksessa elohopea höyrystyy sulatuksessa ja pieninä pitoisuuksina esiintyessään läpäisee suodattimet.



Kuva 14. Minne romun epäpuhtaudet päätyvät? Esimerkkinä teräksen valmistus romusta sähköuunisulatuksella.

Perusmetallia jalommat aineet jäävät metallisulaan. Tina ja kupari ovat haitallisia teräksen valmistuksessa, sillä tina aiheuttaa jo pieninäkin pitoisuuksina kuumaaurautta teräkseen. Kupari puolestaan huonontaa terästä rikastumalla teräsromuun kierrätyskertojen lisääntyessä. Kupari on esimerkki metallisesta epäpuhtaudesta, jota yleisissä teräksissä voidaan sietää vain rajoitetusti (maksimissaan 0,2–0,3 %). Teräksen haitallinen kuparipitoisuuden kasvu voidaan estää huolehtimalla siitä, että kuparia ja kupariseoksia, esim. messinkiä, ei joudu teräsromun joukkoon. Kuparin valmistuksessa kupariromun sekaan joutunut rauta ei aiheuta ongelmia, koska tässä prosessissa raffinointi on täydellisempää kuin teräksen valmistuksessa. Kuparin seassa oleva rauta oksidoiduu konvertterissa ja poistuu siten kierrosta.

Dioksiineja ei esiinny teräsromussa eikä niitä synny varsinaisessa teräksen valmistusprosessissa. Romua käyttävien terässulattojen ilmapäästöissä on kuitenkin havaittu pieniä määriä dioksiineja. Niiden syntyminen on mahdollista – syntymiselle on suotuisat olosuhteet, sopiva lämpötila – romupanoksen esikuumenuksessa tai romun sulattamisen alkuvaiheessa, jos romussa on epäpuhtauksina

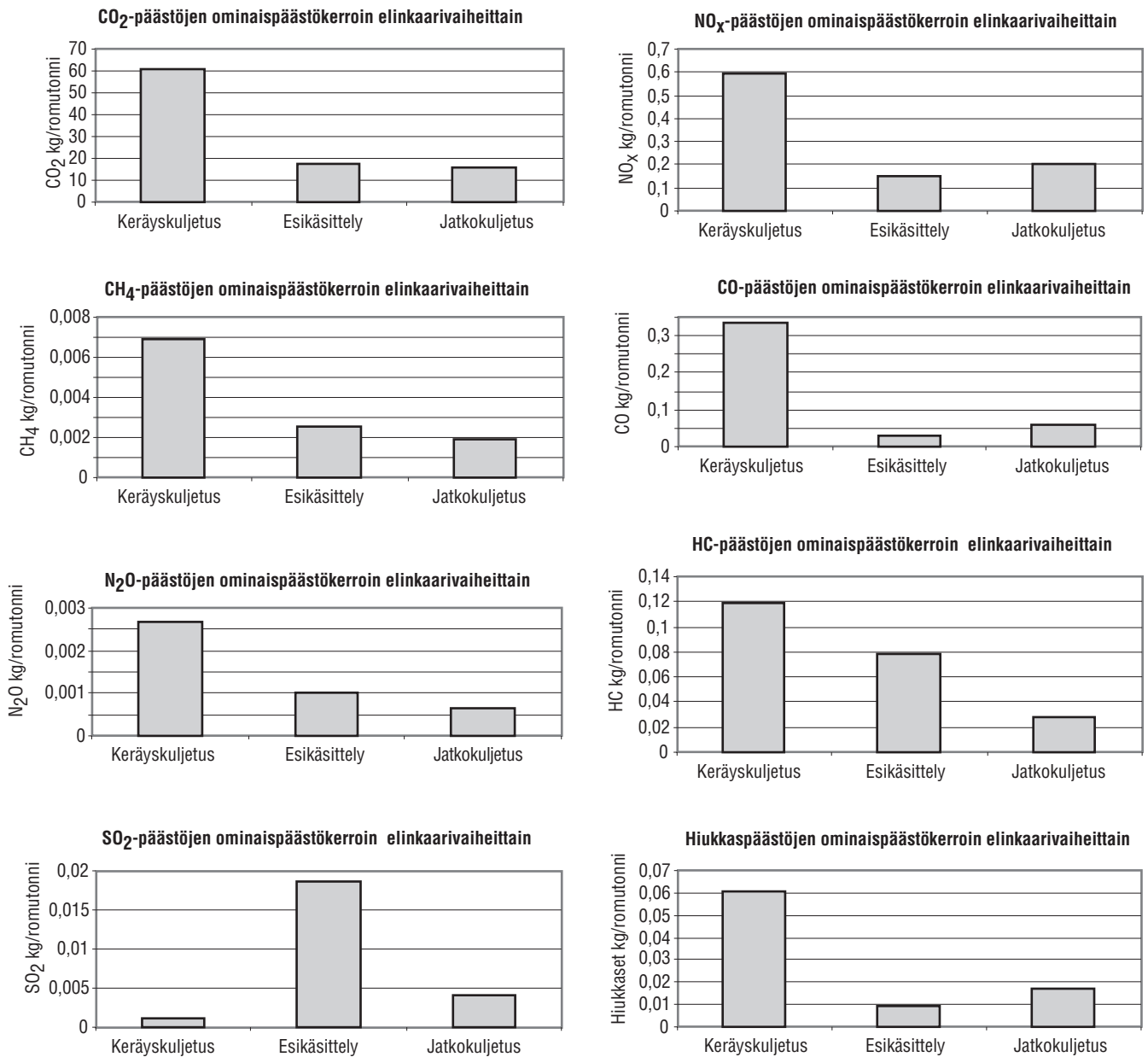
tarvittavia lähtöaineita, sopivia orgaanisia aineita (esim. öljyjä) ja klooripitoisia aineita (esim. tiesuolan tai meriveden suolan jäänteitä). Aineiden reagoitua on mahdotonta estää, samoin on mahdotonta taloudellisesti järkevästi poistaa dioksiineja kaasuista. Käytännössä ainoa mahdollinen järkevä ratkaisu on, että romu pidetään puhtaana hankaluuksia aiheuttavista aineista.

Alumiini sulatetaan 600–800 asteen lämpötilassa, mikä ei takaa orgaanisten yhdisteiden täydellistä hajoamista (Hansen 1998, AEM 1994). Alumiinin sekundäärituotannossa suurinta hävikkiä aiheuttaa alumiinin hapettuminen sulatuksessa. Tämä estetään peittämällä metallisula suolapedillä. Suolan käyttö aiheuttaa fluoridi- ja kloridipäästöjä (Naturvårdsverket 1994).

5.9 Yhteenveto (päästöt ilmaan)

Romun kierrätyksen ympäristökuormitus pystytään kvantifioimaan romun keräyskuljetuksista, (esi)käsittelystä ja jatkokuljetuksista ilmaan joutuvien päästöjen osalta (ks. luvut 5.3, 5.4 ja 5.6). Näiden elinkaarivaiheiden aikaiset kotimaisen romun kierrätyksen ominaispäästökertoimet esitetään kuvassa 15 ja taulukossa 20. Kertoimiin ei sisälly romun käytöstä metallien jalostusteollisuudessa syntyvä kuormitus.

Taulukon 20 kertoimien ja luvun 2 romumäärien perusteella lasketut arviot kotimaisen romun kierrätyksen aiheuttamille ilmapäästöille (pois lukien romun käyttö metallien jalostusteollisuudessa) vuosina 1995 ja 2010 esitetään taulukoissa 21 ja 22.



Kuva 15. Kotimaisen romun kierrätyksen (välittömät ja välilliset) päästöt ilmaan romutonna kohti elinkaarivaiheittain. Romun esikäsitelyn osalta laskenta perustuu liitteessä 4 kuvattavan case-tutkimuksen sekä Kuusakoski Oy:n Heinolan tehtaan romunkäsittely-yksiköiden (rautaromu ja auto- ja peltiromu) aineistoon.

Taulukko 20. Kotimaisen romun keräyskuljetuksen, käsittelyn ja jatkokuljetuksen (välittömät ja välilliset) päästöt ilmaan romutonna kohti.

Päästökomponentti	Ominaispäästö (kg/romutonna) elinkaarivaiheittain			
	Keräyskuljetus	Esikäsittely	Jatkokuljetus	Yhteensä
CO ₂	61,0	17,9	16,2	95,1
CH ₄	0,00689	0,00258	0,00190	0,0114
N ₂ O	0,00269	0,00102	0,000663	0,00437
SO ₂	0,00121	0,01863	0,00408	0,0239
NO _x	0,591	0,149	0,201	0,941
CO	0,333	0,0291	0,0590	0,421
HC	0,119	0,0788	0,0273	0,225
Hiukkaset	0,0605	0,00934	0,0175	0,0873

Taulukko 21. Kotimaisen romun keräyskuljetuksen, käsittelyn ja jatkokuljetuksen (välittömät ja välilliset) päästöt ilmaan vuonna 1995 ositettuna kierrätettäville päämetalleille. Romumäärät luvun 2 mukaisia (teräs 564 000 t/a, RST 13 000 t/a, kupari 18 000 t/a, alumiini 19 000 t/a, yhteensä 614 000 t/a).

Päästökomponentti	Päästö määrä (kg/a)				
	Teräs	RST	Kupari	Alumiini	Yhteensä
CO ₂	53600000	1240000	1710000	1810000	58400000
CH ₄	6410	148	205	216	6980
N ₂ O	2470	57	79	83	2690
SO ₂	13500	311	431	455	14700
NO _x	531000	12200	16900	17900	578000
CO	237000	5480	7580	8000	258000
HC	127000	2930	4060	4290	138000
Hiukkaset	49300	1140	1570	1660	53700

Taulukko 22. Kotimaisen romun keräyskuljetuksen, käsittelyn ja jatkokuljetuksen (välittömät ja välilliset) päästöt ilmaan vuonna 2010 ositettuna kierrätettäville päämetalleille. Romumäärät luvun 2 mukaisia (teräs 793 000 t/a, RST 38 000 t/a, kupari 23 000 t/a, alumiini 29 000 t/a, yhteensä 883 000 t/a).

Päästökomponentti	Päästö määrä (kg/a)				
	Teräs	RST	Kupari	Alumiini	Yhteensä
CO ₂	75400000	3610000	2190000	2760000	84000000
CH ₄	10400	432	261	330	11400
N ₂ O	4000	166	101	127	4390
SO ₂	21800	909	550	694	24000
NO _x	859000	35800	21600	27300	944000
CO	384000	16000	9690	12200	422000
HC	206000	8570	5190	6540	226000
Hiukkaset	79800	3320	2010	2530	87600

6

Romun kierrätyksen muutosten vaikutukset

6.1 Romun käytön ja keräyksen tulevaisuuden näkymät

Maa- ja metsätaloudella katsottuna romun käyttö metallien valmistuksen raaka-aineena on kasvanut jo pitkään ja suuntaus säilynee samana tulevaisuudessa. Taustalla on romun saatavuuden parantuminen ja tuotantomenetelmien kehittyminen. Metallien kysyntää ei voida kuitenkaan koskaan kattaa yksinomaan romuun perustuvalla tuotannolla, joten malmipohjainen tuotanto tulee säilyttämään asemansa (ks. luku 3.2.3 ja liitteen 2 laskennalliset esimerkit). Malmipohjaisessa tuotannossa romun käyttöastetta voidaan olemassa olevan kapasiteetin puitteissa muuttaa, koska romu toimii jäähdytysmateriaalina ja sille on olemassa korvikkeita. Romun käytön maksimi – noin 30 prosenttia panoksesta – malmipohjaisessa tuotannossa määräytyy prosessiteknisten rajoitteiden ja kokonaistalouden mukaan. Toisaalta tuotevalikoiman laatutekijät voivat rajoittaa romun käyttöä (ECE 1992, Lassila ja Holappa 1996). Malmipohjaisessa tuotannossa romun suhteellinen käyttö onkin osittain vähentynyt.

Suomessa kerätystä rauta- ja teräsromusta käytetään noin kolmasosa sähköuuniprosessissa ja kaksi kolmasosaa malmipohjaisessa tuotannossa, metallien valussa ja kemian teollisuudessa (OTR 1997). Rauta- ja teräsromua tuodaan tällä hetkellä, sillä kotimainen kysyntä ylittää tarjonnan ja tuonnin merkitys on edelleen kasvamassa (kuva 5). Mitä ilmeisimmin rauta- ja teräsromua käytetään tulevaisuudessakin eniten malmipohjaisessa tuotannossa. Kupariromua käytetään jäähdytysmateriaalina anodikuparin valmistuksessa sekä kuparikatodien ohella kuparivalanteiden valussa, jolloin sulatus tapahtuu sähköuunissa. Kupariromun osalta Suomi on tätä nykyä nettoviejä (kuva 7), ja suuntaus vahvistuu lähivuosina.

Näillä näkymin romun käyttöasteissa ei ole odotettavissa suuria muutoksia, mutta mahdollisuuksia on molempiin suuntiin. Käyttöasteet voivat laskea, kun pyritään entistä laadukkaampiin tuotteisiin. Toisaalta energiataloudellisesta näkökulmasta katsottuna käyttöasteissa on selvästi nousun varaa, jos perusteet romun käytön lisäämiselle vahvistuvat. (ECE 1995)

Suomessa rauta- ja teräsromun talteenoton tuntuva tehostaminen ei ole mahdollista, sillä kokonaishyödyntämistason arvioidaan olevan jo noin 90 prosenttia (Romutyöryhmän mietintö 1980, Ympäristöministeriö 1989 ja 1998). Toisaalta arvioon liittyy monia epävarmuuksia, koska romun kertymää ei seurata systemaattisesti. Parhaat tehostamismahdollisuudet ovat metallisten kulutustavaroiden ja rakennusromun keräyksessä, joiden talteenottoaste on vielä alhainen ja joiden määrät ovat kasvamassa. Myös haja-asutusalueilla jää vielä romua heitteille, kun pitkien etäisyyksien takia keräykselle ei ole liiketaloudellisia edellytyksiä (Pehkonen 1995).

Kertymältään isot kupariromuerät kerätään talteen tehokkaasti. Kuparia käytetään kuitenkin lukuisiin kohteisiin, yleensä pieniä määriä ja lisäksi kuparin osuus tavaran kokonaispainosta on usein vähäinen (Dahlbo 1994). Kupariromun keräyksen tehostaminen kytkeytyykin yleistasolla kompleksisten romuerien keräyk-

seen ja käsittelyyn sekä kierrätysjärjestelmän kokonaislaajuuteen. Kompleksiset romut voivat sisältää ympäristölle haitallisia aineita, joten niiden keräyksen on oltava tehokasta ja käsittelyn asianmukaista.

Jätteiden talteenotto ja hyödyntäminen on Suomessa tehostumassa. EY-säädökset – muun muassa kaatopaikkadirektiivi ja pakkaus- ja pakkausjätedirektiivi – sekä jätevero ja sen mahdollinen laajentaminen tulevaisuudessa lisäävät kierrätystä. Romujen keräyksen ja käsittelyn osalta on havaittavissa kaksi kehityslinjaa. Yleiset tekijät parantavat kierrätyksen edellytyksiä, mutta toisaalta tiukentuvat ympäristövaatimukset, esimerkiksi murskausjätteen mahdollinen luokittelu ongelmajätteeksi ilman esikäsittelyn käyttöönottoa voivat johtaa kompleksisten romujen talteenoton heikentymiseen.

6.2 Kierrätyksen muutosten vaikutusten suunta ja suuruusluokka

Liitteessä 7 esitetään yhteenveto ympäristöministeriön vuosina 1996–1997 rahoittaman, Oulun yliopiston Thule-instituutissa toteutetun tutkimushankkeen ”Metallijätteiden kierrätyksen talous- ja ympäristövaikutusten arviointi” (Juutinen ja Mäenpää 1998) keskeisistä tuloksista. Hankkeen tavoitteena oli kehittää menetelmää kierrätyksen julkisen ohjauksen tueksi ja pääpaino oli kierrätyksen kokonaistaloudellisissa vaikutuksissa. Talousvaikutuksia arvioitiin ensi sijassa kokonaistaloudellisten suureiden – BKT, kulutus, investoinnit, ulkomaankauppa ja työllisyys – avulla. Ympäristövaikutusten arvioinnissa käytettiin indikaattorina ympäristökuormitusta – luonnonvarojen käyttöä, energian kulutusta, päästöjä ilmaan ja jätteitä. Tarkastelu rajattiin rauta- ja teräs- sekä kuparijätteisiin.

Hankkeen analyysit tehtiin kokonaistaloudellisella simulointimallilla, FMS-mallisysteemillä (Mäenpää 1982 ja 1993; vrt. luku 2). FMS-malli muodostaa hyvän lähtökohdan metallien kierrätyksen analyyseille, sillä siinä on ns. metallisatelliitti, joka kuvaa yksityiskohtaisesti Suomen metalliteollisuuden ja sen sisäiset ja ulkoiset kytkennät. FMS-malliin on lisätty metallien kierrätyksen raha- ja ympäristösuureet, jolloin kierrätystä päästään tarkastelemaan osana kokonaistaloutta ja talousvaikutusten ohella voidaan samanaikaisesti arvioida kierrätyksen ympäristöhyötyjä. Analyyseissä on johtolankana kierrätyksen jakaminen kysyntä- ja tarjontatekijöihin, joita tarkastellaan systemaattisesti erillisinä. Näin nähdään niiden ominaispiirteet ja voidaan arvioida ympäristöpolitiikan tavoitteita sekä ympäristöpoliittisen ohjauksen tarvetta, mahdollisuuksia ja rajoitteita.

FMS-malli on pitkän ajan kasvumalli, joten siinä politiikkatoimien vaikutuksia arvioidaan valitun päätevuoden tilanteessa. Analyyysin lähtökohdaksi on ns. perusskenaario, joka muodostetaan tekemällä oletuksia noudatettavasta talous- ja teollisuuspolitiikasta sekä talouden ulkoisista olosuhteista. Liitteessä 7 kuvatussa työssä tarkastelujaksoksi valittiin 1990–2010 ja perusskenaarion lähtökohdaksi kauppa- ja teollisuusministeriön Energiatalous 2025 – skenaariotarkastelujärjestelmän raportissa käytetty EMS-skenaario (KTM 1997). Perusskenaarion jälkeen on muodostettu tarkasteltavien toimenpiteiden mukaiset vaihtoehtoskenaariot. Poliittikkatoimien vaikutukset selviävät vertaamalla perus- ja vaihtoehtoskenaarioiden tuloksia vuoden 2010 tilanteessa.

Työssä on tarkasteltu seuraavia neljää vaihtoehtoskenaariota, joista kahdessa on kyse muutoksista romun keräysasteesta (VES 1 ja VES 2) ja kahdessa vastavasti muutoksista romun käytössä (VES 3 ja VES 4):

VES 1 – romun keräyksen tehostaminen. Skenaariossa on tehostettu etenkin rakennus- ja elektroniikkaromun sekä yhdyskuntajätteen metallijakeen talteenottoa perusskenaarioon nähden. Rauta- ja teräsromun kotimainen tarjonta kasvaa noin 15 % ja kupariromun 40 %, kun otetaan huomioon vain keräysorganisaation kautta myyntiin tuleva ostoromu.

VES 2 – romun keräysasteen vähennys. Skenaariossa on vähennetty etenkin autoromun sekä teollisuuden kone- ja laiteromun keräysasteita. Sekä rauta- ja teräsromun että kupariromun kotimainen tarjonta pienentyy noin 10 % perusskenaarioon nähden.

VES 3 – romun käytön lisäys. Skenaariossa on nostettu romun käyttöaste maksimaaliselle 30 prosentin tasolle malmipohjaisessa tuotannossa. Tarkastelut on tehty erikseen rauta- ja teräsromulle ja kupariromulle. Rauta- ja teräsromun käyttö lisääntyy noin 30 % ostoromun (kotimainen ja tuonti) perusskenaarion mukaisesta kokonaiskäytöstä.

VES 4 – romun käytön vähennys. Skenaariossa on arvioitu rauta- ja teräsromun käytön vähentämisen vaikutuksia tilanteessa, jossa ostoromun käyttöaste on päätevuonna malmipohjaisessa teräksen tuotannossa nolla. Tehtaat käyttävät edelleen tuottamansa sisäisen romun (metallien valmistuksen sisäinen kierto). Tarkastelu on tehty vain rauta- ja teräsromulle, koska perusskenaariossa ostokupariromun käyttömäärä anodikuparin valmistuksessa on vähäinen ja siten sen käytön vähentämisen vaikutukset olisivat minimaaliset.

Vaihtoehtoskenaarioista voidaan vetää seuraavat johtopäätökset (ks. tarkemmin liite 7):

VES 1 – romun keräyksen tehostaminen

Romun keräyksen tehostaminen vähentää ympäristökuormitusta. Tulokset puoltavat siten romun kierrätyksen lisäämistä. Tosin talouden kokonaistasolla muutokset ovat marginaalisia – yhden jätelajin kierrätys ei voi oleellisesti muuttaa talouden kokonaiskuva. Mallin antama romun talteenoton lisäyksen aikaansaama talouskasvu, 123 miljoonaa markkaa, esimerkiksi on sangen vähäinen verrattuna perusskenaarioon, jossa vuoden 1990 hintainen BKT on vuonna 2010 lähes 813 miljardia markkaa. Vastaavasti myös ympäristökuormituksen suhteelliset muutokset jäävät promilletasolle.

VES 2 – romun keräysasteen vähennys

Romun keräysasteen vähennys lisää talouden nettojättekertymää. Muutoin ympäristökuormitus vähenee talouskasvun heikentymisen seurauksena – BKT supistuu 80 miljoonaa markkaa perusskenaarioon nähden. Talouden kokonaistasolla romun keräysasteen vähennyksen vaikutukset ympäristökuormitukseen ovat erittäin vähäiset.

Toisaalta vaikka muun muassa jättekertymän lisäyksen osuus talouden kokonaisjättekertymästä on vuonna 2010 vain alle prosentin, on lisäys kuitenkin merkittävä. Esimerkiksi Oulun kaupungin Ruskon kaatopaikalle viedään vuosittain noin 40 000 tonnia yhdyskuntajätettä, mihin nähden romun keräyksen heikentymisen aiheuttama jättekertymän lisäys on lähes kolminkertainen. Jättekertymän

kasvun kannalta on myös oleellista, missä määrin jätteet sisältävät ympäristölle haitallisia aineita. Jos esimerkiksi romuautojen keräys oleellisesti supistuu, suuri määrä erilaisia ongelmajätteitä saattaa joutua suoraan luontoon.

VES 3 – romun käytön lisäys

Vaikutusten yleissuunta on selvä: romun käyttöasteen lisääminen säästää ympäristöä. Talouden kokonaistasolla vaikutukset ovat edelleen melko vähäiset, vaikkakin selvästi suuremmat kuin romun tarjonnan lisäyksen tapauksessa. Suhteellisesti merkittävin muutos tapahtuu rauta- ja teräsromun käytön lisäyksen hiilidioksidipäästöissä: vähentymä on noin 1,2 % talouden kokonaispäästöistä. Tällä on jo merkitystä: vuotuisten hiilidioksidipäästöjen vähentyminen 823 000 tonnilla vastaisi perusskenaarion mukaan keskimäärin noin 442 000 toe:n energian kulutuksen pienentymistä. Käytännössä tämän suuruinen energian säästö edellyttäisi tuntuvia säästötoimia, sillä suuruusluokaltaan se tarkoittaa esimerkiksi noin 250 000 pientalon energian vuosikulutusta.

Vaihtoehtoskenaarion vaikutukset ovat tuntuvat etenkin rauta- ja teräsromun kohdalla, koska sen käytön lisääminen johtaa mallissa talouden kasvun nopeutumiseen romun tuonnin lisääntymisestä huolimatta – BKT kasvaa 303 miljoonaa markkaa verrattuna perusskenaarioon. Kupariromun kohdalla osa ympäristökuormituksen vähentymisestä selittyy puolestaan talouskasvun heikentymisestä – BKT supistuu 25 miljoonaa markkaa perusskenaarioon nähden.

Rauta- ja teräsromun käytön lisäys vähentää eniten hiilidioksidipäästöjä, tosin myös muut ilmapäästöt ja uusiutumattomien luonnonvarojen käyttö vähenevät selvästi. Kupariromun käytön lisäys vaikuttaa puolestaan eniten uusiutumattomien luonnonvarojen käyttöön, jätekertymään ja rikkidioksidipäästöihin.

VES 4 – romun käytön vähennys

Skenaarion tulokset ovat tietysti analogisia romun käytön lisäämiselle, mutta vaikutukset ovat toiseen suuntaan. Kun rauta- ja teräsromun käytön lisääminen johti talouden nopeutuvaan kasvuun, johtaa romun käytön vähentyminen talouskasvun hidastumiseen – BKT supistuu 363 miljoonaa markkaa perusskenaarioon nähden. Talouskasvun hiipuminen vähentää ympäristökuormitusta. Kokonaistasolla ympäristöhaitat kuitenkin lisääntyvät, sillä romun korvaaminen neitseellisillä raaka-aineilla lisää kuormitusta. Rauta- ja teräsromun käytön pienentyminen heijastuu eniten uusiutumattomien luonnonvarojen käytössä sekä hiilidioksidin ja rikkidioksidipäästöissä.

7

Johtopäätökset ja suositukset

Metallien jalostusteollisuus ja romu

Metallien valmistuksesta, niiden käytöstä erilaisten tuotteiden valmistukseen ja näiden tuotteiden käytöstä poistamisesta syntyy romuvirtoja. Romua voidaan käyttää uudelleen metallien valmistuksen raaka-aineena. Romun kierrättäminen sulattamalla se uudelleen metalliksi voi periaatteessa jatkua loputtomasti. Kierrätys onkin itsestään selvä asia metallien jalostusteollisuudessa, koska romu on arvokas raaka-aine. Lähes kaikki syntyvä romu saadaan meillä hyvin järjestetyn keräyksen ansiosta talteen ja teollisuuden käyttöön. Tällä on suuri taloudellinen merkitys.

On kuitenkin huomattava, että osa romusta poistuu kierrosta hävikkinä tai muuhun hyötytarkoitukseen. Kun lisäksi metallien kulutus kaiken aikaa kasvaa huolimatta siitä, että metallien ominaisuuksia jatkuvasti parannetaan ja esimerkiksi haluttu lujuus saadaan aikaan yhä kevyemmin rakentein, ei kierrätysraaka-aineesta valmistettu metalli riitä, vaan tarvitaan edelleen malmeista lähtevää metallien valmistusta.

Malmi- ja romupohjaista teräksen valmistusta ei voida pitää toistensa vaihtoehtoina, sillä esimerkiksi olemassa oleva tuotantolaitteisto määrää käytettävät prosessit. Asiaan vaikuttaa suuri joukko muitakin tekijöitä, muun muassa laatu- kysymykset siten, että tiettyjä teräslajeja ei puhtausvaatimusten takia voida tehdä romusta.

Romun kierrätys edustaa kierrätysajattelua vanhimmillaan ja parhaimmillaan, eikä toisaalta voida kuvitella tilannetta, jossa metallien kierrätystä ei olisi Suomen kaltaisessa maassa tehokkaasti järjestetty. Myös kierrätys itsessään aiheuttaa ympäristörasitusta, mutta sen kokonaistaloudellinen vaikutus on säästävä – tämänkin työn laskelmat osoittavat, että romun keräyksen ja käytön lisäämisen kokonaisvaikutus on ympäristön kannalta myönteinen.

Romu – jäte vai raaka-aine?

Juridisessa mielessä, jätelain perusteella, romu on jätettä niin kauan kuin se otetaan tuotantoprosessissa käyttöön raaka-aineena. Metallien jalostusteollisuus kuitenkin pitää romua nimenomaan raaka-aineena eikä näe sitä missään vaiheessa ”jätteenä”. Romuliiketoiminnassakin puhutaan mielellään romusta romuliikkeen tulevana materiaalina, josta tietyn esikäsittelyn ja jalostuksen kautta tulee teollisuuden käyttöön toimitettavaa raaka-ainetuotetta. Romun luokittelulla jätteeneksi voidaankin nähdä olevan eräitä kierrätystä vaikeuttavia seurauksia: romulle tulee huono nimi ja lisäksi aiheutuu byrokratiaa, esteitä ja suoranaisia ylimääräisiä kustannuksia.

Kierrätyksen taso

Romun hyödyntämistä (jonakin vuonna käytetty romumäärä / syntyvä romumäärä) on Suomessa korkea, kokonaisuutena 90 prosentin luokkaa. Metallien valmistuksen sisäinen kiertoromu, ns. oma romu, kerätään käytännössä 100-prosenttisesti. Myös konepajateollisuudessa eli tuotteiden valmistuksessa syntyvän romun talteensaanti lähentelee 100 prosenttia.

Varmuutta ei kuitenkaan ole siitä, onko metallien kierrätys kokonaistaloudellisesti (kansantaloudellisesti ja ekologisesti) optimissaan.

Lopputuoteromun talteenotto ja määrän arviointi

Tuotteiden käytöstä poistamisessa syntyvä romu, ns. lopputuoteromu, sen sijaan on kierrätyksen kannalta vaikea ryhmä, koska se on heterogeeninen. Tuoteromun talteensaanti vaihtelee suuresti – lähes nolasta 100 prosenttiin. Tämän romuryhmän osalta talteenotossa on tehostamisen tarvetta, ja tehostamisen tulisi kohdistua erityisesti sähkö- ja elektroniikkaromun sekä kuntien kaatopaikoille joutuvan yhdyskuntajätteen metallijakeen talteensaantiin ja kierrätykseen.

Sähkö- ja elektroniikkaromulle ollaan parhaillaan kehittämässä valtakunnallista tuottajan vastuuseen perustuvaa kierrätysjärjestelmää, jonka lähtökohtana on tulevan sähkö- ja elektroniikkalaitteita koskevan EU-direktiivin (Directive on Waste from Electrical and Electronic Equipment; "WEEE-direktiivi") täytäntöönpano Suomessa. Kierrätyksen organisoinnista ja rahoituksesta vastaisi tuottajayhteisö. Järjestelmä on tarkoitettu etupäässä kotitalouksista poistuvien laitteiden ja niitä vastaavien muiden pienerien kierrätykseen. Tavoitteena on, että vuodesta 2001 alkaen asteittain valtakunnalliseksi laajenevalla järjestelmällä kerätään vähintään 50 prosenttia maamme kotitalouksien sähkö- ja elektroniikkalaitteista. Järjestelmään kuuluu laitteiden purkujakeiden jalostaminen kierrätysraaka-aineiksi, jotka myydään loppuhyödyntäjille. Järjestelmän avulla sähkö- ja elektroniikkalaitteiden maahantuojat ja valmistajat täyttävät EU-direktiivin asettamat laitteiden keräystä, käsittelyä ja hyödyntämistä koskevat velvoitteet. Ympäristöministeriö on valmistellut ehdotuksen vuoden 2001 alusta voimaan tulevaksi valtioneuvoston päätökseksi sähkö- ja elektroniikkaromun jätehuollosta, jossa asetetaan vähimmäistavoitteet SE-romun kierrätykselle ja hyötykäytölle vuonna 2004.

Lopputuoteromun kertymän ja talteenoton arviointiin liittyy tällä hetkellä myös paljon laskennallisuutta, minkä vähentämiseksi olisi tarpeen selvittää rakennuksiin, maatalouteen ja metsäteollisuuteen sitoutuneet metallit pidemmälle taaksepäin. Samalla täsmentyisi käsitys kansantalouteen eri tuotteissa kumuloituneesta metallivarannosta, kansantalouden romupotentiaalista.

Romun lajittelun ja prosessoinnin merkitys

Romun epäpuhtauksien, vierasaineiden, määrät ovat sinänsä useimmiten vähäisiä, mutta niiden vaikutukset voivat romua raaka-aineena käytettäessä olla merkittäviä. Romun tarkka lajittelu ja puhdistaminen onkin tärkeä tekijä sekä sen käytettävyyden että käytössä syntyvien päästöjen takia. Eri tehtaiden prosesseilla on erilaiset vaatimukset romun puhtauden suhteen. Jotkut prosessit sietävät epäpuh-

tauksia paremmin kuin toiset. Samoin vaatimukset romun kappalekoolle vaihtelevat romua käyttävän tehtaan mukaan. Romun esikäsittelijöillä onkin käytössään tehdaskohtaiset luokat romun lajittelemiseksi loppukäyttäjälle sopivasti.

