

Materiaalivirtojen hallinta ja hyödyntäminen

Petri Linna ja Taru Kuusisto
Tampereen yliopisto

Kokemäki, Kuntien ilmasto- ja kiertotaloustoimet

Sisältö

- Purkujätteen materiaalivirrat
 - Purkualan kiertotalouden kehittäminen –esiselvitys
- Purkujätteen jäteasema esimerkkejä
- Teollisuuden sivuvirrat
 - Apulannan vaihtoehtoiset keinot Satakunnassa –esiselvitys

Esiselvitys sisältää seuraavat kappaleet:

1. Purkualan jätteiden lajittelu ja uusiokäyttö tällä hetkellä
2. Purkualan kiertotalouden kehittämistarpeet
3. Purkumateriaalien uudenlainen lajittelu teknologian keinoin
4. Esitys uudesta purkumateriaalien jäteasemasta
5. Eri tekniikoiden soveltumisen testaus valituille purkumateriaaleille

Purkualan kiertotalouden kehittäminen - esiselvitys

1	Purkualan jätteiden lajittelu ja uusiokäyttö tällä hetkellä	2	2.3	Rakennus- ja purkualan yrityshaastattelut	27
1.1	Purkuala	2	3	Purkumateriaalien uudenlainen lajittelu teknologian keinoin	30
1.2	Kiertotalouteen ohjaava sääntely	2	3.1	Mekaaninen erottelu	30
1.3	Rakennus- ja purkujätteen määrä ja jätelajit	6	3.2	Optinen erottelu	31
1.4	Purkualan yrityksiä Suomessa ja Satakunnassa	8	3.3	Kemiallinen erottelu	32
1.4.1	Suurimmat purkualan yritykset Suomessa	8	3.4	Case LATE-lajittelulaitos	34
1.4.2	Purkualan yrityksiä Satakunnassa	9	4	Esitys uudesta purkumateriaalien jäteasemasta	37
1.5	Purkujättemateriaalien hyödyntäminen	10	5	Eri tekniikoiden soveltumisen testaus valituille purkumateriaaleille	38
1.5.1	Betoni	10	5.1	Betonin uudelleenkäyttö ja hyödyntäminen uusiomateriaalina	39
1.5.2	Tiili	11	5.2	Betonin uusiokäytön testaus	41
1.5.3	Kipsipohjainen jäte	11	5.1.1	Materiaali	41
1.5.4	Maa- ja kiviaines	12	5.1.2	Testausasetelma	42
1.5.5	Asfaltti	12	5.1.3	Havainnot	42
1.5.6	Kattohuopa	12	5.1.4	Tulokset	43
1.5.7	Lasi	13	6	LÄHTEET	44
1.5.8	Metalli	13	7	LIITE	50
1.5.9	Kyllästämättömät puujätteet	13			
1.5.10	Muovijäte	14			
1.5.11	Paperi- ja kartonkijäte	16			
2	Purkualan kiertotalouden kehittämistarpeet	17			
2.1	Purkutyömaiden jätelajien kiertotalouden kehittämistarpeet	18			
2.1.1	Betoni	18			
2.1.2	Tiili	20			
2.1.3	Kipsipohjainen jäte	21			
2.1.4	Asfaltti	21			
2.1.5	Kattohuopa	22			
2.1.6	Kyllästämätön puujäte	22			
2.1.7	Muovijäte	23			
2.2	Kiertotalouden kehittämisen haasteita ja ratkaisuja rakennus- ja purkualalla	26			

Taustaa

- Suomessa puretaan vuosittain 4000 rakennusta
- Nykyisestä asuntokannasta suurin osa on rakennettu 60- ja 70-luvuilla
- Rakennusten ikääntyminen sekä toimivuuden parantaminen ja käyttötarpeiden muuttuminen lisäävät korjausrakentamisen ja purkamisen tarvetta myös tulevaisuudessa
- Rakentamisen jätteistä 85 % on peräisin korjaus- ja purkutyömailta, 15 % uudisrakentamisesta

