



Monilokerokeräyksen laajentamisen
ilmastonlämpenemis-, kustannus- sekä
jätelajikertymämallinnus *Logistisesti optimoitu*
monilokerokeräys -hankkeessa



Sisällysluettelo

Johdanto	2
1 Menetelmät ja toteutus	3
1.1 Tärkeimmät mallinnuksessa käytetyt oletukset	4
2 Tulokset	7
2.1 Jätteiden talteenottoaste ja ilmastonlämpenemisvaikutukset	7
2.2 Kustannusvaikutukset	9
3 Johtopäätökset	11

Johdanto

Tämä mallinnus toteutettiin osana *Logistisesti optimoitu monilokerokeräys* -hanketta, joka on saanut rahoitusta ympäristöministeriöltä osana *Muovitiekartan kokeilu- ja pilotointihankkeen* tukiohjelmaa.

Logistisesti optimoitu monilokerokeräys –hankkeen kokeilussa selvitettiin, kuinka optimoiduksi pientalojen monilokerokeräys käytännössä voitaisiin saada. Tähän pyrittiin muodostamalla keräysalueesta mahdollisimman tiivis ja kannustamalla asukkaita kokeilemaan heidän jätemäärien mukaisesti sopivat astiakoot, jotka sallivat mahdollisimman pitkät tyhjennysvälit (kustannusten ja päästöjen optimointi). Hanke ja sen monilokerokokeilu on kuvattu hankkeen tulosten yhteenvetoraportin luvussa 5. (<https://rosknroll.fi/tutkimus-ja-kehitys/>).

Kokeilun pohjalta tehtiin mallinnus, jossa tarkasteltiin keräyksen laajentamisen ilmasto-, kustannus- ja jätesaantovaikutuksia seuraavissa vaihtoehdoissa: a) monilokerokokeilun mukainen keräysjärjestelmä, b) teoreettisesti optimaalinen monilokerokeräysjärjestelmä ja c) jätelain vähimmäisvelvoitteet täyttävä keräysjärjestelmä (vain sekajätekeräys sekä isoissa taajamissa myös biojätekeräys). Mallinnuksen toteutti LCA Consulting Oy (nykyisin osa Etteplan Oyj:tä) ja lähtötiedot mallinnukseen toimitti Rosk'n Roll Oy Ab.

Lohjalla, Porvoossa ja Lappeenrannassa

22.11.2022

LCA Consulting Oy: Esa Nummela, Milla Lehikoinen ja Joni Kemppi

Rosk'n Roll Oy Ab: Mika Toivari, Marika Makkonen ja Marko Printz

1 Menetelmät ja toteutus

Mallinnuksen tavoite oli tarkastella monilokerokeräyksen laajentamisen ilmastonlämpenemisvaikutusta sekä vaikutuksia kustannuksiin ja jätelajikertymiin. Mallinnuksessa monilokerokeräys laajenisi Rosk'n Rollin toimialueella vakituisesti asuttuihin 1–2 huoneiston kiinteistöihin (tästä lähtien pienikiinteistöt), jotka sijaitsivat vähintään 1 000 pientalon taajamissa. Tällaisia tarkasteltavia taajama-alueita oli toimialueella yhteensä 10 kappaletta. Noilla alueilla sijaitsi yhteensä noin 70 % koko Rosk'n Rollin toimialueen taajamien pientaloista.

Vaikutuksia tarkasteltiin koko jätteiden keräys- ja käsittelyketjun osalta ja näin ollen huomioitiin: kiinteistöjen tuottaman asumisjätteen keräys kiinteistökohtaisesti ja ekopistekeräyksellä, erilliskerättyjen jätelajien siirtokuljetukset käsittelyyn, jätteiden käsittelyprosessit sekä päästöhyvitykset jätteiden hyötykäytöstä.

Mallinnus toteutettiin teoreettisena tarkasteluna *Logistisesti optimoitu monilokero* – hankkeen kokeilusta (tästä lähtien monilokerokokeilu) saatujen tietojen pohjalta, joita täydennettiin Rosk'n Rollin asiakasrekisterin aineistolla, aikaisemmin tehdyllä selvityksellä (*Rosk'n Roll Oy Ab:n toiminnan hiilijalanjälki vuodelle 2021*) sekä uusien kerättyjen tietojen pohjalta. Tarkasteltavina jätelajeina olivat monilokerokokeilussa kiinteistökerätyt jätejakeet: sekajäte, biojäte, pienmetalli, lasi, kartonki- sekä muovipakkaukset.

Monilokerokeräyksen laajentamisen vaikutuksia tarkasteltiin neljän eri skenaarion avulla. Skenaariot on esitelty taulukossa 1. Skenaario 1.0 oli monilokerokokeilun toteuma laajennettuna kaikkiin tarkasteltaviin taajamiin. Skenaariossa 2.0 monilokerokeräys oli optimoituna teoreettiseen maksimiin astioiden tyhjennysvälien ja astiakokojen suhteen. Skenaarioissa 3.0 ja 3.1 monilokerokeräystä ei ollut vaan keräyksinä olivat ainoastaan jätelain tulevana vuosina edellyttämä keräykset: sekajätekeräys kaikilta kiinteistöiltä ja biojätekeräys kaikilta kiinteistöiltä yli 10 000 asukkaan taajamissa. Nämä kahden jätelajin keräykset toteutettiin kuljetuskalustossa joko 1- tai 2-kammiokeräyksinä.