Pinnoitetun (sinkki, muovi jne.) romun määrä kasvaa jatkuvasti. Tällaisen romun käsittely edellyttää yksinkertaista erottelua ja muuta käsittelyä täydellisempää prosessointia, johon tarvitaan teknis-taloudellisesti käyttökelpoisia menetelmiä.

Tutkimustarpeita

Työn kuluessa on tullut esille suuri joukko tutkimustarpeita:

- metallien kierrätyksen matemaattinen kuvaus ja mallintaminen
- kierrätyksen huomioonotto ja jätteitä koskeva vaikutusarviointi elinkaariarvioinnissa (metodologian kehittäminen)
- kansantalouteen sitoutunut metallivaranto – kansantalouden romupotentiaali
- romun kierrätyksen kokonaistaloudellinen optimointi (selvitys siitä, mistä ja mitä kannattaa ekologisesti ja taloudellisesti kerätä ja kierrättää)
- haja-asutusalueiden romuinventory ja keräysmahdollisuuksien selvitys
- kotitalouksien romun ("valkoisen linjan" kodinkoneet, elektroniikka, pakkaukset) kierrätys
- pinnoitettujen (erityisesti sinkittyjen) terästuotteiden ja muiden pinnoitettujen romujen prosessointi, kierrätys ja käyttö
- betonirakenteiden teräksen kierrätysmahdollisuudet
- raaka-aine – jäte-tulkinnat

Tutkimusta tulisi välittömästi kohdistaa erityisesti kierrätyksen kokonaistaloudelliseen optimointiin, lopputuoteromun kertymän arviointiin sekä pinnoitettujen romujen prosessointiin ja kierrätykseen.

Summary

Background

This publication introduces the results of sub-project “Recycling” of the project “Life Cycle Assessment as a Tool in the Management of Environmental Issues of Metals Industry”, funded by the Ministry of the Environment, Finland (Environment Cluster Research Programme), the National Technology Agency (TEKES) and the Association of Finnish Steel and Metal Producers. The Recycling Project was executed by the Finnish Environment Institute and the Thule Institute of the Oulu University. The project had four main objectives:

- to outline the importance and impacts of metal and scrap recycling
- to give a quantitative picture on past, present and future metal flows of the Finnish national economy
- to describe the organization of scrap recycling in Finland
- to assess, as far as possible, quantitatively environmental impacts of scrap recycling in Finland.

Recycling of metals

Recycling of metals is an ancient and international industry. There is evidence of an extensive transportation of scrap in the Mediterranean already during the Roman Empire. Good recyclability in particular is one of the assets of metals in comparison with other materials. Recycled metals are mostly used as raw material in making, shaping and treating of metals, but there are nonmetallurgical uses too; scrap can be utilized in many chemical processes.

Any statements concerning the benefits and other impacts of recycling of metals should be based on life cycle approach (Fig. 1) and, factually, on life cycle assessment (LCA) of products with the same purpose of application. It is the lack of adequate life cycle context that has produced some misconceptions and misclaims often discovered in literature dealing with recycling of metals. Some common misclaims have been addressed in this publication.

One often sees general statements according to which the use of scrap as raw material in making of metals has the following benefits in comparison to ore based making: 1) smaller environmental impacts, 2) conservation of ore resources and 3) savings in the use of energy and secondary raw materials. It is however wrong to directly compare scrap based and ore based making of e.g. steel, to consider them as alternatives to each other. Rather, the correct alternatives to be compared are the whole product systems when a) metal (scrap) is recycled and b) metal (scrap) is discarded and disposed of to landfill; both alternatives with their all chains and consequences (Fig. 2).

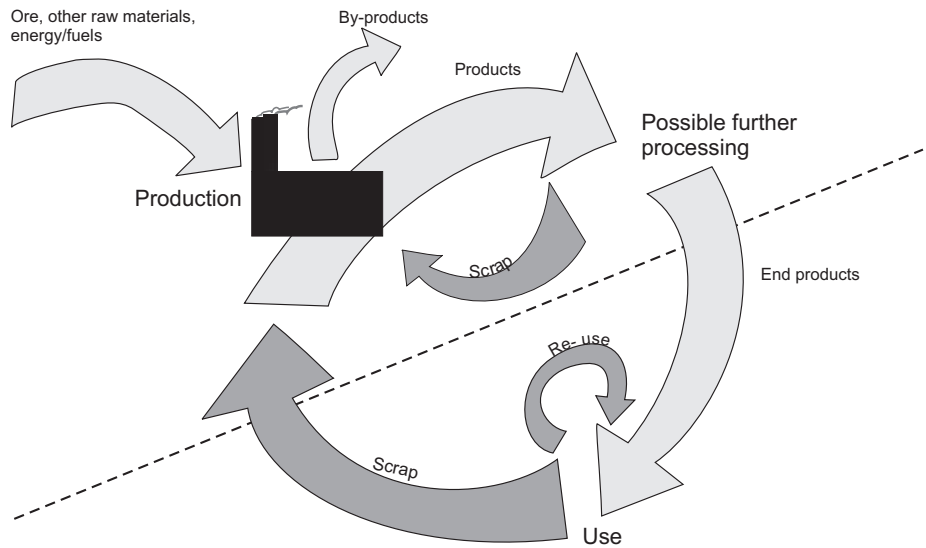


Figure 1. Life cycle of metal products and scrap. Inputs and outputs – extraction of raw materials and energy, emissions into air and waters, solid wastes, land use etc. – to and from the environment are included in each phase of the life cycle.

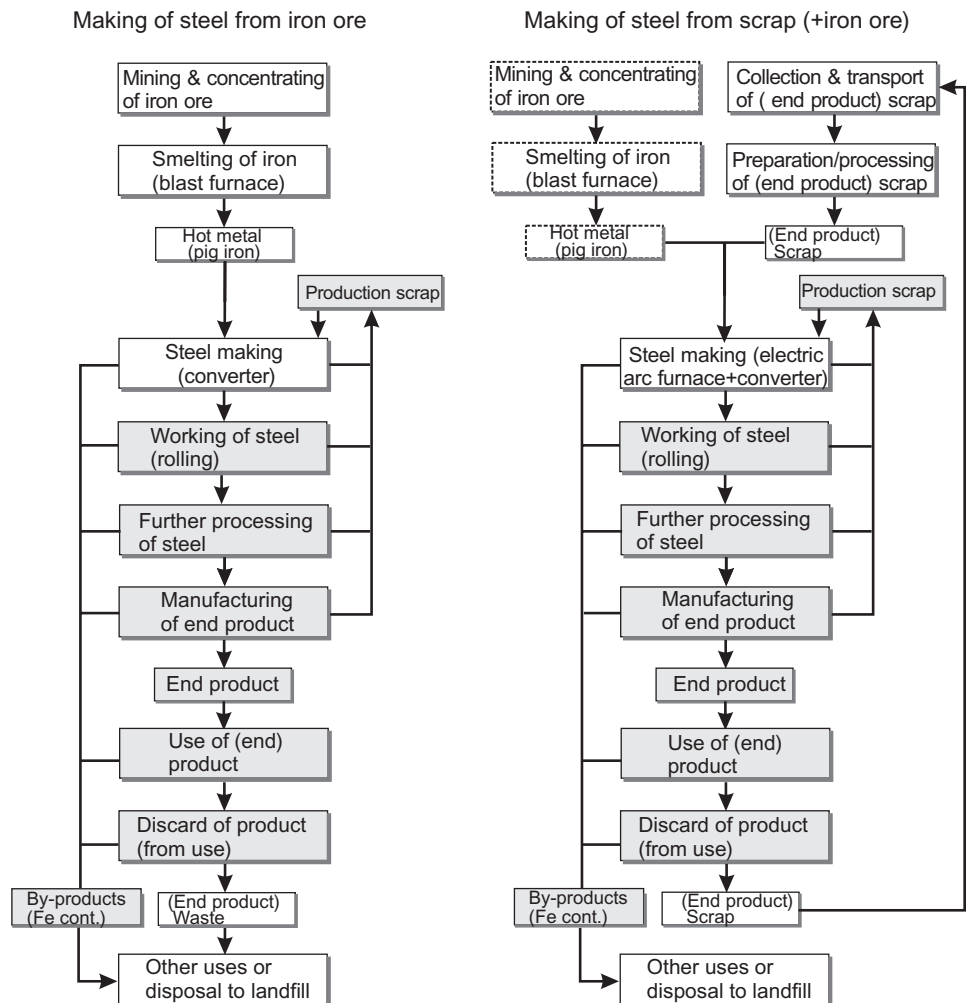


Figure 2. Comparison of life cycles of products made from so-called ore based and scrap based steel.

For comparing these alternatives one should construct complete product systems and carry out LCAs for them. An overall LCA for even one product is a laborious task. A complete LCA is not, however, always necessary in comparisons and it may be sufficient to compare life cycles to the degree they differ from each other. By slightly simplifying, the identical life cycle phases of the alternatives discussed above are the ones that have been shaded in Fig. 2. The phases to be compared are thus as follows: in the “waste alternative”: i) making of (all) hot metal from ore (with all inclusive materials and production chains), ii) processing of hot metal, iii) collection, processing, transportation and disposal of waste; and in the “recycling alternative”: i) smelting of scrap and processing of metal, ii) making the portion of hot metal from ore that replaces losses occurring in recycling (with all inclusive materials and production chains) (the parts marked with broken lines in Fig. 2), iii) collection, transportation and processing of scrap.

From the perspective of Fig. 2, for example the labour intensity of recycling has to be reconsidered. There is a general claim that, because of scale, increasing recycling has a positive effect on employment. Following the thinking launched in Fig. 2, the opposite is however true for recycling of metals: as a whole increased recycling decreases demand for human labour.

Erroneous conclusions may be drawn of the costs of recycling as well, if correct alternatives are not taken into comparisons. For example, it is often considered as self-evident that investment costs are smaller if metal is made from scrap than in the case that it is made from ore. This is true if one e.g. compares the construction costs per produced tonne of steel of an integrated iron and steel works to those (per tonne of steel as well) of a minimill using scrap as raw material. These are not however as such true alternatives which should be compared to each other (cf. Fig. 2). Correct and complete cost comparisons may be complex and their end results are not always the ones that were expected.

Another subject of confusion are recycling rates. Quite different figures are given for recycling rates of metals in various sources. It is also worth noticing that the recycling rates reported are often quite low bearing in mind that arising scrap is mostly effectively recycled. There are many factors explaining this situation: statistics are inadequate and inconsistent; life times of products are longer than assumed; scrap is used for other purposes than making of metals and this portion is “lost” from the statistics; etc. Recycling rates should therefore be defined with great caution, if at all. In all cases one should explicitly express how the figures have been derived and for which purposes they are valid. Ultimately, the recycling rate of a metal is the share of the metal content of a product which is returned to making of metals or to another use after the product has been discarded.

Metal flows of the Finnish national economy

The apparent consumption (production + import – export) and the final apparent consumption (apparent consumption + net import – net export) were calculated and assessed for steel, stainless steel, copper, nickel, aluminium, zinc and lead in the years 1970, 1995 and 2010. The figures for 1970 and 1995 were calculated on the basis of national industry and foreign trade statistics. The assessments for 2010 were made by a macro-economic model, the FMS model system, of the Thule Institute by assuming the growth scenario of the Finnish national economy to be the one used in the EMS Scenario of the Ministry of Trade and Industry, Finland.

By including recycling of scrap, the quantitative metal flows given in Fig. 3 were assessed for the years 1995 and 2010. Basic data on recycled metal flows after World War II were too inadequate for deriving reliable total metal flows for the year 1970.

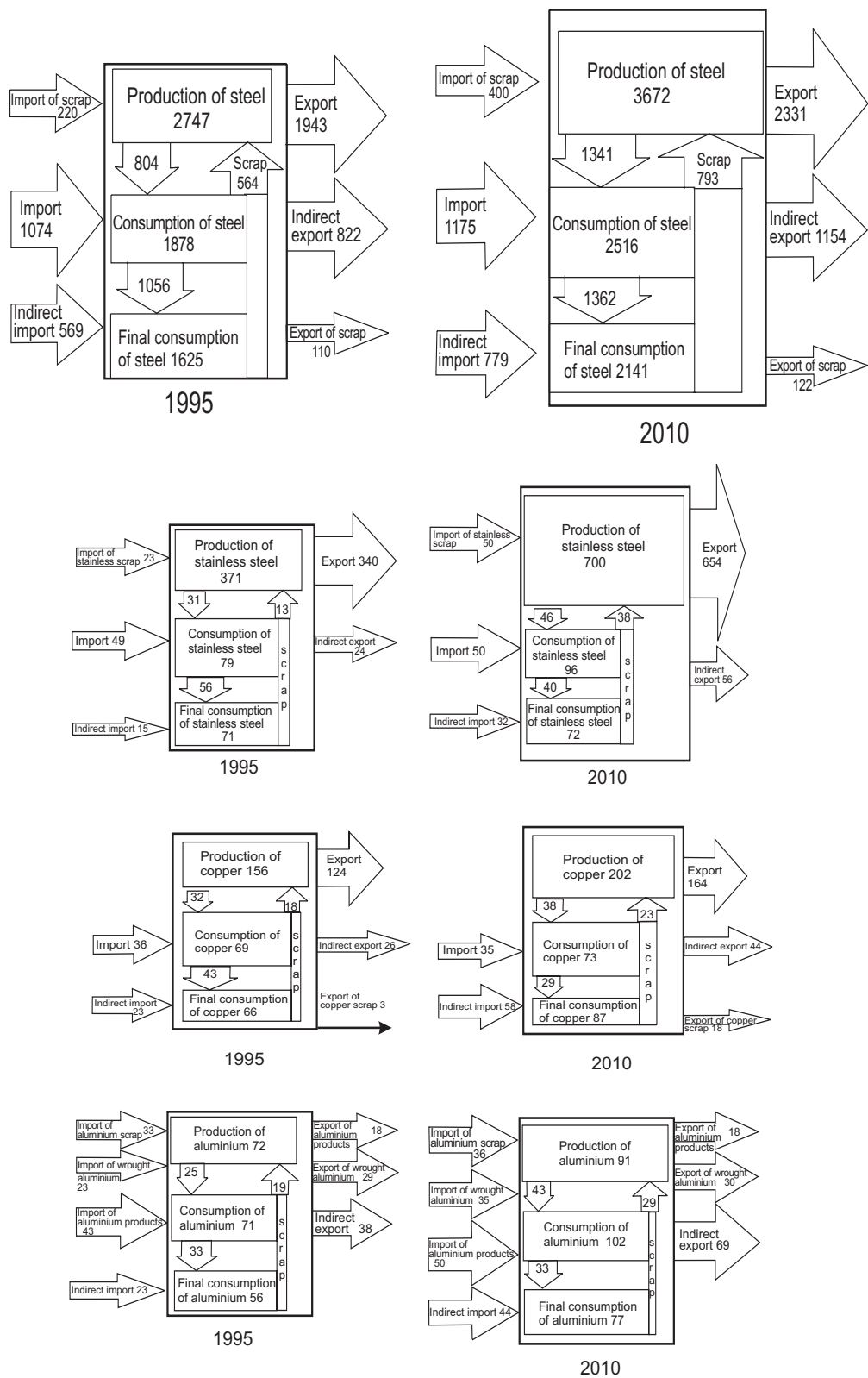


Figure 3. Flows (1 000 tonnes) of main metals in the Finnish national economy in 1995 and 2010. (Export of scrap via Finlad to other countries is not included in the figures.)

Recycling of scrap in Finland

Recycling of scrap has been effectively organized in Finland. There are some 250 scrap processing firms, most of them authorized according to the ISO 9003 standard. The bulk of scrap recycling in Finland is organized by OTR (Osuuskunta Teollisuuden Romu), an organization owned by the Finnish industry, which co-ordinates recycling of iron and steel scrap from processors to end users.

A case study was carried out in the Recycling Project in order to assess environmental impacts of scrap recycling. Inflows, processing with various methods and outflows of scrap were monitored in detail for a week in five scrap processing firms which together account for 20–25 per cent of domestic scrap recycled in Finland. Annual data on the use of energy and fuels in different processing operations were available from three case sites. By the monitoring data, it was possible to derive quantitative estimates for atmospheric emissions of scrap recycling (Table 1). With regard to other emissions and impacts, only qualitative assessment could be made.

Table 1. Atmospheric emissions of recycling (collection, processing, transportation) of domestic scrap in Finland. Transportation = transportation of scrap from scrap processors to its end users. The figures include both direct and indirect emissions. (Note that emissions caused by making of metals and their possible further processing are not included.)

Emission	Unit emission (kg per tonne of scrap) according to life cycle phases			
	Collection	Processing	Transportation	Total
CO ₂	61.0	17.9	16.2	95.1
CH ₄	0.00689	0.00258	0.00190	0.0114
N ₂ O	0.00269	0.00102	0.000663	0.00437
SO ₂	0.00121	0.01863	0.00408	0.0239
NO _x	0.591	0.149	0.201	0.941
CO	0.333	0.0291	0.0590	0.421
HC	0.119	0.0788	0.0273	0.225
Particulates	0.0605	0.00934	0.0175	0.0873

Main conclusions and recommendations

Scrap arisings take place in three phases: in the making of metals, in their further processing and manufacturing to products and in the discard of end-of-life products (cf. Fig. 1). Scrap can be used again as raw material in making, shaping and treating of metals and its recycling can, in principle, continue indefinitely. It has to be recognized however that part of scrap is "lost" in each cycle either as losses (wastes) or to nonmetallurgical uses, i.e. to cycles other than those of metals. The demand of metals can therefore never be met by scrap based production alone and ores will thus be used as raw materials as long as metals are used and made.

Recycling of scrap is a classical example of recycling at its best. The macro-economic calculations made in this project too indicate that the overall net effect of increasing the use and collection of scrap is positive from the environmental point of view.

Recycling is self-evident in metal making industry because scrap is a valuable raw material. Almost all arising scrap is collected in Finland due to a well organized collection system. The overall recovery rate (amount of scrap used in a given year per the amount of scrap arising in that same year) is of the order of 90 per cent. The recovery rate of production scrap (prompt scrap) of metal making is virtually 100 per cent and that of manufacturing of metal products almost as high.

On the other hand, the end-of-life products are a problematic group of scrap because of their heterogeneous character. The collection rates of end-of-life products, obsolete scrap, range from practically zero to nearly 100 per cent. Collection and recycling should be upgraded especially with regard to electrical and electronic equipment as well as the metal fraction of household waste disposed of to landfills. The coming EU Directive on Waste from Electrical and Electronic Equipment (WEEE) will improve the situation as far as WEEE is concerned. A nationwide recycling system, based on producer responsibility, is just being developed in Finland.

An item deserving more attention are the impurities of scrap. Even though their amounts are mostly minor, their economic and environmental impacts may be considerable when scrap is used as raw material in making of metals. Accurate sorting and processing of scrap prior to use is therefore crucial in order to prevent and minimize negative impacts. The use of coatings (zinc, plastics etc.) in steel is increasing and consequently the amount of coated scrap. Cost-effective methods are needed for processing this type of scrap.

The fact that scrap, in judicial sense, is classified as waste prior to its use as raw material has some detrimental consequences. It gives the scrap an unnecessary negative image and causes bureaucracy and excessive costs.

Many research needs were identified in the course of the project, among them:

- mathematical description and modelling of recycling of metals
- handling of recycling and impact assessment concerning wastes in LCA (methodology development)
- scrap potential of the Finnish national economy
- macro level optimization of scrap recycling (an investigation on what and where it is worthwhile to collect and recycle considering both economy and ecology)
- inventory of scrap potential and collection opportunities in rural areas
- recycling of scrap from households ("white goods", electronics, packages)
- processing and recycling of coated (zinc in particular) steel products and respective other scrap
- recycling of steel of concrete structures
- scrap – interpretations of raw material vs. waste

Immediate research should be directed to macro level (national economy) optimization of scrap recycling, assessment of arisings of end-of-life product scrap and recycling of coated scrap in particular.

Kirjallisuus

- AEM (Advanced Environmental Management Ltd). 1994. Elektroniikka- ja sähkölaitteiden käytön jälkeinen käsittely ja sijoittaminen. AEM Raportti.
- AEM (Advanced Environmental Management Ltd). 1996. Ajoneuvojen ja metallisten kestopulushyödykkeiden kierrätys: Loppuraportti. Kuopio.
- Cavic, A., Nedellkovic, Lj. & Simovic, Dj. 1991. Methodology of quantitative estimate of iron and steel scrap arisings. *Ironmaking & Steelmaking* 1991, vol. 18, no. 1.
- Dahlbo, H. 1994. Kiinteän yhdyskuntajätteen metallivirrat. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja, sarja A 178. Helsinki.
- ECE (Economic Commission for Europe). 1992. Steel product quality and maximum utilization of scrap. New York. ECE/STEEL/77.
- ECE (Economic Commission for Europe). 1995. Iron and steel scrap: its significance and influence on further developments in the iron and steel industries. Sixth updating. Geneva. ECE/STEEL/93.
- Haavisto, T. & Pyy, O. 1999. Ennakkotieto saastuneiden maa-alueiden kartoituksen päivityksestä. Suomen ympäristökeskus 26.10.1999.
- Hansen, E. 1998. Environmental concerns related to hazardous substances in waste. Hazardous substances in waste – methodology development. Nordic Council of Ministers. (Draft)
- Hedemalm, P. 1994. Some uses of lead and their possible substitutes – the use of lead in electronics, building materials, weights, metal working, professional fishing and miscellaneous other applications. Stockholm, Kemikalieinspektionen. Rapport från kemikalieinspektionen 3/94.
- Hedemalm, P., Carlsson, P. & Palm, V. 1994. A survey of the contents of materials and hazardous substances in electric and electronic products. Göteborg, Nordic Council of Ministers.
- Hedemalm, P., Carlsson, P. & Palm, V. 1995. Waste from electrical and electronic products. A survey of the contents of materials and hazardous substances in electric and electronic products. Copenhagen, Nordic Council of Ministers. TemaNord 1995:554.
- Henstock, M.E. 1996. The recycling of non-ferrous metals. Ottawa, International Council on Metals and the Environment (ICME).
- Hornbogen, E. ym. (toim.). 1993. Recycling. Materialwissenschaftliche Aspekte. Berlin, Springer-Verlag.
- IISI (International Iron and Steel Institute). 1996. Indirect trade in steel 1989– 1993. Brussels. Committee on Economic Studies.
- IISI (International Iron and Steel Institute). 1997. Scrap and the steel industry. Brussels. Committee on Raw Materials.
- IISI (International Iron and Steel Institute). 1998. Steel statistical yearbook 1998. Brussels. Committee on Economic Studies.
- IISI (International Iron and Steel Institute). 1999. Worldsteel on line. URL: <http://www.worldsteel.org>.
- Isaksson, K.-E. 1993. Talonrakennustoiminnan jätteet. Helsinki, Tilastokeskus. Ympäristö 1993:7.
- Janke, D., Savov, L. 1997. Circulation of materials. Julk.: Resources for tomorrow – materials recycling. Erstes Freiburger Europa-Seminar, 2. bis 5. Dezember 1997. Technische Universität Bergakademie Freiberg. S. 5.
- Juuti, P. 1991. Romuliikkeet jätehuollon osana. Kuopion yliopisto, ympäristöhygieniä. Opin- näytetutkielma.
- Juutinen, A. 1996. Metalliteollisuus ja ympäristö. Oulu, Oulun yliopisto. Taloustieteen osaston raportteja 32.
- Juutinen, A. & Mäenpää, I. 1998. Metallijätteiden kierrätyksen talous- ja ympäristövaikutukset. Helsinki, ympäristöministerö. Suomen ympäristö 216.
- Jurva, J. 1998. Suullinen tiedonanto 5.5.1998. Imatra Steel Oy, Imatra.
- Kemikalieinspektionen 1995. Tillsatser i plast. Slutrapport från plastadditivprojektet. Stockholm, Kemikalieinspektionen. Rapport från kemikalieinspektionen 15/95.

- KTM. 1997. Energiatalous 2025 – skenaariotarkasteluja. Helsinki, Kauppa- ja teollisuusministeriön julkaisuja 3/1997.
- Kärnä, A. 1999. Managing environmental issues from design to disposal – A chain reaction? Experiences of product chain actors in the Finnish electrical and electronics industry. Helsinki, Federation of Finnish Electrical and Electronics Industry.
- Lagneborg, R. (Rune Lagneborg, Jernkontoret). 1998. Puheenvuoro seminaarissa AFN-dagarna (Avfallsforskningsnämnden). Stockholm, Naturvårdsverket, 10.–11.12.1998.
- Laivan painonlaskenta. 1984. Helsinki, Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus. Nro 32.
- Laivatekniikka. 1997. Julk.: Räsänen, P. (toim.). Modernin laivanrakennuksen tekniikka. Jyväskylä, opetushallitus.
- Lassen, C., Drivsholm, T., Hansen, E., Rasmussen, B. & Christianssen, K. 1996. Massestrømsanalyse for kobber. Forbruk, bortskaffelse og til omgivelsene i Danmark. København, Miljø- og Energiministeriet, Miljøstyrelsen. Miljøprojekt nr. 323.
- Lassen, C., Hansen, E., Kaas, T. & Larsen, J. 1997. Massestrømanalyse for aluminium. København, Miljøstyrelsen. Udkast.
- Lassila, I. & Holappa, L. 1996. Romun korvausmahdollisuudet vaihtoehtoisilla raaka-aineilla Suomen terästeollisuudessa. Espoo, Teknillinen korkeakoulu, Prosessi- ja materiaali-tekniikan osasto, Materiaali- ja kalliitekniikan laitos, Metallurgian laboratorio. Report TKK-V-C141.
- Lehtoranta, O. 1994. Technology diffusion and lifetimes of paper machines. Helsinki, Elinkeinoelämän Tutkimuslaitos, ETLA. Sarja C 70 Series.
- Lindblad, B. 1994. Stålätervinning till 5, 50 eller 100 %? Stockholm, Jernkontorets annaler 1/1994. Bergsmannen, Nr. 2-94. S. 31.
- Marcus, P. & Kirsis, K. 1995. Scrap is king. World steel dynamics. Presentation to: Steel Survival Strategies, X Conference, New York City.
- Mäenpää, I. 1982. Voittoaste, investoinnit ja työllisyys Suomen talouden pitkän ajan kasvussa. Oulu, Oulun yliopisto. Kansantaloustieteen laitoksen tutkimuksia 21.
- Mäenpää, I. 1993. FMS model system: a methodological overview. Oulu, Research Institute of Northern Finland, University of Oulu; Department of Economics, University of Oulu; Department of Economics, University of Lapland, Discussion papers in economics and business studies 6.
- Mäenpää, I., Viitanen, M. & Juutinen, A. 1996. Metalliteollisuus Suomen taloudessa. Helsinki, Kauppa- ja teollisuusministeriön tutkimuksia ja raportteja 14/1996.
- Naturvårdsverket 1994. Viktiga materialflöden. Förutsättningar för aktionsplaner. Stockholm, Statens Naturvårdsverk. Rapport 4348.
- Ogilvie, S. M. 1992. A review of the environmental impact of recycling. Warren Spring Laboratory. LR 911 (MR).
- OTR (Osuuskunta Teollisuuden Romu). 1997. Kirjallinen tiedonanto.
- Outokumpu Polarit Oy. 1999. Kirjallinen tiedonanto.
- Pehkonen, K. 1995. Metallijätteiden keräily ja hyötykäyttö. Helsinki, vesi- ja ympäristöhallitus, Kainuun vesi- ja ympäristöpiiri. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja 645.
- Pietiläinen, L. 1988. Teräsromubisnes Suomessa. Helsinki. Teräspala-lehti 2/1988.
- Puolanne, J., Pyy, O. & Jeltsch, U. (toim.). 1994. Saastuneet maa-alueet ja niiden käsittely Suomessa. Saastuneiden maa-alueiden selvitys- ja kunnostusprojekti: loppuraportti. Helsinki, ympäristöministeriö, ympäristönsuojeluosasto. Muistio 5.
- Ratia, A. 1996. Lohkareesta emäkallioon – jäätiköstä maaperäksi. Helsinki, Gummerus. S. 164.
- Riekkola-Vanhanen, M. 1999. Finnish expert report on best available techniques in copper production and by-production of precious metals. Helsinki, Finnish Environment Institute. The Finnish Environment 316.
- Romutyöryhmän mietintö. 1980. Komiteanmietintö 1980:19. Helsinki.
- SET (Sähkö- ja elektroniikkateollisuusliitto) 1999. Sähkö- ja elektroniikkaromun kierrätyksen toteuttaminen. SER-mallit, loppuraportti.
- SETELI. 1995. Käytöstä poistettujen sähkö- ja elektroniikkalaitteiden hyödyntäminen ja käsittely. Sähkö- ja elektroniikkateollisuusliitto.
- SFS. 1997. Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Periaatteet ja pääpiirteet. SFS-EN ISO 14040. Suomen Standardisoimisliitto.
- SFS. 1998. Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely sekä inventaarioanalyysi. SFS-EN ISO 14041. Suomen Standardisoimisliitto.

- Stephenson, E.T. 1983. Effect of recycling on residuals, processing and properties of carbon and low-alloy steels. Metallurgical Transactions A, vol. 14A, March 1983, s. 343–353.
- Sähkö- ja elektroniikkateollisuuden SER-materiaalin ympäristöyötäinen kuljetus- ja hyötykäyttömalli. 1999. Helsinki, Suomen ympäristökeskus. Projektin loppuraportti 25.10.1999.
- Tanskanen, J.-H. 1997. YTV:n alueen jätehuollon mallintaminen. Helsinki, YTV. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1997:2.
- Tilastokeskus. 1972. Teollisuustilasto osa 2. Tuotanto sekä käytetyt raaka-aineet 1970. Helsinki. SVT XVIII A 91 2 1970.
- Tilastokeskus. 1991. Teollisuuden käyttöomaisuus ja teknologia 1990. Helsinki. Teollisuus 1991:23.
- Tilastokeskus. 1995. Teollisen toiminnan jätteet 1992. Helsinki. Ympäristö 1995:7.
- Tilastokeskus. 1997. Teollisuuden käyttämät raaka-aineet ja puolivalmisteet toimialoittain 1995. Helsinki. Julkaisematon aineisto.
- Tullihallitus. 1971. Ulkomaankauppa 1970, Osa 1. Helsinki. SVT Ulkomaankauppa.
- Tullihallitus. 1997. Ulkomaankauppa 1995, Osa 1. Helsinki. SVT Ulkomaankauppa 115.
- Uusitalo, S. 1998. Suullinen tiedonanto. Suomen Romukauppiain Liitto.
- Vartiainen, H. 1999. Tilastotietoja vuoriteollisuudesta v. 1998. Vuoriteollisuus – Bergshanteringen Nro 3/1999. S. 8.
- Viitanen, M. 1995. Terästeollisuuden näköalat Suomen talouden pitkän ajan kasvussa. Oulu, Oulun yliopisto. Taloustieteen osaston raportteja 30.
- Viitanen, M. 1998. Suomen talouden metallitaseet. Helsinki, Kauppa- ja teollisuusministeriö. Kauppa- ja teollisuusministeriön tutkimuksia ja raportteja 9/1998.
- Ympäristöministeriö. 1989. Ajoneuvoromutyöryhmän osamietintö. Romuautot ja -renkaat. Ympäristöministeriö, ympäristönsuojeluosasto, sarja C 42. Helsinki.
- Ympäristöministeriö. 1998. Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2005. Helsinki.
- Young, J. 1992. Mining the Earth. Worldwatch Institute. Worldwatch paper 109.

Käsiteluettelo

Ei-rautametalli (*non-ferrous metal*). Muut käyttömetallit paitsi rauta ja teräs.

Energiasisällön hyödyntäminen (*energy recovery*). Jätteen poltto yksin tai yhdessä muun materiaalin kanssa tarkoituksena tuottaa energiaa ottamalla talteen polttoprosessissa vapautuva energia.

