

# Muovin kierrätys ja jatkojalostus

MIKKO AHOKAS



## JOHDANTO

Kierrätys koskee nykyisin kaikkia Kierrätyksessä kehitetään koko ajan uusia menetelmiä, joiden tavoitteena on parantaa kierrätettävien materiaalien ominaisuuksia ja käytettävyyttä. Epäasianmukaisella kierrätyksellä aiheutetaan haittaa sekä ympäristölle, että jätteenkäsittelylle.

Muovien kierrätyksen osalta on olemassa myös tekijöitä, joiden avulla muovien kokonaiskierrätettävyyttä voitaisiin tehostaa. Kierrätysprosessien tulisi olla sellaisia, että ne säilyttävät materiaalien uudelleenkäyttöarvon. Niiden tulisi myös kehittää arvokkaiden materiaalien talteenottoteknologioita.

Muovien nykypäiväisessä kierrätyksessä olisi olennaista kehittää käsittelyprosesseja, jotka ovat mahdollisimman haitattomia ja edullisia muovien palautukseen uusiokäyttöön. Erittäin merkittävä osa koko kierrätystoiminnan edistämistä ovat toimenpiteet, joiden avulla on mahdollista muuttaa ihmisten tietoa, osaamista ja asenteita kierrätyksen osalta.