KIERTOTALOUS LYHYESTI

- Kiertotaloudessa pyritään maksimoimaan tuotteiden, niiden osien ja materiaalien sekä niihin sitoutuneen arvon kiertäminen taloudessa mahdollisimman pitkään
- Kun käyttöön otetut materiaalit ja tavarat pysyvät käytössä pidempään, tarvitaan vähemmän energiaa ja neitseellisiä raaka-aineita uusien tuotteiden valmistamiseen
- Näin syntyy mahdollisimman vähän jätettä

Etusijajärjestys jätehuollossa

- Suomessa ja muissa Euroopan unionin jäsenmaissa on kiertotalouden edistämiseksi noudatettava etusijajärjestystä eli ns. jätehierarkiaa (Jätelaki 8 §)
- Taustalla EU:n jätedirektiivi



EU:n jätedirektiivi

- Euroopan unionin jätedirektiivin mukaisesti vuoteen 2020 mennessä rakennus- ja purkujätteestä olisi pitänyt kierrättää materiaalina 70 % (pl. maa- ja kiviaines sekä vaaralliset jätteet)
- Vuonna 2019 kierrätysaste oli 48 % eli tavoitteesta jäädään selvästi

Erilliskeräys

- Valtioneuvoston asetus jätteistä (2012/179) määrittelee, että rakennus- ja purkujätteelle on kierrättämisen ja uudelleenkäytön lisäämiseksi järjestettävä erilliskeräys
- *Erilliskeräys* on järjestettävä seuraaville jätelajeille:
 1. Betoni- ja tiilijäte
 2. Kipsijäte
 3. Kyllästämätön puujäte
 4. Metallijäte
 5. Lasijäte
 6. Muovijäte
 7. Paperi- ja kartonkijäte
 8. Maa- ja kiviainesjäte

Jättemäärät ja -lajit

- Jätettä syntyi Suomessa v. 2019 yli 116 milj. tonnia
- Eniten jätettä tuotti kaivostoiminta ja louhinta (86,7 milj. tonnia)
- Toiseksi eniten jätettä syntyi rakennus- ja purkualalla (13,7 milj. tonnia)
- Rakennus- ja purkualan jätteistä 13,2 milj. tonnia koostui mineraalijätteistä (betoni, tiili, maa- ja kiviaines) ja 0,5 milj. tonnia muista jätteistä.
- Suurimmat rakennus- ja purkujätelajit ovat *betoni- ja tiilijäte*, *puujäte* ja *metallijäte* (pl. vaaralliset jätteet ja maa- ja kiviaines)

Betoni

- betonimurske on suurin yksittäinen purkujätejake
- noin 80 % betonijätteestä pystytään hyödyntämään
- suurin käyttöalue on maanrakentaminen
- tavoitteena lisätä betonimurskeen kierrättämistä eli sen käyttöä uusien tuotteiden materiaalina

Betoni

- Tutkimus- ja kirjallisuuskatsauksen perusteella testattavaksi purkumateriaaliksi valittiin betoni
- Betoni on maailman yleisin rakennusmateriaali, ja suurin yksittäinen rakennus- ja purkujätejake, myös Suomessa (2 milj. t./v. VRT. toiseksi yleisin jätelaji puujäte 0,4 milj. t./v.)
- Suomen rakennuskanta vanhaa -> korjaus- ja purkurakentaminen yleistyy entisestään -> lisää betonijätettä
- noin 80 % betonijätteestä pystytään hyödyntämään; suurin käyttöalue on maarakentaminen
- Kierrätysbetonissa on paljon hyödyntämätöntä potentiaalia raaka-aineena, esimerkiksi uusien betonituotteiden materiaalina

Betoni

- Uusiokiviaineksen käyttö betonissa voi alentaa lujuuksia ja saattaa aiheuttaa tiettyjen ominaisuuksien heikkenemistä
- Kun betonin valmistuksessa purkubetonimurskeen osuus on enintään n. 20 % kiviaineksen kokonaismäärästä, säilyvät betonin ominaisuudet lähes samoina kuin neitseellisillä kiviaineksilla valmistettuna
- Kierrätyskiviainesta tuotteissaan on hyödyntänyt mm. Rudus: *Uuma-tuote* (viherrakentaminen)
- Betonimurskeen järjestelmälliseen hyödyntämiseen uusiobetonin valmistuksessa tarvitaan lisää yhteistyötä ja kehittämistä eri sidosryhmien, kuten viranomaisten, suunnittelijoiden, betonivalmistajien ja rakennus- ja purkualan yritysten välillä