Hyödyntäminen (*recovery*). Jättemateriaalin kierrätys (materiaalinen hyödyntäminen) ja energiasisällön hyödyntäminen.

Integroitu terästehdas, oik. integroitu rauta- ja terästehdas (*integrated iron and steel works*). Tehdas, jossa valmistetaan (masuunissa) malmista rautaa ja siitä (ja romusta) terästä, joka edelleen muokataan erilaisiksi levy-, tanko- ja muiksi jalosteiksi. Tehdaskokonaisuus käsittää myös masuunikaasuun perustuvan voimalaitoksen ja yleensä mm. malmin sintraamon, kivihiilen koksauslaitoksen (kivihiilitervaa hyödyntävine sivutuotetehtaineen), happitehtaan sekä usein muitakin laitoksia, kuten kuoniin tarvittavan kalkin polttolaitoksen.

Jäte (*waste*). Jätelain mukaan aine tai esine, jonka sen haltija poistaa, aikoo poistaa tai on velvollinen poistamaan käytöstä.

Kansantalouden metallitase (*metal balance of national economy*). Hyödykkeiden tuottamiseen käytetyt metallivirrat ja metallivaranto, jota ilmentää kansantalouden hyödykkeiden metallisisältö.

Keräysromu (*collection scrap*). Yleisen romun keräysjärjestelmän kautta kulkeva romu (tuotteen valmistusromu ja lopputuoteromu).

Kierrätys (*recycling*). Jättemateriaalin käyttö tuotantoprosessissa alkuperäiseen tarkoitukseensa tai muuhun tarkoitukseen lukuun ottamatta energiasisällön hyödyntämistä. Kierrätyskäsitteeseen laajassa merkityksessä sisältyvät myös romun keräys, käsittely ja kuljetukset.

Konvertteri (*converter*). Metallien valmistuksessa käytettyjä erikoisuuneja (useita tyyppejä), joissa ilmalla, hapella tai erityisillä kaasuseoksilla puhaltamalla hapettaen sula raakarauta muutetaan, konvertoidaan, ja osittain raffinoidaan teräkseksi, kuparikivi (kupari-rautasulfidi) raakakupariksi jne., poistettavien alkuaineiden erottuessa kaasumaisina yhdisteinä tai siirtyessä prosessissa syntyvään, erottuvaan kuonafaasiin.

Lopputuoteromu (*end product scrap, obsolete scrap*). Lopputuotteen käytöstä poistossa tai romuttamisessa syntyvä romu.

Malmi (*ore*). Luonnossa, lähinnä kallioperässä oleva mineraaliesiintymä, joka sijaitsee siten ja jossa on arvometalleja niin paljon ja sellaisessa muodossa, että sitä voidaan *taloudellisesti kannattavasti* louhia, rikastaa ja kuljettaa käytettäväksi metallien valmistukseen. Kaivosteollisuudessa käsitteeseen malmi sisällytetään mitkä tahansa mineraalit, joita kannattaa louhia kivistä (so. ei pelkäs-tään metallit).

Metallien ilmenevä kulutus (*apparent consumption of metals*). Kansantaloudessa käytettävien metallien määrä (tuotanto + tuonti – vienti).

Metallien ilmenevä loppukulutus (*final apparent consumption of metals*). Kansantalouteen jäävä metallivirta (ilmenevä kulutus + välillinen tuonti – välillinen vienti).

Metallien jalostus (*making, shaping and treating of metals*). Metallituoteteollisuuden ja muiden tuotannonalojen raaka-aineina käytettävien metallijalosteiden valmistus malmeista ja romusta (aikaisempi nimitys: perusmetalliteollisuus tai metallien perusteollisuus).

Miniterästehdas (*minimill*). On alunperin tarkoittanut pientä, suoraviivaista romua raaka-aineena käyttävää terästehdasta, joka käsittää yksinkertaiset valokaariuunin, jatkuvavalulaitoksen ja tanko- tai lankavalssaamon ja jossa valmistetaan rajoitettua tuotevalikoimaa paikallisiin tarpeisiin. Termin käyttö on laajentunut käsittämään myös kapasiteetiltaan suuremmat, tuotantolaitteistoltaan monipuolisemmat ja valmistusohjelmaltaan laajemmat romupohjaiset terästehtaat.

Oma romu (*prompt scrap*). Metallien valmistuksen yksiköiden sellainen romu, joka ei ole päätynyt valmiiksi tuotteeksi saakka (tehtaan sisäistä romua, joka palautuu valmistusprosessin alkuun).

Raffinointi (*refining*). Metallien puhdistusprosessi(t), esim. sularaffinointi, elektrolyyttinen raffinointi; epäpuhtaan metallin puhdistus haitallisista (metallisista, epämetallisista ja kaasumaisista alku-)aineista.

Rauta (*iron*). 1) alkuaine, Fe; 2) rauta-hiiliseokset, joissa hiilipitoisuus on noin 4,5–2,1 % (vrt. teräs): a) raakarauta (hot metal) tai b) harkkorauta (pig iron), tai c) valurauta (cast iron); 3) malmista suorapelkistetty, pääosin metallista rautaa oleva tuote; 4) kemiallisesti puhdas metallinen rauta.

Romu (*scrap*). Metalleja sisältävä käytöstä poistettu/poistettava kappale, laite tai rakennelma, jonka sisältämät metallit soveltuvat teollisuuden raaka-aineeksi.

Romuliiketoiminta (*scrap processing industry*). Tuotantotoiminta, jossa kansantaloudessa syntyvä romu kerätään, käsitellään sopivaan muotoon ja toimitetaan raaka-aineeksi teollisuudelle. Perusprosessointi tapahtuu ns. perusromuliikkeissä ja pidemmälle menevä käsittely erikoistuneissa romuliikkeissä. Lisäksi maassamme toimii muutama romutukkuliike, jotka kokoavat romua laajemmalla alueella ja toimittavat sitä joko käsittelyn jälkeen tai ilman käsittelyä eteenpäin teollisuudelle.

Romuluokka (*scrap category*). Metallisisällön mukaan ja tiettyyn kokoon ja muotoon lajiteltu ja käsitelty romu. Pääjako metallisisällön mukaan: rauta- ja teräsromu, ruostumaton teräsromu, ei-rautametallit (alumiini, kupari, sinkki jne.)

Romun hyödyntämisaaste (*recovery rate of scrap*). Jonakin vuonna käytettävän eli hyödynnettävän romun määrä jaettuna samana ajanjaksona syntyvän romun määrällä.

Romun kertymä (*scrap arising*). Jonakin vuonna syntyvän romun määrä.

Romun keräysaste (*collection rate*). Jonakin vuonna kerättävän (talteenotettavan) romun määrä jaettuna romun kertymällä.

Romun käsittely (*scrap processing*). Toiminta, jossa romu käsitellään/esikäsitellään laadultaan ja kooltaan tuotantoprosesseihin sopivaan muotoon. Tyypillisiä yksikköoperaatioita: lajittelu, purku, polttoleikkaus, hydraulinen palottelu, murskaus, paalaus, briketointi.

Ruostumaton teräs (*stainless steel*). Ruostumattomat teräkset, käsitteenä epä-määräinen, mutta yleisesti käytetty runsasseosteisten rautapohjaisten kromi- ja kromi-nikkelseosteisten metalliseosten yhteisnimitys; viittaa korkeasta kromipitoisuudesta johtuvaan hyvään korroosionkestävyyteen, joka on näille seoksille yhteinen tyypillinen ominaisuus.

Sekundääri (metalli) (*secondary (metal)*). Käytetty tarkoittamaan romusta valmistettua metallia erotukseksi malmista valmistetulle (primääri). Huom! sekundääri ja primääri *eivät viittaa laatuun*, eivät peräkkäisiin prosessivaiheisiin eivätkä eroihin jalostusasteissa.

Shredder-romu (*shredder scrap*). Levytuotteista, mm. autonkoreista, erityisillä murskaimilla tai repimiskoneilla tuotettu paloitettu romu; palakoko noin (max.) 12 cm.

Siemens-Martin-uuni (*open hearth furnace*). Teräksen valmistukseen käytetty, polttoilman esilämmityksellä varustettu lieskauuni; jäänyt pois käytöstä läntisissä teollisuusmaissa, muuallakin käyttö vähenemässä.

Teräs (*steel*). Rauta-hiiliseoksia, joissa hiilipitoisuus yleensä on välillä 0,1–1,7 % (max. 2,1%; vrt. rauta). Ns. hiiliteräksissä on yleensä aina muitakin seosaineita, kuten piitä (Si) ja mangaania (Mn) sekä niukkaseosteisissa seosteräksissä lisäksi erilaisina kombinaatioina esim. kromia (Cr), nikkeliä (Ni), vanadiinia (V) jne.

Tuotejärjestelmä (*product system*). Tuotteen elinkaariarviointiterminä: sarja materiaali- ja energiavirtojen yhdistämiä yksikköprosesseja, jotka toteuttavat yhden tai useampia määriteltyjä toimintoja; termi "tuote" yksinään käytettynä voi tarkoittaa paitsi tuotejärjestelmiä myös palveluita.

Tuotteen valmistusromu (*production scrap*). Tuotteen valmistuksessa metallituoteteollisuudessa (konepajateollisuudessa) syntyvä romu, joka ei vielä ole ollut osana varsinaista lopputuotetta, mutta ei toisaalta ole tehtaan sisäistä omaromua.

Uudelleenkäyttö (*re-use*). Käytöstä poistettujen tuotteiden tai niiden komponenttien käyttö uudelleen (lähinnä) siihen tarkoitukseen, johon ne on alunperin valmistettu.

Valokaariuuni (*electric arc furnace, EAF*). Varsinkin romun sulatukseen teräksen valmistuksessa, mutta myös muihin tarkoituksiin käytetty sähköuunityyppi, jossa lämpö kehitetään sähkövalokaarien avulla.

Liite 1. Romun elinkaari ja romukäsitteistö

Romu tarkoittaa suomen kielessä epätyydyttävästi toimivaa laitetta tai hyljättyä esinettä, ainoastaan sisältämänsä metallin arvoista metalliesinettä. Romun ja metallin jalostusteollisuus käsittää romuksi metalleja sisältävät kappaleet, laitteet ja rakennelmat, joiden sisältämät metallit soveltuvat teollisuuden raaka-aineeksi. Metallisisällön mukaan romut voidaan jakaa rauta-, teräs- sekä ei- rautametalliromuihin (ns. värimetallit; kupari, sinkki, lyijy, nikkeli jne.). Ruostumatonta eli jaloterästä ei lueta rauta- ja teräsromuihin. Yleisimmät teollisuuden raaka-aineena käyttämät romumetallit ovat rauta ja teräs sekä alumiini ja kupari. Lisäksi metalliteollisuus käyttää sinkki-, messinki-, nikkeli-, lyijy- ja titaniumromua. Arvometalleista otetaan talteen kultaa, hopeaa, platinaa, palladiumia ja radiumia. Romun käyttömääristä puhuttaessa käytetään yleensä yksikkönä metallipainoa.

Romun elinkaari

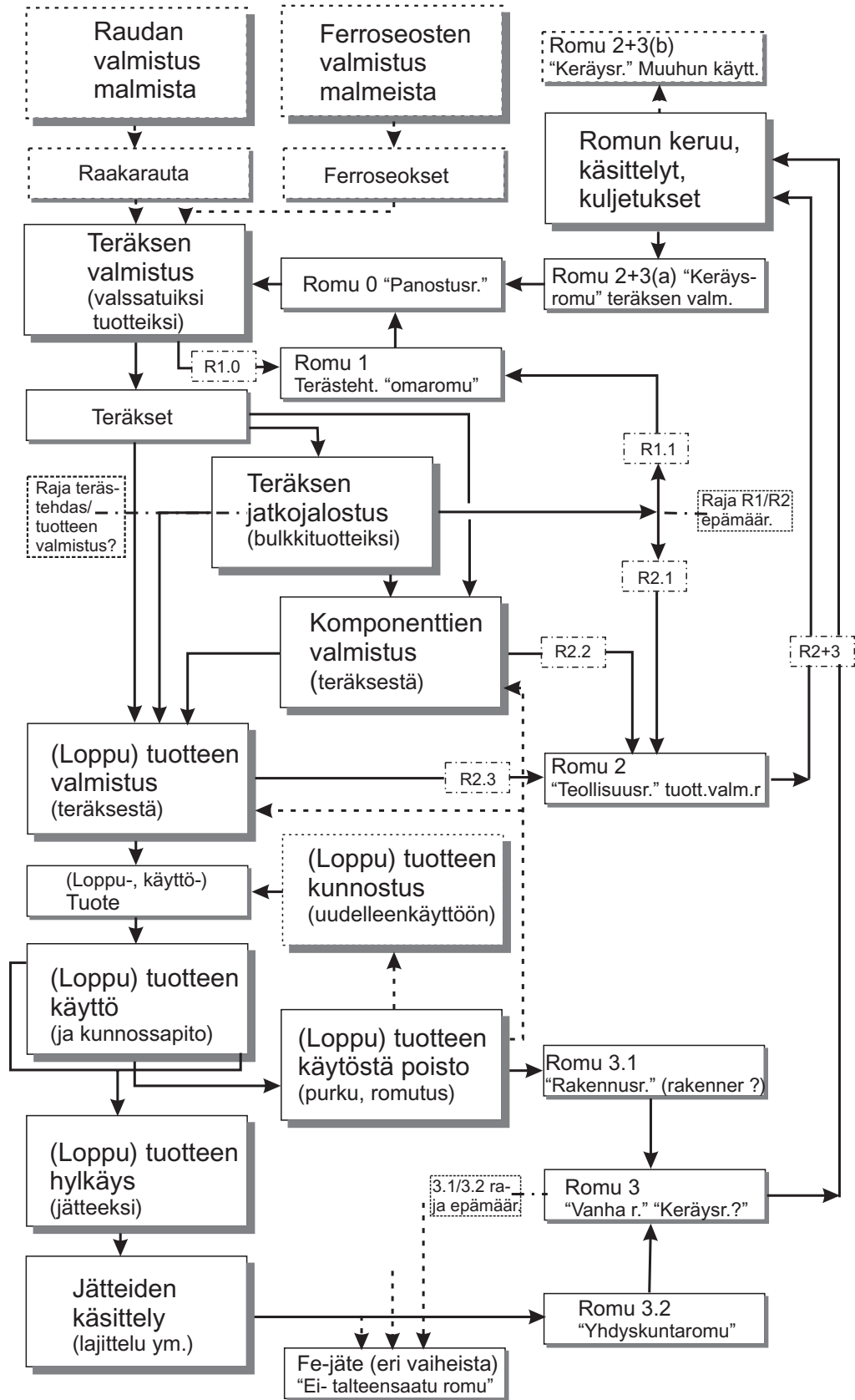
Romun kierrätystä on hyödyllistä tarkastella elinkaariajattelun ja nimenomaan romun elinkaaren pohjalta ja tutkia missä romuilla, romuvirroilla ja elinkaarivaiheilla on samankaltaisuutta ja missä oleellisia eroja. Romukäsitteistö ja -terminologia ei ole meillä eikä muuallakaan kovin vakiintunutta. Tässä raportissa on pyritty löytämään käsitteistö ja terminologia, joka olisi mahdollisimman yleispätevä. Kuva 1 esittää romun kiertoa terästuotteissa eli teräsromun elinkaarta ja siihen kuuluvia vaiheita. *Muiden metalliromujen elinkaaret ovat analogisia, joten seuraavassa käsitellään romun elinkaarta yksityiskohtaisemmin teräsromun kierron avulla.*

Kuvassa 1 on pyritty kuvaamaan pelkistetyksi romun elinkaarta. Siitä on jätetty pois teräksen ja lopputuotteen elinkaariin kuuluvia vaiheita, jotka eivät ole keskeisiä romun kannalta. Kuvassa on katkoviivoilla esitetty eräitä romun ja kierrätyksen kokonaisuuden kannalta sinänsä tärkeitä vaiheita, joita ei tässä kuitenkaan tarkastella: romun (raudan) varsinaiset raaka-aineet, "romunielut" (romun käyttö muihin tarkoituksiin ja, symbolisesti, varsinainen hävikki jätteiksi) sekä tuotteen tai sen komponenttien uudelleenkäyttö.

Terästehtaan raaka-aineromu

Terästehtaan *panostusromu* (romu 0 kuvassa 1) koostuu ulkopuolisesta, kaupallisesta, varsinaisesta romusta eli *keräysromusta* (romuvirta R2 + 3(a) kuvassa 1) sekä terästehtaan *omaromusta* (romu 1 kuvassa 1). Panostusromun koostumus vaihtelee ajallisesti ja paikallisesti. Erityisesti ulkopuolinen romu vaihtelee laadultaan ja fyysiseltä luonteeltaan. Käytetyt tai käytettävissä olevat romuluokat ja niiden suhteelliset osuudet vaihtelevat. Hinta ja saatavuus aiheuttavat valintoja.

Tehdaskohtaisesti käytettävä teräksenvalmistusprosessi määrää tai ainakin suosii tai rajoittaa eri romuluokkien käyttöä. Valmistettavien terästen lajit ja laatuvaatimukset asettavat rajoja käytettävien romuluokkien puhtausasteelle; eri teräksille käytetään eri romuluokkia ja panossekoituksia sulatus(panos)kohtaisesti. Konvertteriprosessissa romun suhteellista osuutta panoksesta voidaan varioida (0–noin 40 %, yleensä noin 25 %). Näin kaupallinen tilanne, terästen kysyntä, kapasiteetin käyttöasteen säätötarve ja myös sopivan romun saatavuus ja hinta voivat vaikuttaa käytetyn romun määrään. Pelkästään romupohjaisessa (valokaariuuni)prosessissa ei ole muuta romumäärän säätömahdollisuutta kuin tuotannon kokonaismäärä.



Kuva 1. Romun kierto ("romun elinkaari") terästuotteissa. (Kuvaan on tarkoituksella jätetty jonkin verran vaihtelevaa terminologiaa, jota on käytetty eri tahoilla.)

Terästehtaan omaromu (romu 1 kuvassa 1) tarkoittaa romua, jota syntyy terästehtaan prosesseissa ja muissa käsittelyissä sivutuotteina, esimerkiksi valssausaihioiden päiden puhdistusleikkauksissa. Tunnusmerkillistä omaromulle on, että se on ”keskeneräistä” terästuotetta eli se ei vielä ole ollut myyntituotetta. Omaromu tunnetaan käyttökelpoisuusmielessä varmasti ja sitä käytetään panostuksessa omana fraktionaan tai se voidaan lisätä asianomaiseen yleisen romun luokkaan varastoinnissa. Omaromu käytetään pääasiassa itse – vain hyvin poikkeuksellisesti sitä myydään muualle. Omaromu palautuu uudelleensulatukseen muihin teräksen sykleihin nähden hyvin nopeasti ja lähes sataprosenttisesti, eikä tavallisesti tarvita muuta ympäristöä rasittavaa käsittelyä kuin kuljetus, joka sekin on yleensä lyhyt. Omaromun luonteista ja sellaiseksi katsottavaa ovat myös senkka- ja muut ”skollat” samoin kuin kuonista niiden jalostuksessa erotettu romu.

Omaromun suhteen on rajankäyntiongelman se, mitä käsitetään terästehtaalla eli mihin prosessivaiheeseen saakka katsotaan olevan kysymys teräksen valmistuksesta ja siten omaromusta: kuuluuko myös osa ”jatkojalostuksesta” käsitteen teräksen valmistus alle ja kuinka pitkälle? Tässä on valittu käytännöllinen raja. Kun jatkojalostuksessa syntyvä romu palautuu sellaisenaan suoraan alkuperäiselle valmistajaterästehtaalle, se luetaan omaromuksi (romuvirta R1.1 kuvassa 1), muu osa päättyy ”teollisuusromuna” eli tuotteen valmistusromuna (romuvirta R2.1) osaksi yleistä kaupallista keräysromua.

Lopputuotteen valmistuksessa syntyvä romu (tuotteen valmistusromu)

Lopputuotteen valmistuksesta syntyvästä romusta (romu 2 kuvassa 1) käytetään eri yhteyksissä eri nimityksiä kuten teollisuusromu sekä tuotantoromu, jota on perinteisesti käytetty romuliiketoiminnassa. Tässä on valittu käyttöön termi *tuotteen valmistusromu*. Se on romua, joka syntyy lopputuotetta teräksistä (välituotteista) valmistettaessa ja joka päättyy yleiseksi (”uudeksi”) keräysromuksi. Romun elinkaaren kannalta ei ole oleellista, syntyykö se erillisessä komponenttien valmistuksessa (romuvirta R2.2) vai välittömästi lopputuotteen valmistuksessa (romuvirta R2.3) (taikka terästen jatkojalostuksessa, romuvirta R2.1) vaan, että se on romua, joka ei ole ollut osana varsinaista lopputuotetta mutta ei toisaalta ole terästehtaan sisäistä omaromua (romuvirrat R1.0 ja R1.1). Tuotteen valmistusromu on laadultaan ja fyysiseltä luonteeltaan kirjavaa: paksujen ja ohuiden levyjen, tankojen, profiilien ja muiden leikkausjätteitä, työstölastuja jne. Usein heti syntypaikalla erikseen lajiteltuna tuotteen valmistusromun luokitus ja tarpeellinen jatkokäsittely määräytyvät selkeästi, mutta koko tämän romun virtaa ajatellen romuluokkia ja romuvälituotteita on lukuisia; ne vaihtelevat ajallisesti ja paikallisesti.

Tuotteen valmistusromun kiertosykli on suhteellisen lyhyt ja palautuminen lähes sataprosenttista. Elinkaaritarkastelua ajatellen tuotteen valmistusromu ei ole yhtenäinen kokonaisuus, vaan se jakautuu moneen haaraan erilaisine käsittelyvaiheineen, joilla on erilaiset ympäristövaikutukset. Valmistusromun romuluokkien käsittelyvaiheet ovat kuitenkin samoja kuin vastaavat ”lopputuoteromun”, ”vanhan keräysromun” (romuvirta R3 kuvassa 1) vaiheet romukauppialla ja siitä eteenpäin; virrat romuluokittain itse asiassa yhtyvät.

Lopputuotteen käytöstä poistossa syntyvä romu (lopputuoteromu)

Elinkaaritarkastelun kannalta erittäin oleellinen ero romuvirtoihin R1 ja R2 nähden on, että lopputuotteen käytöstä poistossa syntyvä romu, *lopputuoteromu* (romuvirta R3 kuvassa 1), on sisällytetty (loppu)tuotteeseen ja syntyy vasta sen käytöstä poistamisen yhteydessä, kun taas romut 1 ja 2 eivät ole olleet osana (loppu)tuotetta. Romu 3 on kirjaimellisesti ”vanhaa romua”. Tyypiltään ja laadultaan lopputuoteromua on hyvin monenlaista, kuten terästä sisältäviä tuotteitakin. Romukauppiaan kannalta katsoen tämä keräysromu voidaan jakaa kahteen pääryhmään: ”rakennusromu” ja ”yhdyskuntaromu”, vaikkakin raja näiden välillä on häilyvä.

Rakennusromua (romu 3.1 kuvassa 1) on rakennusten tai paremminkin rauta- ja teräsrakenteiden ja laitteiden purkamisessa, romuttamisessa, syntyvä romu. Sille on tyypillistä romutettavien rakenteiden ja esineiden useimmiten suuri koko, kerralla syntyvän romun suuri tai suurehko määrä ja romun laadun (romuluokkien) selkeys. Koko romuerä on usein yhtä tai muutamaa harvaa romuluokkaa. Rakennusromun keruu ja käsittely on pääsääntöisesti taloudellisesti kannattavaa, ”kantohinta” on positiivinen tai ainakin nollan vaiheilla. Rakennusromu on lähes poikkeuksetta pitkä- tai hyvin pitkäkiertoista; romutettavat rakenteet ovat olleet käytössä kymmeniä vuosia. Romun palautusprosentti on jo nykyisellään varsin korkea. Rakennus- ja purkutoiminnassa syntyviä jätteitä on vuonna 1997 voimaan astuneen valtioneuvoston päätöksen (VNp rakennusjätteistä, 295/97) myötä ryhdytty lajittelemaan ja keräämään hyötykäyttöön, joten myös romumäärä tästä lähteestä on kasvamassa.

Yhdyskuntaromulle (romu 3.2 kuvassa 1) tyypillisiä piirteitä ovat seuraavat: romuesineiden, laitteiden pieni tai pienehkö koko ja kerralla yhdessä paikassa esiintyvän romun vähäinen määrä; romun laadun epämääräisyys ja epävarmuus; eri materiaalien toisistaan erottamisen vaikeus (usein sekaisin muiden jätteiden kanssa). Yhdyskuntaromun keruu ja käsittely on taloudellisesti ongelmallista, ”kantohinta” on negatiivinen. Yhdyskuntaromua on sekä pitkä- ja pitkäkiertoista että lyhytkiertoista aina kertakäyttötavaraan saakka, ja sen palautusprosentti vaihtelee kohtalaisesta hyvin alhaiseen (nollaan). Laajenevan romuvirran – ja ongelman – muodostavat elektroniset laitteet, joiden metallisisältö on pieni mutta joiden käyttö- ja hylkäysmäärät kasvavat jatkuvasti.

Kaikki ”vanhan keräysromun” romutyypit eivät luontevasti sovi kumpaankaan edellä mainittuun alaryhmään. Esimerkiksi *henkilöautot* ovat monilta piirteiltään luonteeltaan lähellä yhdyskuntaromua, mutta suuri kokonaisuus ja erityisesti ”shreddattuna” tasalaatuisuus muistuttavat rakennusromua. *Shredderromu on oma, erillinen romuluokkansa*. Erillisenä romutyypinä kulutuksesta syntyvässä romussa voidaan pitää myös *maatalousromua*. Maatiloille syntyy usein romuvarastoja, kun koneita poistetaan käytöstä muttei toimiteta heti varsinaiseen romun keräysorganisaatioon.

Keräysromun käsite

Keräysromuksi on luontevinta nimittää kaikkea yleisen keruujärjestelmän kautta kulkevaa romua, mukaan luettuna myös tuotteen valmistusromu, eli yhteensä romuvirtoja R2 ja R3 kuvassa 1. Elinkaaren aikaisemmilta vaiheiltaan nämä romut ovat huomattavasti toisistaan poikkeavia, mutta romukauppialla niiden käsittely ja kuljetus yhtyvät. Ne tapahtuvat yhdessä romuluokittain. Itse asiassa tässä vaiheessa romun alkuperä menettää merkityksensä ja sen laatu, laji ja luokka tulee erottavaksi tekijäksi. *Romuvirrasta R2 on romuliiketoiminnassa käytetty nimitystä tuotantoromu ja romuvirrasta R3 nimitystä vanha romu.*

Romun keräys- ja käsittelyorganisaatio (romuliikkeet) toimittaa keräysromun kotimaiseen ja ulkomaiseen käyttöön. Erilaisten käsittelyjen jälkeen romu luokitellaan romuliikkeissä laatunsa, puhtautensa ja kokonsa perusteella sitä ostavan teollisuuden tarpeiden mukaisesti luokkiin, jotka muun muassa toimivat hinnoittelun perusteena. Osuuskunta Teollisuuden Romun (OTR) käyttämä teräsromulaatujen luokittelu ja laatuvaatimukset esitetään liitteessä 3.

Liite 2. Metallien kierrosta – esimerkkinä teräksen elinkaarikierto

I Johdanto

Seuraavassa esitettävien laskennallisten esimerkkien ja kaavioiden tarkoituksena on selvittää kokonaiskuvaa teräksen – ja yleensä metallien – elinkaarikierrosta ja pyrkiä sen perusteella osoittamaan muun muassa kierrätyksen ja elinkaaritarkastelujen kannalta oleellisia tuotteiden elinkaaren vaiheita ja kohtia.

Kaaviot ovat periaatteellisia yleistyksiä ja tarkoitettu vain demonstroimaan kokonaiskuvaa. Esitetyt lukuarvot eivät esitä mitään todellisia tapauksia tai keskiarvoja tai edes tyypillisiä arvoja, mutta ne ovat suuruusluokaltaan suuntaa antavia. Kaavioiden ja niissä esitettyjen lukujen pohjalta ei tule tehdä yksityiskohtaisia päätelmiä, eikä niitä pidä sellaisenaan lainata tai käyttää mihinkään muuhun tarkoitukseen.

Tässä yhteydessä teräksellä tarkoitetaan seostamatonta/niukkaseosteista terästä yleisesti, ei mitään tiettyä teräslajia, valssausmuotoa tai teräsjalostetta. Runssaseosteiset ("ruostumattomat") teräkset olisivat oma kokonaisuutensa omine erillisine kiertoineen. Periaatteessa seostamattoman tai niukkaseosteisen teräksen (tuotteiden) elinkaarikierron piirteet sinänsä pätevät analogisesti myös ruostumattomalle teräkselle ja pääpiirteisesti muillekin metalleille – oikeastaan yleistäen yleistikin kierrätettäville materiaaleille.

2 Raudan elinkaari ja kierto teräksissä

Kuva 1 on kaavion muodossa esitetty kokonaisvaltainen, yksinkertaistettu terästä sisältävän lopputuotteen rautatase¹. Tällaisen kaavion esittämää kokonaisuutta kutsutaan elinkaariarviointiterminologiassa tuotteen tuotejärjestelmäksi².

Vertailujen helpottamiseksi lopputuotteeseen sisältyvä teräsmäärä on seuraavissa kaavioissa merkitty luvulla 100, jolloin muut luvut vastaavat prosentteja tästä. Myös kaavioiden materiaalivirtojen leveydet on piirretty lukuarvoihin suhteellisinä.

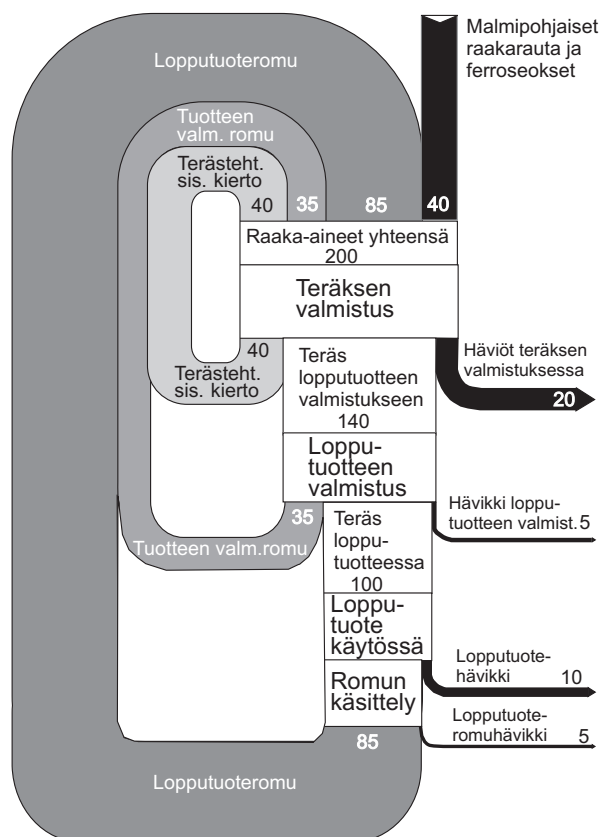
Kaavioissa teräksen elinkaaren yksikköprosessit on pelkistetty neljäksi kokonaisuudeksi:

- *teräksen valmistus*, joka on kuvattu yhtenä vaiheena sisältäen periaatteessa kaikki/mitkä tahansa teräksen valmistusprosessit³ sekä valu- ja valssausvaiheet
- *lopputuotteen valmistus*, joka tosiasiaassa voi olla yksinkertainen tai hyvinkin monivaiheinen kokonaisuus (kaavioissa ei ole erotettu teräksen jatkojalostuksia / lopputuotteen esivalmistuksia erillisiksi vaiheiksi, vaan ne on ajateltu sisältyviksi joko teräksen tai lopputuotteen valmistukseen)
- *lopputuotteen käyttö*, ml. käytöstä poisto ja romutus, sekä
- *romun käsittely*; romun keruu, (yksinkertainen tai monivaiheinen) romun käsittely ja (mahdollinen) prosessointi kuljetuksineen.