## Erikoismuovit

- Äärimmäisiin käyttökohteisiin

## Hinta

euroa/kg

60 – 100 €

## Tekniset muovit

- Vaativiin kohteisiin

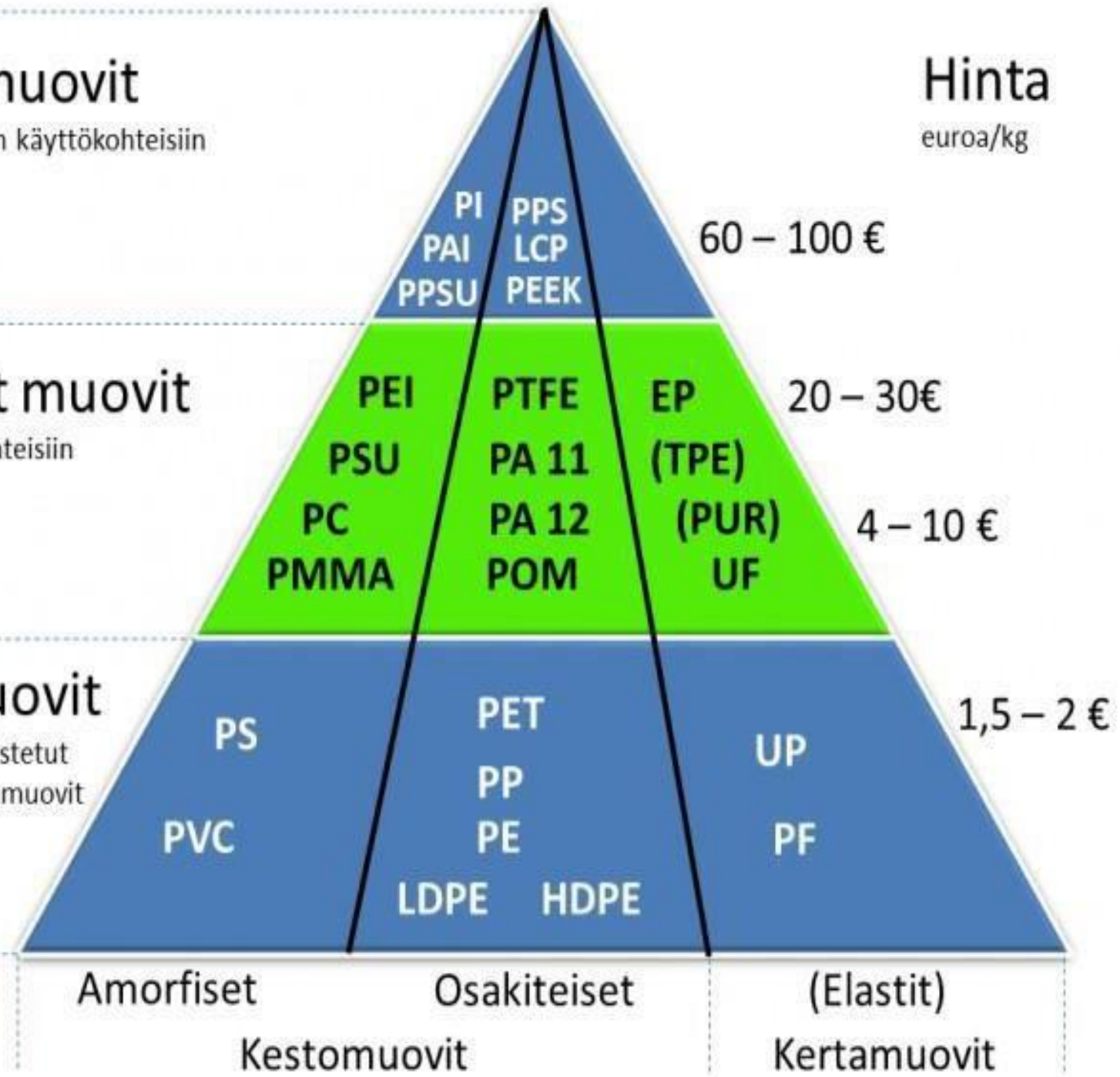
20 – 30€

4 – 10 €

## Valtamuovit

- Eniten valmistetut
- ns. Kuluttajamuovit

1,5 – 2 €



Fortumin Riihimäen laitoksella erilliskerättyjä muovipakkauksia käsitellään noin 21 000 tonnia vuodessa, josta 30% saadaan kierrätettyä ns. hyvälaatuisena muovina. 30% on ns. sekamuovia, josta ei voida valmistaa kuin 2-lk muovituotteita. Loput muovipakkauksista syötetään polttolaitokseen.

Kierrätyksen merkittävänä osa-alueena on sen toteuttaminen siten, että kierrätyksen avulla katetaan siitä aiheutuneet kulut ja myös mahdollisesti tehdään toiminnasta taloudellisesti kannattavaa.

Muovien hinnat vaihtelevat koko ajan ja lyhyenkin aikavälin jaksoissa on selviä muutoksia.

Neitseellisten muovien hintakehitys heijastuu myös uusiomuovien hintakilpailukykyyn.

Kierrätyksen osalta hyvin merkittävä tekijä on myös tavallisten ihmisten osaaminen ja asenne materiaalien kierrätykseen. Nämä vaikuttavat suuresti esimerkiksi yhdyskuntajätteen syntyyn ja keräykseen.

Kierrätys on yleensä toimintaa, jonka tavoitteet kaikilla alueilla ovat samat. Kuitenkin lähes kaikkien tuotteiden osalta kierrätys on ratkaistava tapauskohtaisesti. Hyvin usein käytettyjen tuotteiden kierrätysmenetelmät on kehitetty erityisesti niiden tärkeimpien materiaalien perusteella. Näin ne tulevat uusiokäyttöön, mutta tästä menetelmästä voi olla haittaa muiden materiaalien kierrätykselle.

Kierrätyksessä kehitetään kuitenkin koko ajan uusia menetelmiä, joiden tavoitteena on nostaa kierrätysmateriaalien ominaisuuksia ja käytettävyyttä.



## MUOVIEEN UUELLEENKÄYTTÖ- JA KIERRÄTYSMENETELMÄT

### Mekaaninen kierrätys

Mekaanisessa kierrätyksessä muovijäte voidaan joko käyttää alkuperäiseen tai vastaavanlaiseen tarkoitukseen uudelleen tai muokata uusiin käyttötarkoituksiin. Palautus samaan käyttö-tarkoitukseen vaatii yleensä puhdasta yhdestä muovityypistä koostuvaa raaka-ainetta.

Tällaista muovia löytyy parhaiten teollisuuden sivuvirroista ja muista prosessijätevirroista.

Useimmiten uusissa käyttötarkoituksissa tapahtuva mekaaninen kierrätys tarkoittaa talteen otetun muovin pesua ja muokkausta (modifiointia) sellaisiksi tuotteiksi, joilla ei ole yhtä tiukkoja laatuvaatimuksia kuin esimerkiksi elintarvikepakkauksissa.

