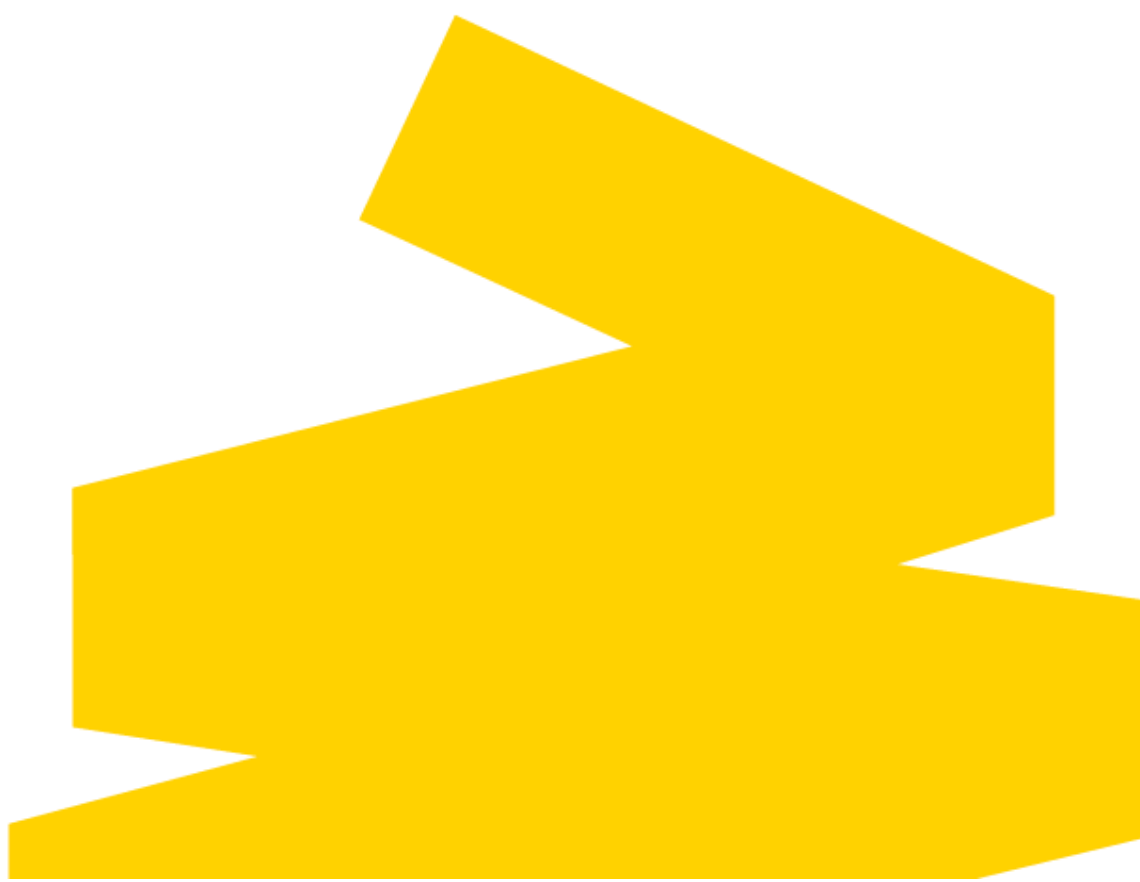


Lajittelukokeilun tutkimusraportti.

Turku AMK

Ajoneuvoperäisten muovien syntypaikkalajitteludemo

Uudistuva autonkierrätys kestävyys siirtymässä – vähähiilinen
kiertotalouden mukainen autonpurkulinjasto -hanke



TIIVISTELMÄ

Turun ammattikorkeakoulu.

Uudistuva autonkierrätys kestävyys siirtymässä – vähähiilinen kiertotalouden mukainen autonpurkulinjasto -hanke.

Huhtikuu 2026.

Turku AMK

Ajoneuvoperäisten muovien syntypaikkalajitteludemo

- Uudistuva autonkierrätys kestävyys siirtymässä – vähähiilinen kiertotalouden mukainen autonpurkulinjasto -hanke

Tutkimuksessa arvioitiin ajoneuvoperäisten muovien syntypaikkalajittelun toteutettavuutta käytännön purkukokeessa. Testiajoneuvona toimi vuoden 2004 Citroën C3, josta purettiin kaikki kierrätyskelpoiseksi arvioitu muovimateriaali. Muovit lajiteltiin materiaalimerkintöjen perusteella ja punnittiin muovilajikohtaisesti. Kierrätykseen kelpaamattomat elastomeerit, PUR-vaahdot ja kertamuovit (EU-asetuksen artikla 6.1 mukaiset) jätettiin punnituksen ulkopuolelle.

Ajoneuvosta saatiin talteen yhteensä 53,7 kg muovia, mikä vastaa noin 5,5 % ajoneuvon massasta. Suurimmat materiaalityypit olivat polyeteeni (PE, 26,44 kg), talkki- tai mineraalitärteinen polypropeeni (PP-TD/MTD, 9,88 kg) sekä tavallinen polypropeeni (PP, 8,7 kg). Materiaalimerkinnät löytyivät lähes kaikista komponenteista, mutta merkintöjen sijainti ja kuluneisuus aiheuttivat haasteita.

Koe osoitti, että syntypaikkalajittelu on teknisesti mahdollista, mutta työvoimavaltaisesti: viisi henkilöä tarvitsi useita tunteja yhden pienen auton muovien purkamiseen, lajitteluun ja (erityisesti kojelaudan ja ilmastointilaitteen) purkamiseen sekä materiaalimerkintöjen paikantamiseen. Taloudellinen kannattavuus on siten rajallinen, jos purkaminen tehdään ainoastaan muovin kierrätyksen vuoksi.

Kokeen perusteella kustannustehokkainta olisi kohdentaa lajittelu massaltaan suurimpiin ja helposti irrotettaviin muoviosiin, kuten puskureihin, ovipaneeleihin ja muihin isokokoisiin muovisiin sisäverhoilukappaleisiin. Tämä olisi myös linjassa tulevan EU-asetuksen kierrätysvaatimusten kanssa, joiden mukaan romuajoneuvoista peräisin olevien muovien kierrätysasteen tulee nousta 30 prosenttiin.

Kokonaisuutena havaittiin, että romuajoneuvomuovien syntypaikkalajittelu on mahdollista toteuttaa osana normaalia esikäsitteilyä ja varaosapurkua, mutta ei todennäköisesti kannattavaa erillisenä toimintona ilman mallikohtaisia purkuohjeita, kehittyneitä tunnistusvälineitä tai tehostettua kierrätysmarkkinaa.