Taulukko 1 Mallinnuksessa käytetyt skenaariot. Skenaariota 3.0 voidaan pitää ns. perusskenaariona, sillä se kattaa tuleville vuosille jätelain asettamat vähimmäisvaatimukset ja siinä kuljetukset hoidetaan perinteisen linjan mukaisesti erillisinä kuljetuksina.

Skenaario	Kuvaus
1.0	Monilokerohankkeen kokeilualueen mukainen toteuma astiakokojen ja tyhjennysrytmien osalta laajennettuna tarkastelu taajamiin. Järjestelmässä on kolme astiaa: sekajäte, biojäte ja hyötyjäte (4-lokeroastia). Sekajätteen ja biojätteen keräys toteutetaan 1-kammiokeräyksenä ja hyötyjätteiden keräys 4-kammiokeräyksenä.
2.0	Monilokerokeräysjärjestelmä optimoituuna teoreettiseen maksimiin astioiden tyhjennysvälien ja kokojen suhteen. Järjestelmässä on kolme astiaa: sekajäte, biojäte ja hyötyjäte (4-lokeroastia). Sekajätteen ja biojätteen keräys toteutetaan 1-kammiokeräyksenä ja hyötyjätteiden keräys 4-kammiokeräyksenä.
3.0 ns. perusskenaario	Jätelain edellyttämä keräys, jossa sekajäte kerätään kaikilta kiinteistöiltä taajaman kokoon katsomatta ja biojäte kerätään kaikilta kiinteistöiltä yli 10 000 asukkaan taajamissa. Järjestelmässä on kaksi astiaa: sekajäte ja biojäte. Sekajätteen ja biojätteen keräys toteutetaan 1-kammiokeräyksenä.
3.1	Jätelain edellyttämä keräys, jossa sekajäte kerätään kaikilta kiinteistöiltä taajaman kokoon katsomatta ja biojäte kerätään kaikilta kiinteistöiltä yli 10 000 asukkaan taajamissa. Järjestelmässä on kaksi astiaa: sekajäte ja biojäte. Sekajätteen ja biojätteen keräys toteutetaan 2-kammiokeräyksenä yli 10 000 asukkaan taajamissa. Muissa taajamissa sekajäte kerätään 1-kammioautolla (eikä biojätteen keräystä ole) kuten skenaariossa 3.0.

Mallinnuksen toteutti LCA Consulting Oy (nykyisin osa Etteplan Oyj:tä) käyttäen GaBi-elinkaarimallinnusohjelmaa ja itse kehittämänsä, jätteiden keräyksen päästöjen ja kustannusten mallinnukseen kehitettyä JEKO-työkalua. Ilmastonlämpenemisvaikutukset laskettiin LCA Consultingin olemassa olevien jätteenkäsittelyn laskentamallien avulla, noudattaen elinkaariarviointistandardien ISO 14 040 ja 14 044 sekä IPCC:n mukaisia laskentaperusteita ja ohjeistuksia. Laskennassa käytetyistä laskenta-arvoista ja oletuksista päätettiin yhdessä Rosk'n Rollin ja LCA Consultingin välisissä keskusteluissa.

1.1 Tärkeimmät mallinnuksessa käytetyt oletukset

Rosk'n Rollin asiakasrekisteriaineistosta saatiin kiinteistöjen määrät ja kiinteistökohtaiset huoneistojen lukumäärät, mutta ei asukasmääriä. Asukasmäärän oletettiin olevan pienkiinteistöissä 2,73 asukasta/huoneisto pohjautuen Tilastokeskuksen tietojen perusteella määritettyihin keskiarvoihin.

Biojätteen osalta skenaarioissa 1–2 oletettiin 55 % pienikiinteistöistä liittyneen järjestettyyn erilliskeräykseen ja loppujen 45 % kotikompostoitavan biojätteet omalla kiinteistöllä. Skenaarioissa 3.0 ja 3.1 oletus biojätteen erilliskeräykseen liittyneiden osuudesta oli sama (55 %) yli 10 000 asukkaan taajamien kohdalla, mutta alle 10 000 asukkaan taajamissa biojätteen erilliskeräykseen liittyneitä ei oletettu olevan ja 20 % pienikiinteistöistä oletettiin kotikompostoitavan.

Kustannuksissa huomioitiin jäteyhtiölle aiheutuvat kustannukset koko keräys- ja käsittelyketjun osalta.

Jätteenkeräyksessä oletettiin käytettävän polttoaineena fossiilista sekä uusiutuvaa dieseliä Rosk'n Rollin vuonna 2021 toteuttaman keräyksen mukaisesti.

Mallinnuksessa keräystyön ja siirtokuljetusten osalta huomioitiin sekä ajankäyttö että kilometrisuoritteet. Keräyksessä rajoittavana tekijänä eli tyhjennyskertojen määrän määrittävänä tekijänä sallittiin kuorman keräämiseen käytettävä aika, kuormapaino tai ensimmäisenä täyttyvän lokeron täyttyminen.

Jätteiden lajittelukertyminä skenaarioissa 1–2 käytettiin monilokerokokeilun mukaisia lajittelukertymiä: sekajäte 82, biojäte 66, metalli 3, lasi 5, kartonki 13 ja muovi 14 kg/as/a. Skenaarioissa 3.0 ja 3.1 sekajättekertyminä käytettiin 156 kg/as/a alle 10 000 asukkaan taajamissa ja 103 kg/as/a yli 10 000 asukkaan taajamissa. Biojätteen kertymä oli skenaarioissa 3.0 ja 3.1 skenaarioiden 1.0 ja 2.0 mukainen 66 kg/as/a. Samaa oletuskertymää käytettiin myös kotikompostoinnille.