Mekaanisessa kierrätyksessä muovin ominaisuudet saattavat heikentyä primääriseen raaka-aineeseen verrattuna. Eri muovityyppien sekoittaminen vaikuttaa raaka-aineen ominaisuuksiin ja rajaa siten mahdollisia käyttökohteita. Helpoimmin kierrätettäviä muoveja löytyy teollisuuden ja kaupan jätemuoveista.

### Tuotteiden lajittelu, pesu ja rouhinta

Kierrätettävien muovituotteiden osalta muovin puhtaus on tärkein tekijä. Puhtaus nostaa muovin kierrätettävyyttä ja likaisuus taas vastaavasti alentaa sitä. Epäpuhtaudet vaikuttavat samalla tavalla myös kierrätettävän materiaalin kustannuksiin.

Muovit tulisi saada ennen materiaalikierrätystä puhdistettua kaikista mahdollisista epäpuhtauksista, sillä ne vaikuttavat muovin prosessoitavuuteen ja käyttöön. Puhdistusmenetelmiä on hyvin paljon ja käytettävä menetelmä riippuu poistettavista materiaaleista.

Muovin materiaalikierrätystä edistää myös muovien lajittelu polymeeripohjan mukaan eri muoveihin. On hyvin haastavaa erottaa toisistaan monikerrosrakenteissa olevat



Käytettyjen muovituotteiden pesu on yleensä ratkaistava tapauskohtaisesti. Suurissa määrissä tapahtuvassa käsittelyssä prosessivaiheet ovat yleensä seuraavat:

- Ensimmäisessä vaiheessa poistetaan selvästi fraktioon kuulumattomat tuotteet ja voidaan myös lajitella kierrätystuotteet karkeasti (esimerkiksi PET pullojen tapauksessa poistetaan silmämääräisesti muut tuotteet ja suoritetaan värin mukainen lajittelu ja tämä voidaan tehdä manuaalisena operaationa tai koneellisesti)
- Seuraavassa vaiheessa tuotteet rouhitaan sopivan kokoisiksi palasiksi ja nämä palaset voidaan tämän jälkeen pestä. Tässä vaiheessa saadaan massasta eroteltua pesussa irtoava lika ja tiheydeltään perusmateriaalista poikkeava materiaali.
- Lopuksi lajitellaan rouhe haluttuihin jakeisiin. Tämä vaihe voidaan suorittaa esimerkiksi rouheen värin perusteella tai määrittämällä erikseen jokaisen palasen peruspolymeeri.

### Materiaalien lisäaineistus ja modifiointi

Kierrätettävän materiaalin käytettävyyttä voidaan olennaisesti parantaa lisäaineistuksen ja modifioinnin avulla. Materiaalin käytettävyys riippuu erittäin paljon sen ominaisuuksista ja prosessoitavuudesta sekä näiden vaihtelevuudesta. Mitä pienemmäksi saadaan materiaalin ominaisuusvaihtelut, niin sitä helpompi sitä on käyttää erilaisiin sovelluksiin.

Kierrätykseen sopivan materiaalin selvittämisessä ja hankinnassa tulee kiinnittää huomiota materiaalin puhtauteen kaikilla kolmella eri tasolla: (a) puhdas muovi, (b) puhdas sama muovi ja (c) puhdas sama kaupallinen muovi. Kierrätykseen tarvittavan muovin määrä tulee olla riittävän suuri

.Materiaalien modifiointi

Kierrätystä varten tulisi määrittää ainakin seuraavia asioita, vaikka materiaaleja ei sen enempää lajiteltaisi:

- Materiaalin todellinen puhtaus
- Materiaalin viskositeetti lämpötilan funktiona eri leikkausnopeuksilla
- Materiaalien työstettävyys
- Materiaalin eri ominaisuuksien määrittäminen

Näin toteutetun luokittelun jälkeen voidaan suunnitella materiaalien modifiointi uusiokäyttöä ajatellen.

