

Jätteenkuljetusjärjestelmien vertailu

Logistinen näkökulma
Lounais-Suomi

Ekaterina Sinkonen
FM, Liiketoiminnan logistiikan tradenomiopiskelija

Kari Jalkanen
FT, yliopettaja

*Esitys pohjautuu Ekaterina Sinkosen
Turun AMK:n Liiketoiminnan logistiikan
koulutuksen opinnäytetyöhön, jossa jätelogistiikan
perusteita on kuvattu tarkemmin.*

Tutkimuksen tavoitteet ja toteutus

- Verrata kahta jätekuljetusjärjestelmää: kiinteistön haltijan järjestämä ja kunnan järjestämä jätteenkuljetus (tekstissä käytetään myös nimityksiä: sopimusperusteinen ja keskitetty, kunnan kilpailuttama järjestelmä)
- Näkökulmat:
 - ✓ logistiikka, logistinen tehokkuus
 - ✓ ympäristövaikutukset (päästöt, melu, liikenneturvallisuus)
- Kolme tutkimusaluetta, tarkka analyysi
 - ✓ Piikkiö, Kirismäen asuinalue
 - ✓ Piikkiö (postinumeroalue 21500)
 - ✓ Hirvensalo-Kakskerta
- Tulosten arviointi ja yleistettävyyys laajemmalle alueelle
- Yhteenvedo ja johtopäätökset



Tutkimusaineisto ja rajaukset

- Keskeisen aineiston muodostavat jätteenkuljetusyritysten toimittamat seurantatiedot Lounais-Suomen jätehuoltolautakunnalle (v. 2015).
 - Kymmenen kuljetusyrityksen tiedot
 - Yritysten ilmoittamista tiedoista kerättiin mm: tyhjennyspisteen katuosoite, jätelaji, astiakoko, astiamäärä ja tyhjennysväli
- Tarkasteluun otetaan vain polttokelpoinen jäte (ns. sekajäte), joka muodostaa ylivoimaisesti merkittävimmät jätelogistiikan virrat.
- Logistinen mallinnus tehdään ≤ 660 litran jäteastioille, koska nämä astiat tyhjennetään samanlaisella kalustolla, pakkaavalla jäteautolla ("takalastarilla").
- Huomioon ei oteta lietekuljetuksia eikä biojätettä. Myöskään metallin, lasin ja kartongin keräystä ei tarkastella erikseen.
- Tutkimuksen päätavoite on kahden jätteenkuljetusjärjestelmän logistiikan tehokkuuden vertaaminen huomioiden vertailussa ympäristövaikutusten arvioinnin ja elinkaarilaskennan hyvät periaatteet. Samalla, kun nykytilannetta verrataan kunnan järjestämään jätteenkuljetukseen tuotetaan myös tietoa urakka-alueiden suunnitteluun. Lisäksi tavoitteena on perehtyä jätelogistiikan optimointiin ja kuljetusmallinnuksen periaatteisiin.



www.ntm.fi/jateajoneuvot/baklastare/kgb

JÄTEKULJETUSJÄRJESTELMIEN VERTAILU: Piikkiö Kirismäki, omakoti- ja rivitaloalue

(Piikkiössä kiinteistön haltijan järjestämä jätehuolto)

Tyhjennyspisteitä 157 kpl

Tyhjennysvälit

- 1 vko 2 kpl
- 2 vko 96 kpl (+1 etukuormaussäiliö)
- 4 vko 56 kpl
- 8 vko 2 kpl

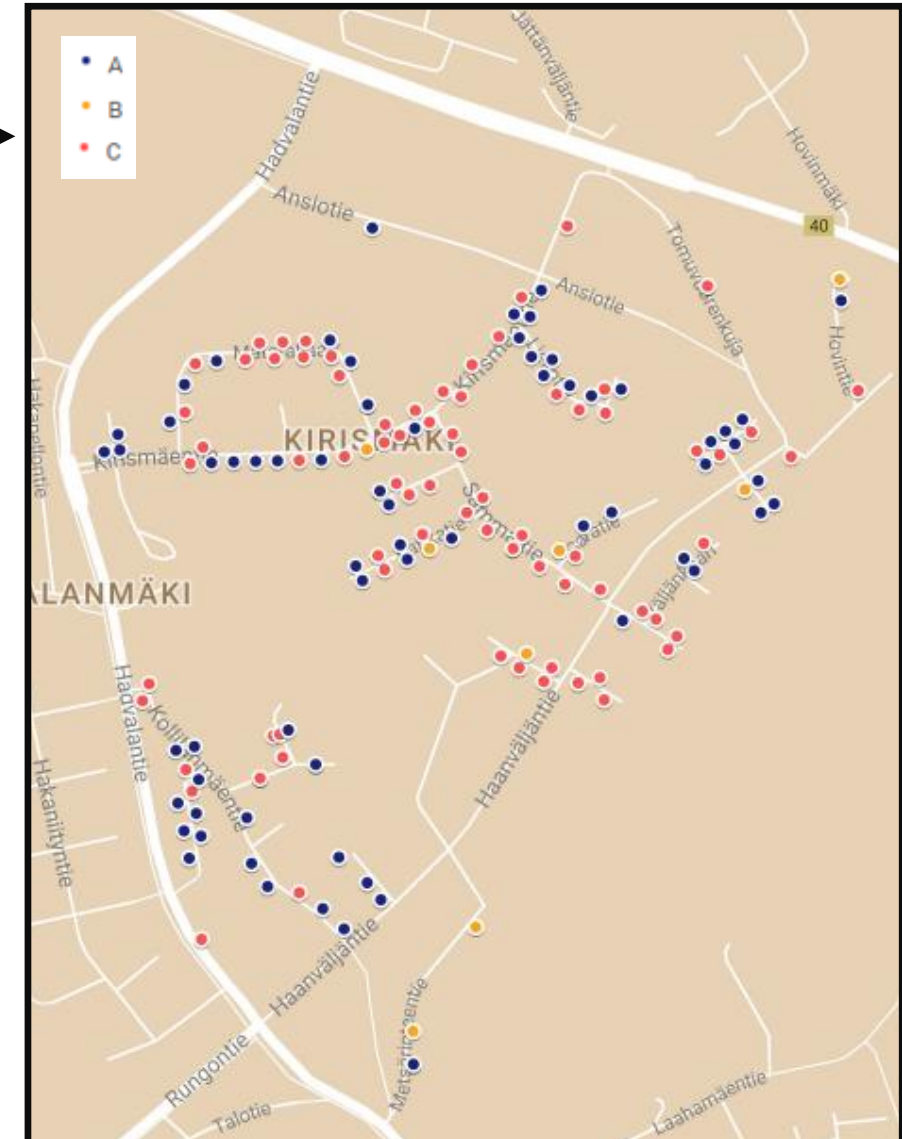
Astiakoot

- 600-660L 4 kpl
- 380-390L 4 kpl
- 240L 144 kpl (92%)
- alle 200L 4 kpl (joista yksi nelilokeroastia)
- (4000L 1 kpl, tyhj.väli 2vko, etukuormaussäiliö, ei mukana tarkastelussa)

Jätekuljetusyritykset

- A 71 keräyspistettä (46 %) (+1 etukuormaussäiliö)
- B 8 keräyspistettä (5%)
- C 77 keräyspistettä (49 %)

Tarkastelusta jätetään pois yhden polttokelpoisen jätteen etukuormaussäiliön lisäksi kahdessa eri osoitteessa olevat keräyskartongin, metallin ja sekalasin astiatyhjennykset. Alueella ei ole yhtään biojäteastiaa.



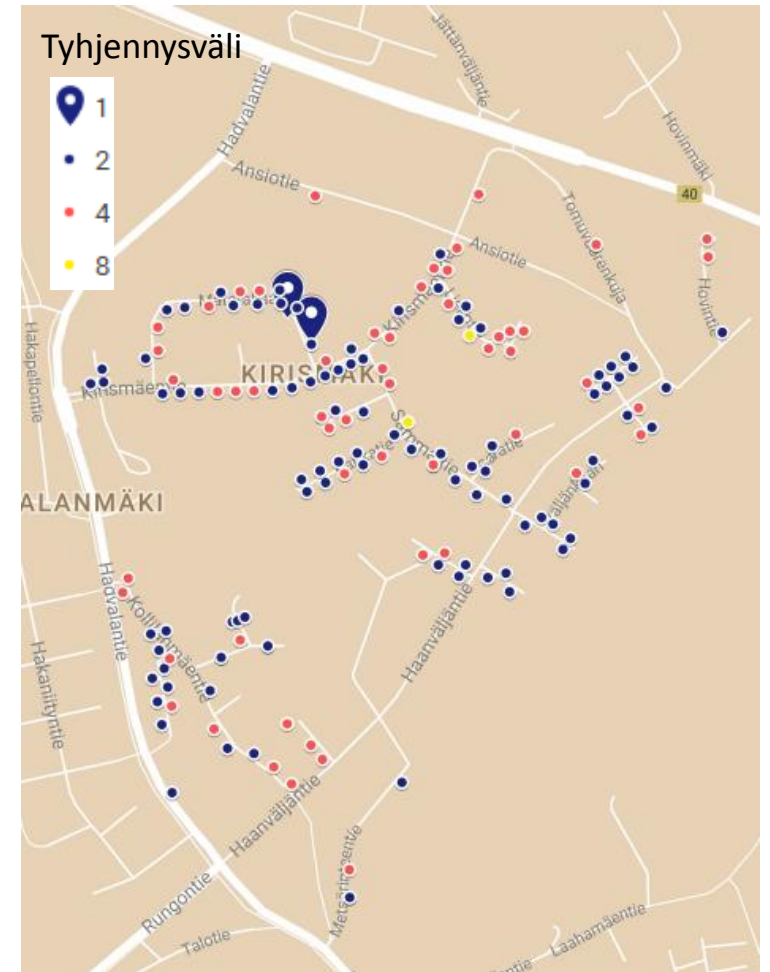
Keräilyreittien mallinnus ja tarkasteluperiodi

- Nykytilanteen ja kunnan järjestämän jätekuljetusten keräilyreitit muodostetaan tyhjennysvälitietojen pohjalta samoin perustein. Tarkastelu on teoreettinen, mutta takaa eri kuljetusjärjestelmien hyvän vertailukelpoisuuden. Käytännössä esim. 2-viikon tyhjennysvälin omaavat jäteastiat voidaan tyhjentää joko parillisina tai parittomina viikonpäivinä.
- Tarkasteluperiodin pituus: 4-viikkojakso (1.vko, 2.vko, 3.vko ja 4.vko)

Piikkiö, Kirismäki					
Tyhj.väli	Ker.pist.	1.vko	2.vko	3.vko	4.vko
1vko	2	x	x	x	x
2vko	96		x		x
4vko	56				x
Keräyspisteitä yht.		2	98	2	154
Ajorytmitys		1	1+2	1	1+2+4

Keräilyreittimallinnuksia 4-viikkojaksossa tulee yhteensä 3 kpl

- 1 - joka viikko ajettavat
- 1+2 - joka viikko ja joka toinen viikko ajettavat
- 1+2+4 - joka viikko sekä joka toinen ja joka neljäs viikko ajettavat



- *Laskelmissa ei huomioida muita reittejä tai siirtomatkoja, joita autot ajavat ennen ja jälkeen Kirismäen asuinalueelle saapumista.*
- *Reittien pituudet lasketaan jäteastioiden katuosoitetietojen perusteella.*
- *Kuljetusetäisyyksimittauksen alku- ja loppupiste on Hadvalantie.*

1.VKO ja 3.VKO

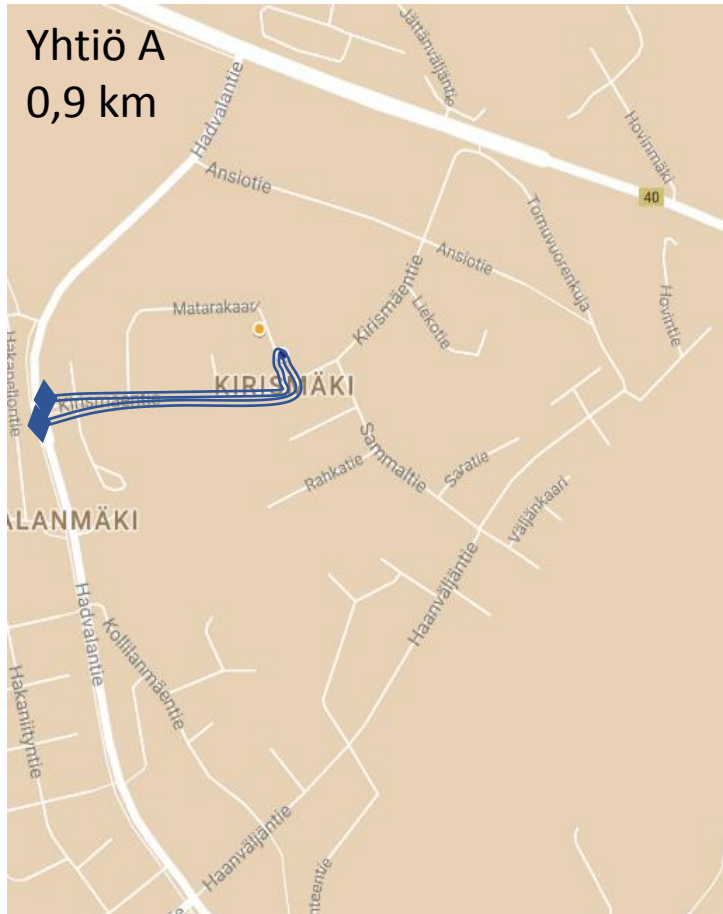
Tyhjennysväli 1vko

2 keräilypistettä

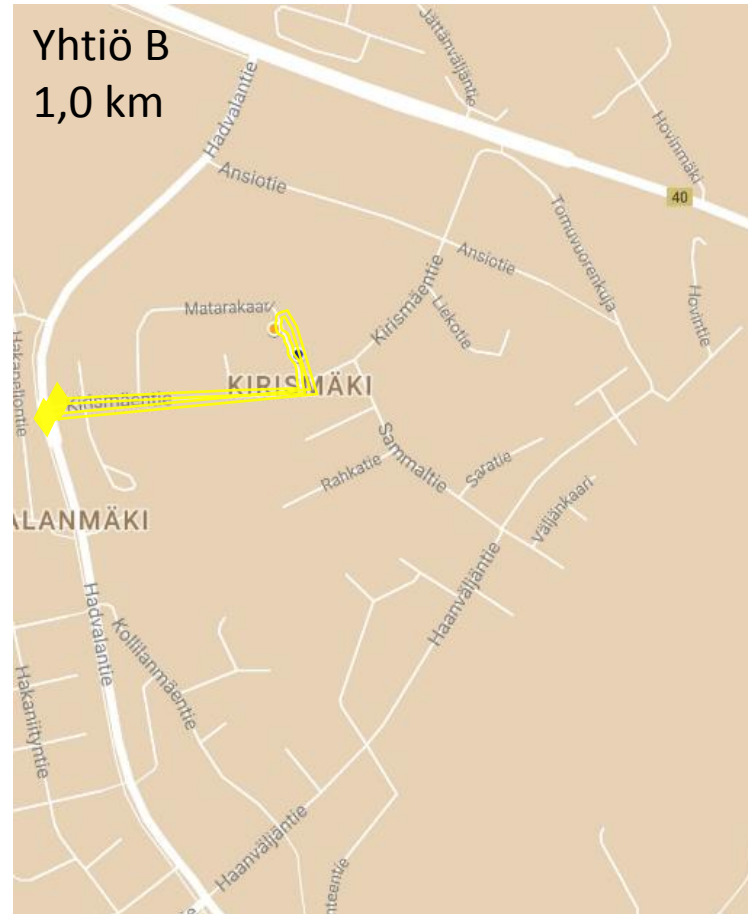
KULJETUSJÄRJESTELMIEN VERTAILU (ajosuorite, km)

NYKYTILANNE: ajokm yht. 1,9 (A + B)