Skenaarioissa käytetyt astia- ja lokerokoot sekä astioiden tyhjennysvälit on esitetty taulukossa 2. Skenaariossa 1.0 astia- ja lokerokoot sekä tyhjennysvälit olivat monilokerokokeilun mukaiset. Skenaariossa 2.0 oli käytössä monilokerokokeilun suurimmat astiat ja pisimmät tyhjennysvälit. Skenaariossa 2.0 mallinusta kokeiltiin myös monilokerokokeilun jätelajikertymien ja täyttöasteoletusten pohjalta optimoiduilla tyhjennysväleillä ja astioiden koilla. Nämä tulokset eivät eronneet kokeilun pisimmillä tyhjennysväleillä sekä isoimmilla astioiden koilla mallinnetuista tuloksista, joten niitä ei ole tuloksissa esitetty erikseen. Skenaarioissa 3.0 ja 3.1 käytettiin sen sijaan tyypillisintä oletettua astiakokoa. Tyhjennysvälien mukaisesti tyhjennysten kokonaismäärä vuodessa vaihteli täten skenaarioiden välillä huomattavasti. Vähiten tyhjennyksiä tuli 2-kammioautolla kerätessä skenaariossa 3.1. Tyhjennyksiä tuli melkein saman verran 1-kammioautolla keräyksestä skenaariossa 3.0 kuin teoreettisesti optimoidussa 1-kammioautolla tapahtuvasta seka- ja biojätteiden keräyksestä höystettynä 4-kammioauton hyötyjätteiden keräyksellä skenaario 2. Näihin nähden monilokerokokeilun mukaisena laajennettu hyötyjätteiden monilokerokeräys skenaariossa 1 lisäsi merkittävästi tyhjennyksiä.

Taulukko 2. Mallinnuksessa käytetyt jätteastioiden ja lokeroiden koot (Astia/lokero: ilmoitettu litroina) sekä keskimääräiset tyhjennysvälit (Tv: ilmoitettu viikkoina). Skenaariossa 1 oli useita astiakokoja: sekajätteellä kokoja oli 4 ja muilla jätelajeilla 2.

Jätelaji	Skenaario 1.0		Skenaario 2.0		Skenaario 3.0		Skenaario 3.1	
	Astia/lokero	Tv	Astia/lokero	Tv	Astia/lokero	Tv	Astia/lokero	Tv
Seka	140–660	5,1	660 (, 360)	8	240	3,5	240	3,5
Bio	140, 240	3,4	240 (, 140)	4	140	4	140	3,5
Metalli	30, 45	4,9	45 (, 30)	8				
Lasi	30, 45	4,9	45 (, 30)	8				
Kartonki	120, 230	4,9	230 (, 120)	8				
Muovi	180, 340	4,9	340 (,180)	8				
Tyhjennyksiä yht. /vuosi		36,1		26		27,9		14,9

Ekopistekertymät allokoitiin taajamien ja kuntien asukaslukujen suhteen. Skenaarioissa 1–2, joissa oli materiaalihyödynnettävien jätteiden 4-lokerokeräys, huomioitiin poistumat sekä sekajäte- että ekopistekeräyksissä. Poistuma oletukset olivat: a) kiinteistökeräystä metallista, lasista ja kartongista 60 % poistuisi sekajätteen seasta ja 40 % ekopistekeräyksestä ja b) Kiinteistökeräystä muovista 80 % poistuisi sekajätteen seasta ja 20 % ekopistekeräyksestä (muovin ekopistekeräys ei ole vielä yhtä kattava kuin muille hyötyjätteille).

Jätteiden siirtokuormaus, kuljetukset hyödyntäville laitoksille sekä hyödyntävät laitokset oletettiin olevan Rosk'n Rollin vuoden 2021 toiminnan mukaisia

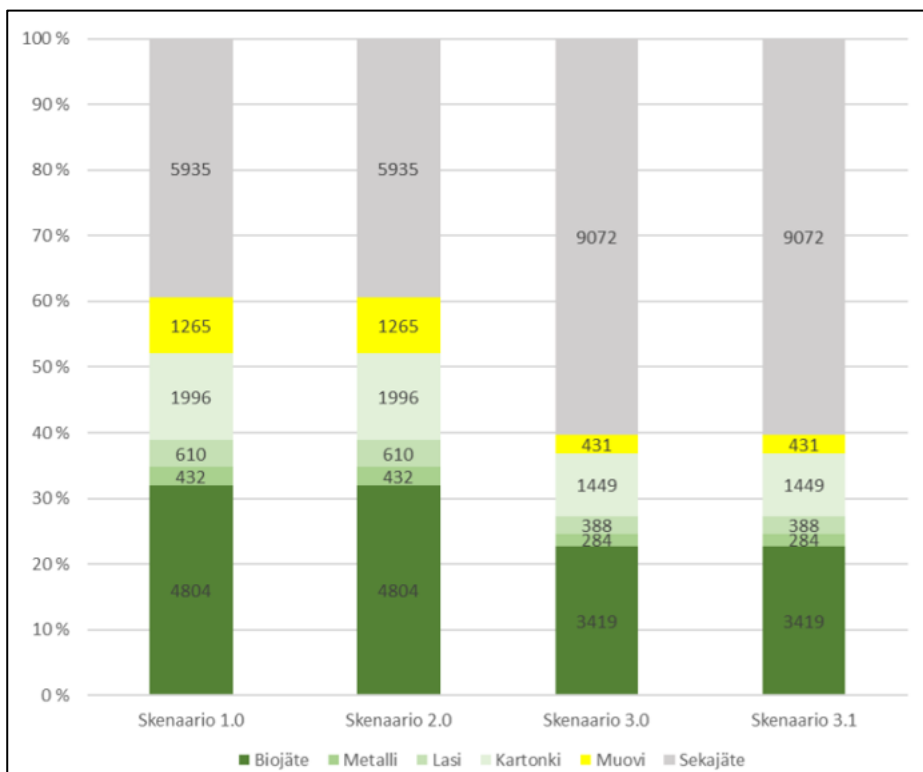
Kotikompostoidun biojätteen ei oletettu vähentävän teollisten lannoitteiden tai maanparannusaineiden käyttöä kotitalouksissa, ja sen vuoksi päästöhyvityksiä ei ole otettu kotikompostoinnin osalta huomioon.