BETONIN UUDELLEENKÄYTTÖ JA HYÖDYNTÄMINEN UUSIOMATERIAALINA I/II

- Tampereen yliopiston koordinoima *ReCreate-hanke*, jonka tarkoituksena on löytää ratkaisuja käytettyjen betonielementtien hyödyntämiselle uusissa rakennuksissa taloudellisesti kannattavasti
- ReCreate-hanke (2021–2025) on EU:n rahoittama hanke, jonka kokonaisbudjetti on noin 12,5 miljoonaa euroa
- Hankkeessa on mukana yliopistoja ja yrityksiä neljästä maasta: Suomesta, Ruotsista, Hollannista ja Saksasta
- Hankkeessa on tarkoitus mm. selvittää, miten betonielementit saadaan irrotettua ehjinä ja miten niiden kunto selvitetään, miten kierrätettävät elementit tuotteistetaan ja miten materiaalista, joka ei ole tasalaatuista, saadaan kannattavaa liiketoimintaa -> merkittävät ympäristöhyödyt, hiilijalanjäljen pienentäminen

BETONIN UUDELLEENKÄYTTÖ JA HYÖDYNTÄMINEN UUSIOMATERIAALINA II/II

- EU:n rahoittamassa kolmivuotisessa *DeConcrete-hankkeessa* on haettu ratkaisuja mm. kierrätysbetonin materiaalihyödyntämiseen, ja uusien kierrätysmenetelmien kehittämiseksi
- Pääpaino hankkeessa on arktisten alueiden kierrätyshaasteissa (olosuhteet, pitkät etäisyydet, kierrätysasemien ja purkuyritysten puute)
- DeConcrete-projektissa ovat mukana Oulun yliopisto Suomesta, Pohjoinen federaatioyliopisto Venäjältä, Tromssan yliopisto ja Narvikin tutkimuskeskus Norjasta sekä alueellisia yrityksiä
- Oulun yliopiston osuus hankkeessa on kehittää menetelmiä kierrätysbetonin hyödyntämiseksi materiaalina, joko kiviaineena tai sementtiä osittain korvaavana sideaineena
- Kierrätysbetonin haasteena on usein se, että sen pinnalle on kiinnittynyt kovettunutta sementtiä, mikä heikentää kiviaineen ominaisuuksia ja vaikuttaa negatiivisesti uuden betonin ominaisuuksiin
- Kierrätyskiviaineen ominaisuuksia voidaan parantaa joko poistamalla sen pinnalta vanha, kiinnittynyt sementtipasta tai muuttamalla sementin ominaisuuksia sellaisiksi, että sen uudelleenkäyttö betonissa on mahdollista
- Sementin poisto lämpö- tai mikroaaltokäsittelyllä tai kiviaineen pinnan sementin tiivistäminen esim. polymeereillä tai hiilidioksidilla kyllästämällä

Puujäte

- puujäte on betonijätteen jälkeen toiseksi suurin purkujätelaji
- nykyisin suurin osa purkutyömaiden puusta käytetään energian tuotannossa
- Suomessa ei ole tällä hetkellä laitoksia, jotka voisivat hyödyntää materiaalina isoja määriä rakennus- ja purkupuujätettä
- puujätteen haasteena on sen monimuotoisuus ja vaihteleva laatu
- lisäksi Suomessa on runsaasti saatavilla neitseellistä puuraaka-ainetta