Yhtiö A
0,9 km

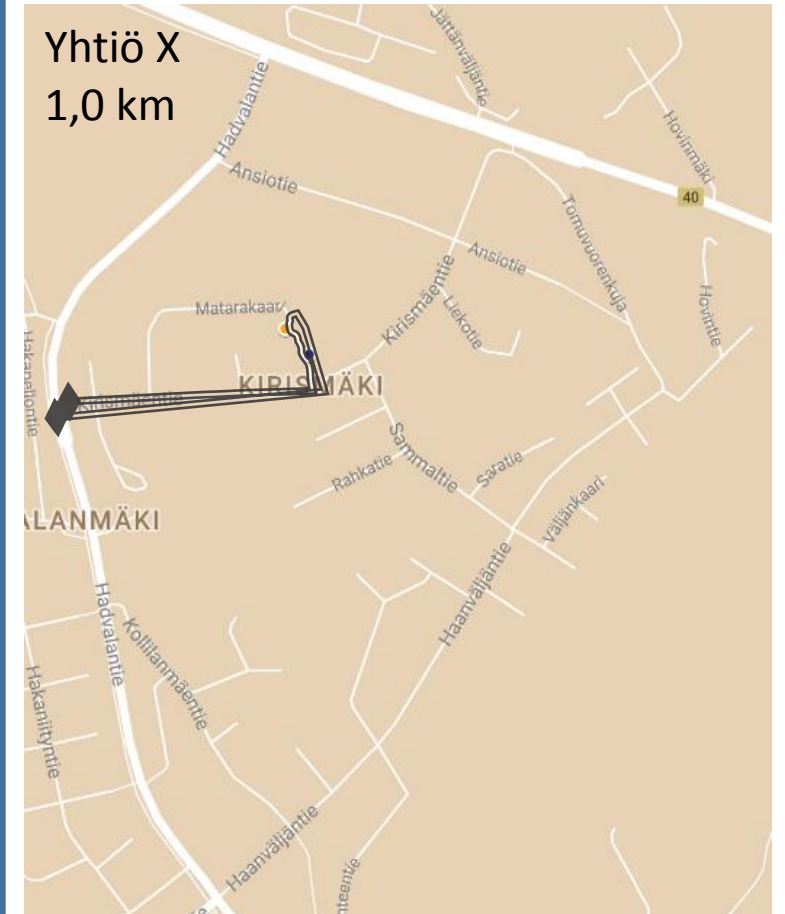


Yhtiö B
1,0 km



KUNNAN JÄRJESTÄMÄ JÄTEKULJETUS

Yhtiö X
1,0 km



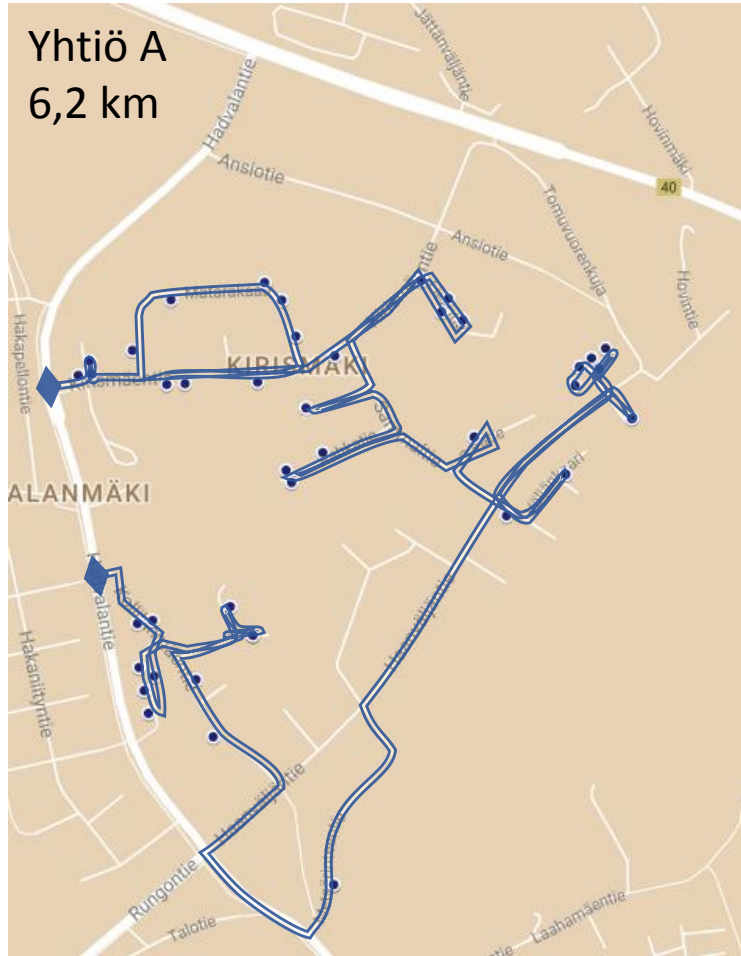
2.VKO

Tyhjennysväli 1+2vko

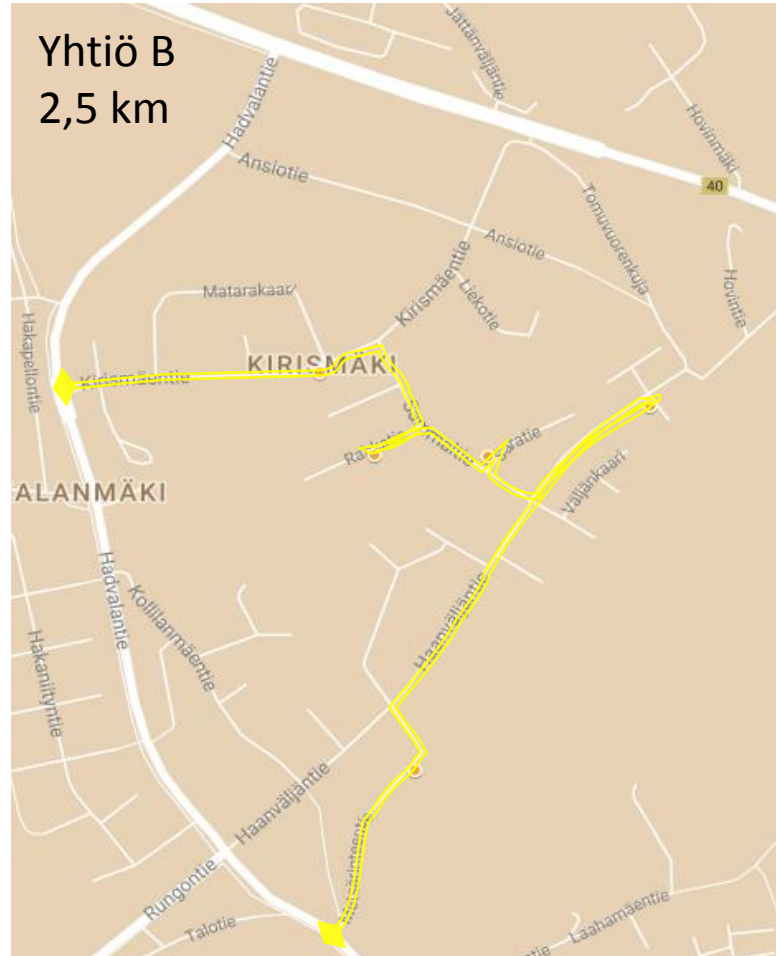
98 keräilypistettä

NYKYTILANNE: ajosuorite yht. 14,5 km (A + B + C)

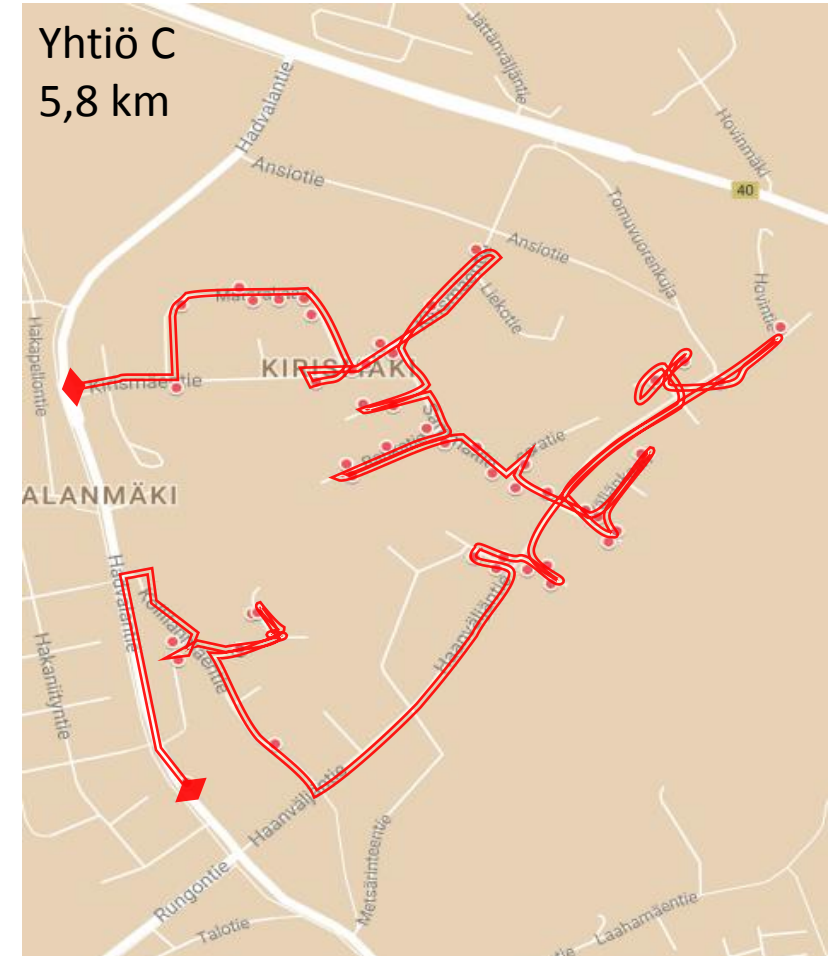
Yhtiö A
6,2 km



Yhtiö B
2,5 km



Yhtiö C
5,8 km



2.VKO

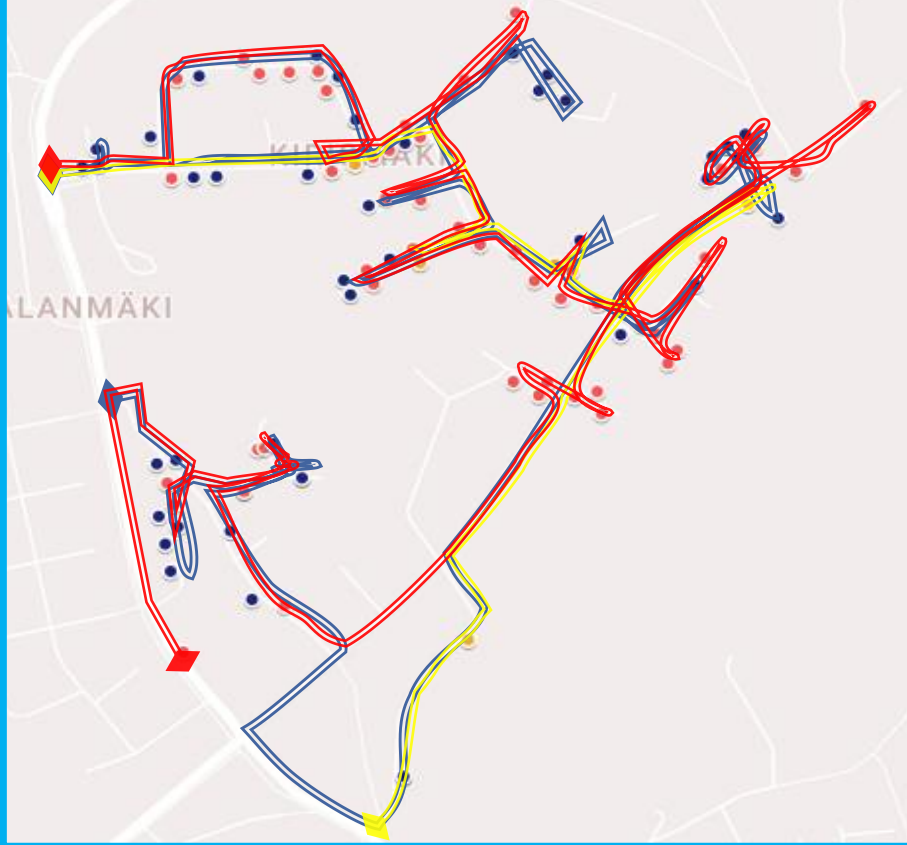
Tyhjennysväli 1+2vko

98 keräilypistettä

KULJETUSJÄRJESTELMIEN VERTAILU (ajosuorite, km)

NYKYTILANNE: kolme yhtiötä

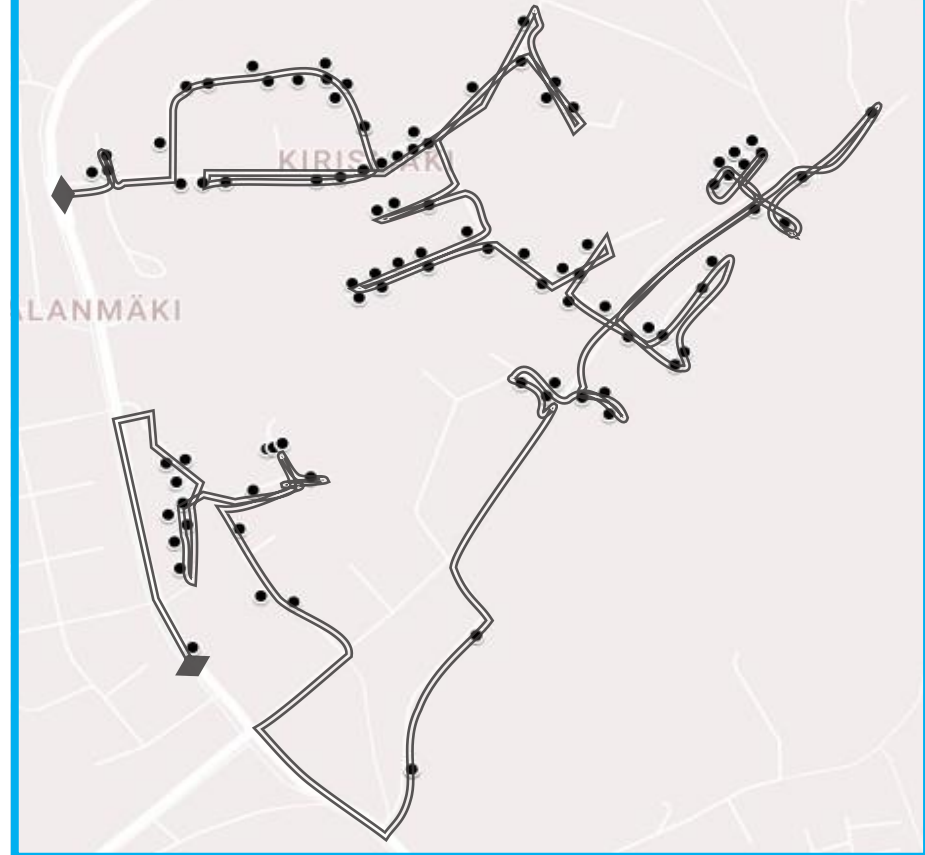
**Ajosuorite: yhtiöiden A, B ja C autot
yht. 14,5 km**



KUNNAN JÄRJESTÄMÄ JÄTEKULJETUS

Yhtiö X

Ajosuorite 7,4 km

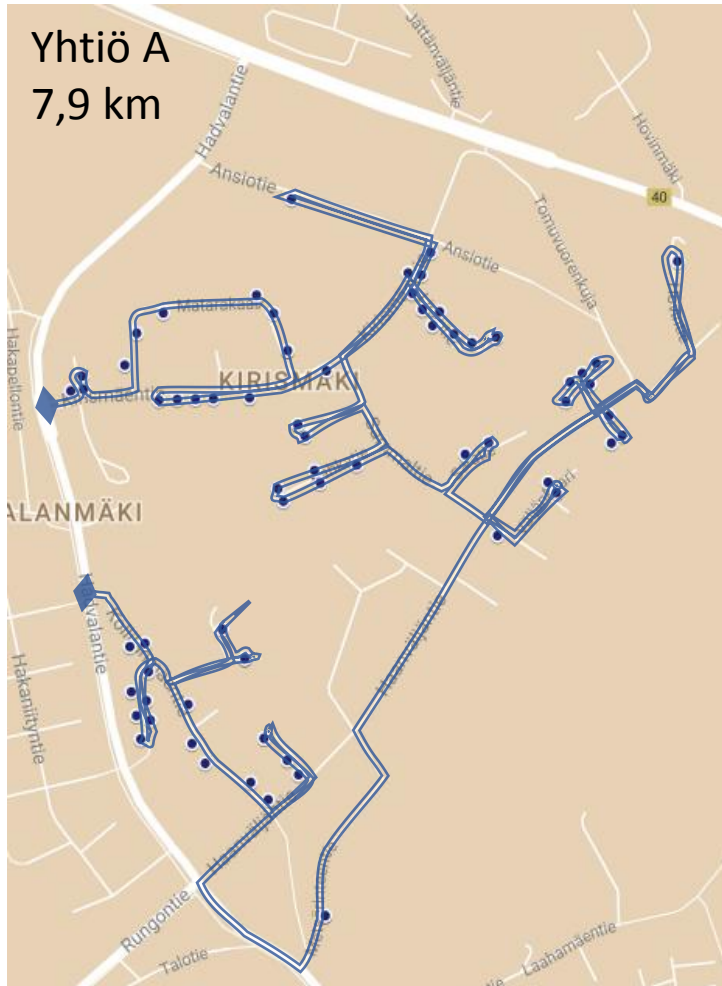


4.VKO

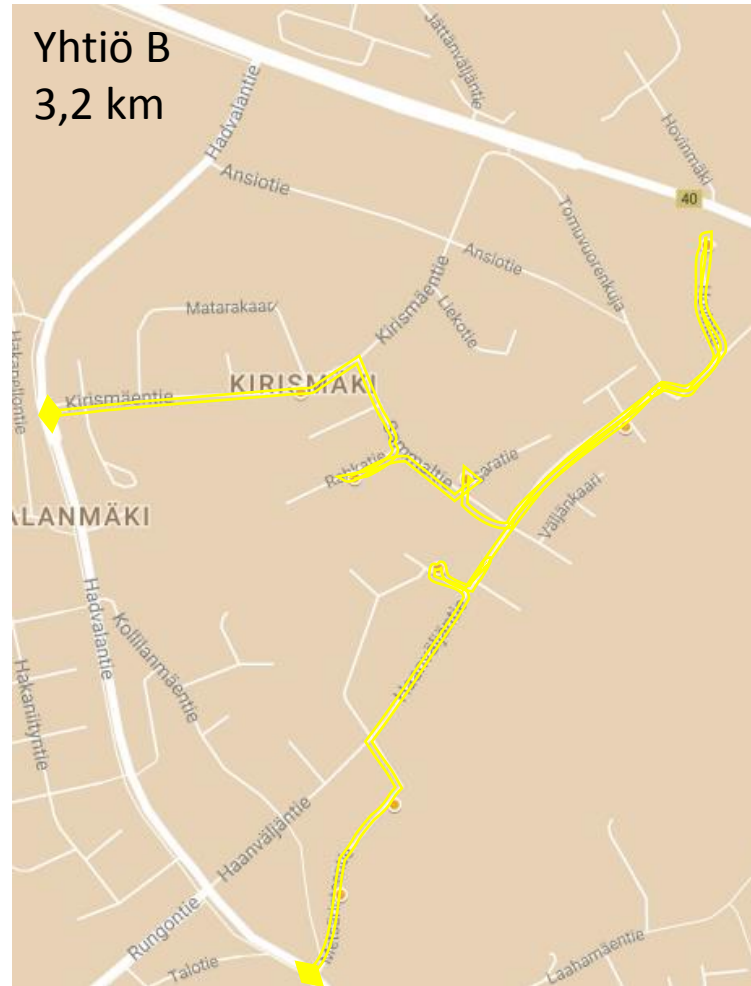
Tyhjennysväli 1+2+4vko
154 keräilypistettä

NYKYTILANNE: ajosuorite yht. 18,3 km (A + B + C)