Keräysten kustannuslaskennassa huomioitiin vain itse tyhjennysuoritteiden kustannukset vuoden 2022 urakoitsijakorvausten hintatasojen mukaisina. Huomioimatta jätettiin mm. mahdolliset investointikustannukset, kuljetusurakoitsijoiden bonukset tai korvauksen alennukset, astiapesujen kustannukset tai muut mahdolliset keräyksen lisäkustannukset. 4-lokerotyhjennys hinnat approksimoitiin urakoitsijan tuntihinnan, monilokerokokeilun työajankäytön ja astiatyhjennysmäärien avulla. Myös alueellisten keräyspisteiden kohdalla huomioitiin kustannuksissa vain tyhjennysuoritteiden kustannukset, jättäen ulkopuolelle esim. alueiden perustamis- sekä siivouskulut.

2 Tulokset

2.1 Jätteiden talteenottoaste ja ilmastonlämpenemisvaikutukset

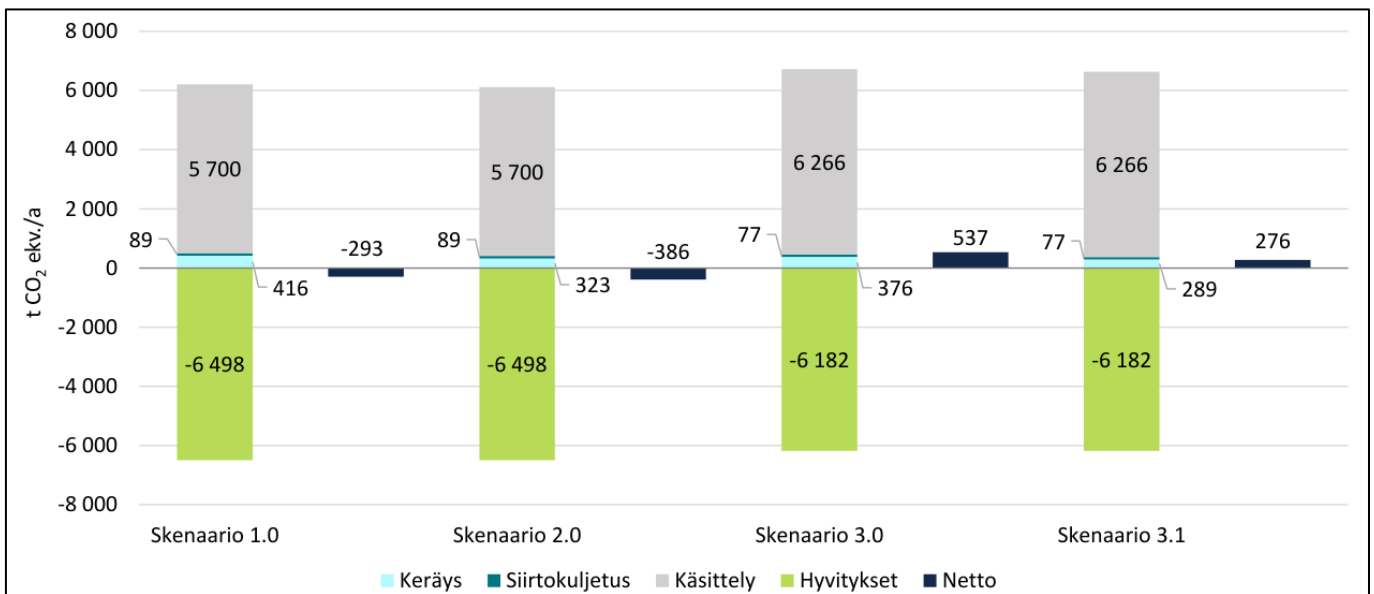
Monilokerokeräys kasvatti jätteen talteenottoasteita eli materiaali- sekä ravinnekierrätykseen päätyvän jätteen osuuksia (kuva1). Talteenottoasteet olivat hieman yli 60 % monilokerokokeilun käytännön osoittaman toteutuksen mukaisena (skenaario 1.0) sekä siitä teoreettisesti optimoitujen astiakokojen ja tyhjennysvälien mukaisena (skenaariot 2.0 ja 2.1) kun taas vain jätelain täyttävät velvoitteet kattavan mukaisena keräysjärjestelmänä (skenaariot 3.0 ja 3.1) talteenottoasteet jäivät 40 prosenttiin.



Kuva 1. Jätteiden talteenottoasteet mallinnetuissa skenaarioissa. Biojäte sisältää erilliskerätyn ja kotikompostointiin päätyvän biojätteen. Muut hyötyjätteet sisältävät erilliskerätyn ja alueellisiin keräyspisteisiin päätyvän määrän. Palkkeihin merkityt luvut ovat tonnia jätettä per vuosi.