Sisältö

1 Johdanto	5
2 Demon suunnitelma	7
2.1 Perustiedot	7
2.2 Demon tavoite	7
2.3 Tarvittavat välineet	7
2.3.1 Purkutyökalut	7
2.3.2 Lajittelu ja punnitus	8
3 Demon pöytäkirja	9
3.1 Aloitus ja dokumentointi	9
3.2 Purkutyö	9
3.3 Lajittelu	9
3.4 Punnitus	10
4 Demon toteutus	11
4.1 Muoviosien merkinnät	20
4.2 Punnitusten tulokset	22
4.3 Päätelmät demosta	24
4.4 Mitä suositellaan EAKR Autonpurkulinjasto 2.0 hankkeelle?	24
5 Taustatutkimus	26
5.1 Ympäristöministeriön POP-jätteen käsittelyopas 2024	26
5.2 Ehdotus (2025) Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukseksi ajoneuvojen suunnittelua koskevista kiertotalousvaatimuksista ja romuajoneuvojen jätehuollosta liitteineen.	26
5.3 Handling of End-of-Life Cars and the Plastics (CIRCUS WP1, RISE)	27
5.4 Recycling Disassembled Automotive Plastic Components for New Vehicle Components	28
5.5 Closing the Loop on Automotive Plastics: From End-of-Life Vehicles to Circular Material Streams	29

1 Johdanto

Ajoneuvojen muovien määrä on kasvanut merkittävästi viime vuosikymmeninä keventämiskäytön, turvallisuusvaatimusten ja toiminnallisten ominaisuuksien kehittämisen myötä. Samanaikaisesti ajoneuvojen käytöstä poiston jälkeinen muovivirta ohjautuu Euroopassa edelleen pääosin energiahyötykäyttöön tai kaatopaikoille, vaikka muovit muodostavat romuajoneuvoissa huomattavan ja potentiaalisesti hyödynnettävissä olevan materiaalivarannon. Tämä rakenne on ristiriidassa EU:n kiertotaloustavoitteiden ja tulevan ajoneuvoja koskevan kiertotaloussääntelyn kanssa, jossa romuajoneuvoista peräisin oleville muoveille asetetaan merkittäviä kierrätys- ja suljetun kierron velvoitteita.

Tuleva EU:n romuajoneuvoasetus edellyttää, että ajoneuvojen muovikomponenteista yhä suurempi osa hyödynnetään materiaalikierrätyksessä ja että nimenomaan romuajoneuvoista peräisin olevan muovin osuus kasvaa. Tämä muuttaa olennaisesti romuajoneuvojen esikäsittelyä ja purkutoimintaa, joka on perinteisesti keskittynyt metalleihin ja varaosien uudelleenkäyttöön. Muovien osalta keskeiseksi kysymykseksi nousee, missä määrin ja millä edellytyksillä muovit voidaan erottaa riittävän puhtaina ja taloudellisesti järkevinä materiaalivirtoina jo purkuvaiheessa.

Syntypaikkalajittelulla tarkoitetaan tässä yhteydessä muovimateriaalien erottelua ajoneuvon purkamisen yhteydessä suoraan niiden materiaalikoostumuksen perusteella ennen murskausta. Menetelmän etuna on periaatteessa parempi materiaalien puhtaus verrattuna murskauksen jälkeisiin lajitteluratkaisuihin, mutta sen heikkoutena on tyypillisesti työvoimavaltaisuus sekä riippuvuus komponenttien saavutettavuudesta, materiaalimerkinnöistä ja purkuohjeiden saatavuudesta. Näiden tekijöiden vaikutuksesta syntypaikkalajittelun käytännön toteutettavuus ja rooli osana tulevaisuuden autonpurkulinjastoja on toistaiseksi puutteellisesti dokumentoitu.

Tämän tutkimuksen tavoitteena on arvioida ajoneuvoperäisten muovien syntypaikkalajittelun käytännön toteutettavuutta romuajoneuvon purkukokeessa.

Tarkastelu kohdistuu erityisesti (1) talteen saatavien muovimateriaalien määrään ja laatuajakaumaan, (2) purku- ja lajittelutyön työmäärään ja tunnistettuihin käytännön haasteisiin sekä (3) siihen, millä edellytyksillä syntypaikkalajittelu voisi toimia osana tulevaa matalahiilistä ja kiertotalouden mukaista autonpurkulinjastoa.

Raporttia lukiessa on huomioitava, että kyseistä ajoneuvoa ei päästy nostamaan hallin lattialta nostimelle, sillä nostinpaikka oli varattu kyseisenä ajankohtana. Näin ollen, muutamia muoviosia, kuten polttoainetankkia ei päästy poistamaan.

Tutkimus toteutettiin käytännön purkudemon muodossa osana *Uudistuva autonkierrätys kestävyys siirtymässä – vähähiilinen kiertotalouden mukainen autonpurkulinjasto* -hanketta. Työ tuottaa kokeellista ja soveltavaa tietoa erityisesti purkutoimijoille, kehityshankkeille ja viranomaisille, jotka valmistautuvat romuajoneuvojen muovikierrätysvaatimusten kiristymiseen ja purkuprosessien uudelleenjärjestelyyn.

2 Demon suunnitelma

2.1 Perustiedot

Pvm: 30.3.2026

Paikka: Turun ammatti-instituutin Peltolan yksikkö.

Ajoneuvo: Citroen C3 1.4, Rekisteröintipäivämäärä 6.9.2004, Valmistenumero VF7FCKFVB27086799, rekisteröintimassa 1 080 kg, punnittu massa 970 kg.

Osallistujat: Patrik Lindström, Vesa Törmäkangas, Sampo Hiltunen, Niko Reunanen, Rami Wahlsten, Mikael Juhala.

2.2 Demon tavoite

- Purkaa autosta kaikki mahdollinen muovi.
- Lajitella muovit materiaalimerkintöjen perusteella.
- Punnita kunkin jakeen kokonaismäärä.
- Arvioida syntypaikkalajittelun toteutettavuutta.
- Dokumentoida purkamista, lajittelua, haasteita ja havaintoja, jotka vaikuttavat tulevan purkulinjaston suunnitteluun.

2.3 Tarvittavat välineet

2.3.1 Purkutyökalut

- Ruuvimeisselit, hylsytarja ym. normaalit korjaamon käsityökalut (ei avointa kipinöintiä).
- Puukkosaha ja akkuruuvinväännin/porakone.
- Kiinnikkeiden irrotustyökalut.
- Sivuleikkurit, mattoveitsi.

- Suojavarusteet (viiltosuojahanskat, suojalasit, turvakengät, haalarit).

2.3.2 Lajittelu ja punnitus

- Lajittelusäkit ja -laatikot.
- Vaaka + punnituslaatikko pienemmille jakeille.
- Merkintäteippi ja tussi.
- Näyteastioiden ja näytteiden dokumentointilomakkeet, kamera.

3 Demon pöytäkirja

3.1 Aloitus ja dokumentointi

- Tyhjennetään auto kaikesta sinne kuulumattomasta.
- Punnitaan auto ennen purun aloittamista.
- Valokuvataan auto ulkoa ja sisältä.
- Merkitään auton tiedot pöytäkirjaan.
- Listataan suuret yhtenäiset muoviosat.