Prosessoitavuus on eräs muovien tärkeimmistä ominaisuuksista ja tämän vuoksi materiaali olisi modifioitava siten, että sen viskositeetti on sopiva käytettäville valmistustekniikoille sekä mahdollisimman vakio koko prosessoinnin ajan. Tärkein tapa viskositeetin modifiointiin on neitseellisten polymeerien (muovien) lisääminen kierrätysmateriaaliin ja joissakin tapauksissa voidaan myös käyttää erilaisia lisäaineita.

Mekaaniset ominaisuudet ovat toinen tärkeä teknisten muovituotteiden ominaisuus. Niinpä myös kierrätysmuovin mekaanisten ominaisuuksien tulisi olla riittävän hyvät. Niitä modifioidaan usein erilaisilla täyteaineilla.

### **Muovin kemiallinen kierrätys**

Muovien kemiallinen kierrätys on muovin purkamista takaisin lähtöaineiksi eli monomeereiksi tai johonkin välimuotoon esimerkiksi vahaksi. Kemiallisen kierrätyksen etu on siinä, että kierrätetyistä monomeereista valmistettu muovi ei eroa mitenkään neitseellisestä eli öljystä valmistetusta muovista. Tämä edellyttää sitä, että kemiallisessa kierrätyksessä tulee pystyä poistamaan kierrätysmateriaalista kaikki muovissa olleet lisäaineet. Lisäaineiden määrät voivat olla hyvinkin pieniä ja tarkkaa tietoa näiden aineiden poistumisesta kemiallisen kierrätyksen aikana ei ole.

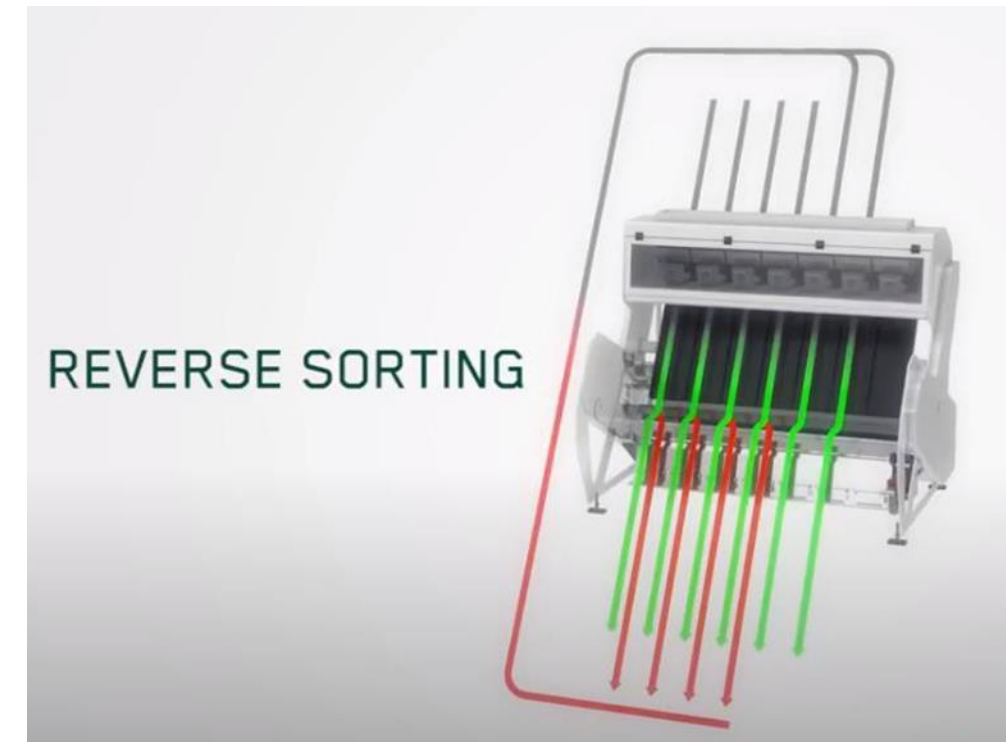
Kemiallisen kierrätyksen ongelmana on sen hinta. Parhaiten kemiallinen kierrätyslaitos toimii jo olemassa olevien petrokemian laitosten yhteydessä. Tällöin ei tarvitsisi tehdä kuin pieniä lisäinvestointeja. Kemiallista kierrätystä pidetään kuitenkin tulevaisuuden alana ja sitä tutkitaan jatkuvasti lisää. (Suomen Uusiomuovi Oy).