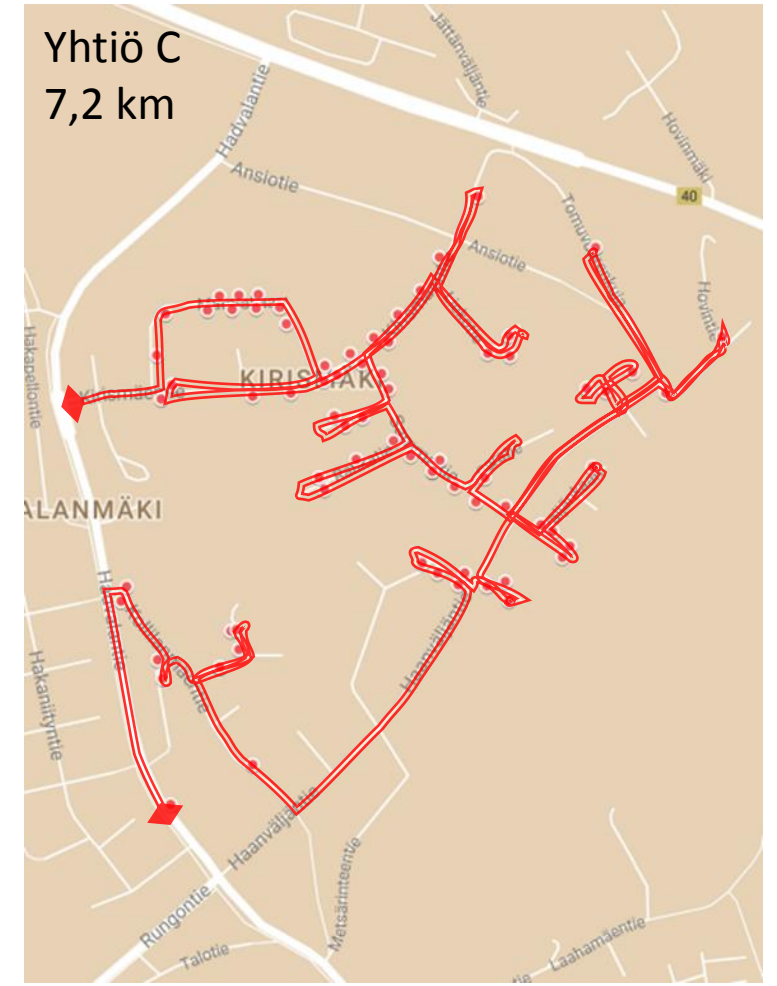
Yhtiö A
7,9 km



Yhtiö B
3,2 km



Yhtiö C
7,2 km



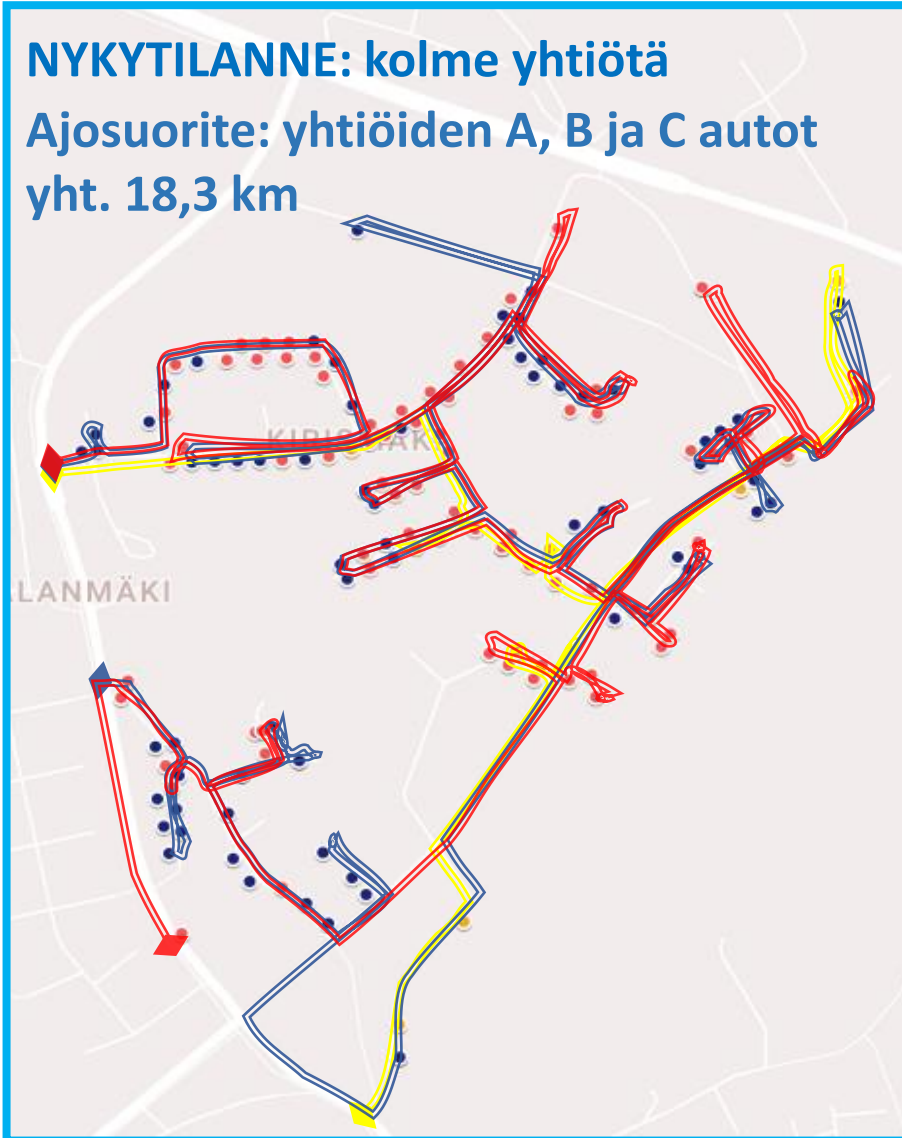
4.VKO

Tyhjennysväli 1+2+4vko
154 keräily pistettä

KULJETUSJÄRJESTELMIEN VERTAILU (ajosuorite, km)

NYKYTILANNE: kolme yhtiötä

Ajosuorite: yhtiöiden A, B ja C autot
yht. 18,3 km



KUNNAN JÄRJESTÄMÄ JÄTEKULJETUS Yhtiö X

Ajosuorite 9,0 km



Piikkiön Kirismäen alueen jätteenkuljetus tyhjennysväli-rytmillä 1+2+4 on hoidettavissa yhdellä autolla:

- 154 keräily pistettä
- n. 3 tonnia jätettä
- aikaa kuluu n. 3 h

JÄTEKULJETUSJÄRJESTELMIEN VERTAILU

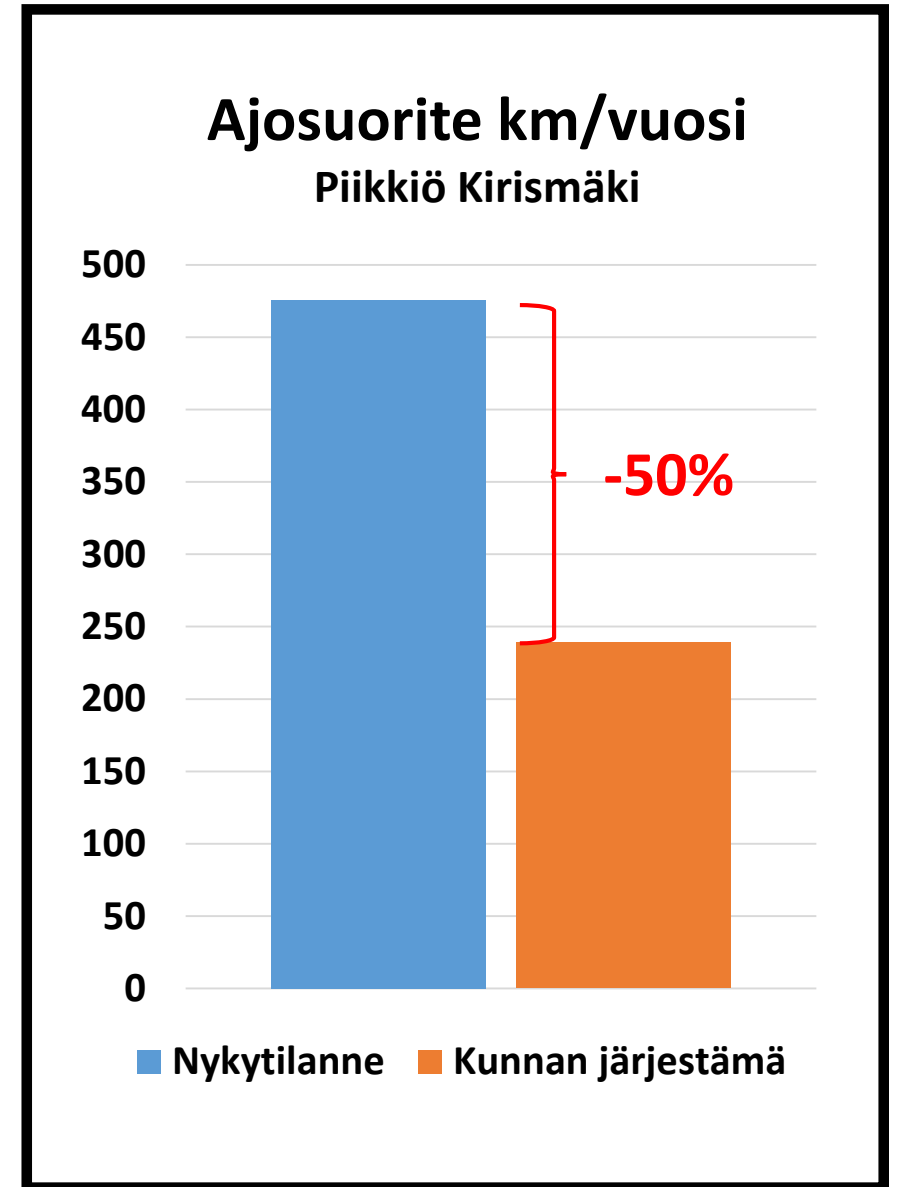
Jätekuljetusten ajosuoritteet (km)
4-viikon tarkastelujaksolla:

	<u>Nykytilanne</u>	<u>Kunnan järjestämä</u>
1.VKO	1,9	1,0
2.VKO	14,5	7,4
3.VKO	1,9	1,0
4.VKO	18,3	9,0
YHT	36,6 km	18,4 km

Vuositaso 476 km

239 km

Kunnan järjestämässä jätehuollossa tulee vuositasolla 237 kilometriä vähemmän (-50 %) ajosuoritetta Kirismäen asuinalueella kuin nykytilanteessa eli kiinteistön haltijan järjestämässä jätekuljetusjärjestelmässä.



KULJETUSJÄRJESTELMÄN MUUTOKSEN MYÖTÄ KIRISMÄEN ALUEELLA

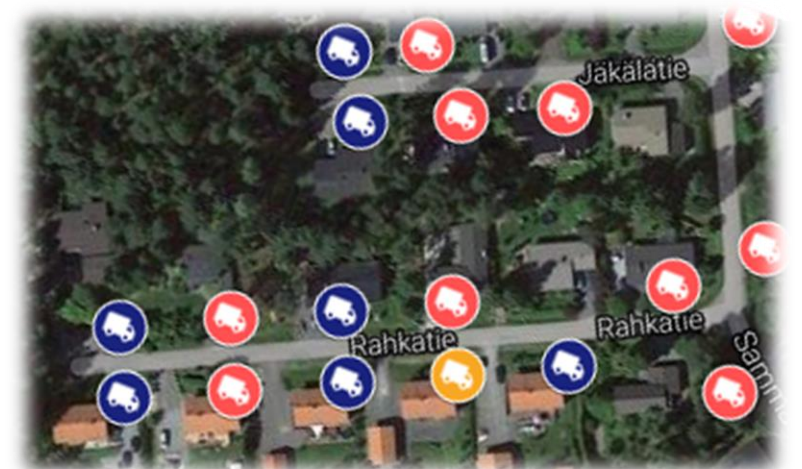
Jäteautojen ajosuorite (km) vähenee merkittävästi (-50 %)

- Ajosuoritteiden ero on todennäköisesti vieläkin suurempi, sillä nykytilanteen ajokilometrit asuinalueella on laskettu siten, että umpikadulla auto kääntyy heti takaisin tyhjennettyään ajojärjestyksessä olevan kadun viimeisessä osoitteessa olevan jäteastian eli ajosuoritelaskelmissa auto ei käy kääntymässä umpikadun päässä olevalla kääntöpaikalla.
- Nykytilanteessa useimmilla (77%) Kirismäen kaduilla, joista valtaosa on umpikatuja, käy 2-3 jäteautoa tyhjentämässä astioita. Kunnan järjestämässä jätekuljetuksessa yksi auto voisi tyhjentää kaikki ko. kadun tyhjennysvuorossa olevat jäteastiat yhdellä ajoreitillä.

Jäteautojen määrä vähenee ja logistiikka tehostuu

- Jäteautojen määrä vähenee Kirismäen alueella vähintään 10 jäteautosta => 4 jäteautoon (4-viikkojaksossa alueen 256 astian tyhjennys hoituu 10 auton sijaan 4 autolla)
- **Polttoainetta kuluu vähemmän ja päästöt vähenevät**
- **Katuverkon rasitus vähenee**
- **Liikenteen melu vähenee ja viihtyisyys lisääntyy**
- **Liikenneturvallisuus paranee**

Esim. Rahkatie: Nykytilanteessa kolmen eri yhtiön jäteautot käyvät Rahkatiellä, ja sille johtavalla Sammaltiellä 78 kertaa vuodessa, kun kunnan järjestämänä autojen ajokerrat Rahkatiellä vähenisivät 52 autolla, 26 jäteautoon.



Jätteenkuljetuksen ympäristövaikutukset

- Erottamaton osa jätteiden elinkaarta on niiden kuljettaminen. Jos tarkastellaan vain jätteiden elinkaaren aikana tuotettuja suoria päästöjä, ja jätetään erilaiset hyvitystarkastelut ulkopuolelle, kuljetusten merkitys kasvaa. Jätteenkuljetus aiheuttaa huomattavan osan jätehuollon ympäristövaikutuksista. (Myllymaa ja Dahlbo 2012: Elinkaariarviointien käyttö Suomen jätehuollon ympäristövaikutusten tarkastelussa).
- Jätteenkuljetuksen ympäristövaikutuksia ovat pakokaasupäästöt ilmakehään, melu ja tärinä. Päästöjen määrään voidaan vaikuttaa tehostamalla jätteen kuljetuksia, vähentämällä ajosuoritetta ja siten polttoainekulutusta. Jäteautojen määrän vähentyminen liikenteessä vähentää melua, ruuhkia sekä alentaa onnettomuusriskiä jätteenkeräysalueella.
- Pakokaasupäästöistä merkittävimpiä ovat hiilidioksidi (CO₂) sekä niin kutsutut säädellyt päästöt, joita ovat mm. hiilimonoksidi (CO), hiilivedyt (HC), typen oksidit (NO_x) ja hiukkaset (PM). Pakokaasupäästöt vaikuttavat terveyteen haitallisesti ja ne huonontavat paikallista ilmanlaatua.
- Hiilidioksidilla ei ole suoranaisia terveysvaikutuksia, mutta se on merkittävin kasvihuoneilmiötä aiheuttava kaasu.
- Muut jäteautojen tuottamat päästöt ovat terveydelle haitallisia ja ne ovat ns. lähipäästöjä eli päästöhaitat syntyvät valtaosin asuinalueilla, osin asiakkaan omalla pihalla eikä pelkästään yleisillä teillä. Jätteenkuljetusjärjestelmällä ei tosin ole suoraa merkitystä kiinteistön pihassa syntyviin päästöihin, ellei käytettävissä jätteenkuljetusajoneuvoissa ole eroja (esim. diesel/sähköhybridi), sillä kuljetusjärjestelmä ei sinänsä vaikuta jäteastioiden tyhjennysmääriin.
- Hiilidioksidin määrä on suorassa suhteessa käytetyn polttoaineen määrään. Ilmastonmuutokseen vaikuttaa kulutetun polttoaineen määrän lisäksi myös valittu polttoaine (diesel/biodiesel, uusiutuva diesel, biokaasu).
- Tehokkaimmin ilmastonmuutokseen voidaan vaikuttaa tehostamalla jätteenkuljetuksen logistiikkaa, vähentämällä ajosuoritetta ja siten polttoaineen kulutusta.

Polttoaineen kulutus ja päästölaskelman perusteet

- Jätteenkuljetuksen polttoaineen ja päästöjen tarkka laskenta on hankalaa, sillä jäteautojen polttoaineen kulutus vaihtelee paljon.
- Polttoaineen kulutukseen vaikuttavat useat tekijät mm. jäteauton tyyppi, akselien määrä, omamassa, moottorin ominaisuudet, kuljettajan ajotapa, kerättävä jäte ja jätemäärä, astioiden tyhjennysvälimatka ym.
- Päästölaskemat tehdään yleensä paljon yksinkertaistuksia sisältävillä lähtöolettamuksilla, esim. käyttämällä vain yhtä keskimääräistä polttoainekulutuskemaa.
- Koska jätekeräysautojen paljon kiihdytyksiä ja jarrutuksia sisältävän ajorytmin on todettu kuluttavan paljon energiaa, lasketaan tässä tutkimuksessa jäteauton polttoaineen kulutus erikseen keräilyajolle ja tyhjennysajolle.
- Keräilyajossa polttoaineen kulutuksen on todettu olevan paljon suurempi kuin tavallisessa maantieajossa. Nguyen ja Wilsonin tutkimuksessa (2010), joka perustui laajaan jäteautojen kulutustietojen mittaukseen, saatiin pakkaavan jäteauton keräilyajon kulutukseksi keskimäärin 1,26 litraa per kilometri (eli 126 litraa/100km).
- Piikkiön Kirismäen asuinalueen jätteenkuljetuksen päästöt lasketaan Interaction -tutkimuksessa kehitetyllä mallilla (VTT), jossa jäteauton keräilyajon polttoaineen kulutus vaihtelee kiihdytysmatkasta (astioiden välisestä etäisyydestä) riippuen seuraavasti:
 - jäteastioiden välinen etäisyys alle 100 m, kulutus 165 l/100 km
 - jäteastioiden välinen etäisyys 100-300 m, kulutus 130 l/100 km
 - jäteastioiden välinen etäisyys yli 300 m, kulutus 100 l/100 km
- Laskentamalli on sama kuin WSP:n tekemässä tutkimuksessa: Forssan Paavolan alueen jätteenkuljetustarkastelu (2010).
- Forssan Paavolan alueen jätteenkuljetustutkimuksessa otettiin polttoaineen kulutuksena huomioon myös autojen polttoaineen kulutus astioiden tyhjennyksessä (0,02 litraa/tyhjennyspiste).
- Tämä autojen tyhjennyskulutus (0,02 l) otetaan huomioon myös Piikkiön Kirismäen jätteenkuljetusten päästölaskelmissa.
- Kirismäen asuinalueen osalta ei oteta huomioon jätteen kuljetusta Topinojan jäteasemalle. Piikkiön ja Hirvensalo-Kakskerta alueen tarkastelussa jätteen tyhjennysajon polttoaineen kulutuksena käytetään arvoa 35 l/100 km.

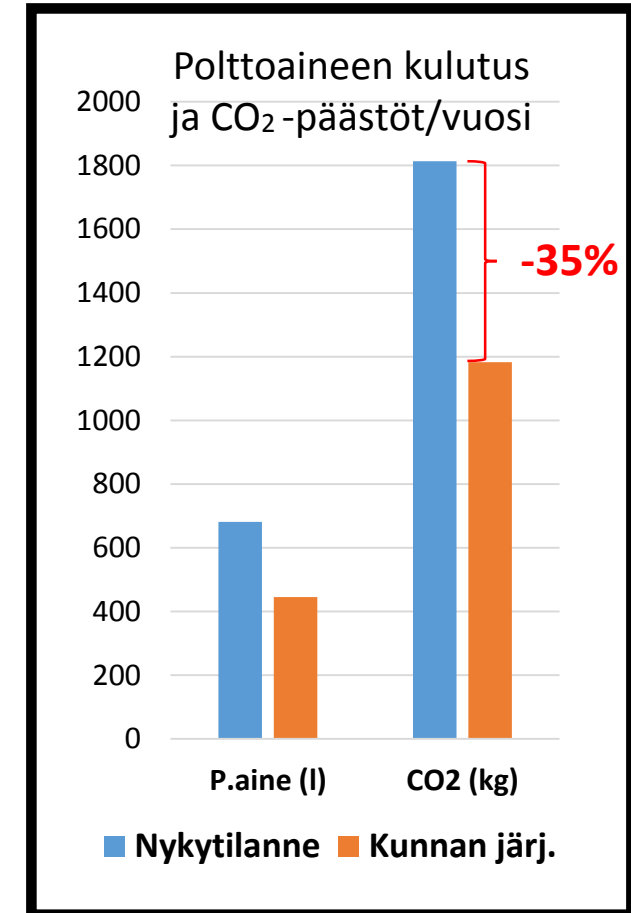
Polttoaineen kulutus ja CO₂ -päästölaskelma: Piikkiö Kirismäki

CO₂ -päästöt eivät riipu auton EURO-päästöluokasta, vaan CO₂ -päästöt ovat suoraan verrannollisia polttoaineen kulutukseen. Laskenta tehdään oletusarvolla 1 litra dieseliä tuottaa CO₂ -päästöjä 2,66 kg (VTT, Lipasto).