3.2 Purkutyö

- Irrotetaan osat järjestyksessä:
- Sisäverhoilut.
- Kojelaudan muovit.
- Puskurit ja moottoritilan muovit (tekniset muoviosat (PA6-pohjaiset))
- Sisälokasuojat ja ilmanohjaimet.
- Pohjamuovit.
- Osista kirjataan:
- Komponentin nimi.
- Materiaalimerkintä.
- Haasteet (ruosteiset kiinnikkeet, piiloklipsit, vauriot, osan "homogeenisuus" yms.)

3.3 Lajittelu

- Jokainen osa laitetaan materiaalin mukaiseen jakeeseen.
- Monimateriaaliset osat → oma jakeensa.
- Osat ilman merkintää → oma jakeensa.
- Erityishuomio:

- PPTxx omiin jakeisiinsa (talkkitäytteinen polypropeeni, xx=talkin prosenttiosuus)
- PA6GFxx omaksi jakeekseen (lasikuitulujitteinen polypropeeni, xx=lasikuidun prosenttiosuus)

3.4 Punnitus

- Punnitaan jokainen muovijae erikseen.
- Kirjataan painot taulukkoon.
- Lasketaan kokonaismuovimäärä.
- Lasketaan prosenttiosuus auton painosta.

4 Demon toteutus

Syntypaikkalajittelu on mahdollista, mutta ei todennäköisesti taloudellisesti kannattavaa palkkakustannusten vuoksi, mikäli purkamista tehdään vain muovimateriaalin vuoksi. Pienen henkilöauton purkamiseen kului viideltä ihmiseltä useampi tunti. Työtä nopeuttaisi mallikohtaiset tarkat purkuohjeet.

Lajittelukokeilua edeltävästi pyrittiin saamaan käyttöoikeus IDIS-järjestelmään (International Dismantling Information System) siinä onnistumatta. Järjestelmä tarjoaisi ajantasaiset ohjeet romutettavien autojen käsittelyyn yli 70 autovalmistajan mallikohtaisilla tiedoilla sekä muovisten komponenttien muovilaaduista. Testiryhmä pääsi katsomaan järjestelmää edeltävästi sidosryhmään kuuluvan henkilökohtaisella lisenssillä, mutta järjestelmää hallinnoiva organisaatio ei suostunut antamaan käyttöoikeutta Turun ammattikorkeakoululle. Näin ollen, lajittelukokeilua varten kyseistä järjestelmää ei voitu hyödyntää.

Kiellettyjen ja/tai sallittujen POP-yhdisteiden sekä muiden haitta-aineiden syntypaikkalajittelu todettiin mahdottomaksi pelkästään muovimerkintöjä sekä muovimateriaaleja silmämääräisesti tarkastelemalla. Purkamisen tukena olisi tullut olla vähintään autovalmistajien hallussa oleva tieto muovimateriaalien sisällöistä sekä mahdollisten haitta-aineiden sijainneista. Toki markkinoilta löytyy kenttäanalyysointilaitteita, kuten XRF-röntgenfluoresenssilaitteita, joilla materiaalien bromipitoisuutta voitaisiin todentaa purkutilanteessa ja kohdentaa muovinkierrätykseen matalan bromipitoisuuden komponentteja. (POP-jätteen käsittelyopas 2024, 93)

Ajoneuvosta purettiin ja lajiteltiin kokonaisuudessaan 53,7 kg muovimateriaalia. Tämä on noin 5,5 % ajoneuvon punnitusta massasta. Kierrätyksen ulkopuolelle jätettyjä PU-vaahoja, kertamuoveja ja elastomeereja ei punnittu, mutta silmämääräisesti tarkasteltuna kierrätykseen kelpaavien muovien kokonaismäärä oli useampikertainen kelpaamattomiin verrattuna. Lajitelluista kiertoon kelpaavista muoveista 30 %:n kierrätysvelvoite täyttyy noin 16 kilon kierrätettävällä määrällä ja tähän päästään testiauton tapauksessa puskureilla

sekä ovi- ja sisäverhoilujen suurilla muoviosilla. Polttoainetankki oli kyseisessä ajoneuvossa isokokoinen muoviosa, jonka todennäköisesti voisi kierrättää materiaalina, mutta sen poistaminen ei ollut mahdollista, sillä purkuhallin ajoneuvonostin ei ollut käytettävissä. Polttoainetankin poistaminen renkaiden koskettaessa lattiaa, on käytännössä mahdotonta.

Kuvissa 1–8 esitellään demossa purettu auto ja kuvia purkutyön eri vaiheista.



Kuva 1. Citroën C3, lajittelukokeilun kohde.

Sopivien työkalujen etsimiseen ja etenkin muovilaatumerkintöjen löytämiseen kului aikaa. Joidenkin osien irrottamiseen kului huomattavasti enemmän aikaa kuin toisten, esimerkkinä kojelauta. Pienessä ja verrattain halvassa autossakin osien irrottamiseen ja lajitteluun meni viideltä purkajalta useampi tunti, joten on

aiheellista olettaa aikaa kuluvan enemmän isompien, modernimpien ja ylellisempien automallien kanssa.



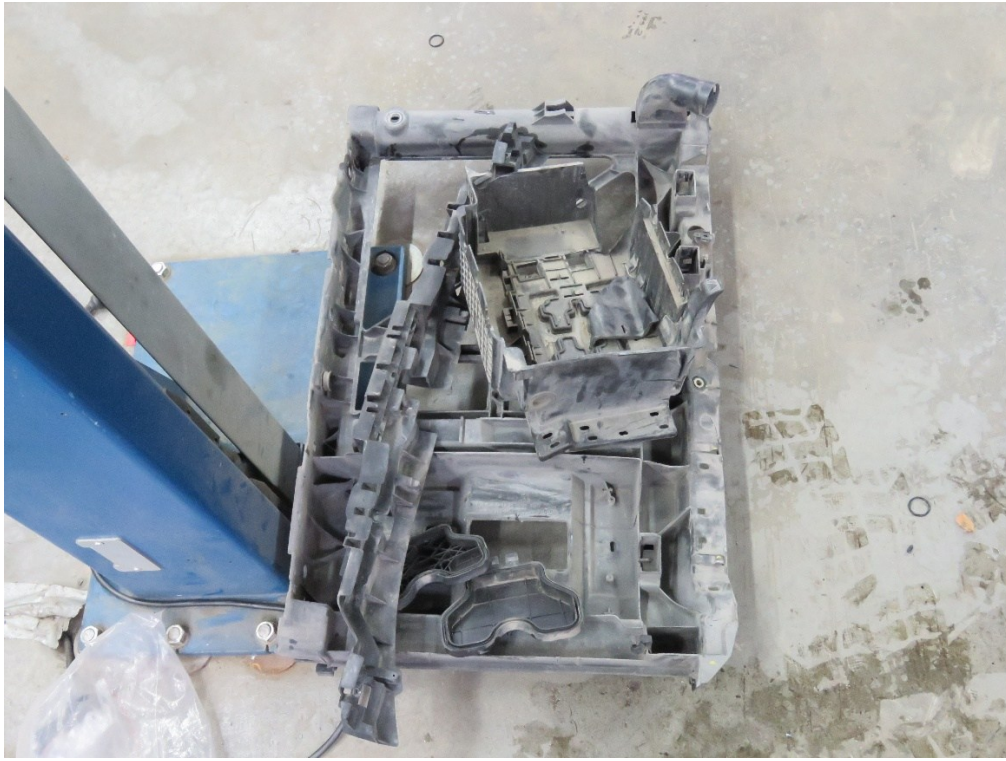
Kuva 2. PE-muovien punnitusta, suuret osat irrallaan, pienemmät punnittiin säkissä.