Muovijätteitä voidaan myös käyttää pelkistimenä masuuneissa rautamalmien tuotannossa sekä sementin valmistuksessa raskaan polttoöljyn tai kivihiilen sijasta.



## Eri väristen muovien erottelu

Myös eri värisiä kierrätysmuoveja voidaan erotella toisistaan optisilla menetelmillä. Periaate toimii osin samalla tavalla kuin NIR-lajittelussa. Yksinkertaisimmissa laitteistoissa hyödynnetään värisensoreita, ja monimutkaisemmissa laitteistoissa on mukana myös infrapunalaitteistot. Eli periaate on, että raakamateriaali kuljetetaan kuljetushihnalla tai syötetään siilosta mittauslinjalle, jossa materiaalia kuvataan väriherkällä kameralla ja/tai valaistaan infrapunavalolla, ja sillä tunnistetaan halutun väriset muovit. Saatu mittaustulos analysoidaan ja eri väriset muovit tunnistetaan tietokoneella ja niiden sijainti määritellään hihnalla. Tämän jälkeen kone tekee päätöksen poistaa määrätyt partikkelit. Poistamisessa käytetään paineilmajärjestelmää, jolla puhalletaan halutut partikkelit erilleen muista partikkeleista. Parhaan tuloksen saavuttamiseksi tarvitaan yleensä useita lajittelukiertoja. Edistyksellisimmät laitteistoista kierrättävät materiaalia automaattisesti, kunnes haluttu puhtaustaso saavutetaan





## Elektrostaattiset erottimet

Elektrostaattisissa erottimissa hyödynnetään muovilajien erilaisia sähkönvarausominaisuuksia. Sillä on mahdollista erotella kahta muovimateriaalia kerrallaan. Ensin eroteltava materiaali on murskattava ja kuivattava. Sen jälkeen kierrätysmateriaali syötetään sekoittimeen, ”Tribocharging” -laitteistoon, jossa muovipartikkelit hankautuvat toisiinsa, ja eri muovilaadut saavat omat sähkövaraukset (positiivisen tai negatiivisen varauksen). Muovit erotellaan tämän jälkeen laitteiston rumpuerottimessa varauksen perusteella kahteen eri jakeeseen, korkeajännitesähkön vetäessä puoleensa osaa hiukkasista ja hylkiessä toisia.