Ilmastonlämpenemisvaikutukset olivat skenaarioissa 1–2 negatiivisella puolella, mikä tarkoittaa jätteiden hyödyntämisellä saavutettavan suuremmat hyödyt kuin mitä keräyksestä ja käsittelystä aiheutuvat päästöt ovat. Skenaarioissa 3.0 ja 3.1 päästöt olivat puolestaan suuremmat kuin päästöhyödyt (kuva 2). Siten monilokerokeräyksellä saataisiin pienennettyä jätehuollon hiilijalanjälkeä, ja palautettua samalla enemmän materiaalia uudelleen kiertoon. Suurin ero nettovaikutuksissa (923 t CO₂ ekv./a) oli

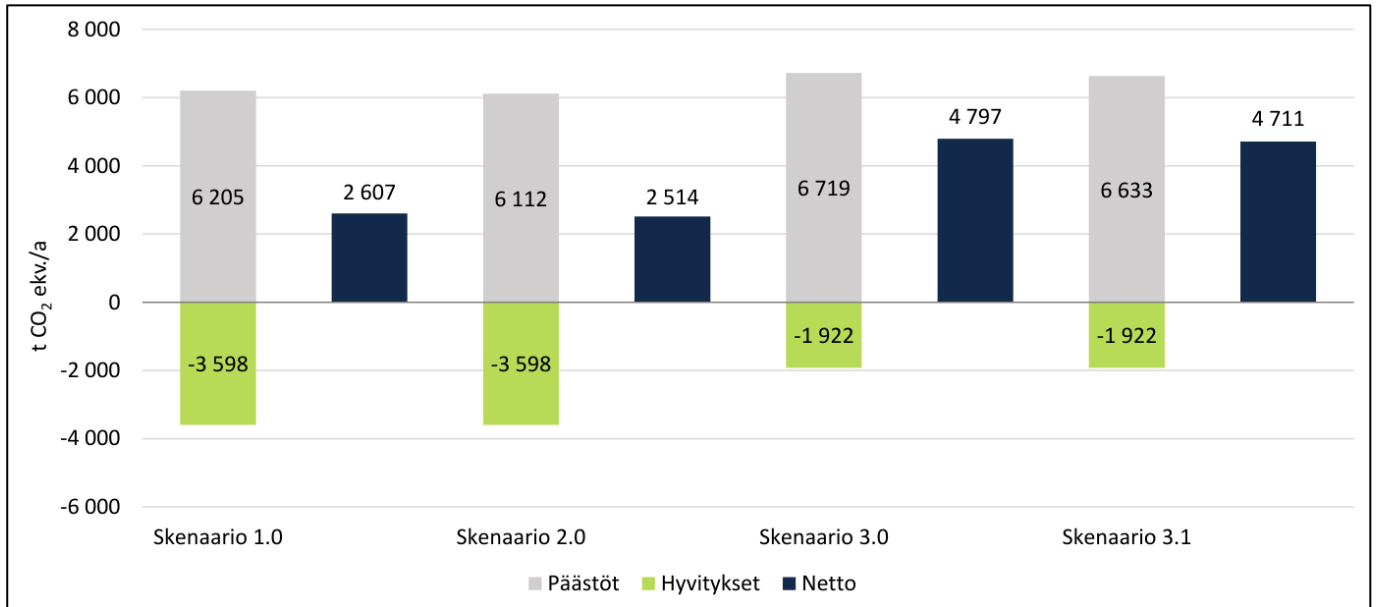
skenaarioiden 2.0 ja 3.0 välillä. Kaikissa skenaarioissa vain 6–8 % päästöistä aiheutui jätteiden siirtokuljuksesta ja keräyksestä, kun loput eli 94–92 % päästöistä aiheutui jätteiden käsittelystä, pääosin jätteen poltosta.



Kuva 2 Ilmastonlämpenemisvaikutukset mallinnetuissa skenaarioissa

Myös taajamatasolla tarkasteltuna (Liite 1) tuotti monilokerokeräys (skenaariot 1.0 ja 2.0) ilmastovaikutukseltaan paremman lopputuloksen verrattuna jätelain vähimmäisvaatimusten mukaisiin keräyksiin (skenaariot 3.0 ja 3.1) jokaisessa tarkastellussa taajamassa.

Käsittelystä saatavia päästöhyvityksiä muodostuu nykyisin kaikkien jätelajien kohdalta. Tulevaisuutta hahmottaen odotetaan sähkön- ja lämmöntuotannossa fossiilisia polttoaineita korvattavan nykyistä enemmän uusiutuvilla lähteillä, jolloin sekajätteen energiahyödyntämisestä saatavat päästöhyvitykset tulevat vähenemään. Tätä suuntausta ajatellen mallinnettiin skenaarioille myös hyvin karkean tason herkkyystarastelu, jossa sekajätteen poltosta ei saataisi lainkaan päästöhyvityksiä. Tämä herkkyystarastelu vastaa tilannetta, jossa jätevoimalassa tuotettu energia korvaisi vain täysin uusiutuvia energianlähteitä. Tämä tarkastelu simuloi hyvin karkeasti tulevaisuutta, vaikkakin se on hyvin teoreettinen ja kierrätystä puoltava, sillä esimerkiksi kierrätysprosessien käyttämää energiaa ei muutettu. Tulokset tarkastelulle on esitetty kuvassa 3. Tuloksissa skenaarioiden järjestys nettovaikutuksissa pysyy samana, mutta kierrätystä lisäävien monilokeroskenaarioiden (1.0 ja 2.0) päästöhyödyt kasvavat merkittävästi verrattuna vain jätelakia noudattaviin skenaarioihin (3.0 ja 3.1). Suurin ero nettovaikutuksissa on skenaarioiden 2.0 ja 3.0 välillä (ero on 2 283 t CO₂ ekv./a) ja tuo ero on 2,5-kertainen nykytilanteen mallinnukseen nähden. Tulos kertoo, että kierrätyksellä voidaan saavuttaa nykyistä suuremmat ilmastohyödyt, kun fossiilisten energianlähteiden osuus korvattavana energiana vähenee ja joskus poistuu.