Kuva 3. PE-MD-muovityyppiä käytetään runsaasti verhoilussa. MD-merkintä voi viitata joko tiheyteen (medium density) tai mineraalitäytteiseen polyeteeniin.



Kuva 4. PP-TD ja PP-MD-osia löytyy myös kojelaudan alta. Tässä tapauksessa TD ja MD viittaa todennäköisesti talkki- ja mineraalitäytteisiin)



Kuva 5. PP-GF muovityyppiä (lasikuitulujitteinen polypropeeni) käytetään mm. jäädyttimen kehikossa ja muissa moottoritilan muoviosissa.



Kuva 6. PC ja ABS-muoviosia.



Kuva 7. Kierrätyksen ulkopuolelle jätetyt elastomeerit ja vaahdotetut polymeerit sekä monimateriaaliosia, joissa niitä on.



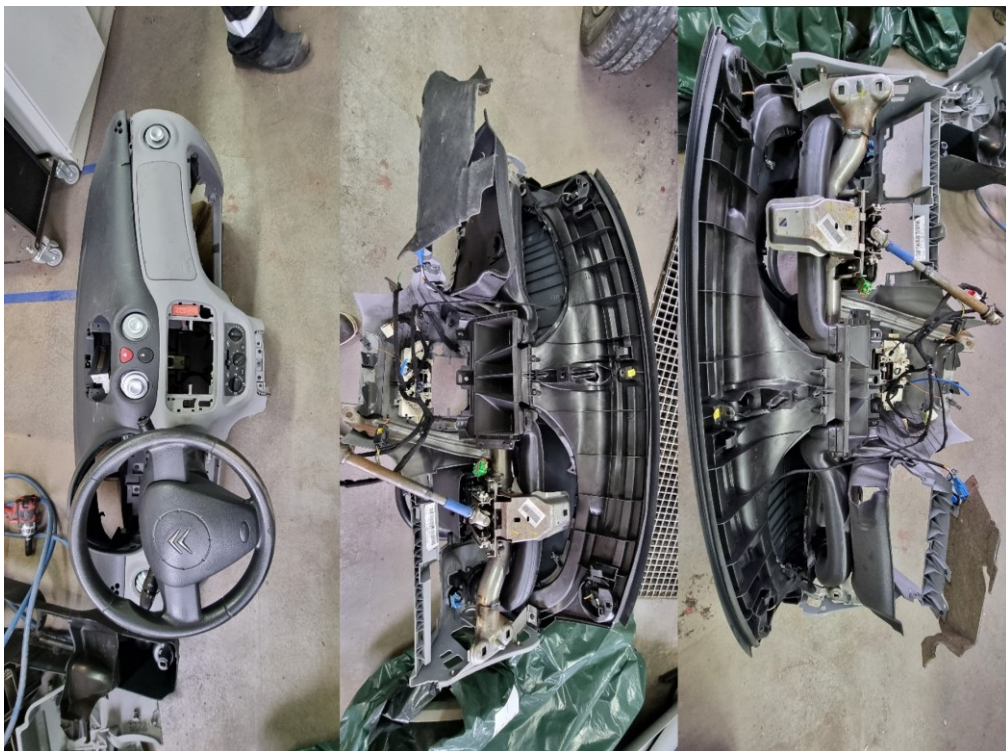
Kuva 8. Auto purettiin tyhjäksi kierrätyskelpoisesta muovista.

Kaikista autosta poistetuista muoviosista pyrittiin irrottamaan metallit, kuten metalliset osat, vahvikkeet, ruuvit ja muut kiinnikkeet. Ruuvit ja kiinnikkeet olivat poistettavissa suhteellisen helposti akkukäyttöisellä porakoneella. Muovisia osia ei pyritty poistamaan ehjänä, sillä sille ei nähty tarvetta, joten tietyissä tapauksissa oli nopeampaa vain hajottaa muovisia kiinnikkeitä. Selkeästi kompleksisin ja hitain purettava muovia sisältävä komponentti oli kojelauta. Pelkästään kojelaudan irrottaminen autosta vaati lukuisten muiden komponenttien purkamista, jotta kojelaudan kiinnityksiin päästiin edes käsiksi. Näitä osia olivat mm. A-pilarin muovikatteen, keskikonsoli, radio, hansikaslokero ja kojelaudan sivukatteen. Näiden lisäksi ohjauspyörän akselin kiinnikkeet tuli myös avata, jotta kojelautaan kiinnitetty ohjauspyörä saatiin vapautettua.

Kojelaudan poistamista ja muovimateriaalin purkamista perusteltiin lukuisilla syillä; kojelauta on muovisista osista puskureiden ohella massaltaan suurimpia, pyrotekniset laitteet eli ilmatyyny saatiin poistettua Euroopan neuvoston (2025)

mietinnön liitteen 7 B-osan 1a. kohdan mukaisesti, tietoviihdejärjestelmän osat liitteen 7 C-osan kohdan 10 mukaisesti, pääjohdinsarjat liitteen 7 C-osan kohdan 12 mukaisesti, piirilevyt kohdan 17b mukaisesti ja loput metalliset osat. Kojelaudan muoviosien todettiin olevan pääsääntöisesti PP-MD ja PP-GF muoviseoksia (mineraali tai lasikuituvahvistettuja polypropeeneja). (Euroopan neuvosto 2025, 172–174)

Kuvissa 9–12 esitetään eri auton osien purkua muovien esille saattamiseksi.



Kuva 9. Kojelauta koostuu monesta osasta ja sisältää paljon SER- ja teräsjakeita.

Kojelaudan lisäksi toinen selkeästi kompleksinen komponentti oli ilmastointilaitteen yksikkö, joka näkyy alla olevassa kuvassa 10.

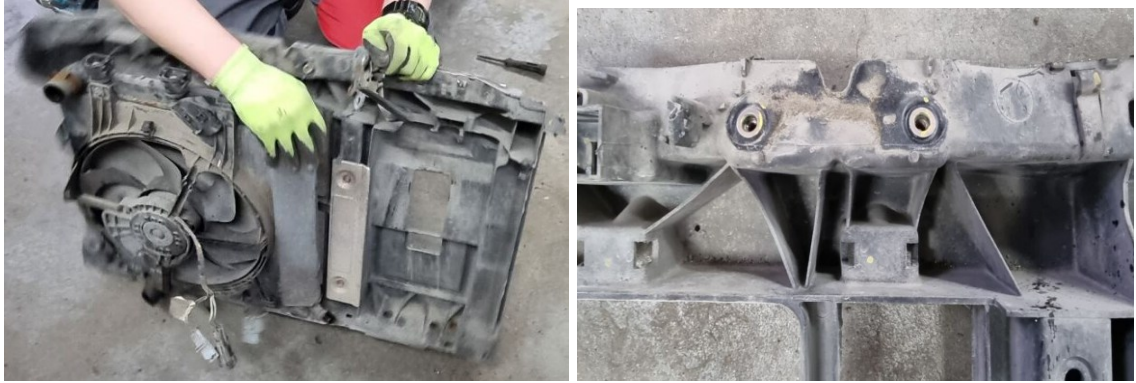


Kuva 10. Ilmastointilaite.