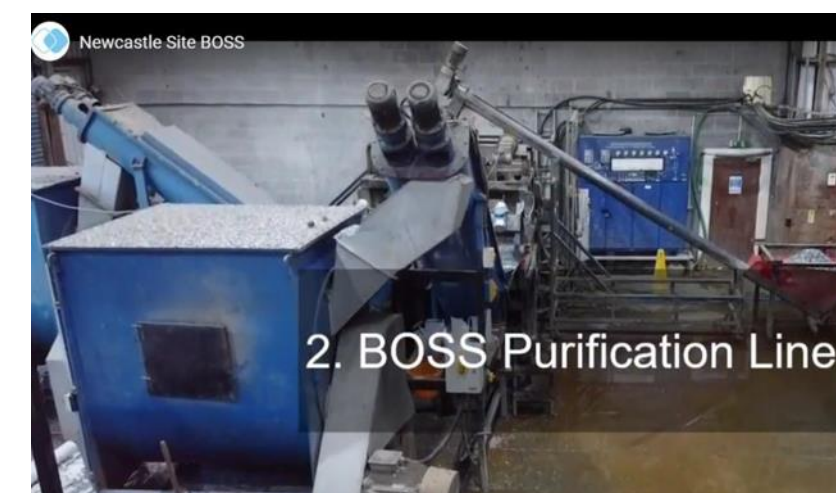
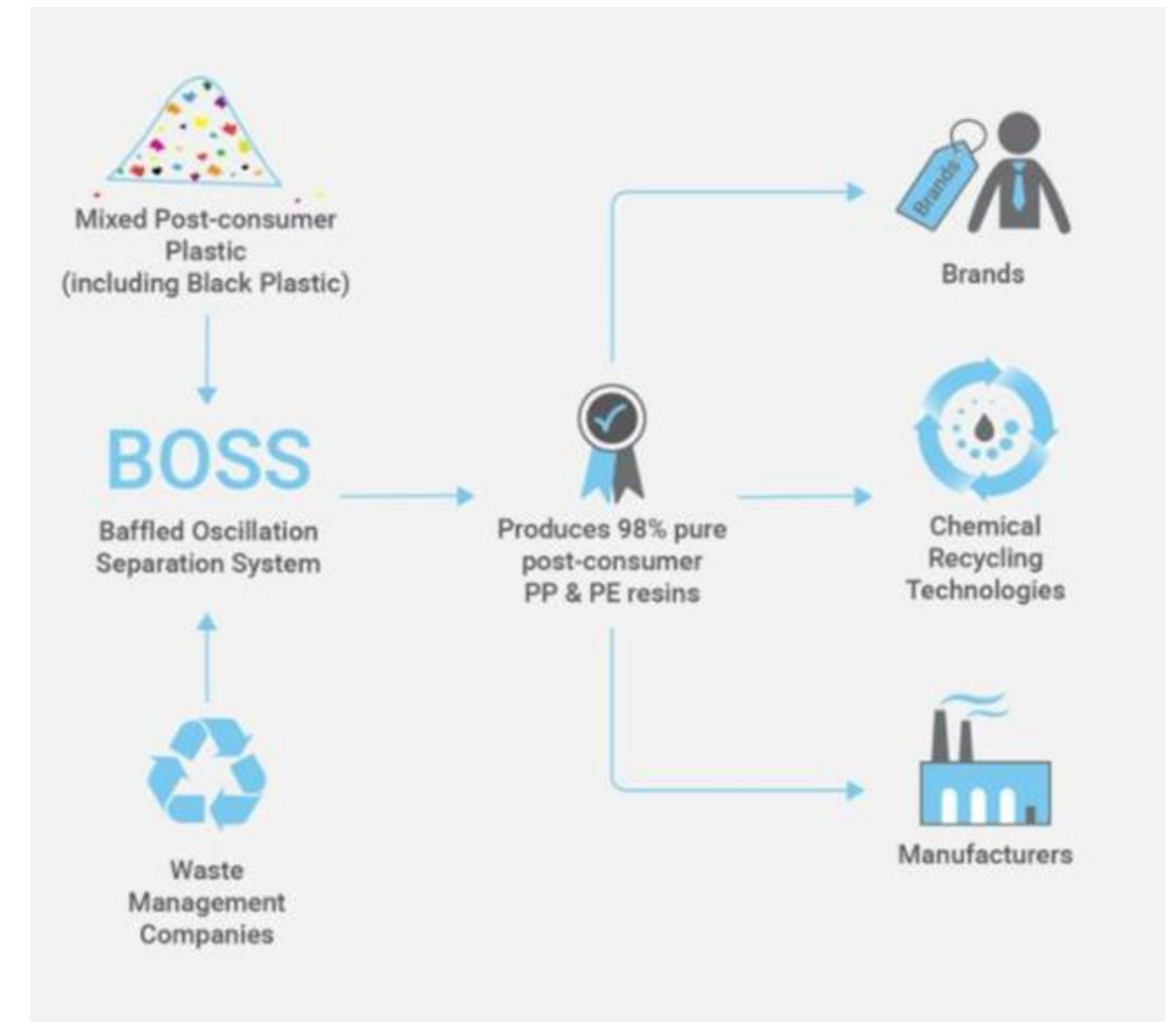
Elektrostaattinen erotinjärjestelmä, valmistajana Hamos GmbH Recycling- und Separationstechnik (Saksa)([https://www.hamos.com/products/electrostatic-separators/plastic\\_plastic-separators,35,eng,39](https://www.hamos.com/products/electrostatic-separators/plastic_plastic-separators,35,eng,39)).