¹ Tässä yhteydessä voidaan katsoa, että teräs ja rauta merkitsevät samaa. Tosiasiaassa niukkaseosteiset ja ns. seostamattomatkin teräkset sisältävät aina myös muita alkuaineita raudan lisäksi.

² Tässä pelkistettynä vain raudan osuus; tuotejärjestelmä tietenkin kattaa kaikki muutkin tekijät.

³ Merkittäviä teräksen sulatus/valmistusprosesseja ovat happipuhalluskonverterti, (sähkö-) valokaariuuni [EAF] sekä käytöstä vähitellen poistuva Siemens-Martin-uuni [open hearth furnace]



Kuva 1. Raudan kierto terästuotteissa. Kaavio on periaatteellinen ja luvut tarkoitettu vain demonstraatioksi.

3 Rautatase

3.1 Input

Kaikki systeemiin tuleva rauta on malmipohjaista. Raudan – masuuniprosessilla tuotetun raakaraudan tai mahdollisen suorapelkistetyn raudan – ja myös systeemiin rautaa tuovien ferroseosten valmistusprosesseja ei ole eritelty, vaan merkitty yhtenä summana (ja yhdellä nuolella).

Teräksen valmistusvaiheen inputina olevat romut ovat tuotejärjestelmän sisällä tapahtuvaa kiertoa, eivätkä siten koko tuotejärjestelmän kannalta inputteja. Teräksen valmistusvaiheen kaikkien raaka-aineiden – eri romut ja malmipohjainen rauta – rautasisältöjen yhteissumma eri vaihtoehdoissa on merkitty kaavioihin näkyviin.

3.2 Output

Koska rauta teräsromun muodossa periaatteessa kiertää jatkuvasti tuotejärjestelmässä, raudan outputteja ovat vain häviöt. Häviöt tarkoittavat tässä raudan peruuttamatonta poistumista teräksen elinkaarikierrosta. Häviöitä esiintyy eri val-

mistusvaiheissa (teräksen valmistus ja tuotteen valmistus) sekä lopputuotteen käyttövaiheessa romun päätyminen jätteeksi (= epätäydellinen kierrätys sekä romun palautumaton käyttö muuhun tarkoitukseen.)

Output-mielessä häviöt ja hävikit käsittävät a) varsinaiset häviöt, varsinaisina jätteinä ja päästöinä (pölyt ym.); b) hyötykäyttöön menevät sivutuoteluonteiset materiaalit, jotka menevät palautumattomasti muuhun käyttöön, esimerkiksi kuonat sementtiin, lannoitteiksi tai sepeliksi; c) mahdolliset palautukset tämän tarkastelun rajaa aikaisempiin vaiheisiin.⁴ Lopullisesti vain pieni osa ”häviöistä” päättyy varsinaiseksi jätteeksi. Suuri osa hävikkimateriaaleista tulee johonkin hyötykäyttöön, vaikkakaan ei palaa enää teräksen kiertoon. Tässä yhteydessä niiden elinkaaria teräksen kierrosta poistumisen jälkeen ei kuitenkaan seurata.

Seuraavassa häviövirtoja käsitellään yksityiskohtaisesti erittelemättä vain periaatteellisina kokonaisuuksina. Ne on kaavioissa koottu neljäksi virraksi: 1) häviöt teräksen valmistuksessa, 2) hävikki lopputuotteen valmistuksessa, 3) lopputuotteen hävikki sekä 4) lopputuoteromuhävikki.

3.2.1 Rautahäviöt teräksen valmistuksessa

Suurimmat häviöt teräksen valmistuksessa ovat

- sulaton kuonat (kuonien rautasisältö)
- sulaton oksidiset pölyt (se osa, jota ei palauteta teräksen valmistukseen)
- valssihilseet, yleensä hapettuneet pintahilseet (se osa, jota ei palauteta teräksen valmistukseen).

Häviöt vaihtelevat valmistusmenetelmittäin ja terästyypeittäin. Kaikissa kaavioissa on teräksen valmistuksen rautahäviönä käytetty 10 prosenttia inputista, mikä voi keskimääräiseksi olla hieman liian pieni.

Tietyissä prosesseissa ja tietyillä tuotteilla häviöt ovat suhteellisen vakiot ja ne pyritään jo taloudellisistakin syistä ilman muuta minimoimaan.

3.2.2 Rautahäviöt lopputuotteen valmistuksessa

Tuotteen valmistuksessa rautahäviöitä ovat esimerkiksi ”pajahilse” (takomoista ja lämpökäsittelyistä yms.), peittaus- tai hiekkapuhallushäviöt, hiontapöly, polttoleikkauksen oksidiset jätteet ja muut vastaavat.

Varsinaiset rautahäviöt tuotteiden valmistuksessa vaihtelevat tuotekohtaisesti suuresti – lähes nollassa jopa kymmeneen prosentteihin – mutta ovat pääasiassa kuitenkin suhteellisen pienet. Kuvissa käytetty arvo (3–5 %) saattaa keskimääräiseksi olla liian suuri. Hävikki per tietty valmistusvaihe tai -menetelmä on melko vakio. Tuotteenkin valmistuksen hävikki pyritään jo taloudellisista syistä minimoimaan, mutta potentiaaliset vähennysmahdollisuudet lienevät yleensä pienet.

3.2.3 Tuotteen käyttövaihe, teräksen kumuloituminen käyttöön

Tuotteen käyttövaiheessa mahdollisesti syntyvät häviöt kulumisen tms. muodossa ovat yleensä vähäisiä tai olemattomia, eikä niitä ole kaavioissa esitetty.

Tuotteen elinkaarikaavio on ”ajaton” ja kuvaa ajateltua tasapainotilaa (= tuotetta syntyy ja romuttuu yhtä paljon). Todellisuudessa tietyllä ajanhetkellä tasapainoa yleensä ei ole, vaan tuotetta joko valmistetaan enemmän kuin sitä poistuu käytöstä eli tuotteisiin kumuloituu terästä, taikka sitten aikaisemmin tehdyistä tuotteista lähtee romukiertoon enemmän kuin on senhetkinen valmistusmäärä.

⁴ Osa teräksen elinkaarikierron poistuvista aineista voi päätyä takaisin raakaraudan valmistukseen, esimerkiksi oksidiset valssihilseet ja jotkut pölyt sintraamoon, jolloin ne korvaavat malmia. Tällaisia pitkiä kiertoja ei kuitenkaan ole piirretty oheisiin kaavioihin, vaan eri vaiheiden häviövirtoja kuvaavat nuolet on jätetty ”ilmaan”.

Tuotteisiin varastoituminen/varastojen purkautuminen ei näy kaavioissa, eikä sen pidäkään näkyä elinkaarikaavioissa, eli näiden vaikutus on ”puhdistettava” tarkasteluista; vaiheiden ja vaiheiden välisten taseiden on ”mentävä lukkoon”.

3.2.4 Lopputuotteen poistuminen teräksen kierrosta

Teräksen häviöitä, poistumista kierrosta lopputuotteen käytöstä poistossa ja sen jälkeen voidaan periaatteessa jaotella esimerkiksi seuraavasti:

- a) *varsinaiset jätteet*
 - tuotehävikki, lopputuotteen ”häviäminen”, hukkaantuminen sellaisenaan tai osittain tulematta romutettavaksi (tuotteet, osat, palaset päätyvät jätealueille yleisen jätteen mukana, äes jää ruostumaan pellon päisteeseen, laiva uppoaa jne.)
 - romuhävikki, lopputuoteromun hävikki (romun käsittelyn yhteydessä joutuminen muihin fraktioihin tai lopullisen jätteen mukaan jätealueelle; tämä osuus on yleensä pieni)
- b) *romun käyttö muuhun tarkoitukseen kuin uudelleen teräksen valmistukseen*
 - esimerkiksi sementointiin, ruostumattoman teräksen valmistukseen (sinänsä siis ei jätteeksi, vaan hyötykäyttöön, mutta käyttöön josta rauta ei enää pala teräksen kiertoon).

Lopputuote- ja lopputuoteromuhävikki vaihtelevat eri tuotteilla varsin suuresti tuotteesta riippuen – (lähes) nolasta 100 prosenttiin. Kaavioissa käytetyt lukuarvot 10 + 5 yksikköä – ja samalla 15 % tuotteesta/potentiaalisesta romusta – eivät ole keskiarvoja eivätkä mitään yleisiä tyypillisiä arvoja; ne eivät sellaisenaan kelpaa muussa yhteydessä käytettäväksi.

4 Romun kierrätys

4.1 Teräksen kierrot yleensä

Teräksen (raudan) elinkaareissa kierrätystä yleisessä mielessä ovat

- jo mainitut sivutuoteluonteisten materiaalien palautukset aikaisempiin vaiheisiin (raakaraudan valmistukseen; korvaa malmia)
- lopputuotteen uudelleenkäyttö (samaa tai eri tarkoitukseen)
- eri vaiheissa syntyvän romun palauttaminen teräksen valmistukseen.

Tuotteen uudelleenkäyttöä ei tässä tarkastelussa käsitellä eikä tätä ”sisintä” kiertovirtaa ole edes kaavioihin merkitty. Tuotteen uudelleenkäyttö elinkaarimielessä onkin vain tuotteen käyttövaiheen pitenemistä eli romuttaminen viivästyy ajallisesti.

Tässä yhteydessä kierrätyksellä tarkoitetaan romun kierrätystä ja tarkastellaan yleisellä tasolla romun syntyä ja käyttöä teräksen valmistukseen. Erittäin merkittävä periaatteellinen jako elinkaarimielessä ja nimenomaan käytännön merkitykseltään ja vaikutuksiltaan on

- a) romu, joka syntyy (teräksen ja lopputuotteen) valmistuksessa, ennen kuin romun teräs on edes ollut lopputuotetta ja
- b) varsinaisesta lopputuotteesta peräisin oleva romu.

4.2 Romu tuotteen valmistusvaiheissa

Terästä sisältävän lopputuotteen valmistus on yleensä monivaiheinen: teräksen valmistus, sen jatkojalostus (mahdollisesti useampivaiheinen), komponenttien valmistus ja lopputuotteen kokoonpano, valmistus. Näiden vaiheiden väliset rajat ovat epämääräiset ja osin mielipidekysymyksiä, eikä niitä sinänsä käsitellä tässä (vrt. julkaisun liite 1 edellä).

Tuotteen valmistusvaiheissa syntyvä romu on tässä tarkastelussa ja oheisissa kaavioissa jaettu kahdeksi osavirraksi:

- a) teräksen valmistuksen oma romu ja
- b) varsinaisessa (loppu-)tuotteen valmistuksessa syntyvä romu.

Terästehtaan omaa (kierto)romua ajatellaan olevan romu, joka palautuu teräksen valmistukseen välittömästi yrityksen sisällä ja toimesta, ja tuotteen valmistusromua puolestaan romu, joka kulkee yleisen romun keruu-, käsittely- ja kuljetusjärjestelmän kautta. Jatkojalostus- ja komponenttien valmistusromu voi siis tapauskohtaisesti olla kumpaa tahansa. Tärkeätä ei ole pikkutarkka rajankäynti, vaan se että kaikki romut tulevat mukaan jompana kumpana.

4.2.1 Teräksen valmistus

Teräksen valmistuksen omaa romua syntyy teräksen valmistuksen, so. sulatukseen, valun ja valssauksen sekä välittömän jatkojalostuksen yhteydessä (esimerkiksi puhdistusleikkauspätkät ja -palat). Syntyvän romun määrä vaihtelee valmistusmenetelmittäin, teräslajeittain ja terästuotetyypeittäin. Tietyissä prosessissa tai tietyllä tuotteella romumäärä kuitenkin on suhteellisen vakio ja se pyritään jo taloudellisistakin syistä minimoimaan. Vähittäistä kehitystä tapahtuu, mutta radikaaleja pienennysmahdollisuuksia ei enää yleensä ole⁵ (Suomessa käytetään jo tässäkin suhteessa hyviä, moderneja menetelmiä, esim. jatkuva valu jne.)

Kaavioissa teräksen valmistuksen sisäinen romukierto on otettu vakioksi, 20 % raaka-aineiden rautasisällöstä. Tämä lukuarvo ei ole mikään keskiarvo tai tyypillinenkään, vaan sillä pyritään antamaan vain kuva mahdollisesta suuruusluokasta. Määrä vaihtelee tietysti myös sen mukaan kuinka pitkälle prosessiketju katsotaan kuuluvaksi teräksen valmistukseen.

Teräksen valmistuksen sisäinen romu palaa sulatukseen käytännössä 100-prosenttisesti (eli teräksen valmistuksen häviöt eivät ole juurikaan romua, vaan muita rautapitoisia materiaaleja).

Teräksen valmistuksen sisäisen romun kierron välittömät ympäristövaikutukset ovat vähäiset (lyhyet kuljetukset), mutta ”ylimääräisen” uudelleensulatus-, valu- ja valssaustarpeen takia välilliset vaikutukset, ennen kaikkea lisäenergian kulutus seurauksineen, ovat tuntuvia. On myös muistettava kerrannaisvaikutus: päävirran häviöiden lisäksi poistuvat tuotejärjestelmästä (”joka kierroksella”) myös tätä sisäistä kiertoa vastaavat häviöt teräksen valmistuksessa (luku 3.2.1. edellä).

4.2.2 Lopputuotteen valmistus

Tuotteen valmistuksessa – ml. osuus jatkojalostuksesta ja komponenttien valmistus – syntyy romua eri vaiheissa ja muodoissa (esim. leikkauspätkät ja -palat, työstölastut).

⁵ Eri asia ovat kokonaan uudenlaiset raudan/teräksen valmistusmenetelmät. Sellaisia on (jo pitkään) pyritty kehittämään, mutta mikään niistä ei ainakaan toistaiseksi ole osoittautunut käytössä oleviin nähden kilpailukykyiseksi.

Tuotteen valmistusromun määrä erilaisilla tuotteilla vaihtelee erittäin laajalla alueella, nollassa useisiin kymmeniin prosentteihin. Kuvissa 1, 4 ja 5 käytetty 25 % lopputuotteen valmistukseen tulevasta teräksestä ei ole mikään keskiarvo, vaan sillä indikoidaan vain, että tämä ”sivuvirta” on tai voi olla merkittävä (ks. myös julkaisun luku 2.5.2, jossa on käytetty hieman pienempiä arvoja tämän romun kertymälle).

Ilman tai lähes ilman varsinaista lopputuotteen valmistuksessa syntyvää romua päästään silloin, kun teräs sellaisenaan on lopputuote (kuva 2) tai sellaisenaan sisältyy lopputuotteeseen; esim. ratakisko, raudoitusteräs yms. Muodollisesti tällaisia tuotteita on runsaasti – yleensä kaikki valmiiksi määrämittäin terästehtaasta toimitetut levyt, nauhat, palkit, tangot. (Tiukasti ottaen kuitenkin tällöin terästehtaan viimeistely- ja jatkojalostusromu ei oikeastaan ole terästehtaan sisäistä romua, vaan tavallaan terästehtaan alueella syntyvää tuotteen valmistusromua.)

Toista ääripäätä – tuotteen valmistuksen yhteydessä syntyvän romun määrä on hyvin suuri (kuva 3) – edustavat tapaukset, joissa esimerkiksi levystä tai nauhasta leikataan osia tai aihioita, joita edelleen lastuavasti työstetään taikka tangosta muottitaotaan ja koneistetaan koneenosia. Yli jäävän reuna- /väli- /purseromun ja työstölastun määrä on lopputuotteen valmistukseen tulevasta teräsmäärästä helposti 30–40 % eli 50–75 % lopputuotteeseen jäävästä teräsmäärästä, jopa enemmänkin.

Tuotteen valmistusromun talteensaanti on yleensä hyvä, käytännössä lähenellee usein 100 prosenttia. Myös tästä kierrosta (”joka kierroksella”) poistuvat sen osuutta vastaavat häviöt teräksen valmistuksessa. Tuotteen valmistusromun määrän lisääntyessä kasvavat ”kerrannais-kerrannaisvaikutuksena” myös tarvittavan suuremman teräsmäärän valmistuksen kiertoromumäärä ja senkin osuuden uudelleensulatuksen energia ja teräksen valmistuksen häviöt.

Tuotteen valmistusromun kierron välittömät ympäristövaikutukset ovat suhteellisen vähäiset (kuljetuksista ja romun yleensä vähäisestä käsittelystä). Sen sijaan nimenomaan valmistusromun välilliset vaikutukset ”ylimääräisen” uudelleensulatus-, valu- ja valssaustarpeen takia – ennen kaikkea lisäenergian kulutus seurauksineen – ovat tuntuvia.

Loppuotteen valmistusromun materiaalihyötysuhteiden suurta ja keräytävää merkitystä havainnollistavat kuvien 2 ja 3 kaaviot. Materiaalihyötysuhteiden erot ilmenevät tuotteen valmistusromun erilaisina määrinä. Kuvissa tämä romu on oletettu 0:ksi (kuva 2) ja 55 yksiköksi eli noin 35 prosentiksi tuotteen valmistukseen tulevasta teräsmäärästä (kuva 3). Jälkimmäisessä tapauksessa edelliseen verrattuna lopputuotteen valmistusta varten sulatettavan teräksen määrä – ja ympäristövaikutukset – on noin 1,5-kertainen (eikä tämäkään vielä ole ääritapaus).⁶

4.3 Lopputuoteromu

Tuoteromu syntyy lopputuotteen käytöstä poistossa, romutuksessa. Tässä ei käsitellä romun keräystä ja mahdollisia erilaisia käsittelyjä eikä eritellä romun eri lajeja, vaan lopputuoteromu on piirretty yhtenä kokonaisvirtana.

Tuoteromun talteensaanti vaihtelee tuotekohtaisesti erittäin suuresti, nollassa (lähes) 100 prosenttiin. Kuvien 1, 2 ja 3 kaavioiden 85 yksikköä – samalla 85 % lopputuotteen valmistukseen tulevasta teräksestä – ei ole keskiarvo tai edes kannanotto siihen, mitä romun talteensaanti voisi/pitäisi keskimäärin tai vähintään olla.

⁶ Huom.! Tässä esitetyt esimerkit ovat periaatteellisia. Tietenkään ei tarkoiteta, että vaihtelu saman tuotteen valmistuksessa olisi näin suuri. Myöskään hyötysuhteiden parantamismahdollisuuksiin ei tässä oteta kantaa.

Tuotteen, tuoteromun kierrätysasteen vaikutusta teräksen koko elinkaareissa havainnollistavat kuvien 4 ja 5 kaaviot. Niissä kiertoon tuleva tuoteromu on vaihtoehtoisesti oletettu 100 prosentiksi (kuva 4) ja nolaksi (kuva 5), eli että tuote tulee täysin romuna hyödynnetyksi taikka päätyy kokonaan jätteeksi. (Muut kierrot – terästehtaan sisäinen sekä tuotteen valmistusromu – on pidetty näissä kuvissa vakiona.)

Kuvia 4 ja 5 verrattaessa nähdään tuoteromun kierrätyksen ratkaiseva vaikutus. Nimenomaan lopputuotteen romutus, romun kohtalo määrää malmista valmistettavan teräksen osuuden. Teoreettisessa 100 prosentin kierrätysasteen tapauksessa malmipohjaisesti tarvitsee kompensoida vain valmistusvaiheiden häviöt (+ käyttövaiheen hävikki), 0-kierrätysasteella puolestaan malmista on tehtävä kaikki tuotteeseen käytetty teräs (+ valmistusvaiheiden häviöt). Tämä osoittaa myös, miten yritykset vertailla ns. malmipohjaista ja ns. romupohjaista terästä vastakkain, eivät ole mielekkäitä; vertailu pitää tehdä lopputuotteen kierrätyksen pohjalta.

Itse lopputuoteromun kierrätyksen välittömät ympäristövaikutukset liittyvät romutukseen (romun keruuseen, käsittelyyn ja kuljetuksiin) sekä tietenkin eitalteenotetun materiaalin osalta siihen, mitä se aiheuttaa luonnolle siellä, minne se joutuu. Välilliset vaikutukset puolestaan näkyvät edellä mainitun malmipohjaisen ja romupohjaisen teräksen valmistuksen suhteen muuttumisen kautta. Tuoteromun eri kierrätysasteiden vertailemiseksi – ja nimenomaan muun muassa romun kierrätyksen hyödyn tai mahdollisen hyödyn toteamiseksi – on kuitenkin tarkasteltava teräksen koko kombinoitua elinkaarta eli kaikkien vaikutusten erotusta eri kierrätysastevaihtoehdoilla.

5 Johtopäätöksiä

Yhteenvetona edellä tehtyjen tarkastelujen pohjalta voidaan todeta muun muassa seuraava.

Kaikki teräs on samanaikaisesti malmipohjaista ja romupohjaista

Teräksestä valmistetun tuotteen – tai yleensä metallituotteen – tuotejärjestelmä voidaan periaatteessa käsittää kokonaisvaltaiseksi kiertojärjestelmäksi, jossa metalli (romu) kiertää jatkuvasti ja jossa vain raudan häviöt (ja vain häviöt⁷) kierrosta on korvattava valmistuksella malmista.⁸

Lopputuotteesta katsoen teräs on ajateltava joko kokonaan malmipohjaiseksi tai osaksi romupohjaiseksi ja osaksi malmipohjaiseksi sen mukaan, paljonko lopputuotteesta syntyy romua kierrätetään. Kokonaan romupohjaista terästä ei ole, koska aina on ainakin valmistusprosesseissa häviöitä, jotka on korvattava malmipohjalta.

Tämän ajatustavan mukaan teräksen malmi- / romupohjaisuus ei riipu tehtaasta tai menetelmästä, jolla teräs on tehty⁹, vaan lopputuotteen kohtalosta, kuinka suuri (tai pieni) osa sen metallista kierrätetään.

⁷ Tarkkaan ottaen pitää kierrosta häviöiden lisäksi huomioida myös teräksen alkuperäinen, "ensimmäinen" valmistus (malmista); "allokoida" se muille (varsinaisille) kiertokertoille. Periaatteessa tämä tapahtuisi jakamalla tämän perusvalmistuksen, "nollannen kiertokerran", vaikutukset kiertokertojen lukumäärällä (n) ja lisäämällä nämä kokonaisuuteen. Metalleilla ja muilla jatkuvasti kierrätyskelpoisilla, vanhenemattomilla aineilla voidaan kuitenkin ajatella, että n kasvaa rajatta eli kerroin 1/n lähestyy nolaa. Täten nimenomaan metalleilla tämä "nollas kierros" ei käytännössä näy lopputuloksessa.

⁸ Se, että maailman teräksestä tällä hetkellä noin puolet valmistetaan malmista, johtuu teräksen lisätarpeesta, kumuloitumisesta käyttövaiheeseen. Kierto ei ole (vielä) tasapainossa.

⁹ Myös ns. "malmipohjaisessa" (= integroidussa terästehtaassa) käytetään osaksi romua.

Lopputuotelähtöisesti ajatellen ns. malmipohjaisen ja ns. romupohjaisen teräksen valmistuksen vertailu toisilleen vastakkaisina vaihtoehtoina on virheellistä. Ne ovat saman kokonaisvaltaisen tuotejärjestelmän eri osia.

Eri kierroilla on erilainen vaikutus ja merkitys

Valmistettava (sulatettava) teräsmäärä on aina (selvästi) suurempi kuin lopputuotteeseen lopulta sisältyvä. Tässä näkyy tuotteen valmistusvaiheiden – teräksen valmistuksen ja lopputuotteen valmistuksen – materiaalihyötysuhteiden (saantojen) eli näissä vaiheissa syntyvien häviöiden ja romun vaikutus.

Sen sijaan nimenomaan romun kierrätys – kierrätetäänkö ja paljonko valmistusvaiheiden romua tai lopputuoteromua – ei vaikuta valmistettavan teräksen (yli)määrään, mutta kylläkin siihen paljonko on valmistettava malmista.

Tuotteen valmistusromun syntyminen olisi minimoitava, lopputuoteromun synty (= talteen saanti ja palautus kiertoon) puolestaan maksimoitava.

Mitä tarkoitetaan metallien kierrätysasteella?

Teräksen elinkaareissa on eriasteisia romukiertoja. Tämän tarkastelun kaavioissa ne on jaettu karkeasti kolmeksi materiaalivirraksi: terästehtaan (sisäinen) kierto-romu, tuotteen valmistusromu ja lopputuoteromu. Jo niidenkin perusteella voidaan pohtia käsitettä (metallin, romun) kierrätysaste ¹⁰.

Teräksen valmistuksen pohjalta määriteltynä kierrätysaste tarkoittaisi suhdelukua paljonko kierrätysmateriaalia (romua) käytetään raaka-aineena (raudan) kokonaissyötemäärästä tai tuotettua terästonnia kohti. Kaavioista näkee kuitenkin välittömästi, että tämän tapainen määritelmä ei ole yksikäsitteinen eikä muutenkaan ongelmaton. Lasketaanko esim. terästehtaan oman romun kierrätys mukaan kierrätysasteeseen – ja toisaalta kuinka pitkälle prosessiketju käsitetään teräksen valmistukseksi; ja onko oikeutettua laskea (aidoksi) kierrätykseksi tuotteen valmistusromun palautustakaan?

Kaavioidenkin perusteella tuntuisi olevan selkeintä ja luontevinta kierrätysasteen määrittely lopputuotteen pohjalta – kuinka suuri osuus lopputuotteeseen sisältyvästä teräksestä (metallista) palautetaan teräksen valmistukseen (riippumatta siis siitä, miten tuotteen teräs aikoinaan on valmistettu). Täysin ongelmaton tämäkään tapa ei ole; pitääkö mukaan kierrätykseksi esimerkiksi laskea myös muuhun hyötykäyttöön kuin takaisin teräksen valmistukseen palautuva romu. Tällä tavalla kuitenkin tulisi esiin teräksen (metallien) yleensä hyvä kierrätettävyyden sekä myös (loppu)tuotteiden, erityisesti niiden romutuksen ja kierrätykseen saamisen ratkaiseva merkitys.

Romun kierrätyksen ympäristövaikutukset

Romusta johtuvat välittömät ympäristövaikutukset liittyvät tuotteiden romuttamiseen, romun keruuseen, käsittelyyn ja kuljetuksiin sekä ei-talteenotetun, kaatopaikalle tai muualle päätyvän materiaalin osalta siihen, mitä se aiheuttaa luonnolle siellä minne joutuu.

Lopputuoteromun kierrätyksen välilliset vaikutukset ympäristöön näkyvät ennen kaikkea malmipohjaisen ja romupohjaisen teräksen valmistuksen suhteen muuttumisen kautta.

Kerrannaisvaikutukset saattavat olla erittäin merkittäviä. Erityisesti valmistusvaiheiden (mahdolliset huonot) hyötysuhteet lisäävät sisäistä kiertoa (ja/tai syntyvän jätteen, so. häviöiden) määrää ja sitä kautta valmistettavan teräksen määrää ja välillisiä ympäristövaikutuksia.

¹⁰ Kierrätysaste-sanaa käytetään usein ilmeisestikään tietämättä tai määrittelemättä, mitä sillä tarkoitetaan; eri yhteyksissä sillä voidaan tarkoittaa eri asioita.

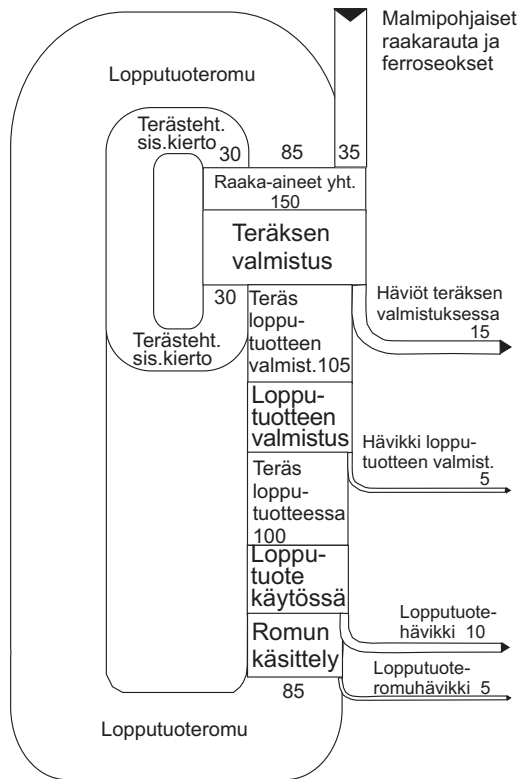
Tuoteromun eri kierrätysasteiden vertailemiseksi – ja nimenomaan muun muassa romun kierrätyksen hyödyn toteamiseksi – eri prosessivaiheiden ja teki-
joiden erillistarkastelut eivät riitä, vaan on tarkasteltava teräksestä (metallista)
valmistetun tuotteen koko kombinoitua elinkaarta eli verrattava kaikkien ympä-
ristövaikutusten kokonaisuutta eri kierrätysastevaihtoehdoilla.

Tuotteen elinkaariajattelutavan käyttökelpoisuus

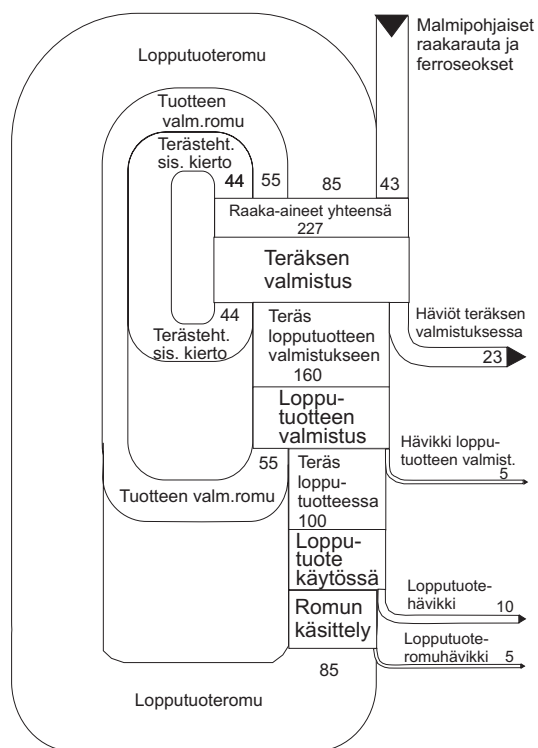
Siitä huolimatta, että tämä tarkastelu on varsin suurpiirteinen ja perustuu yksin-
kertaistettuihin esimerkkeihin, sen perusteella on mahdollista osoittaa yleisiä kier-
rätyksen ja sen ympäristövaikutusten kannalta oleellisia ja kriittisiä tuotteen elin-
kaaren kohtia sekä tehdä tärkeitä yleistettäviä johtopäätöksiä.

Tässä on käytetty konkreettisenä esimerkkinä seostamatonta tai niukkaseos-
teista terästä. Samat (tuotteiden) elinkaaren ja materiaalkierron piirteet ja päätel-
mät pätevät kuitenkin analogisesti muillekin metalleille ja yleistäen sovellettuna
muillekin kierrätettäville materiaaleille.

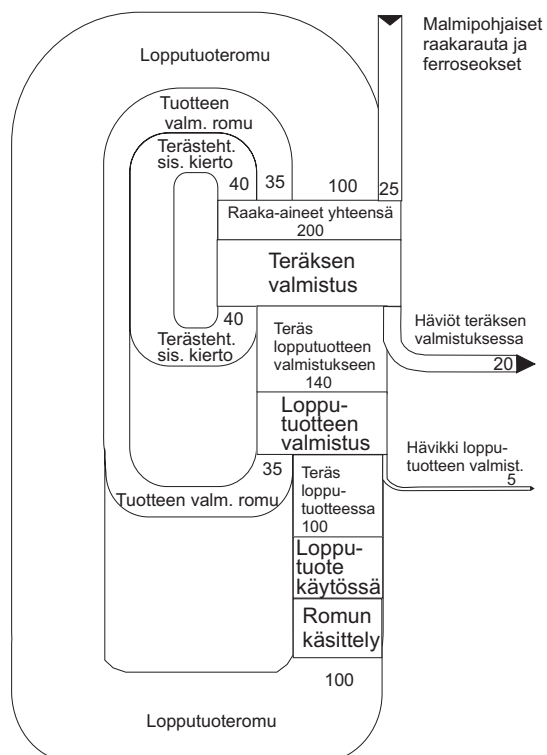
Elinkaariajattelun mukainen kokonaisvaltainen tarkastelutapa soveltuu hy-
vin metallien kierrätyksen tarkasteluun ja yleisemmäksikin tarkastelumalliksi.