Kuva 11. Avattu ilmastointilaite.

Pelkän muovimateriaalin saamiseksi ei kompleksisten komponenttien purkaminen ole todennäköisesti kannattavaa juuri siihen kuluvaan ajan vuoksi. Ilmastointilaitteen purkamista perusteltiin siitä saatavien laadukkaiden kierrätysmateriaalien saamisella. Tässä tapauksessa kuparikaapelia sekä alumiinia. Ilmastointilaitteessa oleva muovimateriaalin todettiin merkintöjen perusteella olevan PP-MD-seosta.



Kuva 12. Jäähdytin.

Auton keulassa sijaitseva jäähdytin oli kojelaudan sekä ilmastointilaitteen jälkeen kolmanneksi hitain purettava muovimateriaalin saamiseksi.

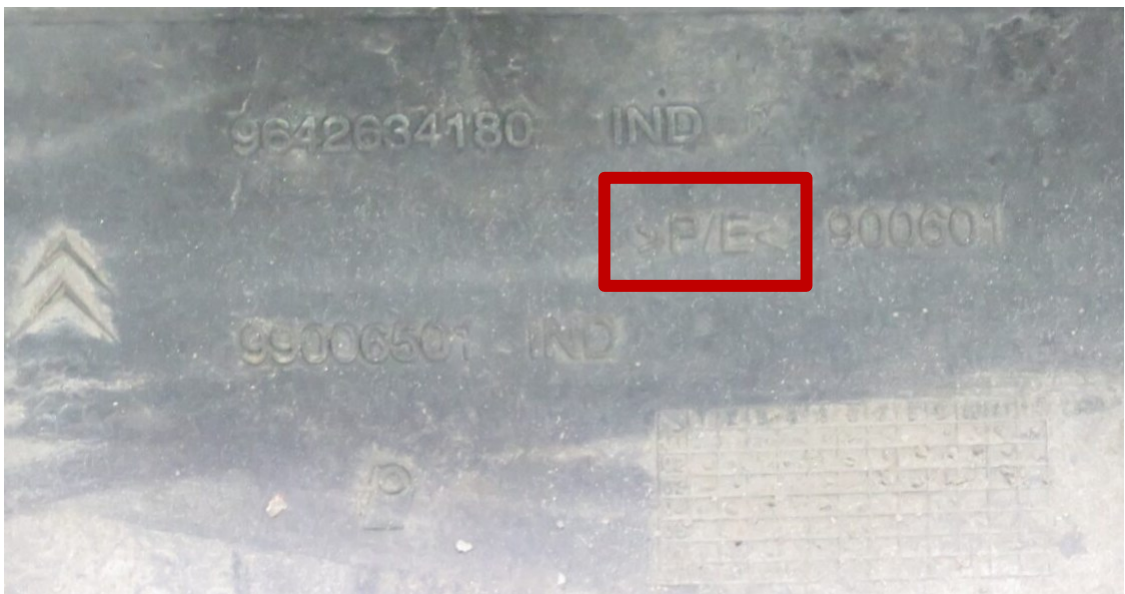
Jäähdyttimen metalliset kiinnikkeet olivat hapettuneet kiinni hyvin tiukasti ja olivat osittain liimattu muovin sisälle, kumimaiset muovin kierrätykseen kelpaamattomat jäähdyttäjän letkut olivat myös tiukassa. Kuparikaapelin määrä oli vähäinen ja tuulettimen sähköinen moottori pienikokoinen. Jäähdyttimen muovimateriaalin todettiin olevan PP-GF-muoviseosta.

4.1 Muoviosien merkinnät

Muovimerkinnät löytyivät autossa olevista muoviosista kahta osaa lukuun ottamatta. Osat, joista merkintä puuttui, oli takapuskurin koristelista sekä takalasinpyyhkijän varsi. Takapuskurin koristelista erosi etupuskurin vastaavasta kappaleesta juuri tuon merkinnän vuoksi, etupuskurin jokaisesta komponentista muovimerkintä löytyi. Muovimerkintöjen löytäminen muoviosista osoittautui osaltaan haasteelliseksi, sillä merkinnät eivät yhdenkään osan kohdalla sijainneet yhdenmukaisesti tietyllä kohdalla, vaan ne saattoivat löytyä mistä tahansa. Sen lisäksi, etenkin ajoneuvon ulkopuolella sijaitsevat muoviosat olivat käytössä likaantuneet sekä kuluneet, jolloin merkintöjen löytämiseksi tuli pyyhkiä likaa pois. Lisäksi merkinnät saattoivat olla kulumisen vuoksi vaikeasti nähtävissä (kuvat 13 ja 14).



Kuva 13. Takapuskurin muovimerkinnän löytäminen.



Kuva 14. Takapuskurin muovimerkintä P/E.

Jumittuneita kiinnikkeitä tai ruuveja ei tullut tässä demossa vastaan etupuskurin päätykiinnikkeitä lukuun ottamatta, mutta koska pääpaino oli materiaaleissa ja materiaalimerkinnöissä, avasimme päätykiinnikkeet vääntöraudalla.

4.2 Punnitusten tulokset

Taulukkoon 1 on koottuna Muoviteollisuus ry:n (2016) tekemä listaus autoissa tyypillisesti käytettävistä muovilaaduista ja osista, joissa niitä käytetään.

Taulukko 1. Autoissa käytettävät muovilaadut (Muoviteollisuus Ry 2016).

Lyhenne	Muovin nimi	Käytetty
ABS	akryylnitriilibutadieeni-styreeni	laitetekotelot, pölykapselit
ASA	akryylnitriilistyreeni	ulkoiset laitesuojat ja maskit
EPDM	eteeni-propeeni-dieeni-eltomeeri	tiivisteet, värinävaimentimet, hihnat
PA	polyamidi	imusarjat, kotelot, kytkimet, matot, kiinnikkeet, turvavyöt
PC	polykarbonaatti	valot, ikkunat, sähkökomponentit, spoilerit
PE-HD	suuritiheksinen polyeteeni	lokasuojat, nestesäiliöt
PE-LD	pienitiheksinen polyeteeni	nestesäiliöiden korkit
PE-LLD	lineaarinen pienitiheksinen polyeteeni	kaapelien ja johtosarjojen päälliset
PMMA	Polymetyylimetakrylaatti, kestopuovi	takavalot, heijastimet
PP	polypropeeni, kestopuovi	puskurit, kojelaudan ja istuinten osat
PUR	polyuretaani	pehmusteet, sisustusmateriaalit, liimaukset
PVC	polyvinyylikloridi	eristeet, turvatyyny, teippaukset, korroosiones-topinnoitteet
SAN	lasinkirkas akryylnitriili-styreeni	kuten ABS ja ASA

Taulukossa 2 on koottuna lajiteltujen muoviosien punnitustulokset.