Polttoaineen kulutus ja CO₂ -päästöt nykytilanteessa sekä kunnan järjestämässä jätekuljetuksessa

4-viikko jakso	NYKYTILANNE					KUNNAN JÄRJESTÄMÄ				
	Autot lkm	Keräily-pisteet	Ajosuorite km	Polttoaine kulutus (l)	CO ₂ (kg) päästöt	Autot lkm	Keräily-pisteet	Ajosuorite km	Polttoaine kulutus (l)	CO ₂ (kg) päästöt
1.vko	2	2	1,9	1,94	5,2	1	2	1,0	1,04	2,8
2.vko	3	98	14,5	20,06	53,4	1	98	7,4	14,17	37,7
3.vko	2	2	1,9	1,94	5,2	1	2	1,0	1,04	2,8
4.vko	3	154	18,3	28,43	75,6	1	154	9,0	17,93	47,7
YHTEENSÄ	10	256	36,6	52,37	139,3	4	256	18,4	34,18	90,9
VUODESSA	130	3328	476	681	1811	52	3328	239	444	1182

- Kunnan järjestämässä jätteenkuljetuksessa polttoaineen kulutus ja vastaavasti CO₂ -päästöt vähenevät nykytilanteeseen verrattuna 35 %.
- Polttoaineen kulutus ja CO₂ -päästöt vähenevät hieman vähemmän kuin ajosuorite (km), sillä keskitetyssä kuljetusjärjestelmässä eli kunnan järjestämässä jätehuollossa astioiden välinen tyhjennysvälimatka pienenee ja siten polttoaineen kulutus per kilometri on suurempi kuin nykytilanteen kuljetusjärjestelmässä. Esim. nykytilanteessa tyhjennysväli-rytmillä 1+2+4 kolmen yhtiön keskimääräinen astioiden välinen ajoetäisyys on 119 m, kun se kunnan järjestämässä jätteenkuljetusmallissa on 58 m.



Muut päästöt kuin CO₂

- Terveydelle haitallisille päästöille on asetettu raja-arvoja, joita autot eivät saa ylittää. Euroopassa päästöjä säännellään autojen moottoreita koskevilla EURO-päästönormeilla.
- Muihin päästöihin kuin CO₂, etenkin typenoksidi- ja pienhiukkaspäästöihin, voidaan vaikuttaa uudemman ajoneuvokaluston hankinnalla, käyttämällä korkeamman EURO-päästöluokan kalustoa.
- Seuraava laskelma on tehty olettaen, että sekä nykytilanteessa että kunnan järjestämässä jätteenkuljetuksessa keräys tehdään samalla EURO-päästöluokan ajoneuvolla. Laskennan ajoneuvona käytetään EURO4-luokkaa (2007/2008). Päästökertoimina käytetään Mäkelän (2010) päästölaskelmia ja –kertoimia (perustuvat VTT:n ja LIPASTO:n malleihin ja kertoimiin). Ajotyyppinä on katuajo sekä auton täyttöaste 50 %. Näitä päästökertoimia käytettiin myös FCG:n (2010) tutkimuksessa: Biojätteen erilliskeräyksen elinkaariarviointi. Nykyisin käytettävät jäteajoneuvot kuuluvat useimmiten päästötasoltaan EURO 4-luokkaan.

Päästöt nykytilanteessa sekä kunnan järjestämässä jätteenkuljetuksessa

Päästö	Nykytilanne	Kunnan järj.	Muutos
	g / vuosi	g / vuosi	
CO	408,6	266,4	-34,8
HC	68,1	44,4	-34,8
NOx	8989,2	5860,8	-34,8
PM	136,2	88,8	-34,8

Kunnan järjestämässä jätteenkuljetuksessa päästöt olisivat 35 % pienemmät kuin nykytilanteessa.

Meluhaitta

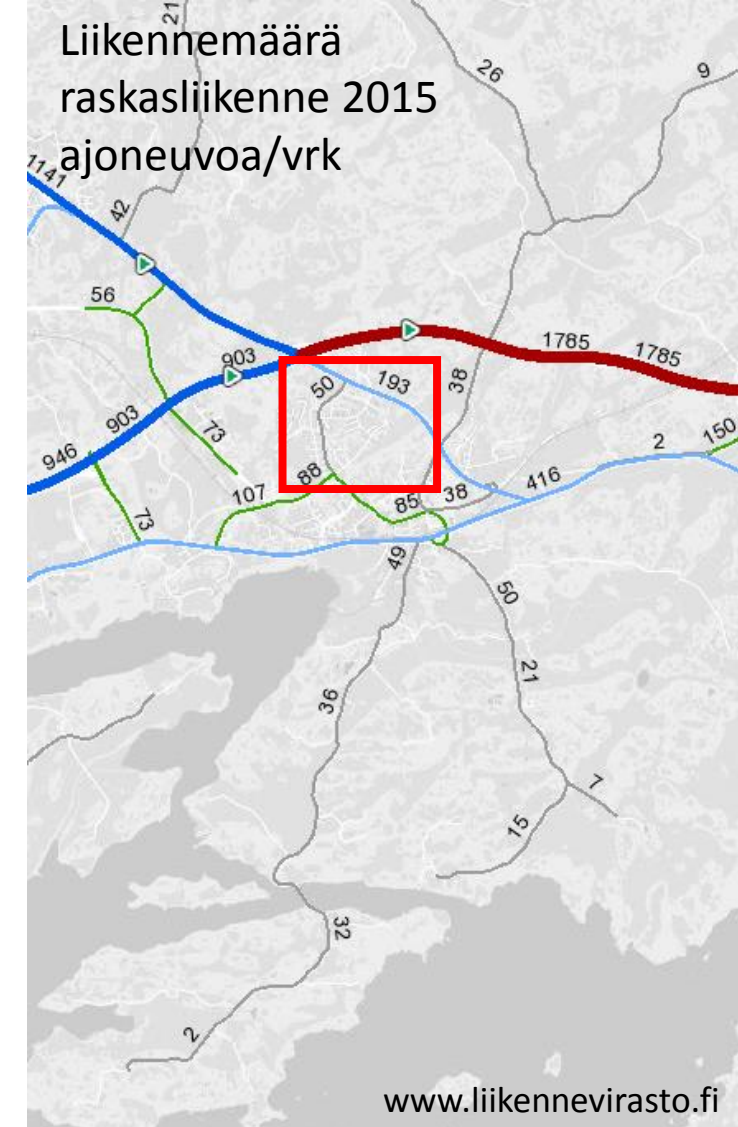
- Meluhaitan selvittäminen on hankalaa, koska melun kokeminen on hyvin yksilöllistä.
- Jätteenkuljetuksessa meluhaitan selvittäminen voidaan jakaa kahteen kategoriaan. Jäteastian tyhjennystapahtumaan ja jäteauton liikkumisesta kaduilla sekä maanteilla syntyvään meluun.
- Kun kunnan järjestämässä jätteenkuljetuksessa autojen määrä ja ajosuorite pienenee, voidaan meluhaitan todeta olevan vähäisempi kuin kiinteistön haltijan järjestämässä jätteenkuljetuksessa. Kovin merkittävästä seikasta ei tässä kuitenkaan ole kyse. Rambollin 2008 Oulun seudun jätelogistiikkatutkimuksessa arvioitiin, että jätekuljetusten liikennesuoritteiden 14 % vähenemä vastaa alle 1db keskiäänitason eli ekvivalenttimelutason muutosta, jota ihmiskorva ei pysty havaitsemaan. On syytä huomata, että Rambollin tutkimuksessa esitetty lukuarvo kuvaa yleistä liikennevirran melutasoa ja sen alennusta. Jäteautojen meluvaikutus syntyy valtaosin asuinalueilla, joissa muuta raskasta liikennettä ei ole kovin paljon, jolloin jäteautojen määrän väheneminen asuntokaduilla on selvästi kuultavissa.
- Jäteautojen suurin meluhaitta taitaa kuitenkin syntyä ns. ”astiakolistelusta” piha-alueilla, johon kuljetusjärjestelmällä ei ole suoranaista vaikutusta, sillä astioiden tyhjennyksiä tapahtuu yhtä paljon kummassakin kuljetusjärjestelmässä.
- Astioiden tyhjennystapahtuman aikaiseen meluun voidaan vaikuttaa ottamalla käyttöön edistyksellistä kuljetusteknologiaa (esim. hybridi, joka tyhjennystapahtuman aikana ja liikkeellelähdössä toimii sähköllä ja on siten selvästi hiljaisempi kuin perinteinen jäteauto).
- Kunnan järjestämässä jätteenkuljetuksessa on paremmat mahdollisuudet vaikuttaa jäteautojen melu- ym. laatutasoon esim. piha-alueilla työskenneltäessä (diesel/hybridi, melunormin asettaminen kaikille jätteenkeräysajoneuvoille).



www.ntm.fi/jateajoneuvot/el-hybrid/el-hybrid

Jätekuljetusten osuus liikennevirrassa

- Jätekuljetusten osuus liikennevirrassa on yleensä todettu pieneksi.
- Esimerkiksi Rambollin (2008) Oulun seudun tutkimuksessa laskettiin, että jätteenkuljetusten osuus alueen raskaan liikenteen suoritteesta on 0,62 % ja kokonaisliikennesuoritteesta 0,04 %.
- Piikkiön Kirismäen alueelta ei ole käytettävissä raskaan liikenteen ajosuoritetietoja.
- Vieressä on Liikenneviraston liikennemääräkartta raskaan liikenteen osalta Piikkiön alueelta. Liikennemääräkartassa esitetään vain valta-, kanta-, seutu- ja yhdysteiden liikennemäärät.
- Hadvalantiellä, joka on luokitukseltaan yhdystie, keskimääräinen raskaan liikenteen määrä vuonna 2015 oli 50 ajoneuvoa vuorokaudessa.
- Kirismäen jätteenkuljetukset aiheuttavat nykytilanteessa neljän viikon aikana yhteensä 20 jäteauton (10 saapuu asuinalueelle ja 10 lähtee alueelta) liikkumisen Hadvalantiellä (keskimäärin 1 jäteauto/vrk). Tämä edustaa koko Hadvalantien raskaan liikenteen määrästä noin 2 %.
- Jätekuljetusten vertailu raskaan liikenteen ajosuoritteeseen ei anna kovin hyvää kuvaa, sillä Liikenneviraston tutkimuksen (2014) mukaan raskaan liikenteen ajosuorite (autokm) syntyy valtaosin (yli 75%) valta- ja kantateillä, kun taas jätteenkuljetuksen ajosuorite syntyy pääosin asuntoalueiden katuverkostolla.
- Piikkiön Kirismäen alueella liikkuvien jäteautojen osuudesta alueen kaikesta raskaasta liikenteestä ei voida esittää kuin arvioita, mutta oletettavasti se on huomattava, sillä alueella ei ole juurikaan teollisuutta tai muuta elinkeinotoimintaa. Alueen pohjoisosassa on pieni teollisuusalue, mutta liikenne sinne tapahtuu Ansiotien kautta.

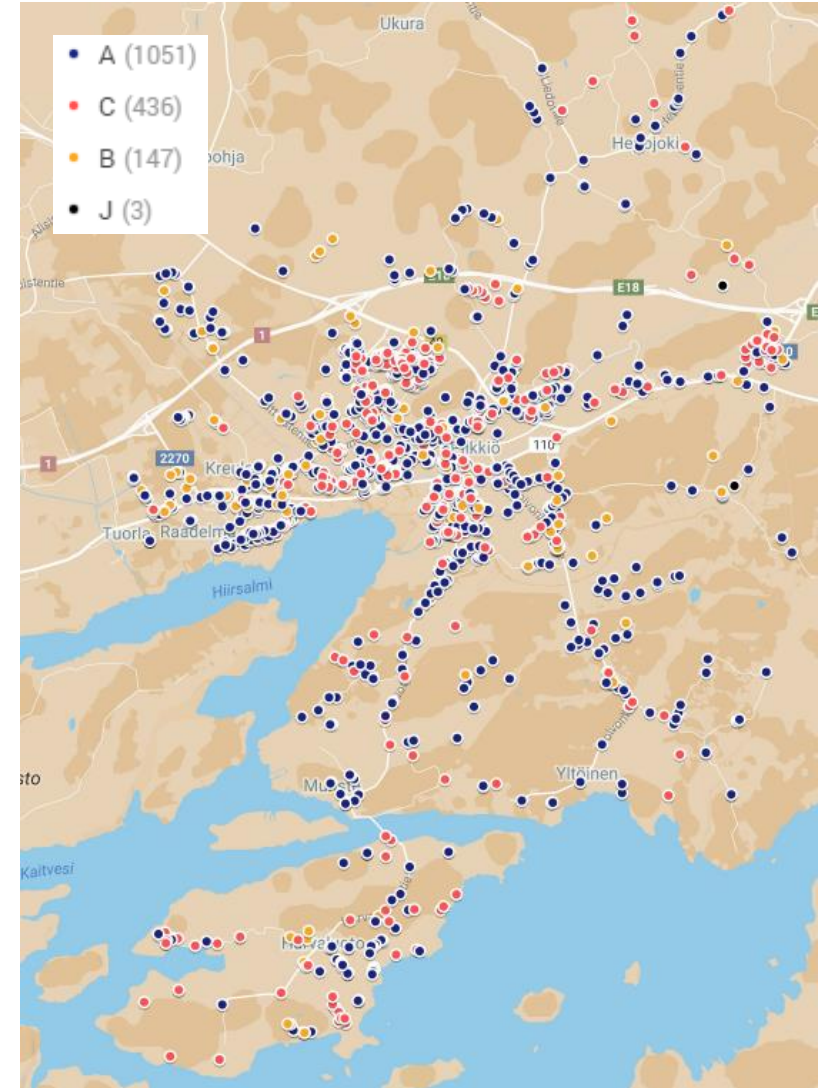


Jätekuljetusten liikenneturvallisuus

- Jätteenkuljetuksen liikenneturvallisuudesta ei ole seikkaperäistä tutkittu tietoa.
- Rambollin (2008) Oulun seudun tutkimuksessa selvitettiin jätekuljetuksissa tapahtuneita liikenneonnettomuuksia alueella. Niitä oli Oulun seudulla vuosittain 5-13 liikenneonnettomuutta, joista henkilövahinkoon johti yksi onnettomuus. Rambollin tutkimuksessa laskettiin, että kunnan järjestämässä jätteenkuljetuksessa liikennesuoritteiden aleneman kautta olisi saavutettavissa vähenemää liikenneonnettomuuksissa 0,7-1,7 onnettomuutta vuodessa. Liikennesuoritteiden (km) alenemaksi laskettiin 14 %, jos kiinteistökohtaisesta järjestelmästä siirrytään keskitettyyn, kunnan kilpailuttamaan jätteenkuljetusjärjestelmään.
- Jäteauton käsittelyyn ja liikkumiseen liittyy useita huomioitavia riskitekijöitä, etenkin asuinalueilla, jossa valtaosa jäteautojen kuljetussuoritteesta syntyy.
- Työterveyslaitoksen tutkimuksen mukaan (Työterveyslaitos 2016: Työturvallisuuden ja työhyvinvoinnin edistäminen jätteenkuljetuksissa):
 - Tyypillisimpiä häiriöitä jäteautonkuljettajan työssä ovat keräysvälineeseen liittyvät häiriöt sekä muun liikenteen aiheuttamat häiriöt. Tutkimuksen kyselyyn vastanneiden kuljettajien mukaan tyypillisimpiä häiriöitä esiintyi viikoittain tai jopa päivittäin.
 - Jäteauton kuljettajien mukaan jalankulkijat, pyöräilijät ja muu moottoriajoneuvoliikenne aiheuttavat merkittäviä vaaroja. Toiset autot ja kevyt liikenne aiheuttavat vaaratilanteita pyrkimällä auton eteen tai taakse, ja jäteautolla peruuttaminen koettiin erityiseksi riskitekijäksi kevyelle liikenteelle.
 - Tutkimuksessa ilmeni, että läheltäpiti- ja vaaratilanteita jää kuljettajilta ilmoittamatta. Näin kattavan kuvan muodostaminen jätekuljetusten todellisesta liikenneturvallisuudesta on vaikeaa. Tämän vahvistaa myös Trafian tutkimus: Liikenneturvallisuustilastot eivät kuvaa riittävän kattavasti tieliikenneonnettomuuksissa loukkaantuneiden määrää ja yleistä liikenneturvallisuuden tasoa (Trafia 2014: Tieliikenteessä vakavasti loukkaantuneiden määrän arviointi).


Piikkiö (21500 postinroalue) lähtötiedot

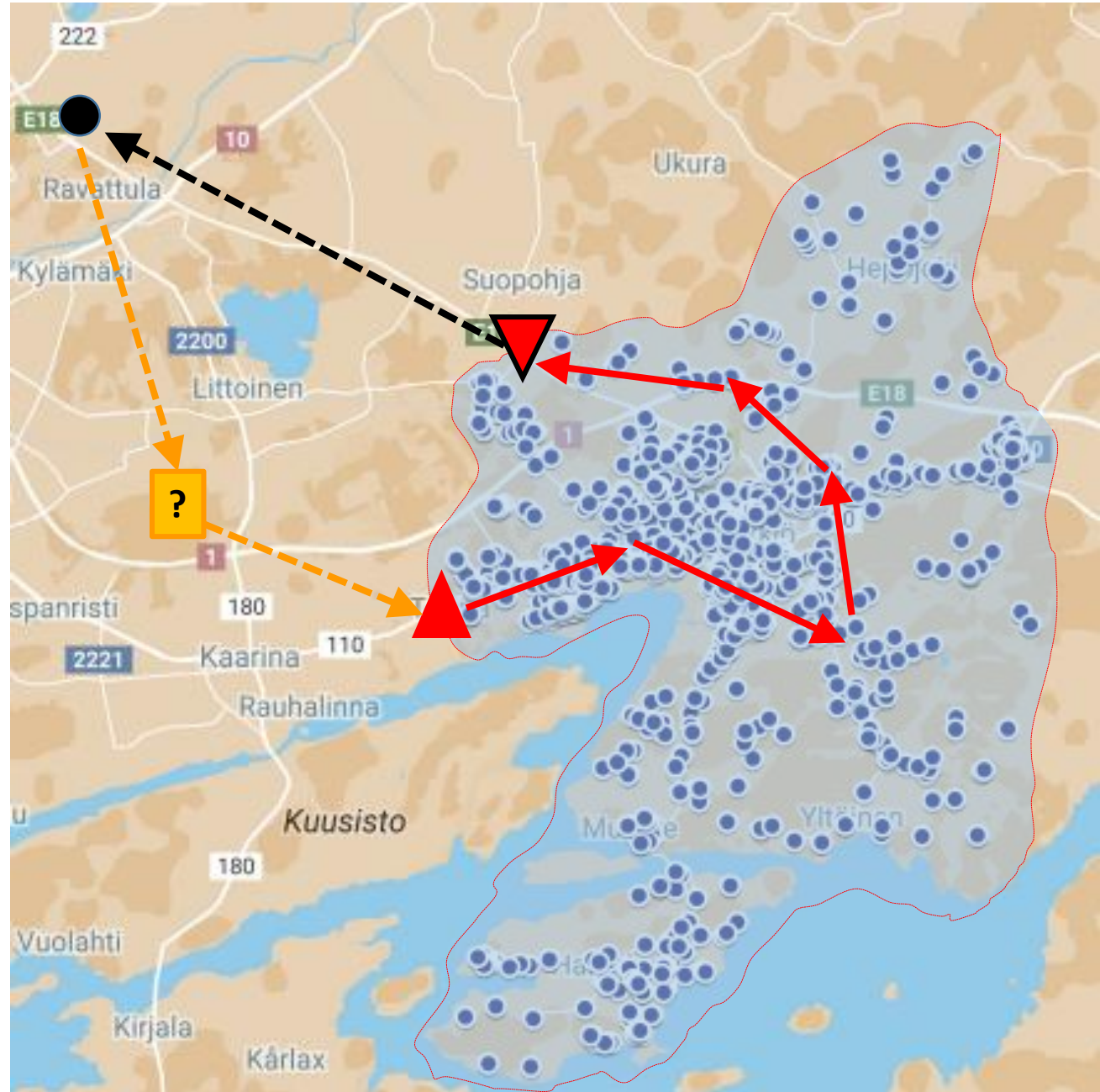
- Tarkastelussa polttokelpoisen jätteen keräys
 - kuljetusyritysten ilmoittamat tiedot, v.2015
 - ≤ 660 litran astiat
 - tyhjennysvälit: 1,2,3,4,6 ja 8 vko
- Keräyspisteitä yht. 1637 kpl (97,1 % kaikista ≤ 660 litran alueen keräyspisteistä)
- Jäteastioita yht. 1700 kpl
- Neljä jätekuljetusyhtiötä
 - A = 64 % (keräyspisteistä) B = 9 %
 - C = 27 % J = 0,2 %
- Keräyspisteiden tyhjennysvälit:
 - 1vko = 77 kpl (4,7%) 2vko = 869 kpl (53,1%)
 - 3vko = 2 kpl (0,1%) 4vko = 608 kpl (37,1%)
 - 6vko = 8 kpl (0,5%) 8vko = 73 kpl (4,5 %)
- Keräysastioiden koot ja lukumäärä:
 - 600-660 L = 204 kpl (12,0%) 330-390 L = 160 kpl (9,4%)
 - 240 L = 1279 kpl (75,2%) 140-200 L = 57 kpl (3,4%)