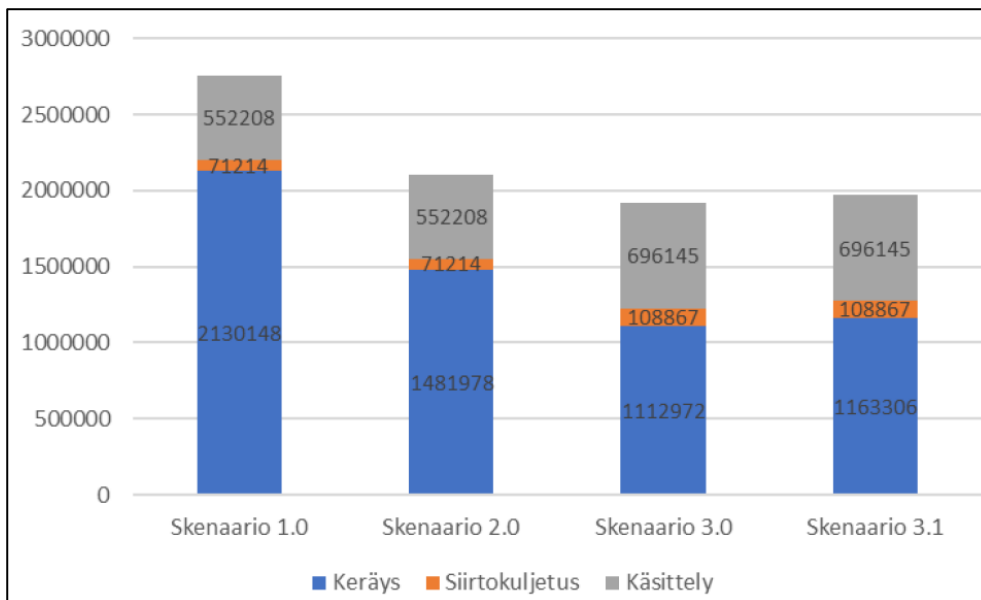
Kuva 3 Ilmastonlämpenemisvaikutukset mallinnetuissa skenaarioissa ilman sekajätteen poltosta aiheutuvia päästöhyvityksiä (vaikutusten herkkyystarkastelu)

Herkkyystarkastelua ilmastonlämpenemisvaikutuksissa tehtiin myös muovin kohdalla. Nykytilanteen mallinnuksessa käytettiin oletuksena vain 37 % erilliskerätystä muovipakkausjätteestä päätyvän kierrätykseen ja loput 63 % hyödynnettävän energiana. Kierrätysosuuden nousu on tulevaisuuden tavoitteena. Herkkyystarkasteluna toistettiin mallinnus tilanteessa, jossa edelleen vain 37 % erilliskerätystä muovipakkausjätteestä saataisiin hyödynnettyä uusiomuovigranulaatteina, mutta 33 % muoviprofiileina ja täten enää vain 30 % hyödynnettäisiin energiana. Ilmastonlämpenemisen nettotulokset olivat tällöin -693, -786, 401 ja 193 t CO₂ ekv./a skenaarioissa 1.0, 2.0, 3.0 ja 3.1. Ilmastonlämpenemisvaikutukset paraniivat siis kaikissa skenaarioissa (skenaarioissa 3.0 ja 3.1 muutos aiheutui vain ekopistekeräyksenä kerätystä muovista) mutta eniten skenaarioissa 1.0 ja 2.0. Täten myös ero ilmastonlämpenemisvaikutuksiltaan parhaimman (skenaario 2.0) ja heikoimman skenaarion (skenaario 3.1) välillä kasvoi nykytilanteen mallinukseen nähden 264 t CO₂ ekv./a.

2.2 Kustannusvaikutukset

Tulokset jäteyhtiölle koituvista kustannuksista on esitetty kuvassa 4. Skenaarioiden 3.0 ja 3.1 välillä ei kustannuksissa ollut merkittävää eroa (kustannukset kokonaisuudessaan hieman alle 2 milj. €). Skenaarion 2.0 kustannukset olivat näihin nähden hiukan korkeammat ollen 2.1 milj. € ja skenaarion 1.0 kustannukset olivat n. 35 % korkeammat ollen 2,7 milj. €. Keräyksen, siirtokuljetuksen ja käsittelyn suhteelliset