Taulukko 2. Punnitusten tulokset.

Muovilaji	Paino (kg)	Osien lukumäärä	Huomiot
PP	8,7	11	-
PP-TD, PP-MTD	9,88	27	Seostettu talkilla, omaan jakeeseen.
PP-GF	3,96	5	Lujitettu lasikuidulla, omaan jakeeseen.
PU	-	-	-
PE	26,44	38	Puskurit ja ovipaneelit isoimmat osat.
PET	-	-	-
PVC	-	-	-
PC, ABS, SAN, ASA, PMMA	3,28	36	Mahdollisesti seostettavissa, kerätty yhteen. ABS muovia eniten.
PA (nylon)	0,34	4	Pienimpiä osia.
PA6GFxx	1,14	7	Lasikuituvahvistainen PA6, omaan jakeeseen.
Ei merkintää	-	2	Takapuskurin erivärinen muovilista ja pyyhkijän osa.

4.3 Päätelmät demosta

Loppupäätelmänä lajittelukokeilun perusteella voidaan todeta, että syntypaikkalajittelu kannattaa mahdollisesti kohdentaa massaltaan suurimpiin muoviosiin, kuten puskureihin, ovipaneeleihin ja muihin suurimpiin muoviosiin, joiden erillispurkaminen olisi mahdollisimman vähäistä. Pelkästään muovimateriaalin saamiseksi auton purkaminen tuskin tulee taloudellisesti kannattamaan, joten muovia kannattanee kerätä muun purkamisen ohella. Eli silloin, kun autosta poistetaan osia/komponentteja uudelleenkäyttöön ja/tai autoa esikäsitellään lain vaatimalla tavalla. Eri muovisekoitteiden sopivuus keskenään voi olla auton purkajalle liian monimutkaista tietoa ilman lisäkoulutusta ja selkeitä ohjeita. Olennaista todennäköisesti onkin, mille muovilaaduille syntyy markkinakysyntää, eli valtuutettujen käsittelylaitosten tulisi tehdä yhteistyötä muovien jatkojalostajien sekä ajoneuvojen valmistajien kanssa. Muovin kierrätyksen kannalta lienee olennaista:

- Muoviosat olisi järkevää lajitella merkintöjen perusteella muutamaan yleisimpään laatuun kuten PP-, PE- ja ABS-laatuihin.
- Eri sekoitteiden yhteensopimattomuudet tulisi määrittää.
- Muoviosien tulisi olla materiaaliltaan homogeenisiä.
- Metallit, kumit ja PUR-vaahdot tulisi poistaa.
- Muovia voi repiä/hajottaa purkamisen nopeuttamiseksi.

4.4 Mitä suositellaan EAKR Autonpurkulinjasto 2.0 hankkeelle?

Hyvistä purkuohjeista ja purettavaan automalliin etukäteen tutustumisesta olisi selkeitä hyötyjä purettaessa. Homma nopeutuisi, kun aikaa ei menisi ruuvien etsimiseen ja pulttikokojen pohtimiseen.

Syntypaikkalajittelu on demon perusteella mahdollista, mutta suurella todennäköisyydellä se ei ole taloudellisesti kannattavaa ainakaan kaikenkattavana muovien irrottamisena. Muovien syntypaikkalajittelua havaintojen perusteella voisi pitää kannattavana, mikäli se tehtäisiin osana

auton muuta purkamista, jolloin osia/komponentteja irrotetaan uudelleenkäyttöön ja/tai uudelleenvalmistukseen. Tuleva ajoneuvojen kiertotalousasetus velvoittaa valtuutettuja käsittelylaitoksia poistamaan romuajoneuvoista ehjänä osia/komponentteja uudelleenkäyttöön sekä materiaaleja kierrätykseen. Näin ollen romuajoneuvoista irrotetaan muutenkin muoviosia, joilla 30 %:n muovinkierrätysvaatimusta voitaisiin täyttää.

Yhden yksinkertaisen auton muovien purkamiseen, lajitteluun ja dokumentointiin kului aikaa viideltä työntekijältä useampi tunti ja suuri osa työajasta kului oikean työvälineen etsimiseen, muoviosan laadun määrittämiseen ja lajiteltujen osien punnitsemiseen sekä dokumentointiin, ei siis itse auton purkamiseen.

Isoon osaan muoviosista oli melko helppo pääsy, mutta tietyt pienet osat olivat vaikeasti saavutettavissa tai niiden edestä oli pakko purkaa muita osia. Koska purkuhallin nostin oli varattuna, emme päässeet auton alle. Tämä kuitenkin vaikeutti tässä automallissa vain lokasuojien poistoa. Etulokasuojat olivat helpommin irrotettavissa, mutta takaa piti ensin irrottaa pyörät, jotta päästiin käsiksi lokasuojien kiinnityksiin. Kerätyn datan perusteella voidaan todeta suurimman osan painosta olevan isoissa osissa, kuten puskureissa ja ovien, kojelaudan ja takaosan verhoiluissa. Autonpurkulinjaston kannalta tehokkainta voisi olla irrottaa autosta ovet, puskurit, kojelauta ja sisätilan isot verhoilut. Ovet voidaan tarvittaessa myydä eteenpäin sellaisenaan tai purkaa osiin linjaston ulkopuolella. Sisätilan verhoilut on pakko poistaa, jos halutaan kerätä talteen johdinsarja. Pienten yksittäisten osien irrottaminen on hidasta, eikä niiden osuus kokonaispainosta ole merkittävä.

5 Taustatutkimus

5.1 Ympäristöministeriön POP-jätteen käsittelyopas 2024

Romuajoneuvoista tulisi poistaa ennen murskausta ne muoviosat, joiden tiedetään sisältävän POP-yhdisteitä. Erottelu ei ole tarpeen, mikäli kaikki muovi toimitetaan polttoon. Erottelu tulisi kohdistaa ennen vuotta 2020 valmistettuihin ajoneuvoihin, deka-BDE:n käyttö kiellettiin vuonna 2019. Bromia sisältävien muovien tunnistaminen on mahdollista XRF-analysaattorilla. (POP-jätteen käsittelyopas 2024, 93)

Matalan bromipitoisuuden jakeesta voidaan erotella kierrätykseen soveltuvia polymeerejä:

- Polypropeeni (PP)
- Polyeteeni (PE)
- Akrylinitriili-butadieeni-styreeni (ABS)
- Polystyreeni (PS). (POP-jätteen käsittelyopas 2024, 93)

5.2 Ehdotus (2025) Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukseksi ajoneuvojen suunnittelua koskevista kiertotalousvaatimuksista ja romuajoneuvojen jätehuollosta liitteineen.