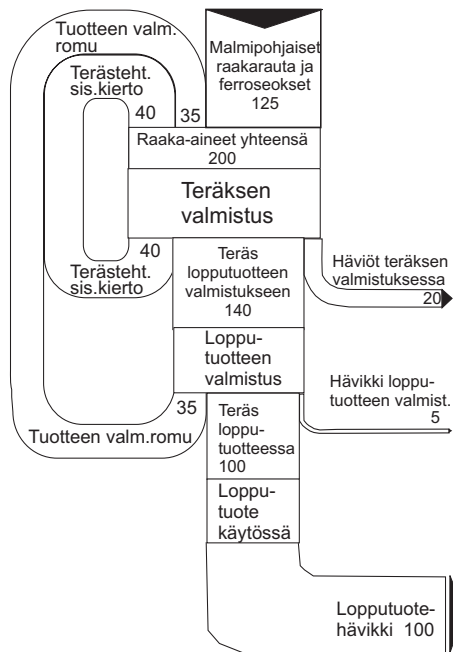
Kuva 2. Raudan kierto terästuotteissa. Lopputuotteen valmistusromu 0 % (teräsjaloste sellaise-
naan on lopputuote).



Kuva 3. Raudan kierto terästuotteissa. Lopputuotteen valmistusromun määrä suurehko.



Kuva 4. Raudan kierto terästuotteissa. Lopputuoteromun kierrätys 100 % (ilman hävikkiä).



Kuva 5. Raudan kierto terästuotteissa. Lopputuoteromun kierrätys 0 % (lopputuote kokonaan hävikkiä).

Liite 3. Osuuskunta Teollisuuden Romun (OTR) käyttämä teräsromulaatujen luokittelu

TERÄSROMUN LAATUVAATIMUKSET 1998

OTR
1998

OSUUSKUNTA
TEOLLISUUDEN
ROMU

Yleisimpien teräsromulaatujen laatuvaatimuksia

Luokka	Laatu	Vahvuus	Koko	Huomioitavaa
A 1	Ensiluokkainen seostamaton teräs- ja takorautaromu	min. ☐ 3 mm Ø 5 mm	max. (150 x 50 x 50) cm (100 x 100 x 50) cm	Ei saa sisältää seosmetalleja, esim. Cu, Cr, Ni, Sn
A 1/SG	Uusi levyleike, lävistysjäte, muotoraudat tai vastaava	min. ☐ 3 mm Ø 5 mm	max. (150 x 50 x 50) cm (100 x 100 x 50) cm	Ei saa sisältää muulla kuin FeO-pitoisella pohjamaalilla maalattuja kappaleita. Tulen, syöpmisen tai kulutuksen kestäviä kappaleita. Ruostuneita kappaleita.
B 1	Ensiluokkainen seostamaton teräs- ja takorautaromu	min. ☐ 3 mm Ø 5 mm	yli (150 x 50 x 50) cm	Ei saa sisältää seosmetalleja. Kappalepaino max. 3 t.
A 6/pak.	Ensiluokkainen, koneellisesti paaleiksi puristettu romu (uutta ohutpeltiä)	alle 3 mm	max. (100 x 70 x 50) cm	Ei saa sisältää vanhaa peltiä, autopeltiä, galvanoutua peltiä tai seosmetalleja.
A 5/pak.	Koneellisesti paaleiksi puristettu vanha pelti	alle 3 mm	max. (100 x 70 x 50) cm	Ei saa sisältää autopeltiä eikä galvanoutua peltiä tai seosmetalleja.
A 7/pak.	Koneellisesti paaleiksi puristettu galvanoitu romu		max. (100 x 70 x 50) cm	Ei saa sisältää autopeltiä tai seosmetalleja.
Eri A 1/60	Seostamaton teräs, valssaus-, takomoti- tai valutuotteet	min. ☐ 5 mm Ø 10 mm	max. (60 x 60 x 20) cm	Ei saa sisältää seosmetalleja. Kappalepainon on oltava min. 100 g ja max. 50 kg, min. pituus 10 cm.
Eri A 1/SG	Uusi levyleike, lävistysjäte, muotoraudat tai vastaava	min. ☐ 3 mm Ø 5 mm	max. (60 x 60 x 20) cm	Ei saa sisältää muulla kuin FeO-pitoisella pohjamaalilla maalattuja kappaleita. Tulen syöpmisen tai kulutuksen kestäviä kappaleita. Ruostuneita kappaleita, kappalepaino min. 100 g, max. 50 kg.
A 6 pak./SG	Paalattu uusi musta ohutlevyjäte	alle 3 mm	max. (60 x 40 x 35) cm	Ei saa sisältää dynamolevyä, seostettua, pintakäsittelyä tai maalattua romua.
A 7 pak./K	Koneellisesti puristettu uusi galvanoitu tai musta ohutlevy löysästi paalattuna	max. ☐ 0,7 mm Ø 2,5 mm	(60 x 40 x 40) cm	Paalin tilavuuspaino saa olla enintään 1,2 t/m ³ . Hyväksyttävien paalien on oltava hyvin neistettä läpäiseviä.

YLEISESTI HUOMIOITAVAA:

Romu ei saa sisältää räjähtäviä aineita tai esineitä, esim. umpinaisia astioita, kaasusäiliöitä, ammuksia tms. Tällaisten esineiden löytyminen kuormasta aiheuttaa 1000 markan pikasakon.

Romuksi kelpaamaton tai muutoin lähetyserän luokkaan sopimaton romu vähennetään kokonaisuudessaan arvottomana.

Milloin vastaanottoilmoituksessa päädytään oleellisesti toisenlaiseen tulokseen kuin mitä myyjä on ilmoittanut, kuormaa ei saa purkaa, vaan asiasta tulee viipymättä ilmoittaa myyjälle. Myyjällä on oikeus 24 tunnin kuluessa lähettää edustajansa paikalle tarkistamaan asia. Lopullinen vastaanottoilmoitus suoritetaan tämän määrääjän kuluttua olipa myyjän edustaja paikalla tai ei.

Mikäli myyjän ilmoittama määrä tai luokka osoittautuu yhteisessä tarkastuksessa selvästi virheelliseksi, myyjä maksaa viivästymisestä aiheutuneen rautatievaunuvuokran.

OSUUSKUNTA TEOLLISUUDEN
ROMU

Pohjoinen Hesperiankatu 15 A 7
00260 HELSINKI

Puhelin 09-454 2830

Telex 123389 romu sf

Telekopiointi 09-445 943

Liite 4. Case-tutkimus: Romun keräys ja käsittely romuliikkeissä

I Case-tutkimuksen tavoitteet ja toteutus

I.1 Case-kohteet ja tutkimuksen tavoitteet

Romun keräyksen ja sen romuliikkeissä tapahtuvan käsittelyn ("hyödyntämisen", joka on romuliiketoiminnan käyttämä termi) aiheuttaman ympäristökuormituksen arvioinnissa tarvittavan perusaineiston hankkimiseksi tehtiin huhtikuussa 1998 kenttäkäynnit viiteen romuliikkeeseen ja yhteen laivaterminaaliin. Käynnit organisoivat Seppo Uusitalo Suomen Romukauppiain Liitosta. Niiden kohteina olivat

- Seutulan Uusiometalli Oy (SUMO Oy), Vantaa
- Kannon Romu Oy, Helsinki (Kyläsaaren ja Tattarisuon toimipisteet)
- Rautasoini Oy, Tampere (Nekalan ja Kaukajärven toimipisteet)
- Kuusakoski Oy, Tampere
- Romukauppa Urpo Oy, Turku
- Material-Master Oy, laivaterminaali, Naantali.

Case-yritykset valittiin siten, että niiden avulla voitiin muodostaa käsitys romun keräyksen, esikäsittelyn ja jalostuksen ympäristövaikutuksista. Valintakriteereitä (vaihtelevia muuttujia) olivat yrityksen koko, käsiteltävän materiaalin kertyminen ja laatu sekä materiaalin käsittelytavat. Case-yritysten koko käsiteltävän materiaalin mukana on 1 000–60 000 t/a. Työntekijämäärä on 5–45 henkilöä. Material-Master Oy:n laivaterminaali Naantalissa toimii logistisena keskuksena, josta Varsinais-Suomen alueelta kerätty romu kuljetetaan edelleen sen käyttäjille.

Romuliikkeissä tapahtuva romun käsittely on yksinkertaisimmillaan romun lajittelua, varastointia ja eteenpäin toimitusta. Lisäksi romu voidaan leikata sopivaan kappalekokoon polttoleikkaamalla tai hydraulisella leikkurilla (paksu rauta- ja teräsromu) tai paalata tai puristaa briketeiksi vähemmän tilaa vieväksi (esim. romuautot, peltiromu, lasturomu). Yhdessä kohdeyrityksessä romua ajetaan myös vasaramurskaimen läpi, jotta useita materiaaleja sisältävä romu (esim. yhdyskuntajätteestä erilliskerätty elektroniikkaromu, autoromu) saadaan paremmin erotteluprosesseihin sopivaksi; murskauksen jälkeen romusta erotellaan mekaanisesti tai kemiallisesti eri metallit lopullisiksi tuotteiksi.

Tutkimukseen kuuluneissa romuliikkeissä (Material-Master Oy poislukien) käsitellään vuosittain yhteensä noin 140 000 tonnia romua, mikä vastaa 20–25 prosenttia Suomessa kerättävän romun määrästä.

I.2 Tutkimuksen toteutus

Case-yrityksiin tehdyillä käynneillä haastateltiin niiden johtoa ja muita toiminnasta vastaavia, kerättiin yrityksiä koskevaa taustamateriaalia sekä arvioitiin paikan päällä niiden havaittavissa olevia tai potentiaalisia ympäristövaikutuksia.

Kenttäkäyntien lisäksi neljässä case-yrityksessä järjestettiin kesäkuun 1998 ensimmäisellä viikolla (1.–5.6.1998) yritysten itsensä toteuttamat ja Seppo Uusitalon koordinoimat seurannat, joissa kerättiin aineisto seuraavista muuttujista:

- romuliikkeisiin tuleva romu
 - tulevan romun määrä
 - tulevan romun syntypaikat
 - tulevan romun jakauma metalleittain
 - tulevan romun kuljetustavat
- romun käsittely (hyödyntäminen) romuliikkeissä
 - romun käsittely (hyödyntäminen) eri menetelmillä
- romuliikkeistä lähtevä romu (raaka-ainetuote romuliikkeen näkökulmasta)
 - lähtevän romun määrä
 - lähtevän romun ostajat
 - lähtevän romun jakauma metalleittain
 - lähtevän romun kuljetustavat.

Kahdesta case-yrityksestä (yhteensä kolmesta toimipisteestä) koottiin lisäksi vuositason tietoa energian ja raaka-aineiden kulutuksesta romun eri käsittelymenetelmien käytössä.

Kesäkuun ensimmäinen viikko kuvaa Suomen Romukauppioiden Liiton Sepo Uusitalon mukaan suhteellisen hyvin koko vuoden keskimääräistä romun kertymistä ja käsittelyä, jolloin sen tulosten pohjalta on mahdollista tehdä ainakin karkeita yleistyksiä.

Tässä liitteessä esitetään case-yritysseurantojen kvantitatiiviset tulokset. Niitä käytetään lähtötietoina raportin luvussa 5, jossa käsitellään romun kierrätyksen aiheuttamaa ympäristökuormitusta. Myös case-tutkimuksen kvalitatiivisia tuloksia käytetään hyväksi raportin luvussa 5 tarkasteltaessa kierrätyksen ympäristöhaittoja.

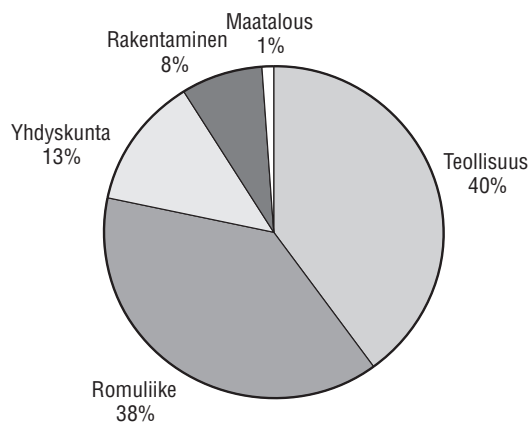
2 Romuliikkeisiin tuleva romu

2.1 Tulevan romun määrä ja syntypaikat

Case-yrityksiin seurantajaksolla tulleen romun ostomäärät toimialoittain (esim. suoraan teollisuudelta) esitetään taulukossa 1 ja kuvassa 1. Niistä laskettu keskimääräinen jakauma romun syntypaikan mukaan käy ilmi taulukosta 2 ja kuvasta 2.

Taulukko 1. Romuliikkeisiin tulevan romun osto toimialan mukaan.

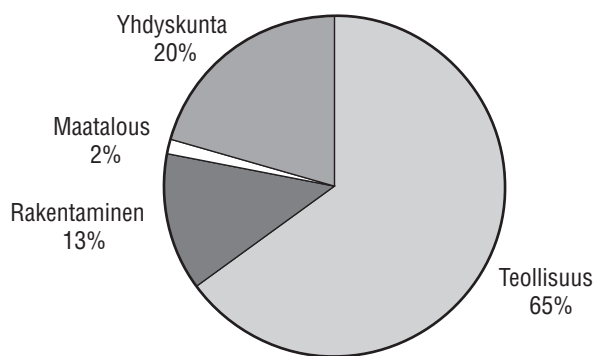
Toimiala	Paino (t)	Osuus (%)
Teollisuus	1480,47	40,0
Romuliike	1421,83	38,4
Yhdyskunta	466,97	12,6
Rakentaminen	295,98	8,0
Maatalous	36,20	1,0
Yhteensä	3701	100



Kuva 1. Romun osto romuliikkeisiin toimialoittain.

Taulukko 2. Tulevan romun syntypaikka.

Syntypaikka	Paino (t)	Osuus (%)
Teollisuus	1480,47	64,9
Rakentaminen	295,98	13,0
Maatalous	36,20	1,6
Yhdyskunta	466,97	20,5
Yhteensä	2279,6	100



Kuva 2. Romuliikkeisiin tulevan romun syntypaikka.

Yrityksiin tulleen romun määrä jakautui syntypaikan mukaan keskimäärin seuraavasti:

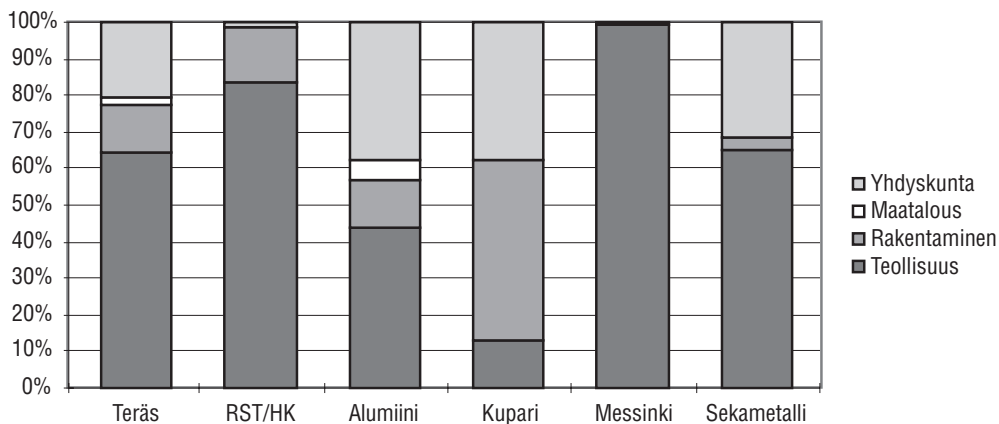
- teollisuudesta 65 %
- yhdyskunnista 20 %
- rakentamisesta 13 %
- maataloudesta 2 %

Taulukot 1–2 ja kuvat 1–2 kuvaavat kaikkien neljän case-yrityksen aineistoista laskettuja keskimääräisiä jakaumia. Romun ostossa eri "toimialoilta" esiintyi yrityksittäin seuraavaa vaihtelua:

- romuliikkeestä 11–67 %
- teollisuudesta 14–76 %
- yhdyskunnista 6–16 %
- rakentamisesta 2–20 %
- maataloudesta 0–2 %

Seurannoissa syntyi aineisto myös eri metallien syntypaikkajakaumasta (kuva 3). Eri metallien lähteet olivat sen mukaan seuraavat:

- teräs: teollisuus 64 %
- RST/HK: teollisuus 83 %
- alumiini: teollisuus 44 %, yhdyskunnat 37 %
- kupari: rakentaminen 49 %, yhdyskunnat 37 %
- messinki: teollisuus 99 %
- monimetalliromu: teollisuus 65 %



Kuva 3. Metallien jakautuminen syntypaikan mukaan.

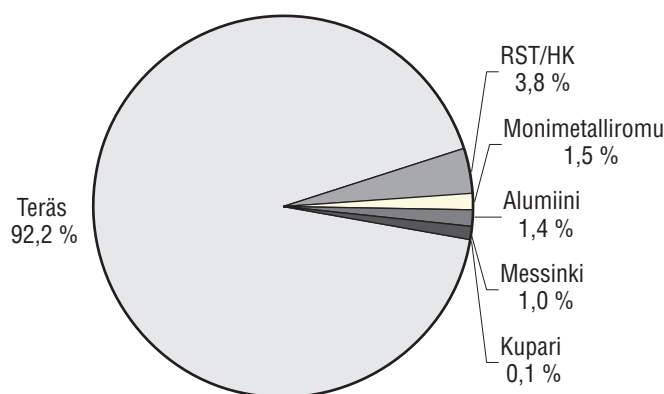
2.2 Tulevan romun määrä metalleittain

Case-yrityksiin seurantajaksolla tulleen romun määrän jakaumaa metalleittain esittävät taulukko 3 ja kuva 4. Yrityksittäin jakaumassa oli havaittavissa seuraava vaihtelu:

- teräs 84–96 %
- RST/HK 0,1–8,0 %
- monimetalliromu 0,8–5,7 %
- alumiini 0,4–4,1 %
- messinki 0,0–3,9 %
- kupari 0,1–0,3 %

Taulukko 3. Romuliikkeisiin tulevan romun jakauma metalleittain.

Metalli	Paino (t)	Osuus (%)
Teräs	3412,5	92,20
RST/HK	140,6	3,80
Monimetalliromu	55,9	1,51
Alumiini	52,7	1,42
Messinki	35,6	0,96
Kupari	4,1	0,11
Yhteensä	3701	100



Kuva 4. Tulevan romun metallijakauma.

2.3 Tulevan romun kuljetustavat

Tulevan romun kuljetuksia – käytettyjä kuljetusvälineitä, kuljetusten määrää, menopaluu- ja paluukuljetusten määrää, ajettuja kilometrejä ja kuljetettuja kuormia – havainnollistavat taulukot 4–5 ja kuvat 5–7. Kuljetusetäisyys on kerrottu kahdella, jos paluukuormaa ei ole ollut. Paluukuormia käyttäviä kuljetuksia oli vain kolme prosenttia ja ilman kuormaa palaavia kuljetuksia 97 prosenttia.

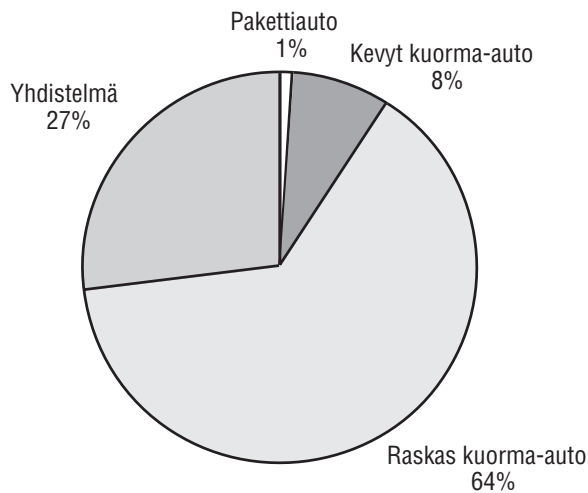
Kuljetusten keskimääräisen kuorman painossa ajettua matkaa kohti esiintyi yrityksittäin seuraavaa vaihtelua:

- pakettiauto 0,012–0,023 t/km
- kevyt kuorma-auto 0,030–0,102 t/km
- raskas kuorma-auto 0,094–0,418 t/km
- yhdistelmä (perävaunu) 0,065–0,085 t/km

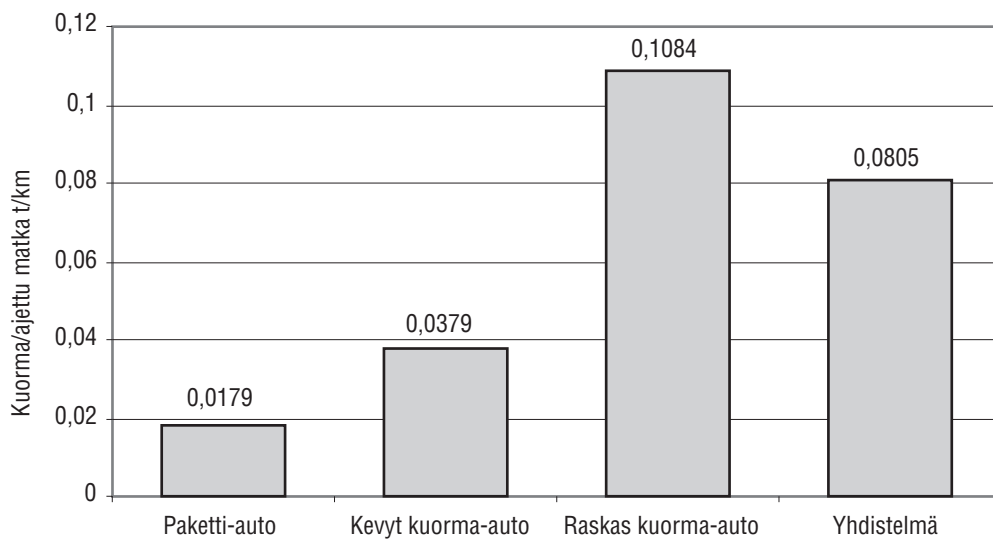
Tulevat kuljetukset on eritelty myös metalleittain ja kuljetusvälineittäin (taulukko 6).

Taulukko 4. Romuliikkeiden tulevan romun kuljetukset.

Kuljetusväline	Kuljetusten määrä (kpl)	Meno-paluu-kuljetusten määrä (kpl)	Meno-paluu-kuljetusten prosentuaalinen osuus (%)	Ajetut kilometrit, paluu tyhjänä otettu huomioon (km)	Kuljetettu kuorma (t)	Kuljetusten keskimääräinen kuorman paino ajettua matkaa kohti (t/km)
Pakettiauto	63			2461	43,94	0,0179
Kevyt kuorma-auto	130	3	2,3	7599	287,70	0,0379
Raskas kuorma-auto	373	13	3,5	21441	2324,71	0,1084
Yhdistelmä	64	6	9,4	12192	981,00	0,0805
Yhteensä	630	22		43693	3637,3	
Keskiarvo			3,5			0,0832



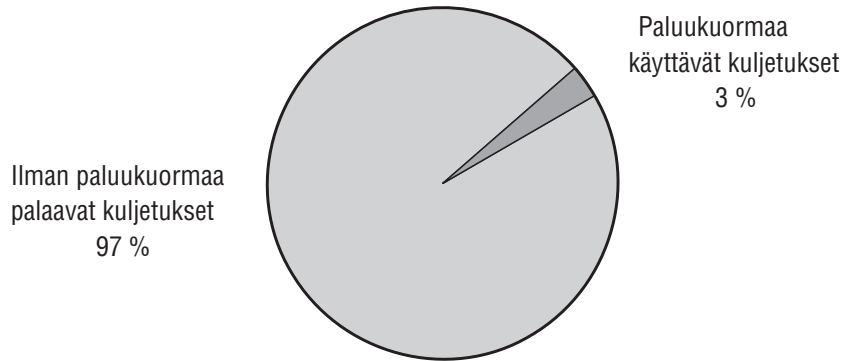
Kuva 5. Kuljetusvälineiden käyttö, romuliikkeisiin tuleva romu.



Kuva 6. Ajoneuvojen käyttötehokkuus.

Taulukko 5. Meno-paluukuljetusten määrä.

Kuljetusväline	Tyhjänä palaavat kuljetukset (kpl)	Meno-paluukuljetusten määrä (kpl)	Kuljetusten määrä (kpl)
Pakettiauto	63	0	63
Kevyt kuorma-auto	127	3	130
Raskas kuorma-auto	360	13	373
Yhdistelmä	58	6	64
Yhteensä	608	22	630



Kuva 7. Paluukuorman käytön osuus maantieliikenteessä, romuliikkeisiin tuleva romu.

2.4 Tulevan romun kuljetusten välittömät päästöt ilmaan

Autokuljetusten polttoaineen kulutuksen ja päästöjen laskennan lähtökohtana ovat olleet VTT:n LIISA 97 -tietokannan mukaiset kertoimet, joita käsitellään tarkemmin tämän julkaisun liitteessä 6. Lisäksi on oletettu, että romun keräyksen ajosta 38 % tapahtuu maanteillä ja 62 % kaduilla. Tämä perustuu case-tutkimuksen antamaan tietoon, että muista romuliikkeistä tulee 38 % romusta ja muualta 62 % (taulukko 1). Voidaan olettaa, että romuliikkeiden välinen liikenne tapahtuu pääosin maanteitä ja keräily tai kokoaminen katuja pitkin. Näin on saatu taulukossa 7 esitettävät keskimääräiset polttoaineen kulutukset (g/km ja kg) eri kuljetusmuodoille. Näillä kulutuksilla ja taulukon 6 mukaisilla romumäärillä (t) on taulukkoon 7 laskettu myös keskimääräiset polttoaineen kulutukset kerättyä romutonna kohti (kg/t).

Taulukossa 8 esitetään VTT:n LIISA-tietokannan mukaiset päästökertoimet (välittömät päästöt) eri ajoneuvoille sekä niistä lasketut keskimääräiset kertoimet, kun oletetaan – samoin kuin edellä polttoaineen kulutuksen suhteen – että romun keräyksen ajosta 38 % tapahtuu maanteillä ja 62 % kaduilla. Taulukkoon 9 on siten taulukoiden 6 ja 8 avulla laskettu romuliikkeisiin tulevan romun kuljetuksen aiheuttamat välittömät päästöt ilmaan romutonna kohti metallieittain ja kuljetusvälineittäin eriteltynä.

Taulukko 6. Romuliikkeisiin tulevan romun kuljetukset metalleittain ja kuljetusvälineittäin (ip= ilman perävaunua, pv= perävaunulla).

		Kulj.kerrat kpl	Meno-paluu kpl	Meno-paluu %	Kulj. et. (meno- paluu), km	Paino t	Kulj. etäisyys km/kulj.kerta	Paino t/kulj.kerta
Teräs								
Pakettiauto	diesel	26	0	0,00	1131	31,31	43,50	1,20
Kevyt kuorma-auto	ip	98	2	2,04	4471	226,30	45,62	2,31
Raskas kuorma-auto	ip	331	12	3,63	17709	2177,00	53,50	6,58
Yhdistelmä	pv	63	6	9,52	11262	967,98	178,76	15,36
Yhteensä		518				3402,59		
RST / HK								
Pakettiauto	diesel	12	0	0,00	440	4,56	36,67	0,38
Kevyt kuorma-auto	ip	10	0	0,00	870	32,90	87,00	3,29
Raskas kuorma-auto	ip	11	0	0,00	1780	90,17	161,82	8,20
Yhdistelmä	pv	1	0	0,00	200	13,02	200,00	13,02
Yhteensä		34				140,65		
Alumiini								
Pakettiauto	diesel	9	0	0,00	436	3,90	48,44	0,43
Kevyt kuorma-auto	ip	11	0	0,00	1580	12,10	143,64	1,10
Raskas kuorma-auto	ip	18	0	0,00	1076	44,90	63,29	2,64
Yhdistelmä	pv							
Yhteensä		38				60,90		
Kupari								
Pakettiauto	diesel	12	0	0,00	404	1,44	33,67	0,12
Kevyt kuorma-auto	ip	1	0	0,00	8	1,10	8,20	1,10
Raskas kuorma-auto	ip	2	0	0,00	370	1,54	185,00	0,77
Yhdistelmä	pv							
Yhteensä		15				4,08		
Messinki								
Pakettiauto	diesel	2	0	0,00	60	0,03	30,00	0,02
Kevyt kuorma-auto	ip	2	0	0,00	720	11,90	360,00	5,95
Raskas kuorma-auto	ip	5	0	0,00	1020	23,70	204,00	4,74
Yhdistelmä	pv							
Yhteensä		9				35,63		
Monimetalliromu								
Pakettiauto	diesel	2	0	0,00	120	4,50	60,00	2,25
Kevyt kuorma-auto	ip	8	1	12,50	470	20,40	58,75	2,55
Raskas kuorma-auto	ip	6	1	16,67	272	31,00	45,33	5,17
Yhdistelmä	pv							
Yhteensä		16				55,90		
Kaikki metallit								
Pakettiauto	diesel	63	0	0,00	2591	45,74	42,05	0,73
Kevyt kuorma-auto	ip	130	3	2,31	8119	304,70	117,20	2,72
Raskas kuorma-auto	ip	373	13	3,49	22227	2368,31	118,82	4,68
Yhdistelmä	pv	64	6	9,38	11462	981,00	189,38	14,19
Yhteensä		630	22		44399	3699,75		
Keskiarvo				3,49			116,86	5,58

Taulukko 7. Keskimääräiset polttoaineen kulutukset eri ajoneuvoille (ip= ilman perävaunua, pv= perävaunulla).

		Polttoaineen kulutus				
		Kadut	Maantiet	Keskimäärin (62 % kadut + 38 % maantiet)	Keskimäärin (62 % kadut + 38 % maantiet)	Keskimäärin (62 % kadut + 38 % maantiet)
		g/km	g/km	g/km	kg	kg/t
Teräs						
Pakettiauto	diesel	95	85	91,2	103,1	3,3
Kevyt kuorma-auto	ip	310	204	269,72	1206,0	5,3
Raskas kuorma-auto	ip	310	204	269,72	4776,4	2,2
Yhdistelmä	pv	425	311	381,68	4298,5	4,4
Yhteensä/keskim.					10384,0	3,1
RST / HK						
Pakettiauto	diesel	95	85	91,2	40,1	8,8
Kevyt kuorma-auto	ip	310	204	269,72	234,7	7,1
Raskas kuorma-auto	ip	310	204	269,72	480,1	5,3
Yhdistelmä	pv	425	311	381,68	76,3	5,9
Yhteensä/keskim.					831,2	5,9
Alumiini						
Pakettiauto	diesel	95	85	91,2	39,8	10,2
Kevyt kuorma-auto	ip	310	204	269,72	426,2	35,2
Raskas kuorma-auto	ip	310	204	269,72	290,2	6,5
Yhdistelmä	pv					
Yhteensä/keskim.					756,1	12,4
Kupari						
Pakettiauto	diesel	95	85	91,2	36,8	25,6
Kevyt kuorma-auto	ip	310	204	269,72	2,2	2,0
Raskas kuorma-auto	ip	310	204	269,72	99,8	64,8
Yhdistelmä	pv					
Yhteensä/keskim.					138,9	34,0
Messinki						
Pakettiauto	diesel	95	85	91,2	5,5	182,4
Kevyt kuorma-auto	ip	310	204	269,72	194,2	16,3
Raskas kuorma-auto	ip	310	204	269,72	275,1	11,6
Yhdistelmä	pv					
Yhteensä/keskim.					474,8	13,3
Monimetalliromu						
Pakettiauto	diesel	95	85	91,2	10,9	2,4
Kevyt kuorma-auto	ip	310	204	269,72	126,8	6,2
Raskas kuorma-auto	ip	310	204	269,72	73,4	2,4
Yhdistelmä	pv					
Yhteensä/keskim.					211,1	3,8
Kaikki metallit						
Pakettiauto	diesel	95	85	91,2	236,3	5,2
Kevyt kuorma-auto	ip	310	204	269,72	2190,0	7,2
Raskas kuorma-auto	ip	310	204	269,72	5995,0	2,5
Yhdistelmä	pv	425	311	381,68	4374,8	4,5
Yhteensä/keskim.					12796,0	3,5

Taulukko 8. Ilmapäästöjen laskennassa käytetyt päästökertoimet (välittömät päästöt) eri ajoneuvoille (ip= ilman perävaunua, pv= perävaunulla).