## BOSS-erottelija

Erotuksena edellisiin on BOSS-märkälajittelu (Baffled Oscillation Separation System). Siinä veden avulla lajitellaan eri massaisia muovilaatuja toisistaan. Tällä hetkellä pystytään erottelemaan jäykkiä muovilaatuja. Lajittelussa pystytään lajittelemaan kerrallaan kahta eri muovilaatua samanaikaisesti (PP ja PE) sekä erottelemaan raskaat muovit omaksi kokonaisuudekseen. Kehitteillä on myös kalvomuovien lajittelulaitteisto. BOSS-erottelun kehittäjä on Impact Recycling.

Tästä linkistä näet laitteiston toiminnassa Newcastlessa, UK:ssa:

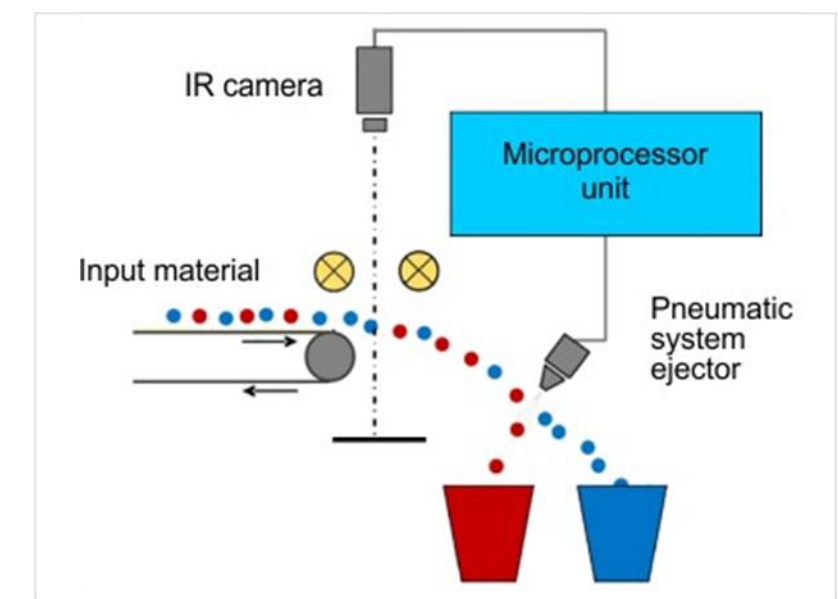
<https://youtu.be/bAM5kxo0ujA>



## MUOVIEEN LAJITTELUMENETELMISTÄ

Muovien lajittelu infrapunamenetelmällä (NIR)

Muoveja voidaan lajitella NIR-menetelmällä (near infrared radiation). NIR-laitteistoja on jo käytössä jätemuovien lajittelulinjastoilla. Periaate on, että raakamateriaali kuljetetaan esimerkiksi kuljetushihnan avulla mittauslinjalle, jossa materiaalia säteilytetään infrapunavalolla, ja sillä tunnistetaan haluttu muovilaatu. Infrapunakameralla saatu mittaustulos analysoidaan ja eri laatuiset muovit tunnistetaan tietokoneella ja niiden sijainti määritellään mittauslinjalla. Tämän jälkeen kone tekee päätöksen poistaa määrättyt partikkelit. Poistamisessa käytetään paineilmajärjestelmää, jolla puhalletaan halutut partikkelit erilleen muista partikkeleista. Parhaan tuloksen saavuttamiseksi tarvitaan yleensä useita peräkkäisiä lajittelukiertoja. Edistyksellisimmät laitteistoista kierrättävät materiaalia automaattisesti, kunnes haluttu puhtaustaso saavutetaan.





**100% KIERRÄTYSMUOVIA!**

**plastex**®

MADE IN FINLAND



## Plastex

Plastex valmistaa tuotteita kierrätetystä PE-HD:stä. Kaikki Plastexin omien valikoimien tuotteet ovat avainlipputuotteita, jotka valmistetaan Suomessa. Suomessa valmistaminen pienentää myös ympäristökuormaa ja tuotteiden hiilijalanjälkeä

Tällä hetkellä Oy Plastex Ab:n valikoimissa on useita kastelukannuja, sumutinpulloja ja ahkioita, jotka valmistetaan 100 % kierrätysmuovista. Määrä kasvaa jatkuvasti ja tavoitteena on, että 40 % Plastexin avainlipputuotteista valmistetaan kierrätysmuovista taikka biopohjaisesta muovista vuonna 2023.