Muovijäte

- muovijäte on sekalaisen rakennusjätteen yksi kolmesta suurimmasta jätelajista puun ja kiviainesjätteen ohella
- rakennustyömailla syntyvä sekalainen muovijäte, kuten kovamuovit ja putket, päätyvät usein hyödynnettäväksi energiana tai sekalaisen rakennusjätteen sekaan
- haasteena lukuisat eri laadut sekä niiden puhdistaminen, lajittelu ja erottelu
- rakennusalan muovitiekartan tavoitteena on lisätä rakentamisessa käytettyjen kalvomuovien erilliskeräystä sekä lisätä kierrätysmateriaalista valmistettujen muovien ja tuotteiden käyttöä
- muovia käsitteleviä laitoksia on Suomessa useita, ja käsittely- ja käyttömahdollisuuksia tutkitaan runsaasti
- olennaista hyvin tehty lajittelu

(Purku)jätteiden hyödyntämisen haasteita

- puutteellinen syntypaikkalajittelu
- tilanpuute työmailla
- vastuukysymykset: rakennuttaja vs rakennusurakoitsija
- kierrätysmateriaalien käyttöön liittyvät kielteiset asenteet ja ennakoluulot
- monimutkainen lainsäädäntö
- viranomaistyön hitaus ja byrokraattisuus
- säästävään purkutyöhön ja purkumateriaalien kierrättämiseen erikoistuneita yrityksiä on liian vähän, niiden toiminta-alue tai kapasiteetti on liian suppea tai niiden tarjoamia palveluita ei tunneta tarpeeksi hyvin
- tiedot rakennustyömaiden jätemääristä ja -laaduista ovat puutteellisia
- taloudelliset seikat:
 - o kierrätysmateriaalien heikko kysyntä ja liian alhainen hinta
 - o uusiomateriaalin tuottaminen vaatisi paljon lisäinvestointeja
 - o säästävä purkamistapa vaatii enemmän tietoa, osaamista ja työvoimaa, mikä lisää kustannuksia

PURKUMATERIAALIEN LAJITTELU TEKNOLOGIAN KEINAIN

- Jätemateriaalin uusiokäytön edellytyksenä on asianmukainen lajittelu
- Syntypaikkalajittelun haasteita rakennus- ja purkutyömailla: tilanpuute, sekalainen jäte
- Syntypaikkalajittelun ohella tai sitä täydentävänä vaihtoehtona on lajitella jätteet lajitteluasemalla ->
 - säästää työmaalla aikaa ja tilaa, vähentää työmaakoneiden ja kuljetuskaluston tarvetta sekä niistä aiheutuvia päästöjä ja kuluja
- Jätteiden erottelu jätteidenkäsittelylinjastoilla tai -laitoksella vaatii jätteen esikäsittelyä: jätteen murskaus -> tasakokoinen, helposti käsiteltävä jäte
- Jätteidenkäsittelylaitoksella jätemateriaalin erotteluun voidaan käyttää erilaisia automatisoituja, teknisiä menetelmiä, kuten mekaanista ja optista lajittelua

MEKAANINEN EROTTELU

- Perustuu materiaalin kokoon, muotoon tai fysikaalisiin ominaisuuksiin (esim. massa, tilavuus)
- **Seulat:**
 - Jätemateriaalin erottelu perustuu jätepartikkelien kokoon
 - Erottelu tapahtuu seulontapinnassa olevien aukkojen avulla
 - Seulan läpi mennyt jäte alitetta, yli kulkeva jäte ylitettä
- **Ballistinen erotin** erottelee kitkaa ja erottimen liikettä hyödyntäen jätettä muodon ja kovuuden mukaan 2D- ja 3D -jakeisiin
- **Magneettierottimia** käytetään rautametallien erottamiseen jätevirrasta; ei-rautametallien, kuten alumiinin, erotteluun käytetään **pyörrevirtaerottimia**
- **Tuulierottimia** käytetään erottelemaan kevyet materiaalit erilleen raskaista materiaaleista:
 - Kevyet materiaalit, kuten paperi ja muovi, tempautuvat ilmavirtaan ja kulkevat sen mukana
 - Painavammat materiaalit, kuten kivet, betoni, lasi, tiilet ja keramiikka, putoavat alaspäin