Ajoneuvo		Päästökertoimet (kadut)									Päästökertoimet (maantiet)									Päästökertoimet keskim. (62 % kadut + 38 % maantiet)					
		CO ₂ g/km	CH ₄ g/km	N ₂ O g/km	SO ₂ g/km	NO _x g/km	CO g/km	HC g/km	hiukk. g/km	CO ₂ g/km	CH ₄ g/km	N ₂ O g/km	SO ₂ g/km	NO _x g/km	CO g/km	HC g/km	hiukk. g/km	CO ₂ g/km	CH ₄ g/km	N ₂ O g/km	SO ₂ g/km	NO _x g/km	CO g/km	HC g/km	hiukk. g/km
Pakettiauto	diesel	299	0,01	0,02	0	1,9	1,3	0,49	0,2	268	0,01	0,02	0	1,5	0,73	0,22	0,21	287	0,01	0,02	0	1,7	1,1	0,4	0,2
Kevyt kuorma-auto	ip	975	0,12	0,03	0,01	10	7	2,4	1	641	0,11	0,04	0,01	9,1	1,7	0,89	0,76	848	0,12	0,03	0,01	9,7	5	1,8	0,91
Raskas kuorma-auto	ip	975	0,12	0,03	0,01	10	7	2,4	1	641	0,11	0,04	0,01	9,1	1,7	0,89	0,76	848	0,12	0,03	0,01	9,7	5	1,8	0,91
Yhdistelmä	pv	1337	0,25	0,04	0,02	13	10	3,4	1,5	978	0,11	0,04	0,01	11	4,4	1,5	1,2	1201	0,2	0,04	0,02	12	7,9	2,7	1,39

Taulukko 9. Tulevan romun kuljetusten aiheuttamat välittömät päästöt ilmaan metalleittain ja ajoneuvoittain (ip= ilman perävaunua, pv= perävaunulla).

		Päästöt (kg)							Päästöt (kg / t romua)								
		CO kg	HC kg	NO _x kg	hiukk. kg	CH ₄ kg	N ₂ O kg	SO ₂ kg	CO ₂ kg	CO kg/t	HC kg/t	NO _x kg/t	hiukk. kg/t	CH ₄ kg/t	N ₂ O kg/t	SO ₂ kg/t	CO ₂ kg/t
Teräs																	
Pakettiauto	diesel	1,23	0,4	1,98	0,2305	0,008	0,021	0,003	324,846	0,03914	0,01399	0,06314	0,00736	0,00026	0,00069	0,00011	10,3751
Kevyt kuorma-auto	ip	22,3	8,2	43,2	4,0634	0,52	0,143	0,045	3791,94	0,09851	0,03608	0,19082	0,01796	0,0023	0,00063	0,0002	16,7562
Raskas kuorma-auto	ip	88,3	32	171	16,094	2,058	0,566	0,177	15018,3	0,04056	0,01486	0,07856	0,00739	0,00095	0,00026	8,1E-05	6,89863
Yhdistelmä	pv	88,7	30	138	15,609	2,216	0,45	0,182	13520,9	0,09159	0,03116	0,14241	0,01613	0,00229	0,00047	0,00019	13,9682
Yhteensä										0,26979	0,09609	0,47493	0,04884	0,00579	0,00204	0,00058	47,9982
RST / HK																	
Pakettiauto	diesel	0,48	0,2	0,77	0,0897	0,003	0,008	0,001	126,377	0,10458	0,0374	0,16874	0,01967	0,00069	0,00183	0,00029	27,7264
Kevyt kuorma-auto	ip	4,34	1,6	8,4	0,7907	0,101	0,028	0,009	737,83	0,13185	0,04829	0,25539	0,02403	0,00307	0,00084	0,00026	22,4264
Raskas kuorma-auto	ip	8,88	3,3	17,2	1,6177	0,207	0,057	0,018	1509,58	0,09843	0,03605	0,19065	0,01794	0,00229	0,00063	0,0002	16,7415
Yhdistelmä	pv	1,57	0,5	2,45	0,2772	0,039	0,008	0,003	240,116	0,12092	0,04114	0,18802	0,02129	0,00302	0,00061	0,00025	18,4421
Yhteensä										0,45578	0,16288	0,80281	0,08294	0,00908	0,00392	0,001	85,3364
Alumiini																	
Pakettiauto	diesel	0,47	0,2	0,76	0,0889	0,003	0,008	0,001	125,228	0,12118	0,04333	0,19552	0,0228	0,0008	0,00213	0,00034	32,1262
Kevyt kuorma-auto	ip	7,88	2,9	15,3	1,4359	0,184	0,05	0,016	1339,97	0,65106	0,23846	1,26113	0,11867	0,01517	0,00417	0,00131	110,741
Raskas kuorma-auto	ip	5,36	2	10,4	0,9779	0,125	0,034	0,011	912,534	0,11949	0,04376	0,23145	0,02178	0,00278	0,00077	0,00024	20,3237
Yhdistelmä	pv																
Yhteensä										0,89173	0,32556	1,68809	0,16324	0,01875	0,00706	0,00188	163,191

Taulukko 9. (jatkuu)

		Päästöt (kg)							Päästöt (kg / t romua)								
		CO	HC	NO _x	hiukk.	CH ₄	N ₂ O	SO ₂	CO ₂	CO	HC	NO _x	hiukk.	CH ₄	N ₂ O	SO ₂	CO ₂
		kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t
Kupari																	
Pakettiauto	diesel	0,44	0,2	0,71	0,0823	0,003	0,008	0,001	116,037	0,30417	0,10876	0,49075	0,05722	0,002	0,00533	0,00084	80,6372
Kevyt kuorma-auto	ip	0,04	0	0,08	0,0075	1E-03	3E-04	8E-05	6,95426	0,03717	0,01361	0,072	0,00677	0,00087	0,00024	7,5E-05	6,32205
Raskas kuorma-auto	ip	1,84	0,7	3,57	0,3363	0,043	0,012	0,004	313,79	1,19794	0,43876	2,32043	0,21835	0,02792	0,00767	0,0024	203,759
Yhdistelmä	pv																
Yhteensä										1,53927	0,56114	2,88318	0,28234	0,03079	0,01325	0,00332	290,719
Messinki																	
Pakettiauto	diesel	0,07	0	0,1	0,0122	4E-04	0,001	2E-04	17,2332	2,1668	0,7748	3,496	0,4076	0,01425	0,038	0,006	574,44
Kevyt kuorma-auto	ip	3,59	1,3	6,95	0,6543	0,084	0,023	0,007	610,618	0,30167	0,11049	0,58435	0,05499	0,00703	0,00193	0,00061	51,3124
Raskas kuorma-auto	ip	5,09	1,9	9,85	0,927	0,119	0,033	0,01	865,042	0,21459	0,0786	0,41566	0,03911	0,005	0,00137	0,00043	36,4996
Yhdistelmä	pv																
Yhteensä										2,68306	0,96389	4,49601	0,5017	0,02628	0,04131	0,00704	662,252
Monimetalliromu																	
Pakettiauto	diesel	0,13	0	0,21	0,0245	9E-04	0,002	4E-04	34,4664	0,02889	0,01033	0,04661	0,00543	0,00019	0,00051	0,00008	7,6592
Kevyt kuorma-auto	ip	2,34	0,9	4,54	0,4271	0,055	0,015	0,005	398,598	0,11487	0,04207	0,22251	0,02094	0,00268	0,00074	0,00023	19,5391
Raskas kuorma-auto	ip	1,36	0,5	2,63	0,2472	0,032	0,009	0,003	230,678	0,04375	0,01602	0,08474	0,00797	0,00102	0,00028	8,8E-05	7,44122
Yhdistelmä	pv																
Yhteensä										0,18751	0,06843	0,35387	0,03435	0,00389	0,00152	0,0004	34,6395
Kaikki metallit																	
Pakettiauto	diesel	2,81	1	4,53	0,528	0,018	0,049	0,008	744,187	0,06138	0,02195	0,09903	0,01155	0,0004	0,00108	0,00017	16,2717
Kevyt kuorma-auto	ip	40,5	15	78,4	7,3789	0,943	0,259	0,081	6885,9	0,13286	0,04866	0,25736	0,02422	0,0031	0,00085	0,00027	22,599
Raskas kuorma-auto	ip	111	41	215	20,2	2,583	0,71	0,222	18849,9	0,04679	0,01714	0,09064	0,00853	0,00109	0,0003	9,4E-05	7,95923
Yhdistelmä	pv	90,2	31	140	15,886	2,256	0,458	0,186	13761	0,09198	0,03129	0,14301	0,01619	0,0023	0,00047	0,00019	14,0276
Yhteensä										0,33301	0,11904	0,59004	0,06049	0,00689	0,00269	0,00072	60,8575

3 Romun käsittely romuliikkeissä

3.1 Romun käsittelymenetelmät (hyödyntämismenetelmät)

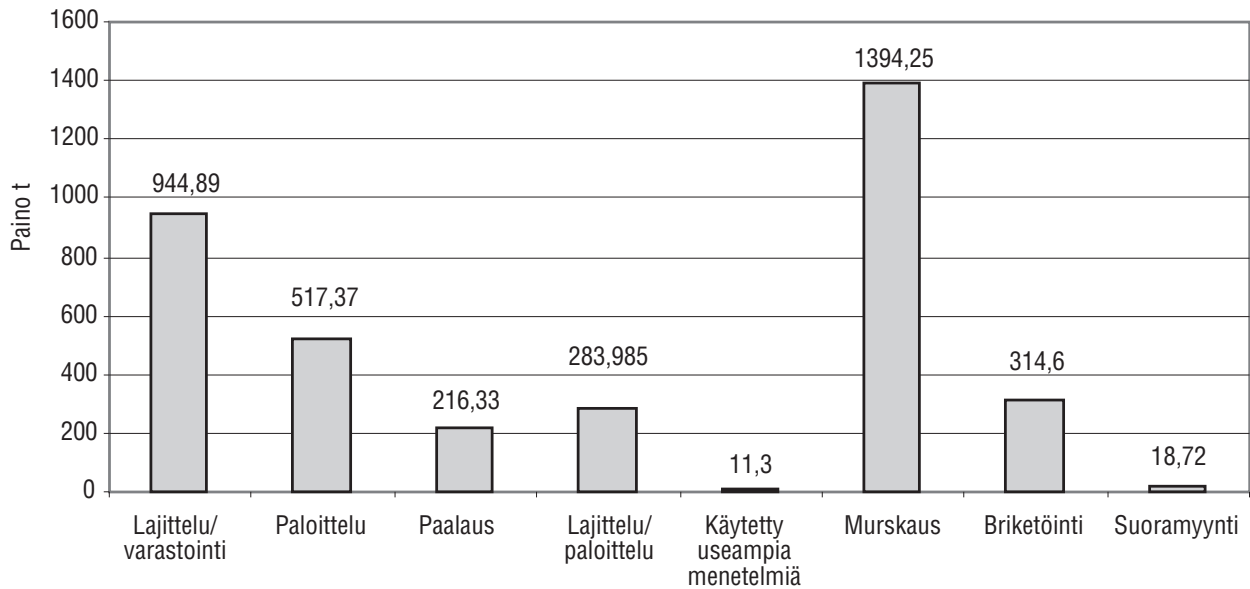
Romun käsittelyn eli hyödyntämisen menetelmät ryhmiteltiin case-tutkimuksessa seuraavasti (suluissa lyhyt kuvaus menetelmästä):

- lajittelu/varastointi (romu lajitellaan ja varastoidaan käyttäen esim. traktoria tai trukkia)
- paloittelu (polttoleikkaus tai hydraulinen leikkaus)
- paalaus (tilaa vievät esineet, kuten autonromut, puristetaan paaleiksi)
- lajittelu/paloittelu (lajittelu käyttäen esim. traktoria tai trukkia, paloittelu poltto- tai hydraulisella leikkauksella)
- käytetty useampia menetelmiä
- murskaus (romun murskaus, metallin erottelu muusta materiaalista)
- briketöinti (lastut ja muu pienikokoinen romumetalli puristetaan briketeiksi)
- suoramyynti (romu myydään eteenpäin ilman käsittelyä).

Koko case-aineistosta lasketut jakaumat eri käsittelytavoille esitetään taulukossa 10 ja kuvassa 8 koko käsitellylle romumäärälle sekä taulukossa 11 ja kuvassa 9 eri metalleille. Murskauksen suuri osuus aineistossa johtuu siitä, että se on (määrällisesti) tärkein käsittelymenetelmä suurimmassa case-yrityksessä. Taulukko 11 ja kuva 9 kertovat muun muassa sen, että kaikille metalleille ei käytetä kaikkia menetelmiä.

Taulukko 10. Romuliikkeiden käsittelymenetelmät (hyödyntämismenetelmät).

Menetelmä	Paino (t)	Osuus (%)
Lajittelu/varastointi	944,9	25,5
Paloittelu	517,4	14,0
Paalaus	216,3	5,8
Lajittelu/paloittelu	284,0	7,7
Käytetty useampia menetelmiä	11,3	0,3
Murskaus	1394,25	37,7
Briketöinti	314,6	8,5
Suoramyynti	18,7	0,5
Yhteensä	3701	100



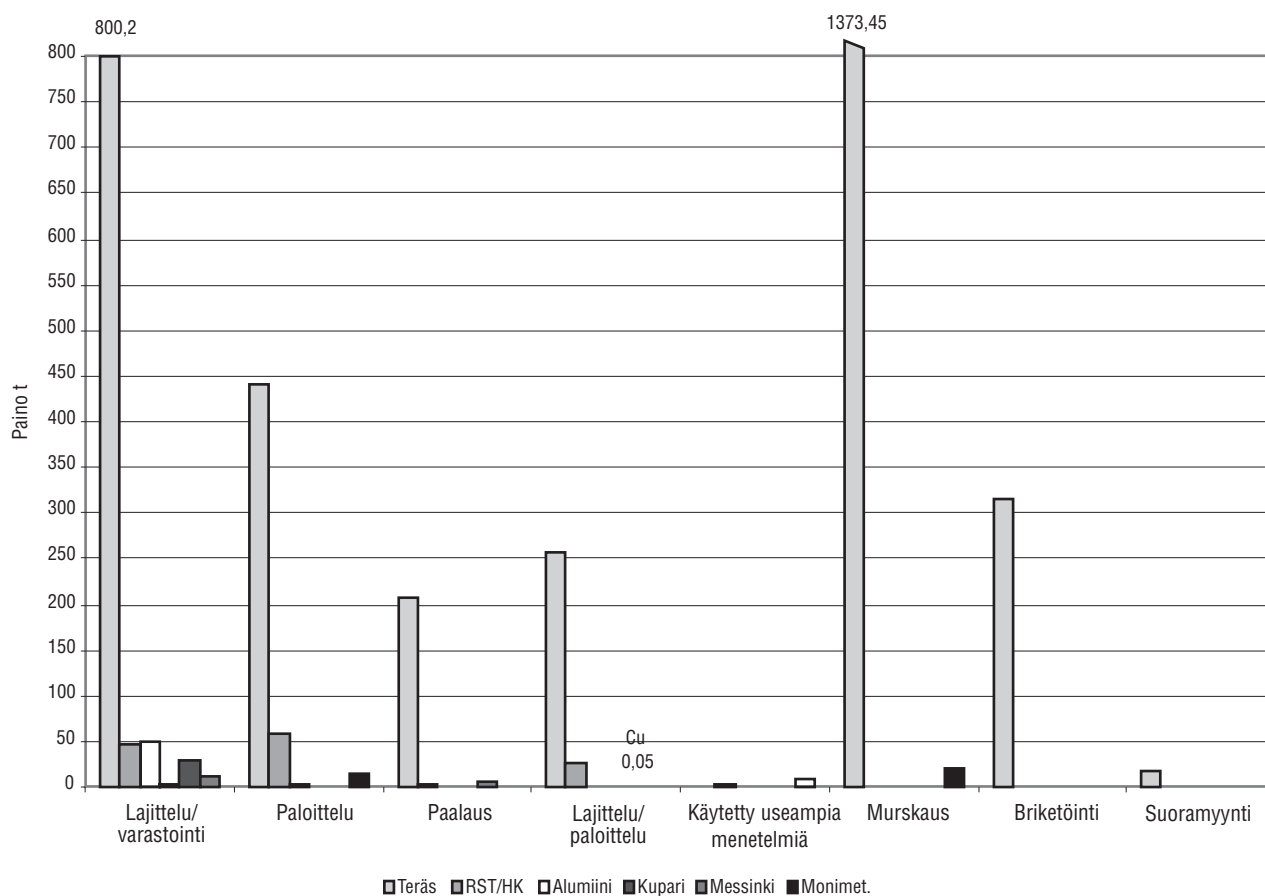
Kuva 8. Romuliikkeiden hyödyntämismenetelmät (ks. tarkemmin taulukko 10).

Taulukko 11. Romuliikkeiden käsittelymenetelmät (hyödyntämismenetelmät) eri metalleille.

Menetelmä	Paino (t)						Yhteensä
	Teräs	RST/HK	Alumiini	Kupari	Messinki	Monimetalli	
Lajittelu/varastointi	800,20	47,92	50,31	4,03	29,73	12,7	944,89
Paloittelu	441,52	58,95	2,5			14,4	517,37
Paalaus	207,63	2,8			5,9		216,33
Lajittelu/paloittelu	256,26	27,68		0,05			283,99
Käytetty useampia menetelmiä		3,3				8,00	11,3
Murskaus	1373,45					20,8	1394,25
Briketöinti	314,60						314,60
Suoramyynti	18,72						18,72
Yhteensä	3412,38	140,65	52,81	4,08	35,63	55,9	3701

Eri käsittelymenetelmien käyttö vaihtelee yrityksissä riippuen niiden koosta ja ”erikoistumisesta” (ostettavan ja myytävän romun laatu). Tutkimuksen case-yrityksissä oli seurantajaksolla havaittavissa seuraava vaihtelu käsittelyn jakautumisessa eri käsittelymenetelmille (laskettuna käsitellyn romun kokonaismäärästä):

- lajittelu/varastointi 7,1–76,0 %
- paloittelu 1,7–56,1 %
- paalaus 1,0–17,1 %
- lajittelu/paloittelu 0–29,5 %
- murskaus 0–88,4 %
- briketöinti 0–31,8 %
- suoramyynti 0–1,0 %



Kuva 9. Romuliikkeiden hyödyntämismenetelmien käyttö metalliryhmittäin (ks. tarkemmin taulukko 11).

3.2 Romun käsittelyn energian ja raaka-aineiden käyttö sekä päästöt ilmaan

Kahdesta tutkimuksen case-yrityksestä (yhteensä kolmesta toimipisteestä) koottiin vuositason tietoa energian ja raaka-aineiden kulutuksesta romun eri käsittelymenetelmissä. Käsiteltävää romumäärää kohti laskettuja tuloksia esitetään taulukossa 12.

Taulukossa 13 esitetään käsittelyn ilmapäästöjen laskennassa käytetyt päästökertoimet (sähkölle, happikaasulle ja nestekaasulle vain välilliset päästöt, polttoöljylle myös välittömät päästöt) ja taulukossa 14 niillä lasketut ominaispäästöt eli päästöt ilmaan romutonnia kohden.

Taulukko 12. Case-tutkimuksen aineistosta laskettuja romun käsittelyn energian ja raaka-aineiden käytön ominaislukuja (ka= keskiarvo).

Käsittelymenetelmä	Kulutus käsiteltyä romutonna kohti							
	Sähkö (kWh/t)		Polttoöljy (l/t)		Happikaasu (kg/t)		Nestekaasu (kg/t)	
	ka	min–max	ka	min–max	ka	min–max	ka	min–max
Paloittelu	13,3	10,8–15,9						
Paalaus	30,9	10,8–50,9	3,4	2,6–4,1				
Polttoleikkaus								
SG-tuotanto					10,2	10–10,3	1,1	
AI-tuotanto					4,8		0,5	
Romuliikkeen kokonaiskulutus	26,6	6,2–55,3	3,1	1,9–5,4	3,6	2,5–4,6	0,4	0,3–0,5

Taulukko 13. Romun esikäsittelyn aiheuttamien ilmapäästöjen laskennassa käytetyt kertoimet. (Välilliset päästöt tarkoittavat sähkön ja raaka-aineiden valmistuksen aiheuttamia päästöjä.)

Päästökomponentti	Päästökertoimet				
	Välillisille päästöille				Välittömille päästöille
	Sähkö ¹ g/kWh	Polttoöljy ² g/kg	Happikaasu ³ g/kg	Nestekaasu ² g/kg	Polttoöljyn käyttö ⁴ g/kg
CO ₂	214,724	207	182,5155764	140	0,003186
CH ₄	0,0922277		0,078393621		
N ₂ O	0,0220637		0,018754197		
SO ₂	0,317971	0,51	0,270275611	0,39	0,0000012
NO _x	0,369923	1,03	0,314434854	0,77	0,0000567
CO	0,0374084	0,23	0,031797171	0,09	0,0000118
HC	1,3851704	0,46	1,177395995	0,24	0,0000051
Hiukkaset	0,0322685	0,07	0,027428243	0,04	0,00000197

¹ Petäjä, J. & Koskela, S. 1999. SYKEN sähköntuotanto- ja päästömalli. Sähköenergian ja kuljetusten päästölaskelmien perusteet elinkaari-inventaarioissa. Käsikirjoitus. SYKEN monistesarja.

² Neste 1997

³ Päästöt muodostuvat happikaasun valmistuksessa tarvittavan sähkön tuotannosta; sähkön kulutus on 0,85 kWh/kgO₂ (Messer-Griesheim Suomi Oy 1997)

⁴ Mäkelä, K. & Tuominen, A. 1998. Kaupunkien omistaman moottoroidun kaluston päästöjen laskentajärjestelmä KATKO 98. VTT Yhdyskuntateknikka, Espoo. Tutkimusraportti 466.

Taulukko 14. Case-tutkimuksen aineistosta lasketut romun esikäsittelyssä syntyvät ominaispäästöt ilmaan.

Päästökomponentti	Käsittelyn ominaispäästöt (kg/romutonna) ¹			
	Sähkö ²	Raaka-aineet ³	Polttoöljyn käyttö	Käsittely, yhteensä
CO ₂	6,36679	0,616812	8,65318	15,636782
CH ₄	0,00273069			0,00273069
N ₂ O	0,000611035			0,000611035
SO ₂	0,00958614	0,00153726	0,0032592	0,0143826
NO _x	0,0114113	0,00309778	0,153997	0,16850608
CO	0,001088	0,00065978	0,0320488	0,03379658
HC	0,067904315	0,00134296	0,0138516	0,083098875
Hiukkaset	0,000928674	0,00020572	0,00535052	0,006484914

¹ Keskimääräinen kulutus käsiteltyä romutonna kohti (taulukon 12 mukaan): sähkö 26,6 kWh/t, polttoöljy 2,6 kg/t (3,1 l/t), happikaasu 3,6 kg/t ja nestekaasu 0,4 kg/t

² Sähkön ja happikaasun valmistus

³ Polttoöljyn ja nestekaasun valmistus

4 Romuliikkeistä lähtevä romu (tuote)

4.1 Lähtevän romun määrä ja käyttö

Case-yrityksistä seurantaviikolla eri käyttäjille lähteneen romun (raaka-ainetuotteen) määrällistä jakaumaa kuvaavat taulukko 15 ja kuva 10. Case-yritysten välillä esiintyi tässä seuraavaa, varsin suurta vaihtelua johtuen sisään tulevasta romusta ja tuotantomenetelmästä:

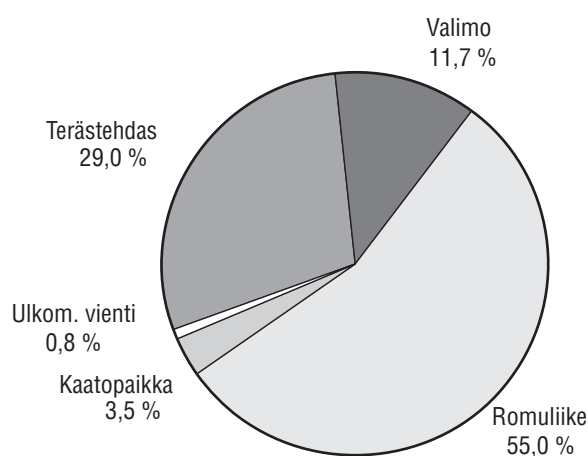
- terästehdas 0–67,1 %
- valimo 4,0–25,4 %
- romuliike 0–91,2 %
- kaatopaikka 0–8,4 %
- vienti 0–2,0 %

Taulukko 15. Romuliikkeiden lähtevän romun tai valmiin tuotteen jakautuminen eri käyttäjille.

Käyttäjä	Romun tai valmiin tuotteen määrä	
	Paino (t)	Osuus (%)
Terästehdas	1267,0	28,98
Valimo	512,8	11,73
Romuliike ¹	2404,3	55,0
Kaatopaikka ²	151,5	3,47
Ulkomaan vienti	35,9	0,82
Yhteensä	4371	100

¹ Jatkojalostukseen

² Hyödyntämiskelvoton ei-metallinen fraktio, joka syntyy romun käsittelyprosessissa



Kuva 10. Romuliikkeiden kokonaistuotanto ja sen jakautuminen eri käyttäjille.

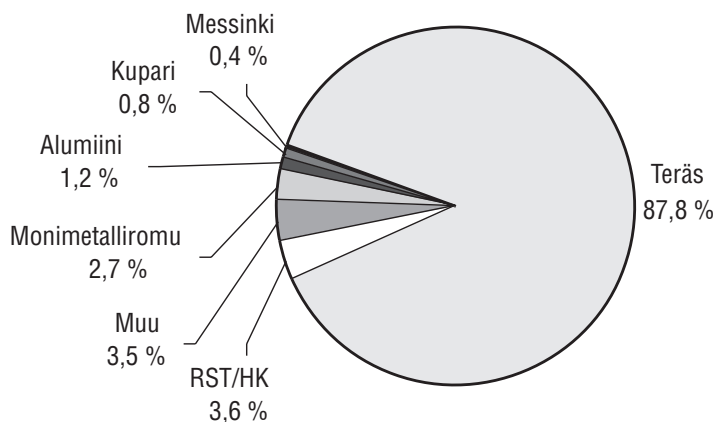
4.2 Lähtevän romun määrä metalleittain

Case-yrityksistä seurantajaksolla lähteneen romun jakautumista metalleittain esittävät taulukko 16 ja kuva 11. Myös tässä oli yritysten välillä suurta vaihtelua:

- teräs 0–100 %
- RST/HK 0–11 %
- alumiini 0–3 %
- kupari 0–1 %
- messinki 0–1 %
- monimetalliromu 0–4 %

Taulukko 16. Romuliikkeiden lähtevän romun tai tuotteen metallijakauma.

Metalli	Paino (t)	Osuus (%)
Teräs	3849,08	87,81
RST/HK	159,70	3,64
Muu	151,50	3,46
Monimetalliromu	120,08	2,74
Alumiini	53,13	1,21
Kupari	34	0,78
Messinki	15,9	0,36
Yhteensä	4383,39	100



Kuva 11. Lähtevän romun tai tuotteen metallijakauma.

4.3 Lähtevän romun kuljetustavat

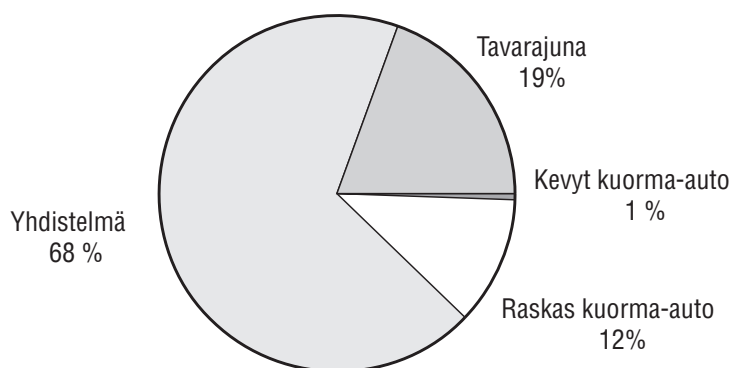
Case-yrityksistä seurantaviikolla lähteneen romun kuljetuksia – käytettyjä kuljetusvälineitä, kuljetusten määrää, meno-paluukuljetusten määrää, ajettuja kilometrejä ja kuljetettuja kuormia – esittävät taulukot 17–18 ja kuvat 12–14. Kuljetusetäisyys on kerrottu kahdella, jos paluukuormaa ei ole ollut. Paluukuormia käyttäviä kuljetuksia oli 41 % prosenttia ja ilman kuormaa palaavia kuljetuksia 59 %.

Kuljetusten keskimääräisen kuorman painossa ajettua matkaa kohti esiintyi yrityksittäin seuraavaa vaihtelua:

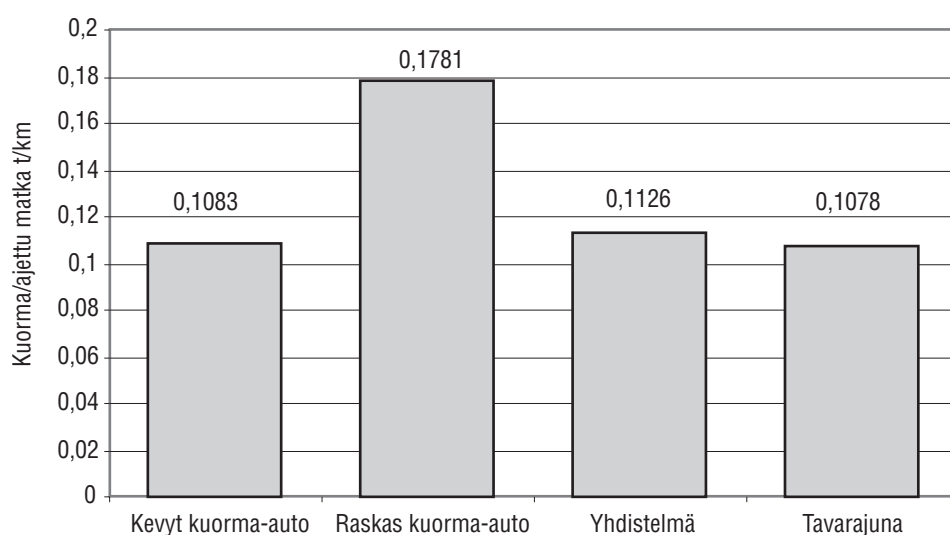
- kevyt kuorma-auto 0–0,108 t/km
- raskas kuorma-auto 0,072–0,911 t/km
- yhdistelmä (perävaunu) 0,059–0,234 t/km
- tavarajuna 0–0,113 t/km

Taulukko 17. Romuliikkeiden lähtevän romun kuljetukset.