osuudet kokonaiskustannusten muodostamisessa vaihtelivat skenaarioiden välillä. Siirtokuljetuksen osuus kokonaiskustannuksista oli 3 % skenaarioissa 1–2 ja 6 % skenaarioissa 3.0 ja 3.1. Käsittelyn kustannukset olivat sen sijaan 20 % ja 26 % skenaarioissa 1 ja 2 kun taas skenaarioissa 3.0 ja 3.1 olivat käsittelyn kustannukset n. 35 % kokonaiskustannuksista. Vastaavasti keräyksen kustannukset olivat 77 % ja 70 % skenaarioissa 1 ja 2 kun ne olivat hieman alle 60 % skenaarioissa 3.0 ja 3.1. Eli vaikka skenaarioissa 1.0 ja 2.0 keräyksen kustannukset olivat huomattavasti suuremmat kuin skenaarioissa 3, kompensoituvat ne osittain matalimmilla käsittelykustannuksilla. Lisäksi kustannuksiin vaikutti vahvasti astioiden tyhjennysvälit (taulukko 2), jotka sekajätteellä ja osittain myös biojätteellä tarkoittivat vähemmän vuosittaisia keräyksiä skenaarioissa 2.0 ja 1.0 skenaarioihin 3.0 ja 3.1 nähden (Taulukko 2).



Kuva 4. Jätelaitokselle koituvat kustannukset (€/vuosi).

Taajamatasolla tarkasteltuna kustannusten erot skenaarioiden välillä jakaantuivat. Kaikissa alle 10 000 asukkaan taajamissa hyötyjätteiden monilokerokeräys (skenaariot 1.0 ja 2.0) aiheutti jätelaitokselle suuremmat kustannukset (18–40 %) verrattuna jätelain vähimmäisvaatimusten mukaiseen järjestelmään (skenaario 3). Sen sijaan yli 10 000 asukkaan taajamissa, jossa jätelaki velvoittaa pientalot biojätekeräykseen, hyötyjätteiden monilokerokeräys skenaariolla 2.0 aiheuttaa jätelaitokselle saman suuruusluokan kustannukset kuin järjestettäessä keräys jätelain vähimmäisvaatimusten mukaisesti. Erot selittyvät tyhjennysväleillä ja käsittelykustannuksilla: skenaarioissa 3.0 ja 3.1 tyhjennyksiä on enemmän ja lisäksi sekajättemäärät ovat niissä suuremmat, kun taas skenaarioissa 1.0 ja 2.0 sekajätteestä on lajiteltu enemmän jätteitä erilliskeräyksiin ja noiden erilliskerättyjen jätteiden käsittelykustannukset ovat alhaisemmat kuin sekajätteen käsittelykustannukset.

Jätelaitokselle koituvia kokonaiskustannuksia tarkasteltiin myös huomioiden kunkin skenaarion kiinteistökeräyspalveluiden piirissä olevien huoneistojen lukumäärät (Taulukko 3). Huoneistokohtaisesti laskettuna edullisin järjestelmä kattaa vain sekajättekeräyksen skenaarioissa 3.0 ja 3.1. (eli kohdistuu näissä vain alle 10 000 asukkaan taajamien pientaloihin). Sen sijaan huoneistoilta, joilta skenaarioissa 3.0 ja 3.1 kerätään sekä seka- että biojäte (yli 10 000 asukkaan taajamien pientalot) tulee keräys kokonaisuudessa jätelaitokselle 6 % tai 9 % kalliimmaksi kuin skenaariossa 2.0. Toisin sanoen teoreettisesti optimoitu monilokeräysjärjestelmä, joka tuo lisää keräyspalveluja kiinteistöille, voi tulla jätelaitokselle jopa halvemmaksi järjestää kuin vain jätelain velvoitteet täyttävä järjestelmä. Monilokerokokeilun mukaisena laajennettava järjestelmä (skenaario 1.0) oli sen sijaan aina kallein vaihtoehto, mutta ero muihin skenaarioihin nähden oli kuitenkin maltillinen (ero oli 31 %, 23 % ja 19 % skenaarioihin 2.0, 3.0 ja 3.1 nähden.)

Taulukko 3. Jätelaitokselle koituvat vuosittaiset kustannukset laskettuna kyseisten kiinteistökeräyspalveluiden piirissä olevien huoneistojen lukumäärää kohden (€/huoneisto/vuosi) ja eroteltuina kaikkien eri astioiden jätteille. Skenaarioissa 3.0 ja 3.1 on yhteensä-rivillä ilmoitettu kustannus joko vain sekajätteestä, tai seka- että biojätteestä sillä alle 10 000 asukkaan taajamissa pientaloille on mallinnettu vain sekajätepalvelu, kun taas yli 10 000 asukkaan taajamien pientaloille sekä seka- että biojätepalvelu.

Jätelaji	Skenaario 1.0	Skenaario 2.0	Skenaario 3.0	Skenaario 3.1
Hyöty	34,46 €	21,11 €		
Bio	32,25 €	28,35 €	29,27 €	32,48 €
Seka	36,80 €	29,69 €	54,86 €	54,86 €
Yht.	103,52 €	79,15 €	54,86 € tai 84,13 €	54,86 € tai 87,34 €

Kustannustulosten tarkastelussa on hyvä huomioida, ettei mallinnuksessa ole huomioitu jätelaitoksen kustannuksia esim. kiinteistökeräyksen jäteastiainvestointien ja ekopisteiden kunnossapidon osalta.

3 Johtopäätökset

Taajama-alueiden mallinnuksessa kaikille pientaloille tuotu monilokerokeräysjärjestelmä (skenaariot 1.0 ja 2.0) lisäsi materiaali- sekä ravinnekierrätykseen päätyvän jätteen osuuden 40 %:sta 60 %:iin verrattuna jätelain vähimmäisvaatimusten mukaiseen jätteiden keräysjärjestelmään (skenaariot 3.0 ja 3.1). Tämä kierrätykseen ohjautuvan hyötyjättemäärän kasvu toi myös paremmin ilmastohyötyä ja niinpä monilokerokeräysjärjestelmä oli ilmastonmuutosvaikutuksissa jätelain vähimmäisvaatimusten mukaista jätteiden keräysjärjestelmää parempi.