*Tarkastelussa ei ole mukana syväkeräys- ja etukuormausastiat, joita on alueella 23 kpl (kooltaan 1300-8000 litraa)
Kaikki syväkeräys- ja etukuormausastiat tyhjentää yksi yhtiö*

Kuljetusmallinnuksen käsitteet ja peruseriaatteen

-  Varikko
-  Siirtoajo
-  Keräilyajon aloituspiste
Helsingintie 35, Piikkiö
-  Keräilyajo
-  Keräilyajon lopetuspiste
Yhdystien ja Turun kehätien risteys
-  Tyhjennysajo (9,3 km)
-  Tyhjennyspaikka (Topinoja Turku)
-  Keräilyalue

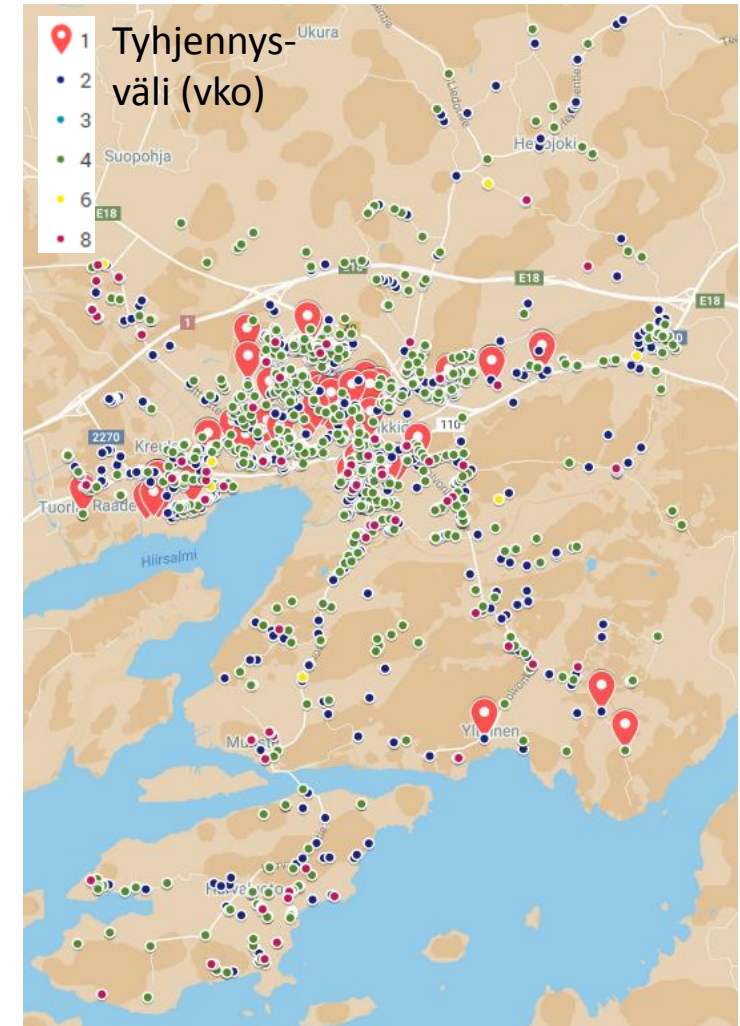


Keräilyreittien mallinnus ja tarkasteluperiodi

- Nykytilanteen ja kunnan järjestämän jätekuljetusten keräilyreitit muodostetaan tyhjennysvälitietojen pohjalta samoin perustein. Tarkastelu on teoreettinen, mutta takaa eri kuljetusjärjestelmien hyvän vertailukelpoisuuden. Käytännössä esim. 2-viikon tyhjennysvälin omaavat jäteastiat voidaan tyhjentää joko parillisina tai parittomina viikonpäivinä.
- Tarkasteluperiodin pituus: 8-viikkojakso (1.vko, 2.vko, 3.vko ... 8.vko)

Tyhj.väli	Ker.pist.	1.vko	2.vko	3.vko	4.vko	5.vko	6.vko	7.vko	8.vko
1vko	77	x	x	x	x	x	x	x	x
2vko	869		x		x		x		x
3vko	2			x			x		
4vko	608				x				x
6vko	8						x		
8vko	73								x
		1	1+2	1+3	1+2+4	1	1+2+3+6	1	1+2+4+8

- Keräilyreittimallinnuksia 8-viikkojaksolla tulee yhteensä 6 kpl**
 - 1 - joka viikko ajettavat (Keräilypisteitä Kp = 77 kpl)
 - 1+2 - joka viikko ja joka toinen viikko ajettavat (Kp = 946 kpl)
 - 1+3 - joka viikko ja joka kolmas viikko ajettavat (Kp = 79 kpl)
 - 1+2+4 - joka viikko sekä joka toinen ja neljäs viikko ajettavat (Kp = 1554 kpl)
 - 1+2+3+6 - joka viikko sekä joka toinen, kolmas ja kuudes viikko ajettavat (Kp 956 kpl)
 - 1+2+4+8 - joka viikko sekä joka toinen, neljäs ja kahdeksas viikko ajettavat (Kp = 1627 kpl)



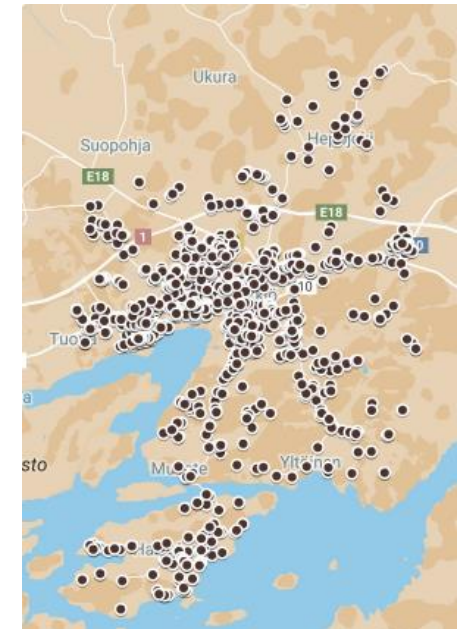
Esimerkki keräilyreittien mallinnuksesta, tyhjennysrytmi 1+2+4

- 1+2+4 = joka viikko sekä joka toinen ja joka neljäs viikko tyhjennettävät astiat
- keräilypisteitä yht. 1554 kpl, jäteastioita yht. 1617 kpl
- kerättävä jätemäärä yht. 40,5 tonnia

Nykytilanne: neljä jätekuljetusyhtiötä



Kunnan järjestämä jätekuljetus: yksi jätekuljetusyhtiö



Jätekuljetusjärjestelmien vertailu – kuljetusmallinnuksen perusteet

Lähtöoletukset, optimointikriteerit ja laskentaperiaatteet

- Jätekeräysauto:
 - pakkaava takalastari, 3-akselinen
 - kapasiteetti 10 t (3-akselisen pakkaavan jäteauton lastikapasiteetti, kantavuus 10-10,5t)
- Jätteenkuljetuksen mallinnus (NFleet –kuljetusten optimointiohjelma)
 - keräilyajon laskennan aloituspiste: Helsingintie 35, Piikkiö
 - keräilyajon laskennan lopetuspiste: Yhdystien ja Turun kehätien risteys, Piikkiö
 - alueen keräystyö tehdään vähimmillä autojen määrällä
 - tavoitteena lyhin reitti, kokonaisajomatkan minimointi
 - ajonopeutta alennettu normaalista, kerroin 0.7 (esim. tien nopeusrajoitus 60 km/h = 35 km/h, keskimääräinen ajonopeus keräyspisteiden välillä)
 - auton keräilyajon maksimiaika päivässä: 6h45min (mahdollistaa 8-tunnin työvuoron aikana kuljettajan tauot sekä auton tyhjennysajon Topinojalle kuten myös siirtoajon takaisin varikolle ja siirtoajon varikolta keräilyalueelle)
 - jäteastian tyhjennysaika 50 sek, jos samassa osoitteessa lisäastia, lisäastian tyhjennysaika 35 sek (perustuu 15 astian kellotukseen)
 - jätteen tilavuuspaino: 85 kg/m³ (esim. 240 litran astia 20 kg)
 - jos auto tulee päivän aikana täyteen (10 t), sama auto ei enää palaa keräämään jätettä alueelta, vaikka ajoaikaa olisi vielä vähän jäljellä

KERÄILYAJO 1.vko

(myös 5.vko ja 7.vko)

Piikkiö

tyhjennysväli:

1 vko

NYKYTILANNE

Neljä yhtiötä:

A,B,C ja J

(Kp=keräilypisteet)

YHTEENSÄ

Kp	77
----	----

Autot	3
-------	---

Km	77
-----------	-----------

Aika (h)	4,4
----------	-----

YHTEENSÄ

Kp	77
----	----

Autot	1
-------	---

Km	51
-----------	-----------

Aika (h)	3,6
----------	-----

Yhtiö A

Kp	64
----	----

Autot	1
-------	---

Km	45
----	----

Aika (h)	3,2
----------	-----



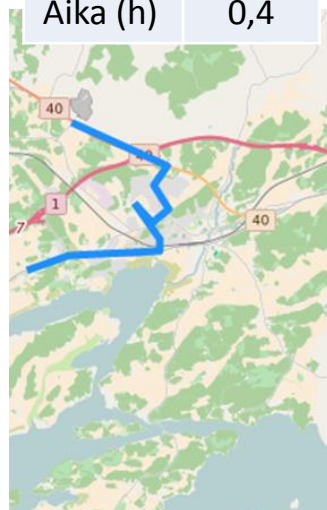
Yhtiö B

Kp	1
----	---

Autot	1
-------	---

Km	10
----	----

Aika (h)	0,4
----------	-----



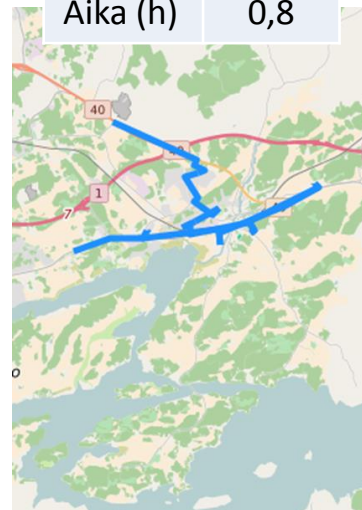
Yhtiö C

Kp	12
----	----

Autot	1
-------	---

Km	22
----	----

Aika (h)	0,8
----------	-----



Yhtiö J

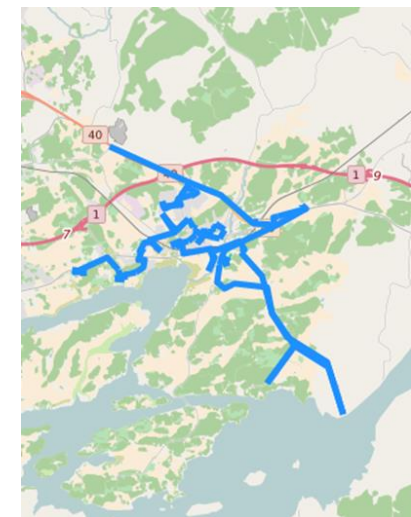
Kp	0
----	---

Autot	0
-------	---

Km	0
----	---

Aika (h)	0
----------	---

KUNNAN JÄRJESTÄMÄ JÄTEKULJETUS



KERÄILYAJO 2.vko

Piikkiö

tyhjennysväli:

1+2 vko

NYKYTILANNE

Neljä yhtiötä:

A,B,C ja J

(Kp=keräilypisteet)

YHTEENSÄ

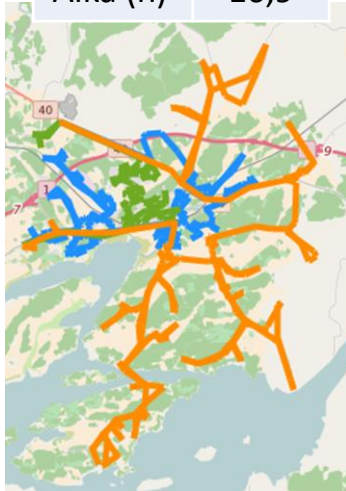
Kp	946
Autot	7
Km	426
Aika (h)	31,1

YHTEENSÄ

Kp	946
Autot	4
Km	243
Aika (h)	24,3

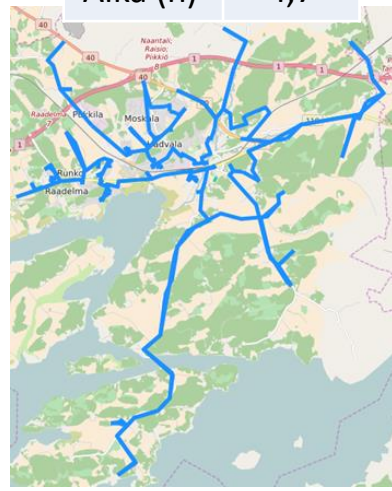
Yhtiö A

Kp	600
Autot	3
Km	188
Aika (h)	16,9



Yhtiö B

Kp	94
Autot	1
Km	84
Aika (h)	4,7



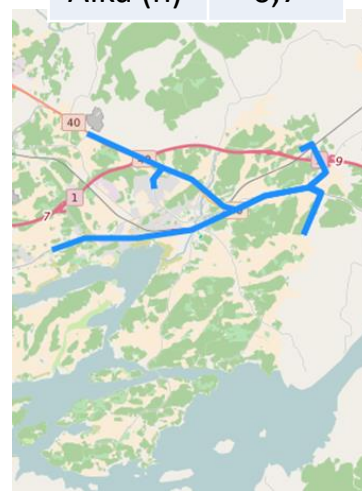
Yhtiö C

Kp	249
Autot	2
Km	127
Aika (h)	8,8

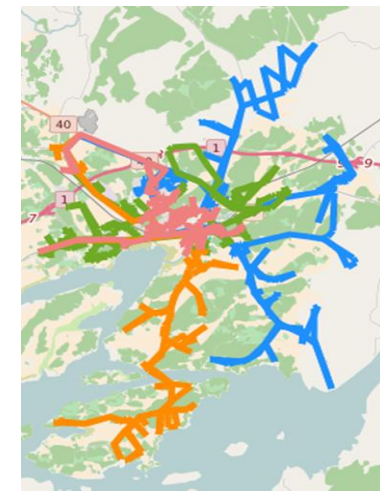


Yhtiö J

Kp	3
Autot	1
Km	27
Aika (h)	0,7



KUNNAN JÄRJESTÄMÄ JÄTEKULJETUS



KERÄILYAJO 3.vko

Piikkiö

tyhjennysväli:

1+3 vko

NYKYTILANNE

Neljä yhtiötä:

A,B,C ja J

(Kp=keräilypisteet)

YHTEENSÄ

Kp	79
----	----

Autot	3
-------	---

Km	78
-----------	-----------

Aika (h)	4,5
----------	-----

YHTEENSÄ

Kp	79
----	----

Autot	1
-------	---

Km	52
-----------	-----------

Aika (h)	3,7
----------	-----

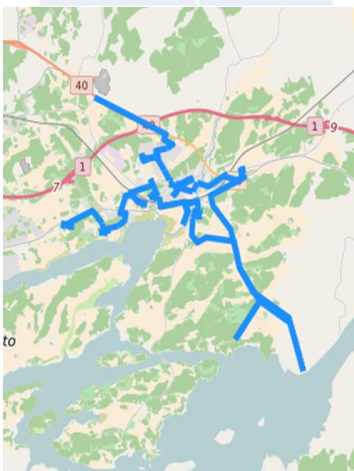
Yhtiö A

Kp	65
----	----

Autot	1
-------	---

Km	45
----	----

Aika (h)	3,2
----------	-----



Yhtiö B

Kp	1
----	---

Autot	1
-------	---

Km	10
----	----

Aika (h)	0,4
----------	-----



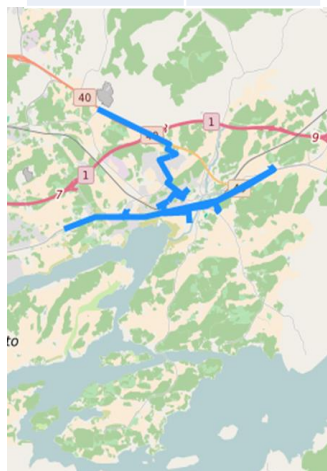
Yhtiö C

Kp	13
----	----

Autot	1
-------	---

Km	23
----	----

Aika (h)	0,9
----------	-----



Yhtiö J

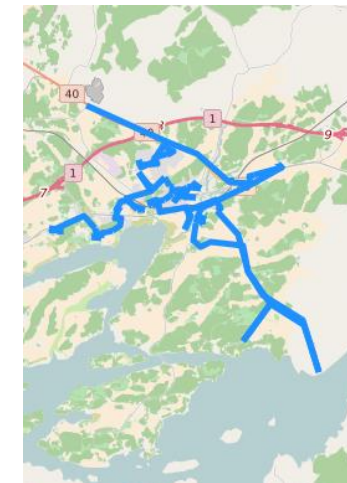
Kp	0
----	---

Autot	0
-------	---

Km	0
----	---

Aika (h)	0
----------	---

KUNNAN JÄRJESTÄMÄ JÄTEKULJETUS



KERÄILYAJO 4.vko

Piikkiö

tyhjennysväli:

1+2+4 vko

NYKYTILANNE

Neljä yhtiötä:

A,B,C ja J

(Kp=keräilypisteet)

YHTEENSÄ

Kp	1554
----	------

Autot	8
-------	---

Km	549
----	-----

Aika (h)	44,4
----------	------

YHTEENSÄ

Kp	1554
----	------

Autot	6
-------	---

Km	285
----	-----

Aika (h)	34,4
----------	------

Yhtiö A

Kp	997
----	-----

Autot	4
-------	---

Km	257
----	-----

Aika (h)	25,1
----------	------



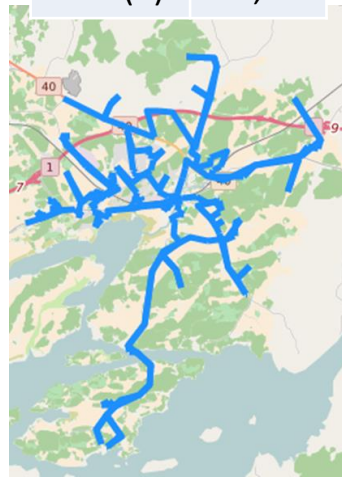
Yhtiö B

Kp	141
----	-----

Autot	1
-------	---

Km	106
----	-----

Aika (h)	6,2
----------	-----



Yhtiö C

Kp	413
----	-----

Autot	2
-------	---

Km	159
----	-----

Aika (h)	12,4
----------	------



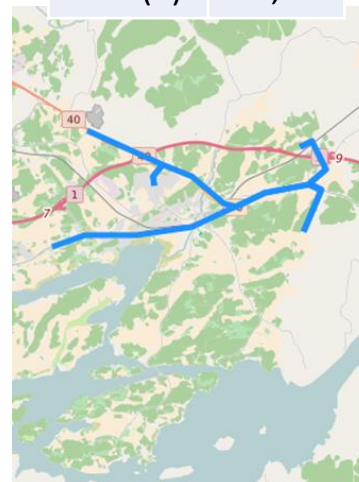
Yhtiö J

Kp	3
----	---

Autot	1
-------	---

Km	27
----	----

Aika (h)	0,7
----------	-----



KUNNAN JÄRJESTÄMÄ JÄTEKULJETUS



KERÄILYAJO 6.vko

Piikkiö

tyhjennysväli:

1+2+3+6 vko

NYKYTILANNE

Neljä yhtiötä:

A,B,C ja J

(Kp=keräilypisteet)

YHTEENSÄ

Kp	956
Autot	7
Km	431
Aika (h)	31,4

YHTEENSÄ

Kp	956
Autot	4
Km	236
Aika (h)	24,2

Yhtiö A

Kp	607
Autot	3
Km	190
Aika (h)	17,1



Yhtiö B

Kp	95
Autot	1
Km	84
Aika (h)	4,7



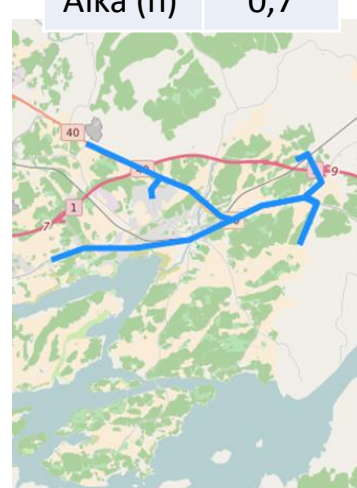
Yhtiö C

Kp	251
Autot	2
Km	130
Aika (h)	8,9



Yhtiö J

Kp	3
Autot	1
Km	27
Aika (h)	0,7



KUNNAN JÄRJESTÄMÄ JÄTEKULJETUS



KERÄILYAJO 8.vko

Piikkiö

tyhjennysväli:

1+2+4+8 vko

NYKYTILANNE

Neljä yhtiötä:

A,B,C ja J

(Kp=keräilypisteet)

YHTEENSÄ

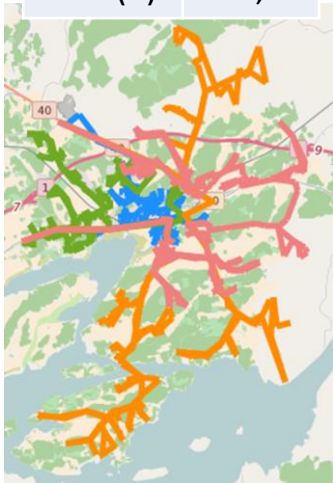
Kp	1627
Autot	8
Km	555
Aika (h)	45,8

YHTEENSÄ

Kp	1627
Autot	6
Km	296
Aika (h)	35,7

Yhtiö A

Kp	1044
Autot	4
Km	255
Aika (h)	25,8



Yhtiö B

Kp	146
Autot	1
Km	109
Aika (h)	6,4



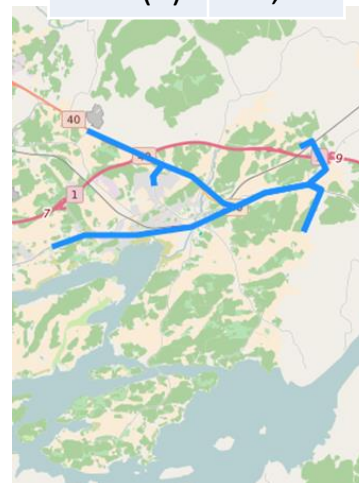
Yhtiö C

Kp	434
Autot	2
Km	164
Aika (h)	12,9



Yhtiö J

Kp	3
Autot	1
Km	27
Aika (h)	0,7



KUNNAN JÄRJESTÄMÄ JÄTEKULJETUS



KERÄILYAJON YHTEENVETO 8-viikkojakso: Nykytilanteen ja kunnan järjestämän jätekuljetuksen vertailu, Piikkiö

NYKYTILANNE	1.vko	2.vko	3.vko	4.vko	5.vko	6.vko	7.vko	8.vko	
Yhtiö	<u>1</u>	<u>1+2</u>	<u>1+3</u>	<u>1+2+4</u>	<u>1</u>	<u>1+2+3+6</u>	<u>1</u>	<u>1+2+4+8</u>	YHT
A (km)	45	188	45	257	45	190	45	255	1070
B (km)	10	84	10	106	10	84	10	109	423
C (km)	22	127	23	159	22	130	22	164	669
J (km)	0	27	0	27	0	27	0	27	108
YHT (km)	77	426	78	549	77	431	77	555	2270
Autot (lkm)	3	7	3	8	3	7	3	8	42
Aika (h)	4,4	31,1	4,5	44,4	4,4	31,4	4,4	45,8	170,4

Kunnan järjestämä jätekuljetus	1.vko	2.vko	3.vko	4.vko	5.vko	6.vko	7.vko	8.vko	YHT
	<u>1</u>	<u>1+2</u>	<u>1+3</u>	<u>1+2+4</u>	<u>1</u>	<u>1+2+3+6</u>	<u>1</u>	<u>1+2+4+8</u>	
Yritys X (km)	51	243	52	285	51	236	51	296	1265
Autot (lkm)	1	4	1	6	1	4	1	6	24
Aika (h)	3,6	24,3	3,7	34,4	3,6	24,2	3,6	35,7	133,1

Keräilyn ajosuorite (km)

	<u>8-viikkojakso</u>	<u>vuodessa*</u>
Nykytilanne	2270 km	14755 km
Kunnan järj.	1265 km	8223 km
Erotus	1005 km	6532 km

* 8-viikkojakso on muutettu vuositason lukemaksi kertomalla 8-viikkojakson km-lukema arvolla 6,5 (=52 vko)

Tyhjennyksen ajosuorite (km)

	<u>autot</u>	<u>8-viikkojakso</u>	<u>vuodessa</u>
Nykytilanne	42	298 km	1937 km
Kunnan järj.	24	186 km	1209 km
Erotus		112 km	728 km

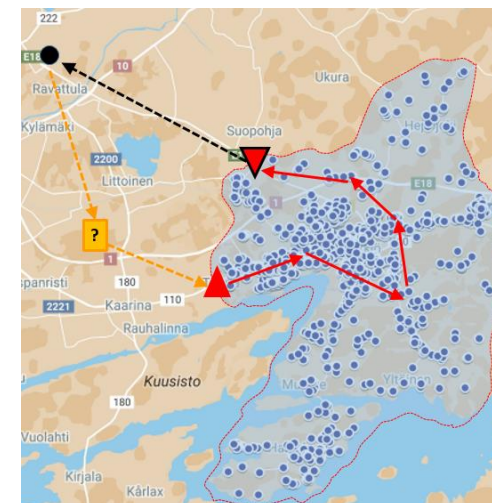
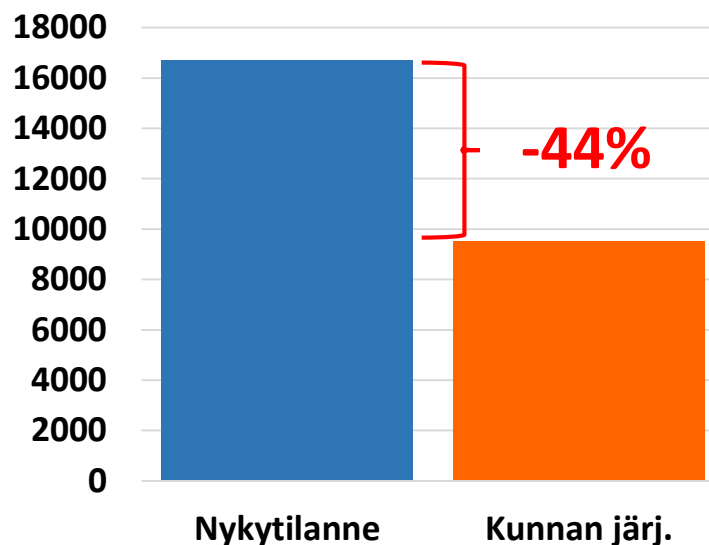
Auton tyhjennysajon laskentaperusteet:

- Tyhjennysajo (9,3 km) on otettu kokonaan huomioon, jos auton keräily on kestänyt yli 5 h tai kerättävä jätemäärä ylittää 60 % auton kapasiteetista.
- Kaikilla muilla autoilla tyhjennyksen ajosuoritteeksi on laskettu puolet tyhjennysmatkasta eli 4,65 km.

Keräilyn ja tyhjennyksen ajosuorite yhteensä (km)

	<u>vuodessa</u>
Nykytilanne	16692 km (Keräilyajon osuus 88,4%)
Kunnan järj.	9432 km (Keräilyajon osuus 87,3%)
Erotus	7260 km

Ajosuorite km/vuosi Piikkiö



Polttoaineen kulutus ja CO₂ -päästöt nykytilanteessa sekä kunnan järjestämässä jätteenkuljetuksessa

	NYKYTILANNE					KUNNAN JÄRJESTÄMÄ				
	Autot lkm	Keräily- pisteet	Ajosuorite km	Polttoaine kulutus (l)	CO ₂ (kg) päästöt	Autot lkm	Keräily- pisteet	Ajosuorite km	Polttoaine kulutus (l)	CO ₂ (kg) päästöt
8-vko jakso	48	5393	2568	2662	7081	24	5393	1451	1658	4410
VUODESSA	312	35055	16692	17303	46026	156	35055	9432	10777	28667

- Kunnan järjestämässä jätteenkuljetuksessa polttoaineen kulutus ja vastaavasti CO₂ -päästöt vähenevät nykytilanteeseen verrattuna 38 %.
- Polttoaineen kulutus ja CO₂ -päästöt vähenevät hieman vähemmän kuin ajosuorite (km), joka vähenee 44 %.
- Muut jätteenkeräyksen aiheuttamat päästöt kuin CO₂ vähenevät samassa suhteessa kuin hiilidioksidipäästöt. (Oletuksena, että jäteauto on kummassakin järjestelmässä sama eli EURO4-luokka).

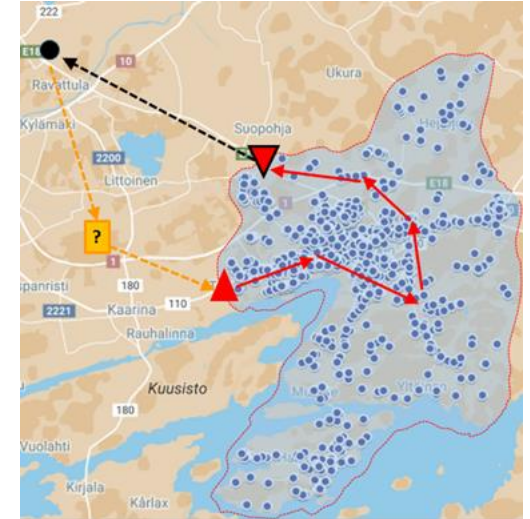
Tunnuslukuja: Ajosuorite, polttoaine ja CO₂-päästöt astiatyhjennystä ja kerättyä jätetonna kohden

Piikkiö	Nykytilanne	Kunnan järj.	Muutos %
Ajosuorite (km)/astiatyhjennys	0,48	0,27	-44
Polttoaine (l)/astiatyhjennys	0,49	0,31	-38
CO ₂ päästöt (kg)/astiatyhjennys	1,31	0,82	-38
Ajosuorite (km)/jätetonna	105,2	59,3	-44
Polttoaine (l)/jätetonna	109,0	67,9	-38
CO ₂ päästöt (kg)/jätetonna	290,0	180,6	-38

Päästöt kg / vuosi			
Piikkiö	Nykytilanne	Kunnan järj.	Muutos %
CO	10,4	6,5	-38
HC	1,7	1,1	-38
NO _x	228,4	142,3	-38
PM	3,5	2,2	-38

Herkkyystarkastelu

- Piikkiön kuljetusmallinnukset on tehty siten, että kaikkien jäteautojen lähtöpisteenä on käytetty osoitetta Helsingintie 35 Piikkiö. Näin ei varmaan todellisuudessa tapahdu kokonaan.
- Esimerkiksi yhtiö C:n autot saapuvat alueelle todennäköisesti Paimion suunnasta, jolloin ajomatka Piikkiön keräilyalueella oletettavasti hieman lyhenee.
- Tutkimuksessa tehtiin tämän osalta herkkyystarkastelu eli laskettiin yhtiö C:n osalta ajosuorite uudelleen siirtämällä sen jäteautojen lähtöpisteeksi Paimiontie 58.
- Muutos vähensi yhtiö C:n keräilyajon ajosuoritetta (tyhjennysvälirytmillä 1+2+4) 159 km:stä 152 km:iin eli 7 km (4,4%). Muutos on pieni ja sillä ei ole juurikaan merkitystä nykytilanteen kokonaisajosuoritteeseen.
- Kokonaisajosuoritteeseen ei ole olennaista vaikutusta myöskään sillä, että yhtiön J, jolla on vain kolme keräyspistettä Piikkiössä, keräilyajot jätettäisiin kokonaan pois.
- Tutkimuksessa tehtiin myös sellainen herkkyystarkastelu, että muutettiin kunnan järjestämän kuljetuksen lähtöpistettä, koska ei voida tietää mistä kunnan järjestämän, keskitetyn kuljetuksen autot lähtisivät. Herkkyystarkastelun lähtöpisteeksi valittiin Piikkiön keskusta-alueelta Asematie 17. Lähtöpisteen muutoksen myötä tyhjennysvälirytmillä 1+2+4 keräilyajon kokonaisajosuorite väheni 285 km:stä 276 km:iin eli tämänkin muutoksen vaikutus on vähäinen (3,2 %).
- Herkkyystarkastelujen pohjalta voidaan todeta, että muutoksilla lähtöarvoissa ei ole kovin suurta vaikutusta tuloksiin, jolloin tehtyjen kuljetusmallinnuksien voidaan todeta kuvastavan nykytilanteen ja kunnan järjestämän jätteenkuljetuksen välistä ajosuoritteen eroa hyvin.



Piikkiön jätteenkeräysalueesta ja tutkimusaineistosta

Piikkiö, 21500 postinumeroalueen perustiedot (Tilastokeskus v.2015):

- Asukkaita 7185 (asukkaiden keski-ikä 40 v)
- Asuinrakennukset yhteensä 2233, pientaloasunnot 2526, kerrostaloasunnot 674, kesämökit 449

Alueen laskennallinen jätemäärä yhteensä 1265 tonnia (laskettu kertoimella 176 kg sekajätettä/asukas/vuosi, kertoimen lähde: Pääkaupunkiseudun kotitalouksien sekajätteen määrä ja laatu vuonna 2012, HSY)

Kuljetusyritysten ilmoittamien tietojen pohjalta laskettu jätemäärä alueelta

- 8-viikkojakson keräys alle 660 litran astioista 158,7 tonnia, joka tekee vuodessa noin 1032 tonnia
- Syväkeräys- ja etukuorma-astioiden keräys (23 kpl, astiakoko 1300-8000 litraa) noin 270 tonnia/vuosi
- Polttokelpoisen jätteen määrä yhteensä vuodessa 1302 tonnia eli tutkimusaineistoa voidaan pitää siten hyvin kattavana
- Alle 660 litran astioista kerättävän jätteen määrä edustaa noin 80 % alueelta kerättävästä jätteestä

Kuljetusyritysten ilmoittamien tietojen luotettavuus

- Kuljetusyritysten ilmoittamien tietojen mukaan Piikkiön alueella keräyspisteitä yht. noin 1700 kpl
- Alueella asuinrakennuksia 2233 kpl eli yli 500 kpl enemmän kuin keräyspisteitä (kimppa-astioita alueella ei ole kovinkaan monta)
- Jäteastioiden geokoodaamisessa eli osoitetietojen viennissä karttaohjelmaan löytyi muutama pientaloalue, joiden kiinteistöiltä näyttäisi puuttuvan jäteastioita (tai niitä ei löytynyt minkään jätekuljetusyrityksen ilmoituksista). Vieressä pari esimerkkiä. Tällä seikalla ei ole kuitenkaan mainittavampaa merkitystä, sillä puuttuvat käyntikohteet puuttuvat kummastakin kuljetusmallinnuksesta.



Kuljetusmallinnuksen tuloksista, Piikkiö

- Valtaosa jätteenkeräyksen ajosuoritteesta syntyi keräilyajossa. Tyhjennysajon osuus oli vain vähän yli 10 %, eli valtaosa jäteauto ajosuoritteesta syntyy katuverkostolla ja alemmalla tieverkolla.
- Seuraavaan taulukkoon on vielä koottu kunnan järjestämän jätteenkuljetuksen keskiarvolukuja, jotka on laskettu kuljetusmallinnuksen pohjalta:
 - Keräilypisteitä 225 kpl / reitti
 - Auton täyttöaste 66 % (6590 kg)
 - Keräilyreitin ajoaika 5h36min
 - Keräilyreitin pituus 53,2 km

Piikkiö, mahdollisena jätteenkeräyksen urakka-alueena

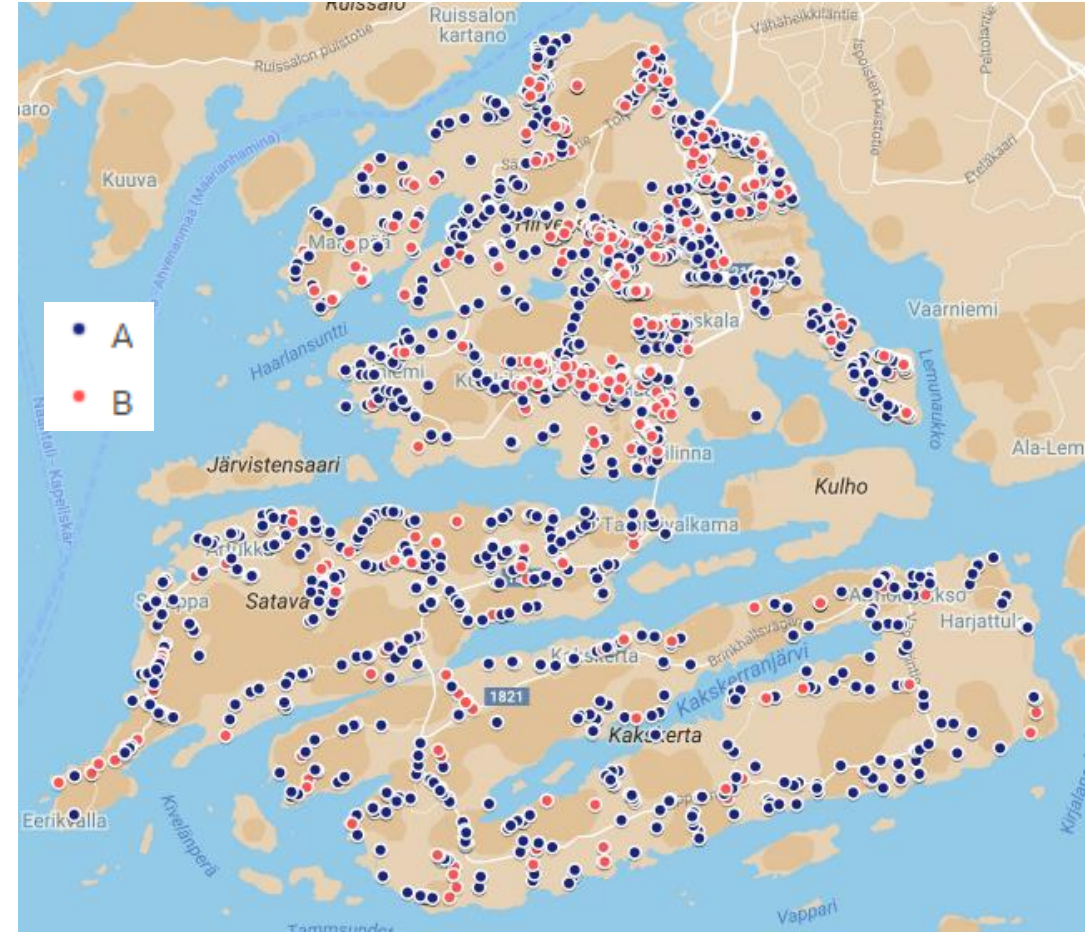
- Tehdyn kuljetusmallinnuksen pohjalta voidaan todeta, että Piikkiön postinumeroalue olisi hieman liian pieni kunnan järjestämän jätekuljetuksen urakka-alueeksi, sillä 8-viikkojakson aikana muodostui 24 keräilyreittiä, jotka eivät kuitenkaan olisi suoraan valmiita keräilyreittejä. Laskettaessa, että keräilyreitti (keräilyajo, siirtoajot ja tyhjennysajo) kestää 8 tuntia, tekee se yhteensä 192 tuntia = 24 tuntia/vko (674 keräyspistettä/vko) = 3 ajovrk/vko (8h/vrk) tai 4 ajovrk/vko (6h/vrk).
- Jos urakoitsija vastaisi myös hyötyjätteen keräyksestä alueella, voisi Piikkiö olla sopivan kokoinen urakka-alue yhden auton omaavalle jätteenkuljetusyritykselle.
- Jätekertymä per ajoreitti jää kuljetusmallinnuksessa sen verran pieneksi, että kuljetuksessa olisi mahdollista käyttää myös pienempää autoa, kaksiakselista pakkaavaa takalastaria. Pienemmällä autolla on pienempi polttoainekulutus.