Kuljetusväline	Kuljetusten määrä (kpl)	Meno-paluu-kuljetusten määrä (kpl)	Meno-paluu-kuljetusten prosentuaalinen osuus (%)	Ajetut kilometrit, paluu tyhjänä otettu huomioon (km)	Kuljetettu kuorma (t)	Kuljetusten keskimääräinen kuorman paino ajettua matkaa kohti (t/km)
Kevyt kuorma-auto	2	1	50,0	180	19,50	0,1083
Raskas kuorma-auto	50	31	62,0	2896	515,92	0,1781
Yhdistelmä	95	28	29,5	26543	2988,69	0,1126
Tavarajuna	24	0	0	7860	847	0,1078
Yhteensä	171	60		37479	4371,5	
Keskiarvo			35,1			0,1166



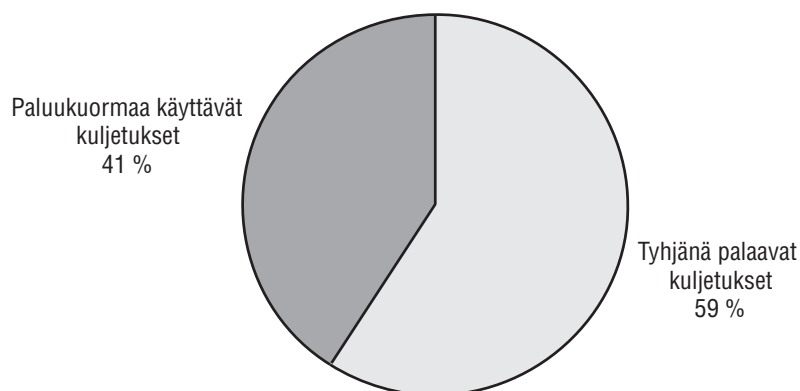
Kuva 12. Kuljetusvälineiden käyttö, romuliikkeistä lähtevä romu.



Kuva 13. Ajoneuvojen käyttötehokkuus.

Taulukko 18. Meno-paluukuljetusten määrä maantiekuljetuksissa.

Kuljetusväline	Yhdensuuntaisten kuljetusten määrä (kpl)	Meno-paluukuljetusten määrä (kpl)	Kuljetusten yhteismäärä (kpl)
Kevyt kuorma-auto	1	1	2
Raskas kuorma-auto	19	31	50
Yhdistelmä	67	28	95
Yhteensä	87	60	147



Kuva 14. Meno-paluukuljetusten käyttö maantiekuljetuksessa, romuliikkeistä lähtevä romu tai tuote.

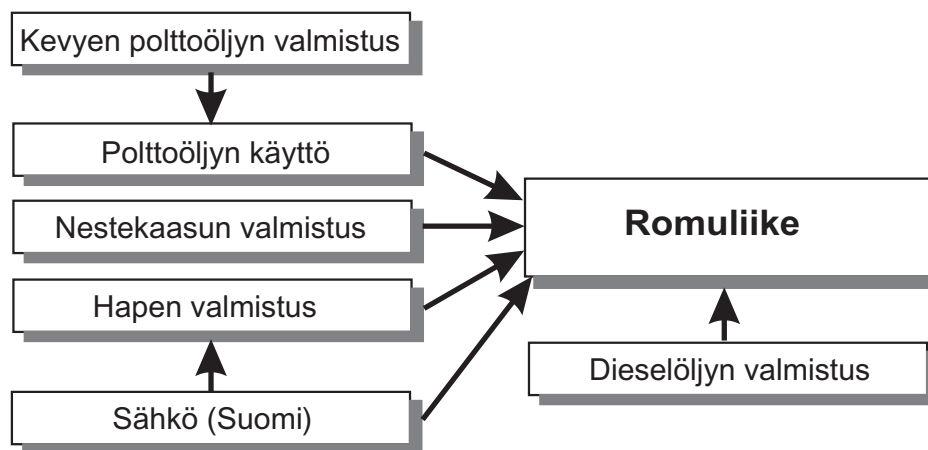
Liite 5. Romun keräyskuljetusten ja esikäsittelyn ominaispäästöjen (päästöt ilmaan) laskentamenettely – romuliikemoduuli

Julkaisun luvussa 5 esitettyjen romun keräyksen ja käsittelyn päästölaskelmien aineistona on käytetty liitteessä 4 raportoitavan case-tutkimuksen tuloksia sekä Elinkaarianalyysi metallien jalostusteollisuuden ympäristöasioiden hallinnan työvälineenä -hankkeessa koottuja elinkaari-inventaariotietoja Kuusakoski Oy:n Heinolan tehtaan rautaromun ja auto- ja peltiromun käsittely-yksiköistä.

Laskelmissa on käytetty apuvälineenä KCL-ECO Version 2.1 for Windows -ohjelmaa, joka on kehitetty elinkaari-inventaarioiden laadintaa varten. Ohjelman avulla voidaan laskea yhteen tuotejärjestelmän tai sen osaketjun materiaali- ja energiakulutukset sekä päästöt ympäristöön. Laskennan tulokset voidaan tulostaa erilaisina virtauskaavioina ja raportteina.

Romun käsittelyn tuotejärjestelmän kuvaustapa

Tuotejärjestelmä koostuu yksikköprosesseista, jotka kytkeytyvät toisiinsa välivalmisteiden avulla. KCL-ECO-ohjelman tuotejärjestelmää kuvaavat virtauskaaviot rakennetaan moduuleista ja niitä yhdistävistä virroista. Jokaisella moduulilla on omat sisäänmenevät syötteensä (inputs) ja ulostulevat tuotoksensa (outputs). Case-tutkimuksen virtauskaaviossa *romuliike esitetään yhtenä prosessimoduulina, joka sisältää myös romun keräyskuljetukset* (kuva 1).



Kuva 1. Romuliikemoduuli ja sen syötteet (inputs) ja tuotokset (outputs). (Keräyskuljetukset sisältyvät romuliikemoduuliin.)

Raaka-ainemoduulit, jotka yhdistyvät romuliikkeen prosessimoduuliin, sisältävät kyseisen raaka-aineen valmistuksen materiaali-, energia- ja päästötiedot. Romuraaka-aine sisältyy romuliikemoduuliin. Työkoneiden käytöstä aiheutuvat päästöt romuliikkeen alueella on merkitty omaan moduuliinsa (polttoöljyn käyttö).

Sähkömoduulina on maakohtainen sähkönhankintamoduuli (Petäjä ja Koskela1999). Raaka-ainemoduuleissa sähköntuotannon päästöt on jo otettu huomioon, paitsi happikaasumoduulissa (hapen valmistus), johon sähkönhankintamoduuli on liitetty.

Romuliikemoduulin keräyskuljetuksiin sisältyvät vain välittömät, polttoaineen kulutuksesta syntyvät päästöt. Kuljetusten välilliset päästöt lisätään erillisestä raaka-ainemoduulista (dieselöljyn valmistus).

Laskennan raportoinnissa moduuleista voidaan koota syötteiden ja tuosten esittämistapa, joka noudattelee elinkaarivaiheita. Tässä raportissa esitetty romun (esi)käsittelyn ominaispäästökerroin on laskettu yhteen seuraavista elinkaarivaiheista:

- romun käsittelyyn käytetty ulkoinen sähköenergia
- romun käsittelyyn käytetyt raaka-aineet
- romun käsittelyyn käytettyjen työkalujen päästöt

Lisäksi erillisenä elinkaarivaiheena esitetään romun keräyskuljetukset.

Kuusakoski Oy:n tuotejärjestelmät rautaromulle ja auto- ja peltiromulle on tehty KCL-ECO- laskentaohjelmaan vastaavalla tavalla.

Ominaispäästöjen laskennan pohjana olevat romun käsittelymäärät

Case-tutkimuksessa mukana olleissa viidessä romuliikkeessä käsitellään vuodessa yhteensä noin 140 000 tonnia romua. Niissä kolmessa toimipisteessä, joista kerättiin tietoja romun käsittelyn raaka-aine- ja energiankulutuksista, romua käsiteltiin tarkasteluvuonna yhteensä noin 43 000 tonnia. Kuusakoski Oy:n rautaromun ja auto- ja peltiromun käsittely-yksiköissä käsitellään vuodessa yhteensä noin 80 000 tonnia romua.

Viitteet

Petäjä, J. & Koskela, S. 1999. SYKEN sähköntuotanto- ja päästömalli. Sähköenergian ja kuljetusten päästölaskelmien perusteet elinkaari-inventaarioissa. Käsikirjoitus. SYKEN monistesarja.

Liite 6. Kuorma-auto- ja junakuljetusten polttoaineen kulutus ja päästöt

I Kuorma-autokuljetukset

I.1 Lähtökohdat

Päästölaskentojen lähtökohtana on keskimääräinen kuorma-auto. Sen päästöluvut on laskettu käyttäen Tilastokeskuksen (1995) tieliikenteen tavarankuljetustilastoja sekä VTT:n määrittämiä polttoaineen kulutuksia ja päästökertoimia (VTT 1997).

Tieliikenteen tavarankuljetustilaston (Tilastokeskus 1995) mukaan teollisuuden kuorma-autokuljetuksissa keskimääräinen kuljetettu määrä on kuormatuilla matkoilla 25,2 t/matka ja kaikilla matkoilla 14,2 t/matka. Tässä yhteydessä kuormapainona on käytetty arvoa 14,2 t/matka, eikä mahdollista paluumatkaa tyhjänä ole otettu huomioon.

Kaikkien kuorma-autokuljetusten jakaantuminen eri kuorma-autoyhdistelmien kesken esitetään taulukossa 1. Sen perusteella on laskettu kuljetusosuudet kuorma-autoille ilman perävaunua ja perävaunun kanssa. Näitä osuuksia käytetään laskettaessa kaikkien kuorma-autojen keskimääräistä kulutusta (luku 1.2) ja päästökertoimia (luku 1.3).

Taulukko 1. Kuorma-autokuljetusten jakaantuminen. Kuljetetut määrät Tilastokeskuksen (1995) mukaan.

	Kuljetettu määrä 1 000 t	Kuljetusosuus %
Ilman perävaunua	199 251	49
Puoliperävaunu	22 275	
Täysperävaunu	183 223	
Perävaunut yht.	205 498	51
Yhteensä	404 750	100

VTT on laskenut keskimääräisen polttoaineen kulutuksen ja päästökertoimet (välittömät päästöt ilmaan) seuraavalla jaottelulla (VTT 1997):

- kuorma-autot ilman perävaunua, kadut
- kuorma-autot ilman perävaunua, maantiet
- kuorma-autot perävaunulla, kadut
- kuorma-autot perävaunulla, maantiet.

I.2 Polttoaineen kulutus

Taulukossa 2 on laskettu kuorma-autojen keskimääräinen kulutus. Kulutusarvot perustuvat VTT:n LIISA 97 -laskentajärjestelmään (VTT 1997). Keskimääräinen kulutus kuorma-autolle ilman perävaunua ja perävaunun kanssa on saatu olettamalla, että ajosta 5 % tapahtuu kaduilla ja 95 % maanteilla (Mäkelä 1998). Keskimääräinen kulutus kaikille kuorma-autoille on laskettu taulukon 1 kuljetusosuuksilla painottaen. Kulutus kuljetettua kilometriä ja tonnia kohti (kg/(km × t)) on saatu jakamalla keskimääräinen kulutus kuormapainolla 14,2 t/matka. Tätä kulu-
tusarvoa on käytetty laskettaessa kuorma-autokuljetusten kulutuksia.

Taulukko 2. Kuorma-auton keskimääräinen kulutus. Lähtöaineisto: VTT 1997.

	Kadut	Maantiet	Keskimäärin	Keskimäärin (kaikki)	Kulutus per kuljetettu km ja t
	kg/km	kg/km	kg/km	kg/km	kg/(km × t)
Ilman perävaunua	0,310	0,204	0,2093		
Perävaunun kanssa	0,425	0,311	0,3167		
Kaikki kuorma-autot				0,2641	0,018596761

1.3 Päästökertoimet

1.3.1 Välittömät päästöt ilmaan

Alkuperäiset VTT:n laskemat päästökertoimet (VTT 1997) esitetään taulukoissa 3 ja 4 sarakkeissa kadut ja maantiet. On oletettu, että ajosta 5 % tapahtuu kaduilla ja 95 % maanteilla (Mäkelä 1998). Näin painottaen on taulukoissa 3 ja 4 laskettu keskimääräiset päästökertoimet kuorma-autoille ilman perävaunua ja perävaunun kanssa.

Taulukko 3. Päästökertoimet (välittömät päästöt ilmaan) ilman perävaunua. Lähtöaineisto: VTT 1997.

	Kadut g/km	Maantiet g/km	Keskimäärin kg/km
CO ₂	975	641	0,6577
CH ₄	0,12	0,11	0,0001105
N ₂ O	0,027	0,04	0,00003935
SO ₂	0,01	0,01	0,00001
NO _x	10	9,1	0,009145
CO	7	1,7	0,001965
HC	2,4	0,89	0,0009655
hiukkaset	1	0,76	0,000772

Taulukko 4. Päästökertoimet (välittömät päästöt ilmaan) perävaunun kanssa. Lähtöaineisto: VTT 1997.

	Kadut g/km	Maantiet g/km	Keskimäärin kg/km
CO ₂	1 337	978	0,99595
CH ₄	0,25	0,11	0,000117
N ₂ O	0,04	0,04	0,00004
SO ₂	0,02	0,01	0,0000105
NO _x	13	11	0,0111
CO	10	4,4	0,00468
HC	3,4	1,5	0,001595
hiukkaset	1,5	1,2	0,001215

Taulukossa 5 esitetään keskimääräiset päästökertoimet kaikille kuorma-autoille. Ne on laskettu taulukoiden 3 ja 4 arvoista taulukon 1 kuljetusosuuksilla painottaen. Päästöt kuljetettua kilometriä ja tonnia kohti (kg/(km × t)) on saatu samoin kuin vastaava arvo kulutukselle eli jakamalla kuormapainolla 14,2 t/matka. Näitä päästökertoimia on käytetty laskettaessa kuorma-autokuljetusten välittömiä päästöjä ilmaan.

Taulukko 5. Keskimääräiset päästökertoimet (välittömät päästöt ilmaan) kaikille kuorma-autoille.

	Keskimäärin (kaikki) kg/km	Päästöt per kulj. km ja t kg/(km x t)
CO ₂	0,829433269	0,058410794
CH ₄	0,000113800	0,000008014
N ₂ O	0,000039680	0,000002794
SO ₂	0,000010254	0,000000722
NO _x	0,010137562	0,000713913
CO	0,003343444	0,000235454
HC	0,001285105	0,000090500
hiukkaset	0,000996916	0,000070205

1.3.2 Kokonaispäästöt

Kuorma-autokuljetuksille kohdistettavia välillisiä päästöjä syntyy niissä käytetyn polttoaineen valmistuksesta. Yhden tonnin kuljettaminen yhden kilometrin matkan edellyttää 0,01859761 kilon dieselöljymäärän valmistamista (Neste 1997). Tästä aiheutuvat välilliset päästöt (valmistuksen päästöt) esitetään taulukossa 6, jossa on myös laskettu kokonaispäästökertoimet ilmapäästöille yhdistämällä valmistuksen aiheuttamat välilliset päästöt ja kuljetuksen aikana syntyvät välittömät päästöt.

Taulukko 6. Kuorma-autokuljetusten välilliset ja välittömät päästöt sekä kokonaispäästökertoimet.

Päästöt / 0,01859761 kg dieselöljyä		Valmistuksen päästöt kg/ (km x t)	Välittömät päästöt kg/ (km x t)	Kokonaispäästökertoin kg/ (km x t)
päästöt ilmaan	CO ₂	0,004240070	0,058410794	0,062650864
	CH ₄		0,000008014	0,000008014
	N ₂ O		0,000002794	0,000002794
	SO ₂	0,000011716	0,000000722	0,000012438
	NO _x	0,000020457	0,000713913	0,000734369
	CO	0,000002232	0,000235454	0,000237686
	HC	0,000009298	0,000090500	0,000099799
	hiukkaset	0,000001302	0,000070205	0,000071507
päästöt veteen	COD	0,000001302		
	N, typpi	0,000000037		
	öljy	0,000000223		
jätteet	ongelmajätteet	0,000001302		
	teollisuusjäte	0,000020457		

2 Junakuljetukset

2.1 Lähtökohdat

Junakuljetusten päästöjen laskemisessa on tehty seuraavia oletuksia (Stenvall 1998):

- 1) Kuljetettu määrä (t)
 - Ominaiskulutusarvo on ilmoitettu bruttotonnikilometreille (brtkm), joten vaunun taaraosuus otetaan laskennassa huomioon kertomalla kuljetetut tonnit kertoimella 1,5.
 - Kuljetettu määrä on syötetty kuljetetun tavarain painon mukaan (t).

- 2) Matka (km)
- Paluusuunta on oletettu yhtä pitkäksi kuin kuormasuunta, vaikka tyhjän vaunun kulkema matka voi käytännössä olla lyhyempi. Näin energiankulutuksen laskenta on "varmalla puolella". Tyhjä vaunu kuluttaa energiaa noin puolet kuormatun vaunun energiasta. Se on otettu laskennassa huomioon kertoimella 1,5.
 - Kuljetettu matka on syötetty menomatkan mukaan (km).

Laskennalliset päästökertoimet (kg/(km × t)) on siten saatu kaavalla:

$$\text{Päästökerroin} \times (1,5 \times \text{sähkön tai polttoaineen ominaiskulutus}) \times 1,5 / 1000$$

Sähkö- ja dieselveturin kulutukset ja päästöt on laskettu erikseen. Jos junakuljetusten päästöjä laskettaessa ei ole ollut tiedossa todellista jakaumaa diesel- ja sähkövetureiden kesken, on käytetty valtakunnallista jakaumaa tavaraliikenteelle vuonna 1996. Sen mukaan dieselveturin osuus on 52 % (8 868 000 000 brtkm) ja sähköveturin osuus 48 % (8 042 000 000 brtkm) kuljetussuoritteesta (Pussinen 1997, s. 38).

2.2 Sähkön ja polttoaineen ominaiskulutus

Ominaiskulutuksina on käytetty taulukon 7 mukaisia arvoja.

Taulukko 7. Sähkön ja polttoaineen ominaiskulutukset (Stenvall 1998).

	Kulutus
Sähköveturi	0,0121 kWh/brtkm
Dieselveturi	0,00335 kg/brtkm

2.3 Päästökertoimet

Taulukon 7 mukaisilla ominaiskulutuksilla ja taulukkojen 8 ja 9 päästökertoimilla saadaan edellä esitetyllä kaavalla taulukkojen 8 ja 9 mukaiset laskennalliset päästökertoimet päästöille ilmaan sähkö- ja dieselvetureille. Sähköenergian päästökerroimina on käytetty Suomen sähköntuotannon keskimääräisiä päästökertoimia vuodelta 1996 (Stenvall 1998).

Taulukko 8. Laskennalliset päästökertoimet (välilliset päästöt ilmaan), sähköveturi.

	Päästökerroin (Stenvall 1998) g/kWh	Laskennallinen päästökerroin kg/(km × t)
CO ₂	240	0,006534000
SO ₂	0,44	0,000011979
NO _x	0,58	0,000015791
CO	0,235	0,000006398
hiukkaset	0,065	0,000001770
HC	0,02	0,000000545

Taulukko 9. Laskennalliset päästökertoimet (välittömät päästöt ilmaan), dieselveturi.

	Päästökerroin (Stenvall 1998) g/kg	Laskennallinen päästökerroin kg/(km x t)
CO ₂	3167	0,023871263
SO ₂	2	0,000015075
NO _x	72	0,000542700
CO	8	0,000060300
hiukkaset	1,3	0,000009799
HC	10	0,000075375

Dieseljunakuljetusten kokonaispäästökertoimet, joissa on yhdistetty käytetyn polttoaineen valmistuksen (0,00335 kg dieselöljyä / km x t) päästöt ja välittömät päästöt esitetään taulukossa 10.

Taulukko 10. Dieseljunakuljetusten välilliset ja välittömät päästöt sekä kokonaispäästökertoimet.

Päästöt / 0,00335 kg dieselöljyä		Valmistuksen päästöt kg/ (km x t)	Välittömät päästöt kg/ (km x t)	Kokonaispäästökerroin kg/ (km x t)
päästöt ilmaan	CO ₂	0,000763800	0,023871263	0,024635063
	SO ₂	0,000002111	0,000015075	0,000017186
	NO _x	0,000003685	0,000542700	0,000546385
	CO	0,000000402	0,000060300	0,000060702
	hiukkaset	0,000000235	0,000009799	0,000010034
	HC	0,00001675	0,000075375	0,000077050
päästöt veteen	COD	0,000000235		
	N, typpi	0,000000007		
	öljy	0,000000040		
jätteet	ongelmajätteet	0,000000235		
	teollisuusjäte	0,000003685		

Lähteet

Mäkelä, K. S. 1998. VTT. Puhelinkeskustelu 17.9.1998.

Neste Oy. 1997. Ekotasetedote, Neste, Öljy, tutkimus ja kehittäminen.

Pussinen, J. 1997. Rautatieliikenteen energiankulutus ja päästöt Suomessa. Tampere, Tampereen teknillinen korkeakoulu, Rakennustekniikan osasto, Liikenne- ja kuljetustekniikka. Diplomityö.

Stenvall, V. 1998. Sähköposti 20.4.1998. VR.

Tilastokeskus. 1995. Tieliikenteen tavarankuljetustilasto 1995.

VTT. 1997. Suomen tieliikenteen pakokaasupäästöt. LIISA 97 -laskentajärjestelmä. <http://www.vtt.fi/yki/yki6/liisa/kesker.htm>

Liite 7. Romun kierrätyksen muutosten vaikutukset kansantalouden tasolla

I Johdanto

Seuraavat tarkastelut perustuvat ympäristöministeriön vuosina 1996–1997 rahoittamaan, Oulun yliopiston Thule-instituutissa toteutettuun tutkimushankkeeseen ”Metallijätteiden kierrätyksen talous- ja ympäristövaikutusten arviointi” (Juuti-nen ja Mäenpää 1998). Hankkeen tavoitteena oli kehittää menetelmää kierrätyk-sen julkisen ohjauksen tueksi. Pääpaino oli kierrätyksen kokonaistaloudellisissa vaikutuksissa. Talousvaikutuksia arvioitiin ensi sijassa kokonaistaloudellisten suu-reiden – BKT, kulutus, investoinnit, ulkomaankauppa ja työllisyys – avulla. Ym-päristövaikutusten arvioinnissa käytettiin indikaattorina ympäristökuormitusta – luonnonvarojen käyttöä, energian kulutusta, päästöjä ilmaan ja jätteitä. Tarkas-telu rajattiin rauta- ja teräs- sekä kuparijätteisiin.

Hankkeen analyysit tehtiin kokonaistaloudellisella simulointimallilla, FMS-mallisysteemillä (Mäenpää 1982 ja 1993; vrt. julkaisun luku 2). FMS-malli on jälki-keynesiläiseen kasvuteoriaan perustuva tasapainomalli ja soveltuu parhaiten vai-kutusanalyysiin. Sitä on käytetty muun muassa hiilidioksidipäästöjen rajoitta-misen, bioenergian käytön ja metalliteollisuuden aseman vaikutusten arviointiin (Mäenpää ja Tervo 1992, Mäenpää ja Männistö 1995, Mäenpää ym. 1996, Viitanen 1998).

FMS-malli muodosti hyvän lähtökohdan metallien kierrätyksen analyysille, sillä siinä on ns. metallisatelliitti, joka kuvaa yksityiskohtaisesti Suomen metal-liteollisuuden ja sen sisäiset ja ulkoiset kytkennät. Metallien valmistus kuvataan 40 tuotteen tasolla sekä tuotantotonneina että hintojen kautta arvosuureina. Romut ovat kuvauksessa mukana. Metallisatelliitissa määrätty myös metallien val-mistuksen ympäristökuormitus.

FMS-malliin on lisätty metallien kierrätyksen raha- ja ympäristösuureet, jol-loin kierrätystä päästään tarkastelemaan osana kokonaistaloutta ja talousvaiku-tusten ohella voidaan samanaikaisesti arvioida kierrätyksen ympäristöhyötyjä. Analyyseissä on johtolankana kierrätyksen jakaminen kysyntä- ja tarjontatekijöi-hin, joita tarkastellaan systemaattisesti erillisinä. Näin nähdään niiden ominais-piirteet ja voidaan arvioida ympäristöpolitiikan tavoitteita sekä ympäristöpoliitti-sen ohjauksen tarvetta, mahdollisuuksia ja rajoitteita.

FMS-malli on pitkän ajan kasvumalli, joten siinä politiikkatoimien vaikutuk-sia arvioidaan valitun päätevuoden tilanteessa. Analyysien lähtökohtana on ns. perusskenaario, joka muodostetaan tekemällä oletuksia noudatettavasta talous- ja teollisuuspolitiikasta sekä talouden ulkoisista olosuhteista. Tarkastelujaksoksi valittiin 1990–2010 ja perusskenaarion lähtökohdaksi kauppa- ja teollisuusminis-teriön Energiatalous 2025 -skenaariotarkasteluja -raportissa käytetty EMS-skenaario (KTM 1997).

Perusskenaarion jälkeen muodostetaan tarkasteltavien toimenpiteiden mu-kaiset vaihtoehtoskenaariot. Poliittikkatoimien vaikutukset selviävät vertaamalla perus- ja vaihtoehtoskenaarioiden tuloksia. Tarkasteluissa arvioidaan myös teh-tyihin oletuksiin liittyvää epävarmuutta herkkyysanalyysillä, jolloin nähdään tulosten kriittiset tekijät.

Pelkästään tuloksia vertaamalla on vaikea arvioida vaikutusten taustateki-jöitä. Sen tähden kierrätysanalyysien tuloksissa kokonaisvaikutus (yhteensä-sara-ke seuraavissa taulukoissa) on jaettu laskennallisiin osiin. Suora kasvu –sarake kuvaa perusskenaarion rakenteen mukaisen talouskasvun merkitystä. Rakenne-

muutoksen osaan puolestaan kirjautuvat muun muassa talouden tuotanto- ja kulusrakenteen muutosten sekä tuonti-, vienti- ja investointiasteiden muutosten vaikutukset.

2 Romun keräysasteen muutosten vaikutukset

2.1 Keräysasteen lisäys

Ensimmäisessä vaihtoehtoskenaariossa tehostetaan etenkin rakennus- ja elektroniikkaromun sekä yhdyskuntajätteen metallijakeen talteenottoa perusskenaarioon nähden. Rauta- ja teräsromun kotimainen tarjonta kasvaa noin 15 % ja kupariromun 40 %, kun otetaan huomioon vain keräysorganisaation kautta myyntiin tuleva ostoromu. Romun keräysasteen nousun vaikutukset vuonna 2010 esitetään taulukossa 1.

Taulukko 1. Romun keräysasteen lisäyksen ympäristövaikutukset talouden kokonaistasolla vuonna 2010. Rauta- ja teräsromun kotimainen tarjonta (ostoromu) kasvaa noin 15 % ja kupariromun 40 % perusskenaarioon nähden.

YMPÄRISTÖINDIKAATTORIT	ERO PERUSSKENAARION TULOKSIIN		
	Yhteensä	Suora kasvu	Rakennemuutos
Luonnonvarojen käyttö, 1000 t	-13	37	-50
Uusiutuvat	-11	13	-24
Uusiutumattomat	-2	25	-27
Nettojättekertymä, 1000 t	-196	6	-202
Energian kulutus, 1000 toe	0	6	-6
Hiiidioksidipäästöt, 1000 t	4	11	-7
Rikkidioksidipäästöt, tonnia	-14	20	-34
Typen oksidien päästöt, tonnia	-25	34	-59

Romun keräyksen tehostaminen säästää ympäristöä. Tulokset puoltavat siten romun kierrätyksen lisäämistä. Tosin talouden kokonaistasolla muutokset ovat marginaalisia – yhden jätelajin kierrätys ei voi oleellisesti muuttaa talouden kokonaiskuvaa. Mallin antama romun talteenoton lisäyksen aikaansaama talouskasvu, 123 miljoonaa markkaa, esimerkiksi on sangen vähäinen verrattuna perusskenaarioon, jossa vuoden 1990 hintainen BKT on vuonna 2010 lähes 813 miljardia markkaa. Vastaavasti myös ympäristökuormituksen suhteelliset muutokset jäävät promilletasolle.

Romun keräyksen tehostumisen vaikutukset ovat sikäli yllättävät, että ympäristökuormitus vähenee lähes kaikkien indikaattoreiden mukaan, vaikka lisäkeräys edistää talouskasvua. On selvää, että talouden nettojättekertymä pienenee, mutta muiden ympäristösuureiden osalta ympäristörasituksen absoluuttinen vähentyminen vaatii lähempää tarkastelua.

Ympäristörasituksen vähentyminen johtuu talouden rakenteen muutoksesta. Romun keräyksen lisääminen edistää talouskasvua, sillä rauta- ja teräsromun tuonnin tarve pienenee, kupariromun vienti kasvaa ja romun kotimainen tuotanto eli keräys- ja käsittelytoiminta lisääntyy¹. Talouskasvun myötä talouden tuotto-

¹ Analyysien lähtökohtana on, että kierrätyksen rajakustannukset ovat tuottoasteen muutoksen vaikutuksia lukuunottamatta vakioiset, eli esimerkiksi lisäkeräys ei nosta keräys- ja käsittelytoiminnan suhteellista kustannustasoa. Herkkyystarkastelujen mukaan lisäkeräys voi maksaa noin 270 mk/tonni, eli noin 44 % enemmän kuin nykyinen keräys ilman talouskasvun heikentymistä. Esimerkiksi auto- ja elektroniikkaromujen esikäsittelyyn sovellettuna tämä tarkoittaa, että esikäsittelyn toteutus kierrätysmaksuilla heikentää talouskasvua noin 103 miljoonaa markkaa, mikäli lisäkustannukset ovat noin 400–500 mk/auto ja 50–60 mk/laite.

asteen yleistaso kuitenkin nousee. Tämä aiheuttaa syrjäytymisvaikutuksia ja raskauttaa etenkin pääomavalttaisten teollisuustoimialojen kilpailukykyä. Toisaalta kiertäystoiminnan tehostuminen tuo hieman kustannussäästöjä, kun jätehuoltomaksut pienentyvät. Nämä kohdistuvat pääosin palvelu- ja lopputuotetoimialoille kuten asumiseen. Siten keräysasteen nosto muuttaa talouden rakennetta: palvelu- ja lopputuotetoimialojen merkitys kasvaa suhteessa teollisuusaloihin. Ensin mainittujen ympäristökuormitus on pienempi kuin teollisuuden. Näin ympäristökuormitus kokonaistasolla pienenee talouskasvusta huolimatta.

Vaikka taulukossa 1 kokonaisvaikutus on ympäristöä säästävää, on muistettava, että romun keräys- ja käsittelytoiminta sinänsä kuormittaa ympäristöä. Romujen kuljetus aiheuttaa päästöjä ilmaan. Käsittely puolestaan kuluttaa energiaa ja siinä muodostuu jätteitä. Keräys- ja käsittelytoiminnan lisäyksen suora ympäristörasitus esitetään taulukossa 2. Romun keräysasteen noston välitön ympäristörasitus painottuu typen oksidien päästöihin, koska keräys- ja käsittelytoiminnan energian kulutuksessa liikennepolttonesteiden osuus on merkittävä². Myös nettojättekertymä korostuu, sillä romun keräysasteen nousu lisää murskausjätteen määrää. Muiden indikaattoreiden osalta romun keräysasteen noston välitön ympäristörasitus on vähäinen.

Taulukko 2. Romun keräysasteen lisäyksen välitön ympäristörasitus (romun keräys- ja käsittelytoiminta) talouden kokonaistasolla vuonna 2010. Rauta- ja teräsromun kotimainen tarjonta (ostoromu) kasvaa noin 15 % ja kupariromun 40 % perusskenaarioon nähden.

YMPÄRISTÖINDIKAATTORIT	VÄLITÖN VAIKUTUS
Luonnonvarojen käyttö, 1000 t	2,0
Uusiutuvat	0,0
Uusiutumattomat	2,0
Nettojättekertymä, 1000 t	23,0
Energian kulutus, 1000 toe	5,0
Hiilidioksidipäästöt, 1000 t	6,2
Rikkidioksidipäästöt, tonnia	4,3
Typen oksidien päästöt, tonnia	48,4

2.2 Keräysasteen vähennys

Seuraavaksi tarkastellaan romun keräyksen heikentymisen vaikutuksia. Ne ovat luonnollisesti pääpiirteittäin analogisia keräysasteen noston vaikutusten kanssa – samat tekijät kuin edellisessä tarkastelussa vaikuttavat nyt vain toiseen suuntaan. Tarkastelu on kuitenkin perusteltua vaikutusten suuruusluokan arvioimiseksi.