Tulevaisuudessa energiantuotannon siirtyessä vahvemmin uusiutuvaan sekä erilliskerätyn muovin materiaalihyötykäyttöön päätyvän osuuden kasvaessa tulee hyötyjätteiden materiaalikeräys kasvattamaan entisestään ilmastovaikutuksissa etuaan jätelain vähimmäisvaatimusten mukaiseen järjestelmään nähden. Keräyksestä syntyvät päästöt olivat kokonaispäästöissä vähäisiä ja niiden merkitys tulee

tulevaisuudessa laskemaan entisestään, kun siirtyminen uusiutuvaan tapahtuu myös liikenteen puolella (mallinnuksessa käytettiin Rosk'n Rollin keräysurakoissa vuonna 2021 käytettyä fossiilisen/uusiutuvan polttoaineen jakaumaa). Myös ennen täyttä siirtymää voitaisiin kolmen astian järjestelmässä keräyksen päästöjä ja kustannuksia vähentää, mikäli astioiden tyhjennysvälejä ja kokoja voitaisiin siirtää lähemmäksi teoreettisesti optimoitua järjestelmää, mutta kokonaispäästöissä tämän merkitys olisi vähäistä (teoreettisesti optimoitu järjestelmä tarjosi vain 2 % vähenemän kokonaispäästöissä kokeilun toteuman mukaisena laajennettuun järjestelmään nähden).

Jätelaitokselle aiheutuvia kustannuksia tarkasteltaessa erosivat tulokset biojätteen erilliskeräysvelvoitteen mukaisesti. Yli 10 000 asukkaan taajamissa, joissa seuraavina vuosina ovat myös pientalot biojätteen erilliskeräysvelvoitteen piirissä, oli monilokerokeräys teoreettisesti optimoituna mallina (skenaario 2.0) kustannuksiltaan 6 % edullisempi kuin vain jätelain vähimmäisvaatimukset täyttävä keräysmalli (skenaariot 3.0 ja 3.1). Eli kuuden jätėjakeen keräys tuli jopa edullisemmaksi toteuttaa kuin vain kahden jakeen keräys. Tulosta selittää monilokeroasiakkailla tapahtuva sekajätteen määrän väheneminen ja laadun muuttuminen, jolloin keräystä tarvitaan harvemmin ja käsittelyn kustannukset pienenevät. Sen sijaan alle 10 000 asukkaan taajamissa, joissa jätelain vähimmäisvaatimukset kattavat vain sekajätteen erilliskeräyksen, oli kuuden jätėjakeen monilokerokeräys teoreettisesti optimoituna mallina 44 % kalliimpi.

Tarkasteltaessa monilokerokokeilun mukaisena laajennettua kuuden jakeen monilokerokeräystä, oli tämän mallin laajentaminen kaikissa taajamissa huomattavasti jätelain vähimmäisvaatimusten mukaista keräysjärjestelmää kalliimpi. Vietynä tarkastelu huoneistojen tasolle oli ero kuitenkin vain 23 % (19 €/huoneisto/vuosi) edullisimpaan kahden jätėjakeen keräykseen nähden. Tätä kustannuseroa voidaan pitää melko maltillisena, kun huomioidaan monilokerojärjestelmän myötä merkittävästi kohonnut huoneistojen palvelutaso sekä saavutetut ympäristöhyödyt. Sen sijaan huoneistotason tarkastelussa nähdään ero monilokerokokeilun mukaisena laajennetun ja edullisimman vain sekajätekeräyksen alle 10 000 asukkaan taajamille tarjoavan mallin välillä olevan jo kaksinkertainen (ero oli 49 €/huoneisto/vuosi). Vaikka ero on suuri tarkoittaa se silti näiden kiinteistöjen kohdalla sitä, että kaksinkertaisilla jättekustannuksilla päästiin yhden jakeen keräyksestä 6 jätėjakeen keräykseen.

Liite 1. Taajamakohtaiset tulokset Ilmastonlämpenemis- sekä kustannusvaikutuksista.

Skenaarion 3.1. kohdalla tulos on annettu vain, jos se eroaa skenaarion 3.0 tuloksesta, mikä tapahtui yli 10 000 asukkaan taajamien kohdalla.

Vaikutus- kategoria	Skenaario	Taajama									
		Hangon kt	Tammisaaren kt.	Karjaan kt.	Karkkilan kt.	Lohjan kt.	Nummela	Loviisan kt.	Porvoon kt.	Nikkilä	Söderkulla
Ilmaston- lämpenemisen nettovaikutus (t CO2 ekv./a)	1.0	-29	-23	-33	-30	-182	-51	36	105	-41	-47
	2.0	-39	-30	-40	-37	-199	-56	29	85	-46	-53
	3.0	5	19	16	15	-26	-4	116	397	-5	4
	3.1					-56	-13		359	-13	
Kustannus- vaikutus (milj. €/a)	1.0	0,19	0,18	0,18	0,18	0,55	0,17	0,17	0,74	0,18	0,21
	2.0	0,14	0,13	0,14	0,13	0,43	0,13	0,13	0,57	0,14	0,16
	3.0	0,10	0,11	0,12	0,11	0,41	0,13	0,10	0,56	0,15	0,14
	3.1					0,42	0,14		0,59	0,15	