Hirvensalo, Kakskerta lähtötiedot

- Tarkastelussa polttokelpoisen jätteen keräys
 - kuljetusyritysten ilmoittamat tiedot, v.2015
 - ≤660 litran astiat
 - tyhjennysvälit: 1,2,3,4,6 ja 8 vko
- Keräyspisteitä yht. 2510 kpl (98,8 % kaikista alueen ≤660 litran keräyspisteistä)
- Jäteastioita yht. 2700 kpl
- Kaksi jätekuljetusyhtiötä
 - A = 74 % (keräyspisteistä) B = 26 %
- Keräyspisteiden tyhjennysvälit:




1vko = 259 kpl (10,3%)	2vko = 1434 kpl (57,1 %)
3vko = 14 kpl (0,6%)	4vko = 680 kpl (27,1 %)
6vko = 19 kpl (0,8%)	8vko = 104 kpl (4,1%)
- Keräysastioiden koot ja lukumäärä:

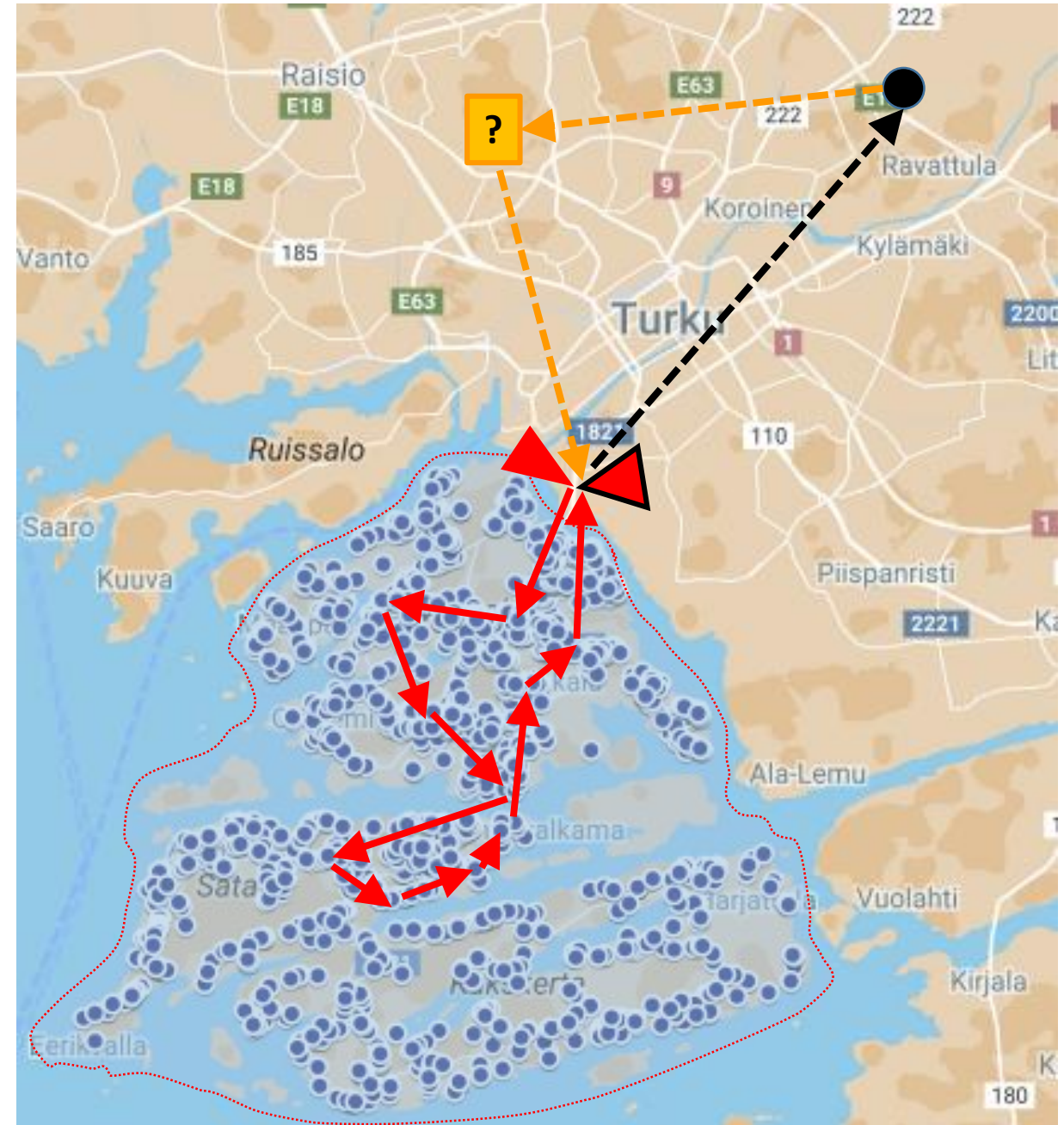
600-660 L = 488 kpl (18,1%)	300-390 L = 239 kpl (8,9%)
240 L = 1671 kpl (61,9%)	140-200 L = 302 kpl (11,2%)



Tarkastelussa ei ole mukana syväkeräys- ja etukuormausastiat, joita on alueella 38 kpl (kooltaan 1300-7000 litraa)
Syväkeräys- ja etukuormausastioita tyhjentää molemmat alueella toimivat yhtiöt (A 76 % ja B 24 %).

Kuljetusmallinnuksen käsitteet ja peruseriaatteen

-  Varikko
-  Siirtoajo
-  Keräilyajon aloituspiste
Hirvensalon puistotien ja Reelinkikadun risteys, Turku
-  Keräilyajo
-  Keräilyajon lopetuspiste
Hirvensalon puistotien ja Reelinkikadun risteys, Turku
-  Tyhjennysajo (11,5 km)
-  Tyhjennyspaikka (Topinoja, Turku)
-  Keräilyalue



KERÄILYAJO 1.vko

(myös 5.vko ja 7.vko)

Hirvensalo, Kakskerta

tyhjennysväli:

1 vko

NYKYTILANNE

Kaksi yhtiötä:

A ja B

(Kp=keräilypisteet)

YHTEENSÄ

Kp	259
Autot	3
Km	183
Aika (h)	12,4

YHTEENSÄ

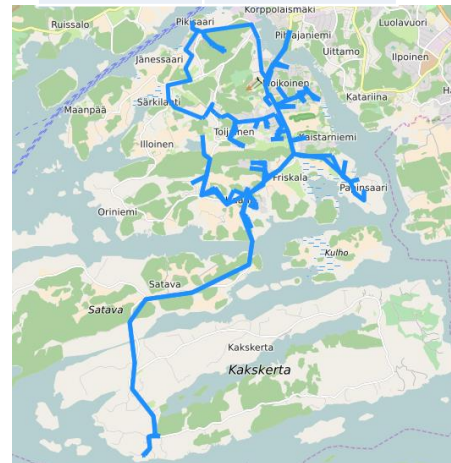
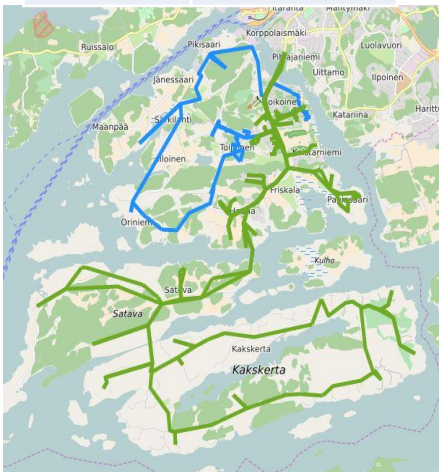
Kp	259
Autot	2
Km	118
Aika (h)	10,4

Yhtiö A

Kp	182
Autot	2
Km	121
Aika (h)	8,5

Yhtiö B

Kp	77
Autot	1
Km	62
Aika (h)	3,9



KUNNAN JÄRJESTÄMÄ JÄTEKULJETUS



KERÄILYAJO 2.vko

Hirvensalo, Kakskerta
tyhjennysväli:
1+2 vko

NYKYTILANNE

Kaksi yhtiötä:

A ja B

(Kp=keräilypisteet)

YHTEENSÄ

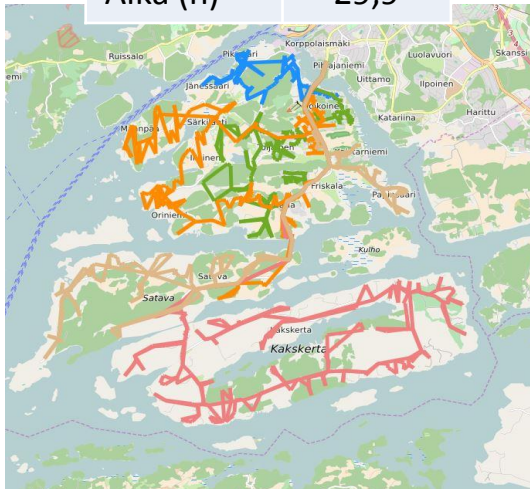
Kp	1692
Autot	8
Km	373
Aika (h)	43,4

YHTEENSÄ

Kp	1692
Autot	7
Km	254
Aika (h)	38,2

Yhtiö A

Kp	1239
Autot	5
Km	229
Aika (h)	29,9



Yhtiö B

Kp	435
Autot	3
Km	144
Aika (h)	13,5



KUNNAN JÄRJESTÄMÄ JÄTEKULJETUS



KERÄILYAJO 3.vko

Hirvensalo, Kakskerta
tyhjennysväli:
1+3 vko

NYKYTILANNE

Kaksi yhtiötä:
A ja B
(Kp=keräilypisteet)

YHTEENSÄ

Kp	273
Autot	3
Km	175
Aika (h)	12,4

YHTEENSÄ

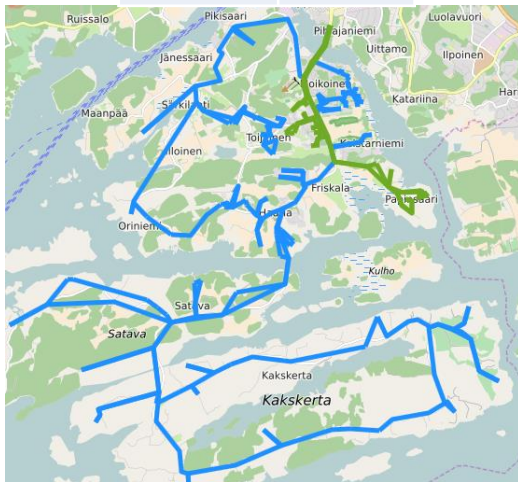
Kp	273
Autot	2
Km	118
Aika (h)	10,3

Yhtiö A

Kp	192
Autot	2
Km	113
Aika (h)	8,4

Yhtiö B

Kp	81
Autot	1
Km	62
Aika (h)	4



KUNNAN JÄRJESTÄMÄ JÄTEKULJETUS



KERÄILYAJO 4.vko

Hirvensalo, Kakskerta
tyhjennysväli:
1+2+4 vko

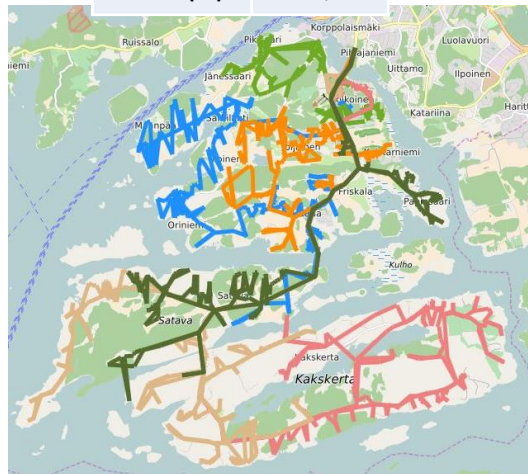
NYKYTILANNE

Kaksi yhtiötä:
A ja B
(Kp=keräilypisteet)

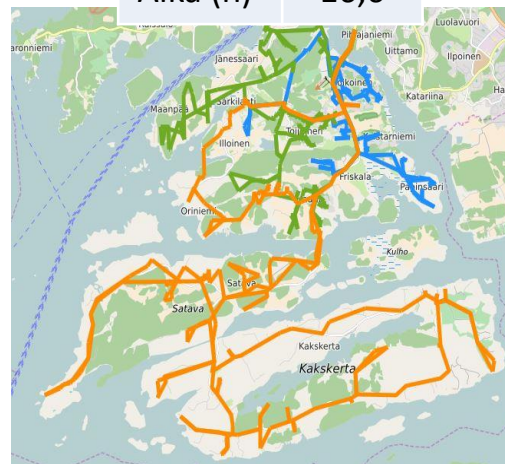
YHTEENSÄ	
Kp	2373
Autot	9
Km	446
Aika (h)	56,5

YHTEENSÄ	
Kp	2373
Autot	9
Km	305
Aika (h)	50,1

Yhtiö A	
Kp	1761
Autot	6
Km	290
Aika (h)	39,9



Yhtiö B	
Kp	612
Autot	3
Km	156
Aika (h)	16,6



KUNNAN JÄRJESTÄMÄ JÄTEKULJETUS



KERÄILYAJO 6.vko

Hirvensalo, Kakskerta
tyhjennysväli:
1+2+3+6 vko

NYKYTILANNE

Kaksi yhtiötä:
A ja B
(Kp=keräilypisteet)

YHTEENSÄ

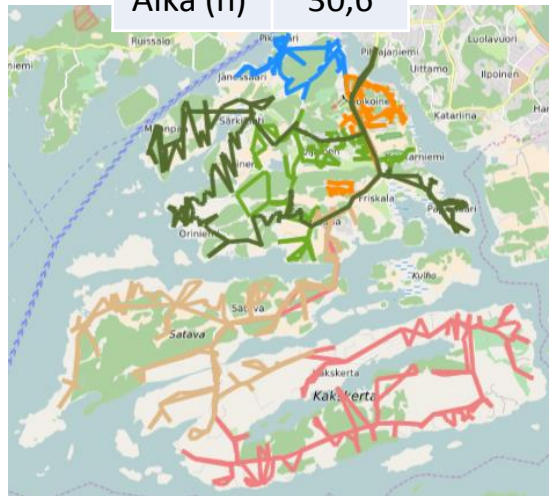
Kp	1725
Autot	9
Km	386
Aika (h)	44,3

YHTEENSÄ

Kp	1725
Autot	7
Km	260
Aika (h)	37,6

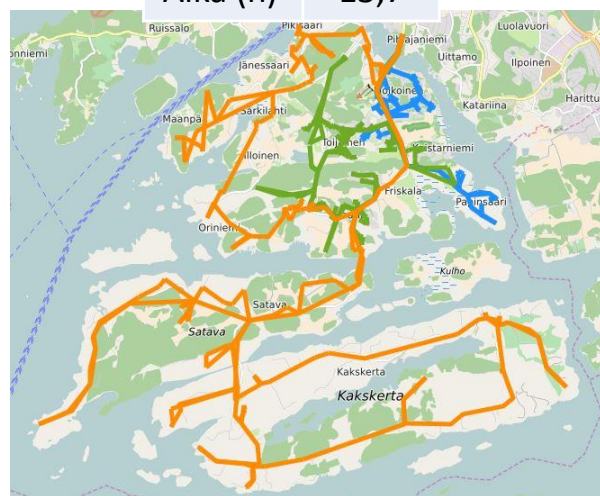
Yhtiö A

Kp	1267
Autot	6
Km	237
Aika (h)	30,6

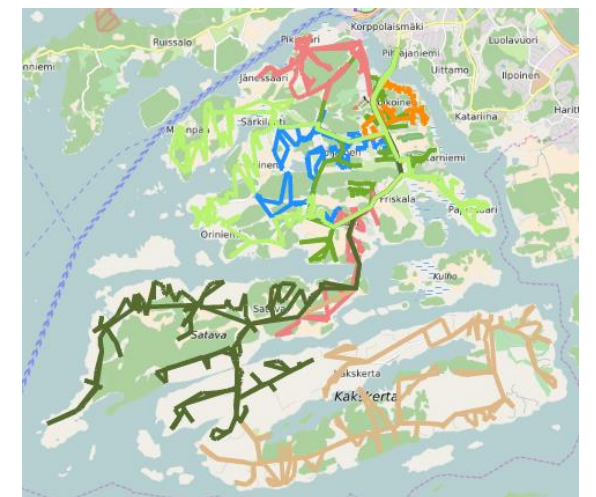


Yhtiö B

Kp	458
Autot	3
Km	149
Aika (h)	13,7



KUNNAN JÄRJESTÄMÄ JÄTEKULJETUS



KERÄILYAJO 8.vko

Hirvensalo, Kakskerta
tyhjennysväli:
1+2+4+8 vko

NYKYTILANNE

Kaksi yhtiötä:
A ja B
(Kp=keräilypisteet)