Tuotteiden osalta vastuullisuus ja kestävä kehitys tarkoittavat Plastexille sitä, että tuotteet suunnitellaan ja valmistetaan kestävämmän mahdollisimman pitkään. Tuotteet ovat turvallisia ja käyttötarkoitukseensa parhaiten sopivia ja niiden valmistuksessa minimoidaan käytettävä energian ja materiaalin määrä sekä koko elinkaaren aikaiset ympäristövaikutukset. Tuotteet valmistetaan laadukkaista, BPA-vapaista kierrätettävistä materiaaleista ja mahdollisuuksien mukaan koko tuote kierrätetystä taikka biopohjaisesta raaka-aineesta.

- <https://www.plastex.fi/tuotteet/eko-tuoteperhe.html>

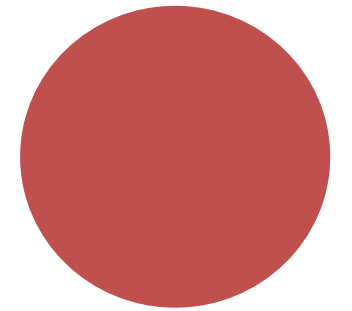
## Orthex

Orthex valmistaa tuotteita kierrätetyistä PE-HD:stä, PE-LD:stä ja PP:stä. Yritys on käyttänyt teollista kierrätysraaka-ainetta tuotannossaan saavien, ämpärien ja laatikoiden valmistamiseen jo 90-luvulta lähtien.

Kuluttajien kierrättämästä muovirostkasta tehdyn kierrätysraaka-aineen Orthex otti käyttöön vuonna 2016, kun Suomessa alettiin erilliskeräämään ja jalostamaan muovijätettä. Kasvien hoito -kategoria on ollut uusiomuovin käytön kannalta edelläkävijä ja tänä päivänä kaikki kukkaruukut ja parvekelaatikat on valmistettu 100 % uusiomuovista.

Vuonna 2017 Orthex laajensi kuluttajakierrätysmuovin käyttöä entisestään ja siitä valmistuu Lohjan tehtaalla mm. saaveja, sankoja, pulkkia ja postilaatikoita. Uusin tulokas kierrätysmateriaaleista valmistettujen tuotteiden joukkoon on SmartStore Recycled -säilytyslaatikkosarja. Nämä 100% kierrätysmateriaalista valmistetut säilytyslaatikat ovat laadukkaita ja kestäviä.

- <https://www.orthexgroup.fi/tuotteet/bio-ja-kierratysmateriaali/kierratysmateriaali>



## Kierrätysmuovien hinnat

Kierrätysmuovien hinnat ovat hyvällä tasolla. Hinta on parempi granulaateiksi asti jalostetulla kierrätysmuovilla. Markkinahinta on ollut joillain muovilaaduilla välillä jopa korkeampi kuin neitseellisellä muovilla (esim. kirkas PET). Hyvälaatuisella kierrätysmuovilla on siis kannattavat markkinat. Alla olevaan taulukkoon on kerätty uusimpia markkinahintoja (vraag&aanbod).

Muovilaatu	Hinta kierrätysmuovigranulaatti (€/t)	Hinta kierrätysmurska (€/t)	Hinta uusi muovi (€/t)
HDPE	600-670	430-540	1070
LDPE (filmi)	710	500	1220
PP (kopolymeeri)	820	650	1170
PP (homopolymeeri)	800	600	1120
PE (kirkas)	-	840	1300
PE (iskunkestävä)	930	690	1390
ABS	-	-	1750
ABS (musta)	920	700	1790
PA6	1420	1140	2600
PBT	500	290	1180
PC (kirkas)	1550	1390	2200
PET (kirkas)	880	660	920
PMMA	-	650	2330
POM	950	680	1870