Tiivistelmä artiklasta 6, kierrätysmateriaalien vähimmäisosuus ajoneuvoissa:

Artikla 6 asettaa asteittain kiristyvät vaatimukset ajoneuvojen muoviosien kierrätysmateriaalien vähimmäisosuudelle. Sääntely edellyttää kasvavaa määrää kuluttajaperäisestä muovijätteestä valmistettua kierrätysmuovia.

Tämä ns. sekoitevelvoite muovin suhteen nousee asteittain, ja lopulta, 120 kuukautta asetuksen voimaantulon jälkeen vähintään 25 painoprosenttia uusien ajoneuvojen sisältämästä muovista tulee olla kuluttajaperäistä kierrätysmuovia, josta 25 % tulee olla suljetun kierron materiaalia romuajoneuvoista.

Sekoitevelvoitteen lisäksi tullaan asettamaan erityinen 30 prosentin kierrätystavoite romuajoneuvoista peräisin oleville muoveille.

Laskennasta rajataan pois elastomeerit, kaikki muut kuin pehmustus- ja eristemateriaalina käytettävät polyuretaanivaahtoon perustuvat kertamuovit sekä muovit, jotka sisältävät pysyviä orgaanisia yhdisteitä (POP-aineita) yli asetuksessa (EU) 2019/1021 määriteltujen kynnsarvojen.

Artikla vahvistaa siten EU:n tavoitetta lisätä ajoneuvojen muovien mekaanista ja suljettua kiertoa sekä varmistaa, että merkittävä osa kierrätysmuovista tulee nimenomaan romuajoneuvoista, mikä tehostaa materiaalien takaisinottoa ja vähentää ensiömuovien tarvetta. (Euroopan neuvosto 2025, 44, 73–74.)

5.3 Handling of End-of-Life Cars and the Plastics (CIRCUS WP1, RISE)

Tämä esiselvitys on osa CIRCUS-projektia, jonka tavoitteena on lisätä muovikomponenttien uudelleenkäyttöä ja kiertotaloutta autoteollisuudessa. Työssä kartoitettiin käytöstä poistuvien ajoneuvojen (ELV) muovien käsittelyä Ruotsissa ja Euroopassa, tunnistettiin korkeimman potentiaalinen muovimateriaaleja ja komponentteja kierrätykseen sekä arvioitiin uuden EU:n ELV-asetusehdotuksen vaikutuksia.

Ruotsi kierrättää vuosittain noin 160 000 ajoneuvoa, joista syntyy arviolta 24,6 kilotonnia muovia. Valtaosa muovista päätyy edelleen silppuamisen jälkeen energijätteeksi, sillä muovifraktioiden puhdistus ja erottelu koetaan haastavaksi. Varaosien uudelleenkäyttö toimii kuitenkin erittäin tehokkaasti. Markkinat ja vakuutusyhtiöiden vaatimukset ohjaavat purkamoita irrottamaan kaikki myyntikelpoiset osat, mikä on lisännyt käytettyjen osien kysyntää 30 % viime vuosina. Muovin materiaalkierrätystä ei Ruotsissa vielä toteuteta, mutta Euroopassa muutamat toimijat, kuten Axion, Galloo, MBA Polymers ja MOCOM, kierrättävät ELV-muovia teolliseen käyttöön.

Tuleva ELV-asetus asettaa kunnianhimoisia vaatimuksia: uusissa autoissa tulee olla 25 % kierrätysmuovia, josta 25 % on oltava suljetun kierron materiaalia

ELV-ajoneuvoista. Tämä merkitsee huomattavaa kasvua PCR-muovin käytölle, mikä edellyttää uusia keräys- ja lajitteluratkaisuja. Selvityksen mukaan nykyinen muovivirta Ruotsista ei riitä kattamaan vaadittavaa kierrätysmuovin määrää, mikä voi johtaa kierrätysmateriaalin tuontitarpeeseen.

Volvo ja Polestar identifioivat erityisen potentiaalisiksi kierrätettäviksi materiaaleiksi PP-pohjaiset muovit (PP, PP-EPDM, PP-talkki), PC/ABS:n sekä ABS:n. Nämä muovit ovat yleisiä, rakenteeltaan sopivia mekaaniseen kierrätykseen ja autoteollisuuden kasvavat vaatimukset suosivat niitä. Työssä ehdotettiin myös priorisoitavia komponentteja: puskurit, helmalevikkeet, pyöränkoteloiden sisälokasuojat, pilaripaneelit ja PC/ABS-osat, joita tullaan tutkimaan jatkopaketeissa WP2-WP4.

Selvityksen johtopäätöksenä todetaan, että Ruotsin varaosamarkkina toimii jo hyvin kiertotalouden näkökulmasta, mutta ELV-muovien materiaalkierrätys vaatii merkittävää kehittämistä sekä uusia liiketoimintamalleja, teknisiä ratkaisuja ja yhtenäistettyä EU-tason sääntelyä. Kunnianhimoiset kierrätystavoitteet voidaan saavuttaa vain, jos purkaminen, lajittelu ja kierrätysinfrastruktuurit kehittyvät merkittävästi.

5.4 Recycling Disassembled Automotive Plastic Components for New Vehicle Components

Tutkimus tarkastelee käytöstä poistettujen ajoneuvojen (ELV) muovikomponenttien mekaanisen kierrätyksen soveltuvuutta uusien ajoneuvo-osien raaka-aineeksi. Noin 80 % ELV-muoveista päättyy Yhdysvalloissa edelleen kaatopaikoille, vaikka ajoneuvoissa käytettävän muovin määrä kasvaa. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli tuottaa mitattua tietoa kierrätettyjen muovien ominaisuuksista ja arvioida niiden realistista uudelleenkäyttöpotentiaalia.

Tutkimuksessa analysoitiin neljää yleistä ajoneuvomuovia: polypropeeni (PP), talkkitäytteiset PP-laadut (PP-T10 ja PP-T20) sekä mineraali- ja lasikuituvahvisteinen polyamidi (PA6 + GF7 + MF13). Komponentit kerättiin ELV-ajoneuvoista, puhdistettiin, granuloitiin ja ruiskuvalettiin koekappaleiksi.

Näille tehtiin partikkelikoko-, tiheys-, lämpöanalyysi-, FTIR-, mekaaniset ja HDT-mittaukset ja tuloksia verrattiin vastaaviin ensimateriaaleihin.

Tulosten mukaan PP-materiaali kärsi eniten mekaanisissa ominaisuuksissa ja sen jäykkyys sekä vetolujuus laskivat 15–50 %. Sen sijaan täyteaineilla vahvistetut PP-laadut sekä lasi- ja mineraalitäyteinen PA6 säilyttivät yli 90 % alkuperäisestä jäykkyydestään, lujuudestaan ja lämmönkesto-ominaisuuksistaan. Kiteisyydessä ja tiheydessä havaittiin pieniä muutoksia, mutta taipumislämpötila (HDT) pysyi lähes muuttumattomana kaikissa materiaaliryhmissä. Materiaalikoostumuksen vaihtelu vanhojen ajoneuvojen ja nykyisten ensimateriaalien välillä osoittautui merkittäväksi tuloksiin vaikuttavaksi tekijäksi.