OPTINEN EROTTELU

- Optisten erottimien avulla on mahdollista erotella toisistaan mm. eri muovilaatuja, kuituja sekä eriväristä lasia
- Sopiva palakoko lajiteltavalle materiaalille on n. 60–300 mm
- Erottelussa hyödynnetään mm. lähi-infrapunaspektroskopiaa (near-infrared spectroscopy, NIRS), RGB-kameroita ja ultraviolettisensoreita todentamaan eri materiaalien paikka liukuhihnalla
 - Kamerateknologiat kehittyvät vauhdilla, jonka myötä laitteiden hinnat laskevat ja kameroiden taajuudet nousevat, jolloin ne tunnistavat yhä paremmin kohteen koostumusta.
 - XRF-analysaattorit soveltuvat lajittelussa yksittäisen isompien lajiteltavien ominaisuuksien selvittämiseen
 - Röntgen-laitteet vaativat käyttölupia, mutta niillä päästään yhä tarkemmalla tasolla laitteiden ominaisuuksien selvittämisessä.
- Kun materiaali on tunnistettu, paineilmasuihkut puhaltavat valitut kappaleet erilleen muusta jätevirrasta sille tarkoitettuun erottelukammioon

KEMIALLINEN EROTTELU

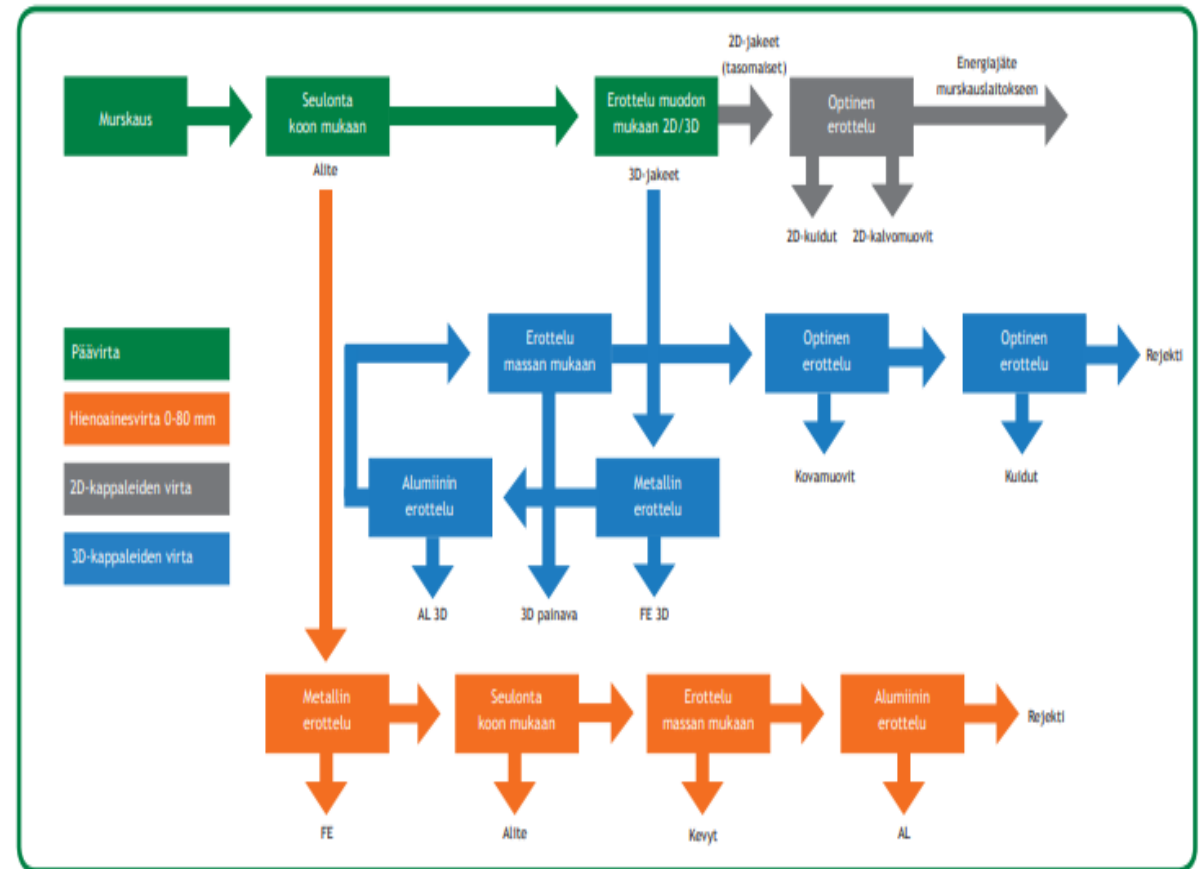
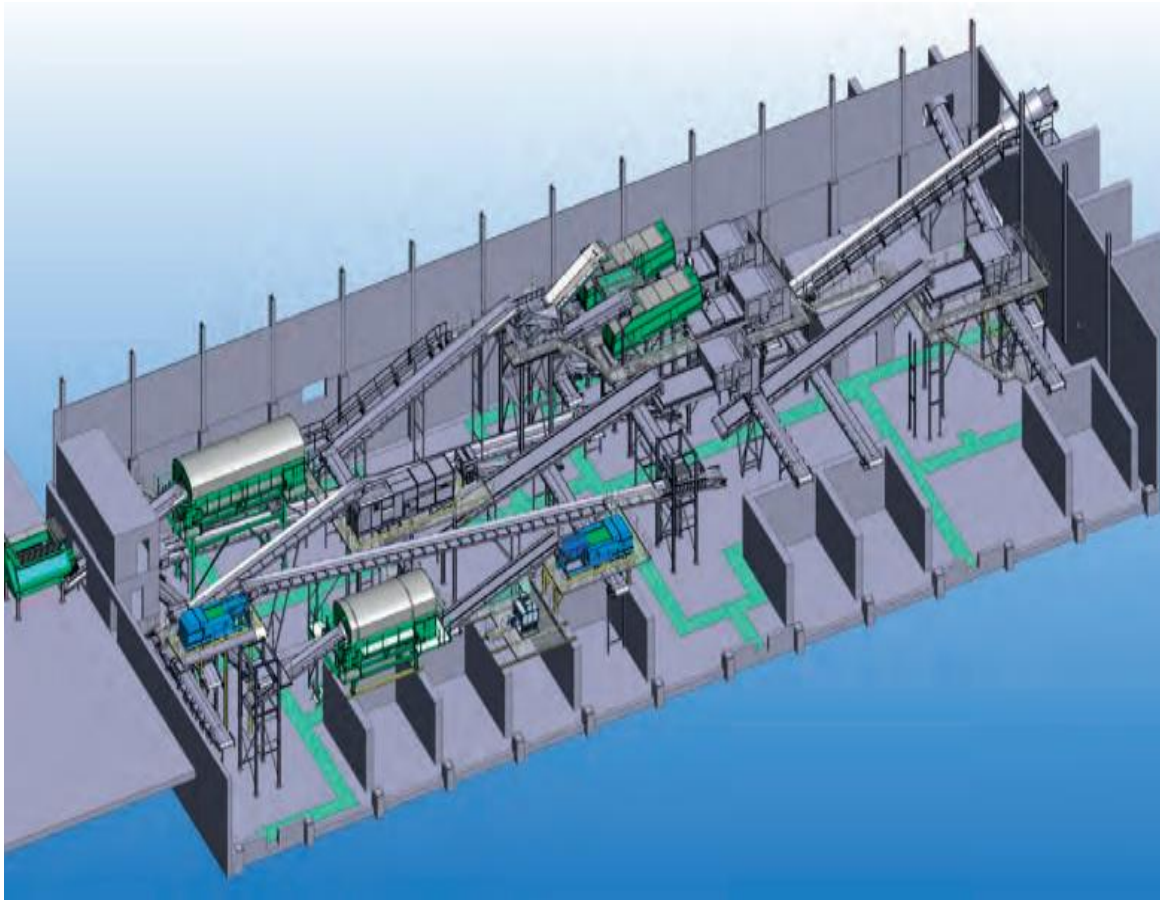
- Käytetään erityisesti muovin kierrättämisessä: suuret polymeerimolekyylit hajotetaan monomeereiksi