Vaihtoehtoskenaariossa vähennetään etenkin autoromun sekä teollisuuden kone- ja laiteromun keräysasteita. Sekä rauta- ja teräsromun että kupariromun kotimainen tarjonta pienentyy noin 10 % perusskenaarioon nähden. Tällaisen talteenoton heikentymisen tuloksia esittää taulukko 3.

² Tilastotietojen puuttuessa tukku- ja vähittäiskaupan toimiala toimii FMS-mallissa keräys- ja käsittelytoiminnan analyttisenä vastikkeena.

Taulukko 3. Romun keräysasteen vähennyksen ympäristövaikutukset talouden kokonaistasolla vuonna 2010. Rauta- ja teräsromun ja kupariromun kotimainen tarjonta (ostoromu) pienentyy noin 10 % perusskenaarioon nähden.

YMPÄRISTÖINDIKAATTORIT	ERO PERUSSKENAARION TULOISIIN		
	Yhteensä	Suora kasvu	Rakennemuutos
Luonnonvarojen käyttö, 1000 t	-18	-24	6
Uusiutuvat	1	-8	9
Uusiutumattomat	-19	-16	-3
Nettojättekertymä, 1000 t	113	-4	117
Energian kulutus, 1000 toe	-2	-4	2
Hiilidioksidipäästöt, 1000 t	-4	-7	3
Rikkidioksidipäästöt, tonnia	-2	-13	11
Typen oksidien päästöt, tonnia	-3	-22	19

Romun keräysasteen vähennys lisää talouden nettojättekertymää. Muutoin ympäristökuormitus vähenee talouskasvun heikentymisen seurauksena – BKT supistuu 80 miljoonaa markkaa perusskenaarioon nähden –, tosin uusiutuvien luonnonvarojen käyttö hieman kasvaa johtuen talouden rakenteen muutoksesta. Romun keräysasteen vähennyksen kerrannaisvaikutukset ovat suotuisat pääomavaltaiselle vientiteollisuudelle kuten massan ja paperin valmistukselle. Taulukossa 3 rakennemuutososan vaikutukset ovatkin pääsääntöisesti kuormitusta lisääviä.

Talouden kokonaistasolla romun keräysasteen vähennyksen vaikutukset ympäristökuormitukseen ovat erittäin vähäiset. Toisaalta vaikka muun muassa jättekertymän lisäyksen osuus talouden kokonaisjättekertymästä on vuonna 2010 vain alle prosentin, on lisäys kuitenkin merkittävä. Esimerkiksi Oulun kaupungin Ruskon kaatopaikalle viedään vuosittain noin 40 000 tonnia yhdyskuntajätettä, mihin nähden romun keräyksen heikentymisen aiheuttama jättekertymän lisäys on lähes kolminkertainen. Jättekertymän kasvun kannalta on myös oleellista, missä määrin jätteet sisältävät ympäristölle haitallisia aineita. Jos esimerkiksi autojen keräys oleellisesti supistuu, suuri määrä erilaisia ongelmajätteitä saattaa joutua suoraan luontoon³.

3 Romun käytön muutosten vaikutukset

3.1 Romun käytön lisäys

Seuraavaksi analysoidaan, mitkä ovat vaikutukset, kun romun käyttöaste nostetaan maksimaaliselle 30 prosentin tasolle malmipohjaisessa tuotannossa. Tarkastelut tehdään erikseen rauta- ja teräsromulle ja kupariromulle. Rauta- ja teräsromun käyttö lisääntyy noin 30 % ostoromun (kotimainen ja tuonti) perusskenaariosta mukaisesta kokonaiskäytöstä.

Taulukon 4 mukaan yleissuunta on selvä: romun käyttöasteen lisääminen säästää ympäristöä. Talouden kokonaistasolla vaikutukset ovat edelleen melko vähäiset, vaikkakin selvästi suuremmat kuin romun tarjonnan lisäyksen tapauksessa. Suhteellisesti merkittävin muutos tapahtuu rauta- ja teräsromun käytön lisäyksen hiilidioksidipäästöissä: vähentymä on noin 1,2 % talouden kokonaispäästöistä. Tällä on jo merkitystä: vuotuisten hiilidioksidipäästöjen vähentyminen 823 000 tonnilla vastaisi perusskenaariota mukaan keskimäärin noin 442 000 toe:n

³ Arvioiden mukaan murskaukseen tuleva autoromu sisältää keskimäärin öljyä 4–5 l ja polttoainetta 5–10 l. Noin 40 %:ssa murskaukseen tulevista romuautoista on akku mukana. Lisäksi romuautot sisältävät muun muassa pakkas- ja jarrunesteitä. (Ympäristötaloustoimikunta 1993)

energian kulutuksen pienentymistä. Käytännössä tämän suuruinen energian säästö edellyttäisi tuntuvia säästötoimia, sillä suuruusluokaltaan se tarkoittaa esimerkiksi noin 250 000 pientalon energian vuosikulutusta⁴.

Taulukko 4. Romun käyttöasteen nousun (maksimaalinen 30 prosentin taso malmipohjaisessa tuotannossa) ympäristövaikutukset talouden kokonaistasolla vuonna 2010. Rauta- ja teräsromun käyttö lisääntyy noin 30 % ostoromun (kotimainen ja tuonti) perusskenaarion mukaisesta kokonaiskäytöstä.

YMPÄRISTÖINDIKAATTORIT	ERO PERUSSKENAARION TULOISIIN	
	Rauta- ja teräsromu	Kupariromu
Luonnonvarojen käyttö, 1000 t	-685	-58
Uusiutuvat	0	0
Uusiutumattomat	-685	-58
Nettojätekeräys, 1000 t	-32	-99
Energian kulutus, 1000 toe	-27	-2
Hiilidioksidipäästöt, 1000 t	-823	-4
Rikkidioksidipäästöt, tonnia	-794	-52
Typen oksidien päästöt, tonnia	-404	-10

Vaihtoehtoskenaarion vaikutukset ovat tuntuvat etenkin rauta- ja teräsromun kohdalla, koska sen käytön lisääminen johtaa mallissa talouden kasvun nopeutumiseen romun tuonnin lisääntymisestä huolimatta – BKT kasvaa 303 miljoonaa markkaa verrattuna perusskenaarioon⁵. Kupariromun kohdalla osa ympäristökuormituksen vähentymisestä selittyy puolestaan talouskasvun heikentymisestä – BKT supistuu 25 miljoonaa markkaa perusskenaarioon nähden⁶.

Rauta- ja teräsromun käytön lisäämisen vaikutukset ovat selvästi kupariromun käytön lisäämistä suuremmat, koska ensin mainitun tonnimääräinen muutos on isompi kuin kupariromun. Tuotantotonneina teräksen valmistuksen volyyymi on Suomessa noin 20-kertainen kupariin nähden ja näin ollen myös romun käytön lisäämisen potentiaali on neitseellisen teräksen valmistuksessa merkittävästi suurempi kuin kuparin valmistuksessa.

Taulukon 4 luvuissa heijastuvat eri metallien valmistuksen ominaispiirteet. Rauta- ja teräsromun käytön lisäys vähentää eniten hiilidioksidipäästöjä, tosin myös muut päästöt ilmaan sekä uusiutumattomien luonnonvarojen käyttö vähenevät selvästi⁷. Kupariromun käytön lisäys vaikuttaa puolestaan eniten uusiutumattomien luonnonvarojen käyttöön, jätekeräykseen ja rikkidioksidipäästöihin.

3.2 Romun käytön vähennys

Seuraavassa vaihtoehtoskenaariossa arvioidaan rauta- ja teräsromun käytön vähentämisen vaikutuksia tilanteessa, jossa ostoromun käyttöaste on päätevuonna malmipohjaisessa teräksen tuotannossa nolla. Tehtaat käyttävät edelleen tuottamansa sisäisen romun (metallien valmistuksen sisäinen kierto). Tarkastelu teh-

⁴ Pientalon keskimääräinen vuosikulutus on laskelmassa 20 MWh/a eli 1,72 toe/a.

⁵ Vuoden 1990 hintasuhteilla rauta- ja teräsromu on itsetuotettua harkkorautaa edullisempi raaka-aine. Siten romun käytön lisääminen kohentaa metallien valmistuksen kilpailukykyä, kun käytön rajakustannukset ovat talouden tuottoasteen muutoksen vaikutuksia lukuunottamatta vakioiset. Rauta- ja teräsromun tuonnin lisääntymisen talouskasvua hidastava vaikutus jää suhteellisen vähäiseksi, koska samalla vähenee muiden raaka-aineiden kuten rautarikasteen ja kivihiilen tuonti.

⁶ Kupariromun lisäkäyttö vähentää sen vientiä. Samalla vähentyy kuparirikasteiden tuonti, mutta hieman myös kotimaisten rikasteiden käyttö. Osa kuparirikasteesta on peräisin kotimaasta. Näin ulkomaankauppavaikutus on kokonaistaloudelle haitallinen. Kupariromun käyttö ei juuri vaikuta metallien valmistuksen kilpailukykyyn, sillä vuoden 1990 hintasuhteilla kupariromu on lähes samanhintainen itsetuotetun kuparikiven kanssa.

⁷ Energian kulutus pienenee suhteellisen vähän, koska FMS-mallissa masuunissa käytettyä koksia ei kirjata energian kulutukseen, vaan ainoastaan raaka-ainekäytöksi. Toisaalta talouskasvu lisää energian kulutusta, mikä osaltaan myös vaimentaa taulukossa 4 energian kulutuksen kokonaisvähentymää.

dään vain rauta- ja teräsromulle, koska perusskenaariossa ostokupariromun käyttömäärä anodikuparin valmistuksessa on vähäinen ja siten sen käytön vähentämisen vaikutukset olisivat minimaaliset.

Vaihtoehtoskenaariion tulokset nähdään taulukosta 5. Ne ovat tietysti analogisia romun käytön lisäämiselle, mutta vaikutus on toiseen suuntaan. Kun rauta- ja teräsromun käytön lisääminen johti talouden nopeutuvaan kasvuun, johtaa romun käytön vähentyminen talouskasvun hidastumiseen – BKT supistuu 363 miljoonaa markkaa perusskenaariioon nähden⁸. Talouskasvun hiipuminen vähentää ympäristökuormitusta. Kokonaistasolla ympäristöhaitat kuitenkin lisääntyvät, sillä romun korvaaminen neitseellisillä raaka-aineilla lisää kuormitusta. Rauta- ja teräsromun käytön pienentyminen heijastuu eniten uusiutumattomien luonnonvarojen käytössä sekä hiilidioksidi- ja rikkidioksidipäästöissä.

Taulukko 5. Romun (rauta- ja teräsromu) käyttöasteen pienentymisen ympäristövaikutukset talouden kokonaistasolla vuonna 2010. Ostoromun käyttöaste on nolla malmipohjaisessa teräksen tuotannossa.

YMPÄRISTÖINDIKAATTORIT	ERO PERUSSKENAARIION TULOISIIN		
	Yhteensä	Suora kasvu	Rakennemuutos
Luonnonvarojen käyttö, 1000 t	821	-110	931
Uusiutuvat	0	-37	37
Uusiutumattomat	821	-73	894
Nettojättekertymä, 1000 t	40	-17	57
Energian kulutus, 1000 toe	36	-17	53
Hiilidioksidipäästöt, 1000 t	994	-32	1 026
Rikkidioksidipäästöt, tonnia	1 051	-58	1 109
Typen oksidien päästöt, tonnia	529	-101	630

Viitteet

- Juutinen, A. & Mäenpää, I. 1998. Metallijätteiden kierrätyksen talous- ja ympäristövaikutukset. Helsinki, ympäristöministeriö. Suomen ympäristö 216.
- KTM 1997. Energiatalous 2025 – skenaariotarkasteluja. Helsinki. Kauppa- ja teollisuusministeriön julkaisuja 3/1997.
- Mäenpää, I. 1982. Voittoaste, investoinnit ja työllisyys Suomen talouden pitkän ajan kasvussa. Oulu, Oulun yliopisto. Kansantaloustieteen laitoksen tutkimuksia 21.
- Mäenpää, I. 1993. FMS model system: a methodological overview. Oulu, Research Institute of Northern Finland, University of Oulu; Department of Economics, University of Oulu; Department of Economics, University of Lapland, Discussion papers in economics and business studies 6.
- Mäenpää, I. & Männistö, J. 1995. Bioenergian yhteiskuntataloudelliset vaikutukset. Helsinki, Kauppa- ja teollisuusministeriön tutkimuksia ja raportteja 111/1995.
- Mäenpää, I. & Tervo, H. 1992. Hiilidioksidipäästöjen rajoittaminen. Kokonaistaloudelliset vaikutukset Suomessa. Helsinki, Kauppa- ja teollisuusministeriö, Energiaosasto, Katsauksia B:114.
- Mäenpää, I., Viitanen, M. & Juutinen, A. 1996. Metalliteollisuus Suomen taloudessa. Helsinki, Kauppa- ja teollisuusministeriön tutkimuksia ja raportteja 14/1996.
- Viitanen, M. 1998. Suomen talouden metallitaseet. Helsinki, Kauppa- ja teollisuusministeriö. Kauppa- ja teollisuusministeriön tutkimuksia ja raportteja 9/1998.
- Ympäristötaloustoimikunta. 1993. Komiteamietintö 1993:35. Helsinki.

⁸ Kokonaistalouden tuontiosuus supistuu romun tuonnin vähentymisestä huolimatta vain hieman, koska muiden raaka-aineiden tuonti kasvaa vastaavasti. Näin talouskasvun hidastuminen johtuu viime kädessä metallien jalostusteollisuuden kilpailukyvyne heikentymisestä. Vuoden 1990 hintasuhteilla metallien jalostusteollisuuden kustannukset kasvavat, kun romun sijasta käytetään neitseellisiä raaka-aineita.

Kuvailulehti

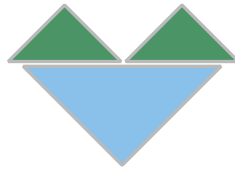
Julkaisija	Suomen ympäristökeskus	Julkaisu-aika Helmikuu 2000
Tekijä(t)	Matti Melanen, Matti Palperi, Mikko Viitanen, Helena Dahlbo, Seppo Uusitalo, Artti Juutinen, Tiina-Kaisa Lohi, Sirkka Koskela ja Jyri Seppälä	
Julkaisun nimi	Metallivirrat ja romun kierrätys Suomessa	
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut	Julkaisu on saatavana myös internetistä: http://www.vyh.fi/palvelut/julkaisu/elektro/sy401/sy401.htm	
Tiivistelmä	<p>Julkaisussa esitetään ympäristöministeriön (ympäristökluusterin tutkimusohjelma), Teknologian kehittämiskeskuksen ja Metallinjalostajat ry:n rahoittaman ja Suomen ympäristökeskuksen johtaman Elinkaarianalyysi metallien jalostusteollisuuden ympäristöasioiden hallinnan työvälineenä -hankkeen ns. kierrätysosion tulokset. Kierrätysosion ovat toteuttaneet Suomen ympäristökeskus ja Oulun yliopiston Thule-instituutti.</p> <p>Julkaisussa on laskettu ja arvioitu metallien ns. ilmenevä kulutus (tuotanto + tuonti - vienti) ja ilmenevä loppukulutus (ilmenevä kulutus + välillinen tuonti - välillinen vienti) Suomen kansantaloudessa vuosina 1970, 1995 ja 2010. Laskelmat on tehty teräkselle, ruostumattomalle teräkselle, kuparille, nikkelille, alumiinille, sinkille ja lyijylle. Vuosien 1970 ja 1995 luvut on laskettu teollisuus- ja ulkomaankauppatilastojen avulla. Vuoden 2010 arviot on tehty käyttämällä Thule-instituutin makrotaloudellista FMS-mallistysteemiä, joka sisältää erillisen metalliteollisuuden toimialalle kehitetyn "metallisatelliitin". Suomen talouden kasvuskenaariona vuoteen 2010 on käytetty kauppa- ja teollisuusministeriön EMS-skenaariota.</p> <p>Romun keräyksen ja kuljetusten ja sen romuliikkeissä tapahtuvan käsittelyn aiheuttaman ympäristökuormituksen arvioimiseksi tehtiin työssä case-tutkimus, jossa oli mukana viisi romuliikettä. Case-yrityksissä käsitellään vuosittain yhteensä noin 140 000 tonnia romua, mikä vastaa 20–25 prosenttia Suomessa kerättävän romun määrästä. Työssä on pystytty esittämään kvantitatiiviset arviot romun keräyskuljetuksista, romuliikkeissä tapahtuvasta käsittelystä ja romun jatkokuljetuksista ilmaan joutuville päästöille. Muiden kuormitustekijöiden käsittely jää pääasiassa kvalitatiiviselle tasolle. Case-tutkimuksen aineiston ohella ilmapäästöarvioiden perustana olevien päästökertoimien laskennassa on käytetty hyväksi Kuuoskoski Oy:n Heinolan tehtaan kahden romunkäsittely-yksikön (rautaromu ja auto- ja peltiromu, yhteensä noin 80 000 t/a) tietoja.</p> <p>Romua voidaan käyttää uudelleen metallien valmistuksen raaka-aineena. Romun kierrättäminen sulattamalla se uudelleen metalliksi voi periaatteessa jatkua loputtomasti. On kuitenkin huomattava, että osa romusta poistuu kierrosta hävikkinä tai muuhun hyötartarkoitukseen. Metallien kysyntää ei voidakaan koskaan kattaa yksinomaan romupohjaisella tuotannolla, joten malmien käyttö metallien valmistuksessa tulee jatkumaan.</p> <p>Romun kierrätys edustaa kierrätysajattelua vanhimmillaan ja parhaimmillaan. Myös kierrätys itsessään aiheuttaa ympäristörasitusta, mutta sen kokonaistaloudellinen vaikutus on säästävä – tämänkin työn laskelmat osoittavat, että romun keräyksen ja käytön lisäämisen kokonaisvaikutus on ympäristön kannalta myönteinen.</p> <p>Romun hyödyntämisaste (jonakin vuonna käytetty romumäärä / syntyvä romumäärä) on Suomessa korkea, kokonaisuutena 90 prosenttia luokkaa. Metallien valmistuksen sisäinen kiertoromu, ns. oma romu, kerätään käytännössä 100-prosenttisesti. Myös konepajateollisuudessa eli tuotteiden valmistuksessa syntyvän romun talteen saanti lähentelee 100 prosenttia. Tuotteiden käytöstä poistamisessa syntyvä romu, ns. lopputuoteromu, sen sijaan on vaikea ryhmä, koska se on heterogeeninen. Tuoteromun talteen saanti vaihtelee suuresti - lähes nolasta 100 prosenttiin. Tämän romuryhmän osalta talteen otossa on tehostamisen tarvetta, ja tehostamisen tulisi kohdistua erityisesti sähkö- ja elektroniikkaromun sekä kuntien kaatopaikoille joutuvan yhdyskuntajätteen metallijakeen talteen saantiin ja kierrätykseen.</p> <p>Romun epäpuhtauksien, vierasainien, määrät ovat sinänsä useimmiten vähäisiä, mutta niiden vaikutukset voivat romua raaka-aineena käytettäessä olla merkittäviä. Romun tarkka lajittelu ja puhdistaminen onkin tärkeä tekijä sekä sen käytettävyyden että käytössä syntyvien päästöjen takia. Pinnoitetun (sinkki, muovi jne.) romun määrä kasvaa jatkuvasti. Tällaisen romun käsittely edellyttää yksinkertaista erottelua ja muuta käsittelyä täydellisempää prosessointia, johon tarvitaan teknis-taloudellisesti käyttökelpoisia menetelmiä.</p> <p>Alan tutkimusta tulisi välittömästi kohdistaa erityisesti kierrätyksen kokonaistaloudelliseen optimointiin, lopputuoteromun kertymän arviointiin sekä pinnoitettujen romujen prosessointiin ja kierrätykseen.</p>	
Asiasanat	Metalli, romu, kierrätys	
Julkaisusarjan nimi ja numero	Suomen ympäristö 401	
Julkaisun teema	Ympäristönsuojelu	
Projektihankkeen nimi ja projektinumero		
Rahoittaja/ toimeksiantaja		
Projektiryhmään kuuluvat organisaatiot		
	ISSN 1238-7312	ISBN 952-11-0710-3
	Sivuja 138	Kieli suomi
	Luottamuksellisuus julkinen	Hinta 108 mk
Julkaisun myynti/ jakaja	Oy Edita Ab, Asiakaspalvelu, PL 800, 00043 Edita puh. (09) 566 0266, telefax (09) 566 0380, sähköpostiosoite: asiakaspalvelu@edita.fi www-palvelin: http://www.edita.fi/netmarket	
Julkaisun kustantaja	Suomen ympäristökeskus PL 140, 00251 Helsinki	
Painopaikka ja -aika	Oy Edita Ab Helsinki 2000	

Presentationsblad

Utgivare	Finlands miljöcentral	Datum Februari 2000
Författare	Matti Melanen, Matti Palperi, Mikko Viitanen, Helena Dahlbo, Seppo Uusitalo, Artti Juutinen, Tiina-Kaisa Lohi, Sirkka Koskela och Jyri Seppälä	
Publikationens titel	Metallströmmar och återvinning av skrot i Finland	
Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt	Rapporten finns också på internet: http://www.vyh.fi/palvelut/julkaisu/elektro/sy401/sy401.htm	
Sammandrag	<p>I publikationen presenteras resultaten av den sk. återvinningsdelen av projektet Livscykelanalys som verktyg för miljöledning inom basmetallindustrin som letts av Finlands miljöcentral och finansierats av miljöministeriet (miljöklustrets forskningsprogram), Teknologiska utvecklingscentralen och Finlands Stål- och Metallproducenters Förening rf. Återvinningsdelen har genomförts av Finlands miljöcentral och Thule-institutet vid Uleåborgs universitet.</p> <p>Konsumtionen (produktion + import - export) och slutkonsumtionen (konsumtion + indirekt import - indirekt export) av metaller i Finlands nationalekonomi beräknades för åren 1970, 1995 och 2010. Kalkyler har gjorts för stål, rostfritt stål, koppar, nickel, aluminium, zink och bly. Beräkningarna för åren 1970 och 1995 har gjorts på basen av industri- och utrikeshandelstatistikdata. Beräkningarna för 2010 har gjorts med hjälp av Thule-institutets makroekonomiska FMS-modellsystem, som innefattar en separat för metallindustrisektorn utvecklad "metallsatellit". Handels- och industriministeriets EMS-scenarier har använts som tillväxtscenarier för Finlands ekonomi fram till år 2010.</p> <p>För beräkning av miljöbelastningen som uppkommer vid uppsamling och transport av skrot samt vid behandlingen av skrot i skrotaffärerna utfördes en case-studie som omfattade 5 skrotaffärer. Ca. 140 000 ton skrot behandlas årligen i dessa skrotaffärer, vilket utgör ca. 20–25 % av mängden skrot som uppsamlas i Finland. I publikationen presenteras kvantitativa beräkningar för luftutsläpp från uppsamlingstransport av skrot, behandling av skrot vid skrotaffärerna och från vidaretransport från skrotaffärerna. Bearbetningen av de övriga belastningsfaktorer är huvudsakligen kvalitativ. Uppgifter från Kuusakoski Ab:s Heinola fabriks två skrotbehandlingsenheter (järnskröt och bil- och plåtskröt, sammanlagt ca. 80 000 t/a) har förutom annat case-studie material använts som grund för utsläppskoefficienterna till luftutsläppsberäkningarna.</p> <p>Skrot kan återanvändas som råmaterial vid metallframställning. Återvinning av skrot kan i princip fortsätta i oändlighet genom att smälta skrot återigen till metall. En del av skroten försvinner dock från omloppet som svinn eller till annan användning och därmed kan frågan på metall inte helt täckas från framställning av metall från skrot. Framställningen av metall från malm kommer därför att fortsätta även i framtiden.</p> <p>Återvinning av skrot har gamla traditioner och är ett gott exempel på välfungerande återanvändning. Även om återvinning i sig själv förorsakar miljöbelastning är återvinning helhetsekonomiskt sett sparande. Beräkningarna även i detta arbete visar att helhetspåverkan av ökad uppsamling och användning av skrot är positiv för miljön.</p> <p>Återvinningsgraden av skrot (mängden av använt skrot / uppkommen skrotmängd) är hög i Finland - i sin helhet ca. 90 %. Skroten som uppstår vid framställning av metaller uppsamlas i praktiken till 100 %. Även i maskinverksindustrin uppsamlas skrot nästan till 100 %. Skrot som uppstår vid avskaffning av produkter (sk. slutproduktskröt) är däremot svårare att återvinna pga. den heterogena sammansättningen. Återvinning av produktskröt varierar mycket - från nära noll till 100 %. Återvinningen av denna skrotgrupp kunde effektiveras, särskilt när det gäller el- och elektronikskrot samt metall som förs till kommunernas avstjälpningsplatser med samhällsavfall.</p> <p>Mängden av orenligheter och främmande ämnen är oftast små i skrot, men deras betydelse kan vara stor då skrot används som råmaterial. Sortering och rengöring av skrot är en viktig faktor för både användbarheten och uppkomsten av utsläpp. Mängden av ytbehandlat skrot (zink, plast osv.) växer konstant. Behandlingen av dylikt skrot förutsätter en enkel separering och en mera fullständig processering. Till detta behövs användbara tekniskt-ekonomiska metoder.</p> <p>Forskningen i denna sektor bör omedelbart riktas på en helhetsekonomisk optimering av återvinning, beräkning av mängden av uppkommen slutproduktskröt samt på processering och återvinning av ytbehandlat skrot.</p>	
Nyckelord	Metall, skrot, återvinning	
Publikationsserie och nummer	Miljön i Finland 401	
Publikationens tema	Miljövård	
Projektets namn och nummer		
Finansiär/ uppdragsgivare		
Organisationer i projektgruppen		
	ISSN 1238-7312	ISBN 952-11-0710-3
	Sidantal 138	Språk finska
	Offentlighet offentlig	Pris 108 mk
Beställningar/ distribution	Edita Ab, Kundservice, PB 800, 00043 Edita tel. (09) 566 0266, telefax (09) 566 0380, e-mail: asiakaspalvelu@edita.fi www-server: http://www.edita.fi/netmarket	
Förläggare	Finlands miljöcentral PB 140, 00251 Helsingfors	
Tryckeri/ tryckningsort och -år	Oy Edita Ab Helsingfors 2000	

Documentation page

Publisher	Finnish Environment Institute	Date of publication February 2000
Author(s)	Matti Melanen, Matti Palperi, Mikko Viitanen, Helena Dahlbo, Seppo Uusitalo, Artti Juutinen, Tiina-Kaisa Lohi, Sirkka Koskela and Jyri Seppälä	
Title of publication	Metal flows and recycling of scrap in Finland	
Parts of publication/ other project publication	The report is available in the Internet: http://www.vyh.fi/palvelut/julkaisu/elektro/sy401/sy401.htm	
Abstract	<p>This publication introduces the results of sub-project "Recycling" of the project "Life Cycle Assessment as a Tool in the Management of Environmental Issues of Metals Industry", funded by the Ministry of the Environment, Finland (Environment Cluster Research Programme), the National Technology Agency (TEKES) and the Association of Finnish Steel and Metal Producers. The Recycling Project was executed by the Finnish Environment Institute and the Thule Institute of the Oulu University.</p> <p>The project had four main objectives: 1) to outline the importance and impacts of metal and scrap recycling; 2) to give a quantitative picture on past, present and future metal flows of the Finnish national economy; 3) to describe the organization of scrap recycling in Finland; 4) to assess, as far as possible, quantitatively environmental impacts of scrap recycling in Finland.</p> <p>Any statements concerning the benefits and other impacts of recycling of metals should be based on life cycle approach and, factually, on life cycle assessment (LCA) of products with the same purpose of application. It is the lack of adequate life cycle context that has produced some misconceptions and misclaims often discovered in literature dealing with recycling of metals. Some common misclaims have been addressed in this publication.</p> <p>The apparent consumption (production + import - export) and the final apparent consumption (apparent consumption + net import - net export) have been calculated and assessed for steel, stainless steel, copper, nickel, aluminium, zinc and lead in the years 1970, 1995 and 2010. The figures for 1970 and 1995 were calculated on the basis of national industry and foreign trade statistics. The assessments for 2010 were made by a macro-economic model, the FMS model system, of the Thule Institute by assuming the growth scenario of the Finnish national economy to be the one used in the EMS Scenario of the Ministry of Trade and Industry, Finland.</p> <p>Recycling of scrap has been effectively organized in Finland. There are some 250 scrap processing firms, most of them authorized according to the ISO 9003 standard. The bulk of scrap recycling in Finland is organized by OTR (Osuuskunta Teollisuuden Romu), an organization owned by the Finnish industry, which co-ordinates recycling of iron and steel scrap from processors to end users.</p> <p>A case study was carried out in the Recycling Project in order to assess environmental impacts of scrap recycling. Inflows, processing with various methods and outflows of scrap were monitored in detail for a week in five scrap processing firms which together account for 20–25 per cent of domestic scrap recycled in Finland. Annual data on the use of energy and fuels in different processing operations were available from three case sites. By the monitoring data, it was possible to derive quantitative estimates for the atmospheric emissions of scrap recycling. With regard to other emissions and impacts, only qualitative assessment could be made.</p> <p>On the basis of the results of the project, immediate research should be directed to macro level (national economy with ecological implications) optimization of scrap recycling, assessment of arisings of end-of-life product scrap and recycling of coated scrap in particular.</p>	
Keywords	Metal, scrap, recycling	
Publication series and number	The Finnish Environment 401	
Theme of publication	Environmental protection	
Project name and number, if any		
Financier/ commissioner		
Project organization		
	ISSN 1238-7312	ISBN 952-11-0710-3
	No. of pages 138	Language Finnish
	Restrictions Public	Price FIM 108
For sale at/ distributor	Edita Ltd, PB 800, FIN-00043 Edita tel. +358 9 566 0266, telefax (09) 566 0380, e-mail: asiakaspalvelu@edita.fi www-server: http://www.edita.fi/netmarket	
Financier of publication	Finnish Environment Institute P.O. Box 140, FIN-00251 Helsinki, FINLAND	
Printing place and year	Edita Ltd Helsinki 2000	



YMPÄRISTÖN- SUOJELU

Metallivirrat ja romun kierrätys Suomessa

Julkaisussa esitetään ympäristöministeriön (ympäristöklusterin tutkimusohjelma), Teknologian kehittämiskeskuksen ja Metallinjalostajat ry:n rahoittaman ja Suomen ympäristökeskuksen johtaman Elinkaarianalyysi metallien jalostusteollisuuden ympäristöasioiden hallinnan työvälteenä -hankkeen ns. kierrätysosion tulokset. Kierrätysosion ovat toteuttaneet Suomen ympäristökeskus ja Oulun yliopiston Thule-instituutti.

Julkaisussa on laskettu ja arvioitu metallien ilmenevä kulutus (tuotanto + tuonti - vienti) ja ilmenevä loppukulutus (ilmenevä kulutus + välillinen tuonti - välillinen vienti) Suomen kansantaloudessa vuosina 1970, 1995 ja 2010. Laskelmat on tehty teräkselle, ruostumattomalle teräkselle, kuparille, nikkelille, alumiinille, sinkille ja lyijylle.

Romun keräyksen ja kuljetusten ja sen romuliikkeissä tapahtuvan käsittelyn aiheuttaman ympäristökuormituksen arvioimiseksi tehtiin työssä case-tutkimus, jossa oli mukana viisi romuliikettä. Näissä case-yrityksissä käsitellään vuosittain yhteensä noin 140 000 tonnia romua, mikä vastaa 20 - 25 prosenttia Suomessa kerättävän romun määrästä.

Julkaisussa käsitellään myös suhteellisen laajasti metallien kierrätyksen yleistä merkitystä ja vaikutuksia.

ISBN 952-11- 0710-3

ISSN 1238-7312

Oy EDITA Ab
PL 800, 00043 EDITA, vaihde (09) 566 01
ASIAKASPALVELU
puh. (09) 566 0266, telefax (09) 566 0380
EDITA-KIRJAKAUPAT HELSINGISSÄ
Annankatu 44, puh. (09) 566 0566
Eteläesplanadi 4, puh. (09) 662 801



9 789521 107108