Tutkimus osoittaa, että oikein lajitellut ja mekaanisesti kierrätetyt ELV-muovit – erityisesti täyteaineilla vahvistetut polypropeenit ja polyamidit – säilyttävät riittävän suorituskyvyn uuden sukupolven ajoneuvo-osien valmistukseen. Tämä tukee suljetun kierron toteuttamiskelpoisuutta ja voi pienentää jätteen määrää sekä raaka-ainekustannuksia. Jatkossa tarvitaan laajempia testejä (esim. iskutkeys ja taivutuslujuus) sekä ympäristövaikutusten ja taloudellisen kannattavuuden määrällistä arviointia.

5.5 Closing the Loop on Automotive Plastics: From End-of-Life Vehicles to Circular Material Streams

Tutkimus perustuu Global Impact Coalitionin (GIC) vuosina 2024–2026 toteuttamaan teolliseen pilottiin, jossa kahdeksan kemian- ja jätehuoltoalan yritystä käsitteli 100 romuajoneuvoa purku-murskaus-lajitteluketjun läpi. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, onko teknisesti mahdollista palauttaa romuajoneuvoista peräisin olevia muoveja niin korkealaatuisiksi materiaalivirroiksi, että ne soveltuvat uusien ajoneuvojen raaka-aineiksi.

Pilotissa sovellettiin komponenttipohjaista lähestymistapaa: ajoneuvoista purettiin noin 35 ennalta määriteltyä osaa per auto, jotka ryhmiteltiin 22 muovivirtaan oletetun polymeerikoostumuksen mukaan. Osat murskattiin,

lajiteltiin optisilla ja sensoripohjaisilla tekniikoilla (mm. Unisort Blackeye -järjestelmä) ja toimitettiin edelleen mekaanisen ja kemiallisen kierrätyksen arviointiin. Pilotti toteutettiin tarkoituksellisesti ilman pääsyä ajoneuvovalmistajien materiaalitietokantoihin, jotta se vastaisi nykyisten purkamoiden todellisia toimintaedellytyksiä.

Tutkimuksen keskeinen tulos on, että ajoneuvojen muovien suljettu kierto on teknisesti mahdollista, mutta ei vielä taloudellisesti kannattavaa. Pilotissa onnistuttiin talteen ottamaan yli 50 % ajoneuvojen muovimassasta (noin 8 tonnia 100 autosta), ja erityisesti suurikokoiset komponentit kuten puskurit, suojalevyt ja istuimet osoittautuivat hyvin hyödynnettäväksi.

Kuitenkin materiaalien laatu jäi monissa tapauksissa alle autoteollisuuden vaatimusten. Monimateriaalirakenteet, pintamaalit, lasi- ja mineraalitäytteet sekä erilaiset epäpuhtaudet heikensivät lajittelun tuloksia ja pienensivät käyttökelpoisen kierrätysmateriaalin saantoa. Esimerkiksi polykarbonaattifraktioiden puhtaus oli liian alhainen useimpiin autoteollisuuden sovelluksiin ilman lisäkäsittelyä ja polypropeenin kohdalla eri täytettyjen ja seostettujen PP-laatujen erottelu osoittautui kriittiseksi haasteeksi.

Taloudellinen analyysi osoitti, että muovien purku ja käsittely maksaa nykyisellään jopa 75 % enemmän per kilogramma kuin taloudellisesti kestävä liiketoimintamallin edellyttämä taso. Näin ollen kustannusten alentaminen on keskeinen edellytys suljetun kierron laajamittaiselle käyttöönotolle.

Tutkimuksen merkittävin havainto ei ole yksittäinen tekninen pullonkaula, vaan järjestelmätason koordinaation puute. Arvoketjussa vallitsee rakenteellinen ristiriita: ajoneuvovalmistajat määrittävät materiaalivaatimukset mutta eivät hallitse romutusvaihetta, purkajat hallitsevat materiaalivirtaa mutta eivät saa kannustetta investoida muovien talteenottoon ja kemianteollisuus tarvitsee tasalaatuista syötettä, jota nykyinen järjestelmä ei tuota.

Tutkimus osoittaa, että lyhyellä aikavälillä suurin potentiaali on keskittyä rajattuun joukkoon korkean volyymin ja korkean arvon komponentteja sekä yhdistää mekaaninen ja kemiallinen kierrätys. Pitkällä aikavälillä ratkaisevia

ovat yhteiset laatu- ja materiaalistandardit, ajoneuvojen parempi suunnittelu kierrätettävyyden näkökulmasta sekä uudet liiketoimintamallit, jotka jakavat kustannukset ja hyödyt arvoketjun toimijoiden kesken.

Kokonaisuutena tutkimus antaa akateemisesti ja teollisesti vahvan näytön siitä, että sääntelyn asettamat kierrätystavoitteet ovat teknisesti saavutettavissa, mutta niiden toteutuminen edellyttää merkittäviä taloudellisia, organisatorisia ja institutionaalisia muutoksia koko ajoneuvokiertotalouden rakenteessa.

6 Lähteet

Closing the loop on automotive plastics: From end-of-life vehicles to circular material streams. Global Impact Coalition Automotive Plastics Circularity Project Report. Geneva: Global Impact Coalition. Viitattu 23.4.2026.

<https://globalimpactcoalition.com/gic-automotive-plastics-circularity-pilot-report/>

Euroopan neuvosto. 2025. Mietintö ehdotuksesta Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukseksi ajoneuvojen suunnittelua koskevista kiertotalousvaatimuksista ja romuajoneuvojen jätehuollosta, asetusten (EU) 2018/858 ja 2019/1020 muuttamisesta sekä direktiivien 2000/53/EY ja 2005/64/EY kumoamisesta. Viitattu 9.4.2026.

<https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-10092-2025-INIT/fi/pdf>

Lindqvist, K. & Boss, A. 2024. *Handling of end-of-life cars and the plastics: Report WP1, CIRCUS project*. RISE Research Institutes of Sweden. Viitattu 9.4.2026. Raportti ei saatavilla julkisesti.

Meshkat, N., Korey, M., Hubbard, A.M., Slavny, K., Anilal, A.L.S., Das, A., Kearney, L., Ozcan, S. & Vaidya, U. 2025. *Recycling Disassembled Automotive Plastic Components for New Vehicle Components: Enabling the Automotive Circular Economy*. Viitattu 9.4.2026. Saatavilla:

https://www.researchgate.net/publication/395844525_Recycling_Disassembled_Automotive_Plastic_Components_for_New_Vehicle_Components_Enabling_the_Automotive_Circular_Economy

POP-jätteen käsittelyopas 2024. Ympäristöministeriön julkaisuja 2024:24. Helsinki. Ympäristöministeriö. Viitattu 9.4.2026.

https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/165706/YM_2024_24.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Talvensaari, K. 2017. Auton muovien kierrätys: puskurit 3D-tulostuksen raaka-aineena. Opinnäytetyö (AMK). Turku: Turun ammattikorkeakoulu. Viitattu 9.4.2026. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2017061613717>