- Kemiallisen erottelun avulla voidaan kierrättää sellaisia (muovi)jätteitä, joita ei mekaanisen erottelun avulla ole mahdollista kierrättää
- Kemiallinen erottelu vaatii esikäsittelyn, jossa jätemuovi pestään ja murskataan, ja sen joukosta poistetaan sinne kuulumaton aines, kuten lasi ja metalli
- Kemiallisen erottelun päätekniikat ovat pyrolyysi ja kaasutus (termokemialliset tekniikat) sekä depolymerointi ja solvolyyysi
 - **Pyrolyysissä** muovi hajotetaan lämmön avulla hapettomassa tilassa 400–600 asteen lämpötilassa
 - **Kaasutuksessa** muovia hajotetaan 700–1200 asteen lämpötilassa, jolloin muodostuu vedyn ja hiilimonoksidin seosta, joka puhdistetaan muovien raaka-aineeksi
 - **Depolymeroinnissa** muovin polymeeriketjut pilkotaan kemiallisten reaktioiden avulla monomeereiksi
 - **Solvolyyysissä** muovipolymeeri liuotetaan liuottimeen ja puhdistuksen jälkeen saadaan puhdasta polymeeriä uudelleenkäyttöä varten
- Kemiallisen erottelun merkittävin etu mekaaniseen erotteluun verrattuna on, että kierrätetyistä monomeereistä valmistettu muovi ei eroa mitenkään neitseellisestä eli öljystä valmistetusta muovista
- Suomessa kemiallisen erottelun merkittävimpiä kehittäjiä ovat VTT (pyrolyysi ja kaasutus) ja Neste

LATE-LAJITTELULAITOS

- Lahdessa sijaitseva LATE-lajittelulaitos (v. 2016) on 1. ison mittakaavan jätteenkäsittelylaitos, joka vastaanottaa seka- ja energiajätteen lisäksi rakennus- ja purkujätettä
- 10 milj. euroa maksaneessa jätteenkäsittelylaitoksessa kaikki jätteet pystytään käsittelemään samalla linjastolla
- Vuosikapasiteetti 65 000 tonnia
- lajittelussa hyödynnetään niin mekaanista kuin optista lajittelua
- Laitoksella pystytään erottelemaan toisistaan 14 eri jätejätettä
- Kierrätykseen kelpaamaton jäte hyödynnetään energiana
- Kaatopaikalle jää loppusijoitettavaksi vain muutama prosentti painavaa jätettä, kuten kiviainesta



LATE-LAJITTELUlaitos



Remeon kierrätyslaitos Vantaalla



- <https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/180-000-tonnia-vuodessa-nain-robotit-lajittelevat-jatteet-suomeen-avatussa-euroopan-moderneimmassa-kierratyslaitoksessa/931a8a44-8a0f-4f42-8853-85e7a11e4566>

Oulun energialaitos



- <https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/moderni-kierratyslaitos-erottelee-jatteet-infrapunalla-ja-paineilmalla-vierailimme-lahdessa-joka-on-jatteiden-kasittelyn-suuren-murroksen-edellakavija/58c00ff8-67a2-4f28-9fc9-02a7b4027485>
- <https://www.oulunenergia.fi/palvelumme/kiertotalouden-edellakavija/>

Apulannan vaihtoehtoiset keinot Satakunnassa -esiselvitys

Apulannan vaihtoehtoiset keinot Satakunnassa -hankkeessa esiselvitetään eri raaka-ainevirtojen käyttömahdollisuuksia maataloudessa.

Materiaalivirtoja tiedetään olevan paljon, mutta niiden käyttökelpoisuutta selvitetään ja pilotoidaan muutamana osana tämän esiselvityksen puitteissa.

Apulannan vaihtoehtoiset keinot Satakunnassa -esiselvitys

Hankkeen tuloksena syntyy esiselvitys-raportti, jonka sisältö on:

1. Taustoitus ja tarve raaka-ainevirtojen hyötykäyttöön
2. Satakunnan raaka-ainevirtojen sisällöt ja määrät
3. Pilotit materiaalivirtojen käytöstä
4. Pilottien tulokset ja jatkoehdotukset