YHTEENSÄ

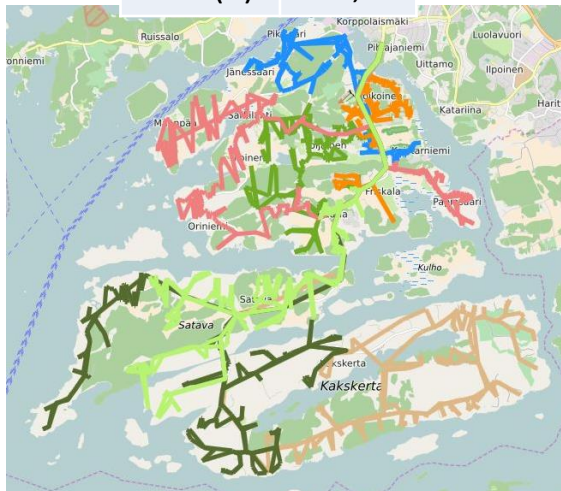
Kp	2477
Autot	10
Km	438
Aika (h)	57,8

YHTEENSÄ

Kp	2477
Autot	10
Km	314
Aika (h)	51,7

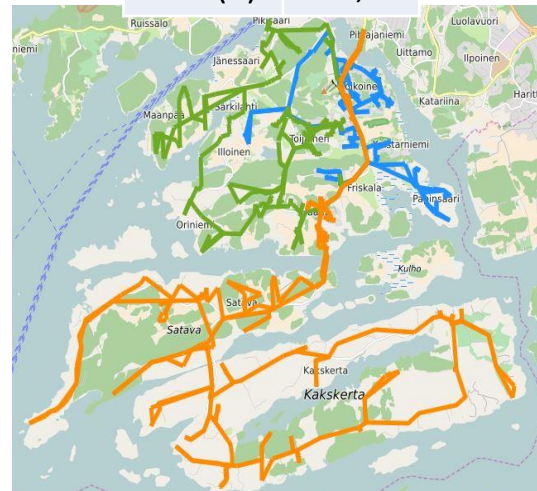
Yhtiö A

Kp	1835
Autot	7
Km	277
Aika (h)	40,5



Yhtiö B

Kp	642
Autot	3
Km	161
Aika (h)	17,3



KUNNAN JÄRJESTÄMÄ JÄTEKULJETUS



KERÄILYAJON YHTEENVETO 8-viikkojakso: Nykytilanteen ja kunnan järjestämän jätekuljetuksen vertailu, Hirvensalo, Kakskerta

NYKYTILANNE	1.vko	2.vko	3.vko	4.vko	5.vko	6.vko	7.vko	8.vko	
Yhtiö	<u>1</u>	<u>1+2</u>	<u>1+3</u>	<u>1+2+4</u>	<u>1</u>	<u>1+2+3+6</u>	<u>1</u>	<u>1+2+4+8</u>	YHT
A (km)	121	229	113	290	121	237	121	277	1509
B (km)	62	144	62	156	62	149	62	161	858
YHT (km)	183	373	175	446	183	386	183	438	2367
Autot (lkm)	3	8	3	9	3	9	3	10	48
Aika (h)	12,4	43,4	12,4	56,5	12,4	44,3	12,4	57,8	251,6

Kunnan järjestämä jätekuljetus	1.vko	2.vko	3.vko	4.vko	5.vko	6.Vko	7.Vko	8.Vko	YHT
	<u>1</u>	<u>1+2</u>	<u>1+3</u>	<u>1+2+4</u>	<u>1</u>	<u>1+2+3+6</u>	<u>1</u>	<u>1+2+4+8</u>	
Yritys X (km)	118	254	118	305	118	260	118	314	1605
Autot (lkm)	2	7	2	9	2	7	2	10	41
Aika (h)	10,4	38,2	10,3	50,1	10,4	37,6	10,4	51,7	219,1

Keräilyn ajosuorite (km)

	<u>8-viikkojakso</u>	<u>vuodessa*</u>
Nykytilanne	2367 km	15386 km
Kunnan järj.	1605 km	10432 km
Erotus	762 km	4954 km (-32,2%)

* 8-viikkojakso on muutettu vuositason lukemaksi kertomalla 8-viikkojakson km-lukema arvolla 6,5 (=52 vko)

Tyhjennyksen ajosuorite (km)

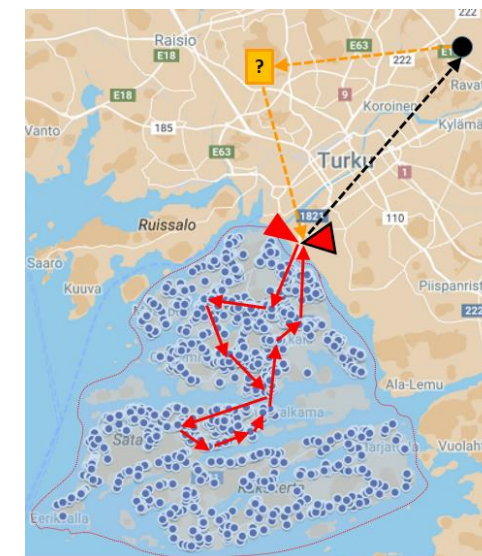
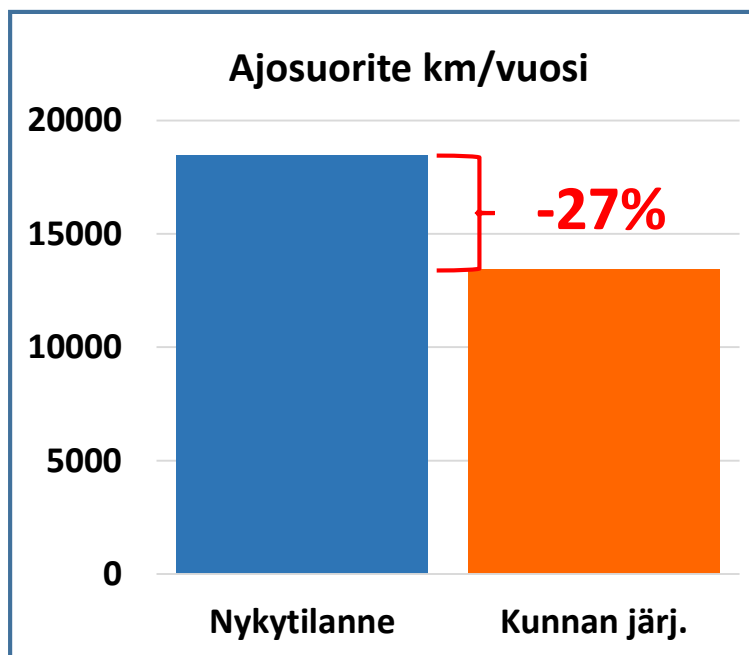
	<u>autot</u>	<u>8-viikkojakso</u>	<u>vuodessa</u>
Nykytilanne	48	472 km	3068 km
Kunnan järj.	41	460 km	2990 km
Erotus		12 km	78 km

Auton tyhjennysajon laskentaperusteet:

- Tyhjennysajo (11,5 km) on otettu kokonaan huomioon, jos auton keräily on kestänyt yli 5 h tai kerättävä jätemäärä ylittää 60 % auton kapasiteetista.
- Kaikilla muilla autoilla tyhjennyksen ajosuoritteeksi on laskettu puolet tyhjennysmatkasta eli 5,75 km.

Keräilyn ja tyhjennyksen ajosuorite yhteensä (km)

	<u>vuodessa</u>
Nykytilanne	18454 km (Keräilyajon osuus 83%)
Kunnan järj.	13422 km (Keräilyajon osuus 78%)
Erotus	5032 km (-27,3%)



Polttoaineen kulutus ja CO₂ -päästöt nykytilanteessa sekä kunnan järjestämässä jätteenkuljetuksessa

	NYKYTILANNE					KUNNAN JÄRJESTÄMÄ				
<i>Hirvensalo</i>	Autot	Keräily-	Ajosuorite	Polttoaine	CO2 (kg)	Autot	Keräily-	Ajosuorite	Polttoaine	CO2 (kg)
<i>Kakskerta</i>	lkm	pisteet	km	kulutus (l)	päästöt	lkm	pisteet	km	kulutus (l)	päästöt
8-vko jakso	48	9317	2839	3004	7991	41	9317	2065	2280	6065
VUODESSA	312	60561	18454	19526	51939	267	60561	13423	14820	39421

- Kunnan järjestämässä jätteenkuljetuksessa polttoaineen kulutus ja vastaavasti CO₂ -päästöt vähenevät nykytilanteeseen verrattuna 24 %.
- Polttoaineen kulutus ja CO₂ -päästöt vähenevät hieman vähemmän kuin ajosuorite (km), joka vähenee 27 %.
- Muut jätteenkeräyksen aiheuttamat päästöt kuin CO₂ vähenevät samassa suhteessa kuin hiilidioksidipäästöt. (Oletuksena, että jäteauto on kummassakin järjestelmässä sama eli EURO4-luokka).

Tunnuslukuja: Ajosuorite, polttoaine ja CO₂ -päästöt astiatyhjennystä ja kerättyä jätetonna kohden

<i>Hirvensalo-Kakskerta</i>	Nykytilanne	Kunnan järj.	Muutos %
Ajosuorite (km)/astiatyhjennys	0,30	0,22	-27
Polttoaine (l)/astiatyhjennys	0,32	0,24	-24
CO ₂ päästöt (kg)/astiatyhjennys	0,86	0,65	-24
Ajosuorite (km)/jätetonna	116,3	84,6	-27
Polttoaine (l)/jätetonna	123,0	93,4	-24
CO ₂ päästöt (kg)/jätetonna	327,3	248,4	-24

Päästöt kg / vuosi			
<i>Hirv-Kaks</i>	Nykytilanne	Kunnan järj.	Muutos %
CO	11,7	8,9	-24
HC	2,0	1,5	-24
NO _x	257,7	195,6	-24
PM	3,9	3,0	-24

Hirvensalo-Kakskerta alueen sekä Piikkiön jätteenkuljetus

- Hirvensalo-Kakskerta alueella ajosuorite mahdollisen jätteenkuljetusjärjestelmän muutoksen myötä alenisi 27 %, mikä on vähemmän kuin vastaava ajosuoritteiden alenema Piikkiössä (44%). Tulosta selittää varmaankin se, että Piikkiössä jätteenkuljetukset jakautuvat tasaisemmin yritysten kesken (suurimman yrityksen markkinaosuus 64%) ja kuljetusyhtiöitä on lukumääräisesti enemmän (A,B,C ja J) kuin Hirvensalo-Kakskerta -alueella, jossa toimii kaksi yritystä (A ja B), joista suuremman yrityksen osuus on 74%.
- Tutkimusalueiden ajosuoritteiden (km) alenemia voidaan pitää yllättävän suurina. Lisäksi Hirvensalon-Kakskerta -alueen kuljetusjärjestelmien vertailu osoittaa, että ajosuorite (km) ja sen myötä polttoainekulutus voi alentua merkittävästi siinäkin tapauksessa, että alueella toimii vain kaksi yritystä ja että toisella yrityksellä on selvästi paljon enemmän tyhjennyspisteitä kuin toisella eli toisen markkinaosuus on paljon suurempi.
- Hirvensalo-Kakskerta alueella ajosuoritteiden (km) alenema kuljetusjärjestelmän muutoksen myötä ei vaikuttanut yhtä selvästi jäteautojen lukumäärään kuin Piikkiössä. Myöskään ajotunteihin (keräilyaikaan) ei ajosuoritteiden vähenemä vaikuttanut yhtä paljon kuin ajosuoritteeseen (km).
- Jos Piikkiön alue todettiin hieman liian pieneksi yhden auton urakka-alueeksi, niin Hirvensalo-Kakskerta on hieman liian suuri yhdellä autolla operoitavaksi. Jos alueen polttokelpoisen jätteen ($\leq 660L$) keräys hoidettaisiin yhdellä jäteautolla, tarvitsisi sillä ajaa osin kahdessa työvuorossa.
- Hirvensalo-Kakskerta alueella asuu melkein 11000 asukasta (Hirvensalo n. 9400 ja Kakskerta n. 1400) eli noin 3600 henkilöä enemmän kuin Piikkiössä. Väestötiheys on myös suurempi.
- Hirvensalo-Kakskerta alueella isojen (600-660 litran) jäteastioiden määrä on selvästi suurempi kuin Piikkiössä.
- Tämä vaikuttaa mm. siten, että erällä Hirvensalo-Kakskerta -reiteillä jäteauton kapasiteetti tuli vastaan ennen työpäivän täyttymistä (mallinnuksessa käytettiin max keräilyaikana 6h45min). Piikkiössä näin ei käynyt kertaakaan vaan aikaraja, työpäivän pituus muodosti rajoittavan tekijän.

Hirvensalo-Kakskerta alueen sekä Piikkiön jätteenkuljetus (jatkoa)

- Hirvensalo-Kakskerta alueen jätteenkuljetuksissa päästään suurempaan tehokkuuteen (esim. auton täyttöaste, keräilyreitien pituus) kuin Piikkiössä. Tämä johtuu mm. Hirvensalo-Kakskerta -alueen suuremmasta asukastiheydestä ja keskimäärin suuremmasta astiakoosta.
- Hirvensalo-Kakskerta -alueen ajosuorite (km) kuten myös polttoainekulutus ja CO₂-päästöt per astiatyhjennys ovat hieman pienemmät kuin Piikkiössä. Tämäkin johtuu alueen asukastiheydestä.
- Seuraavaan on koottu Hirvensalo-Kakskerta -alueen jätteenkuljetuksen keskiarvoja kuljetusmallinnuksen pohjalta laskettuna:

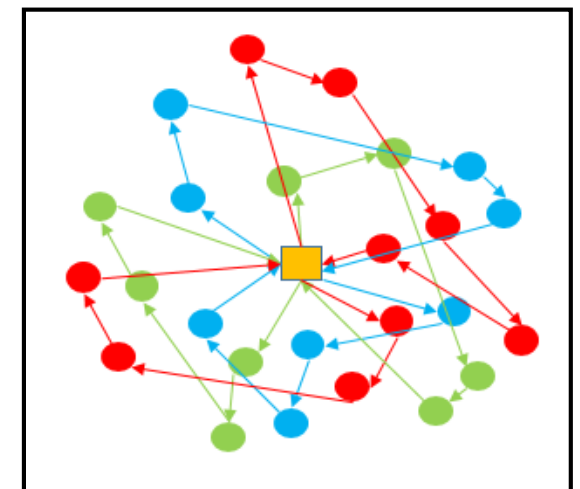
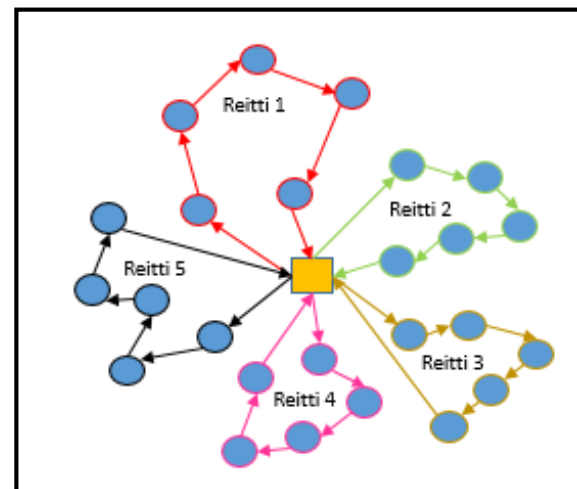
	Nykytilanne	Kunnan järjestämä
Keräilypisteitä / reitti	194	227
Auton täyttöaste	65,1%	78,7%
Keräilyreitien ajoaika	5h14min	5h18min
Keräilyreitien pituus	49,3 km	39,0 km

- Edellä oleva tunnuslukujen kooste osoittaa kunnan järjestämän jätteenkuljetuksen olevan tehokkaampi kuin nykyinen malli, jossa jokainen voi valita itsenäisesti jätteenkuljetusyrityksen.

Jätekuljetusten tehokkuudesta ja kuljetusten optimoinnista yleensä

- Lähtökohtaisesti kunnan järjestämä jätteenkuljetusjärjestelmä on logistisesti tehokkaampi kuin kiinteistön haltijan järjestämä jätteenkuljetus.
- Teoreettisesti tarkastellen vain siinä tapauksessa kahdella järjestelmällä ei olisi tehokkuudessa eroja, jos asiakkaat jakautuisivat täysin kiinteistön haltijan järjestämässä jätteenkuljetusjärjestelmässä ennakkoon optimoitujen keräilyreittien mukaan.
- Asiaa selventää alla oleva vasemmanpuoleinen kuva, jossa keräilyreitit on optimoitu (ns. pyyhkäisymenetelmä). Tämä on mahdollista kunnan keskitetyssä kilpailuttamassa järjestelmässä. Sopimusperusteisessa eli kiinteistön haltijan valitessa itse kuljetusyrityksen vasemmanpuoleisen kuvan tilanne voi toteutua vain, jos optimoidun keräilyreitien kaikki asiakkaat ovat yhden jätekuljetusyrityksen asiakkaita. Jos alueella operoi toinenkin jäteyhtiö, muodostuu kuljetuksiin väkisinkin tehottomuutta, vaikka jätekuljetusyritykset optimoisivat omat reittinsä miten tehokkailla optimointiohjelmilla tahansa.
- Aina jätekuljetusyritysten reitit eivät ole käytännössä tehokkaita, sillä jätteenkuljetusten reittien optimointi on osoittautunut hyvin haastavaksi kuljetusten optimoinnin alaksi, etenkin, kun otetaan huomioon jäteastioiden erilaiset tyhjennysvälit ja erikseen kerättävät useat eri jätelajit. Kunnan järjestämässä jätteenkuljetuksessakin voi esiintyä tehottomuutta esim. siitä syystä, että kuljetusten urakka-alueita ei ole muodostettu järkevästi.

Jos kuljetukset on järjestetty keskitetyksi, kuten kunnan järjestämässä mallissa, tehostuu logistiikka (vasen kuva: reitit tehokkaita, ajosuoritetta vähän ja ajoneuvoja tarvitaan vähemmän) verrattuna kiinteistön haltijan järjestämään kuljetusjärjestelmään, jossa asiakkaat voivat valita täysin itsenäisesti jätekuljetusyrityksen (oikea kuva), jolloin reitit voivat kyllä yhden kuljetusyrityksen näkökulmasta olla tehokkaita, mutta eivät koko järjestelmän puitteissa (päällekkäistä ajoa, risteävät reitit ym).



Tutkimustulokset ja vertailu muihin tutkimuksiin

- Tutkimuksessa selvitettiin kolmella alueella jätekuljetusten tehokkuutta, etenkin ajosuoritetta ja sen kautta ympäristövaikutuksia.
- Kirismäen asuinalueella, jolla nykyisin operoi kolme jäteyhtiötä, ajosuorite vähenisi 50 %, jos alue hoidettaisiin yhden kuljetusyrityksen toimesta. Vastaavanlainen tutkimus on tehty Forssan Paavolan asuinalueella. Alueella toimi neljä yhtiötä. Ajosuoritteen vähenemäksi tutkimuksessa saatiin 49 %. Paavolan alueella suurimman kuljetusyrityksen osuus jäteastioiden tyhjennyksistä oli 53 %. Kirismäen osalta vastaava luku oli 49%.
- Piikkiö ja Hirvensalo-Kakskerta -alueet otettiin tarkasteluun, koska haluttiin selvittää potentiaalisen urakka-alueen kannalta, mitä kuljetusjärjestelmän vaihto vaikuttaa ajosuoritteeseen, pakokaasupäästöihin ja energiatehokkuuteen.
- Piikkiössä toimii neljä yhtiötä ja laskennalliseksi ajosuoritteen vähenemäksi saatiin 44 %, joka on vain hieman vähemmän kuin Kirismäen asuinalueen osalta.
- Hirvensalo-Kakskerta alueella, jossa jätteiden keräily hoituu kahden yhtiön toimesta, ajosuoritteen vähenemä olisi 27 %.
- Huomionarvoista on, että sekä nykytilanne että kunnan järjestämä jätteenkuljetus on tehty samantyyppisellä metodilla, eli ajoreitit on optimoitu kummassakin tilanteessa yhtenevillä perusteilla.
- Muita vastaavanlaisia tutkimuksia, joissa olisi tarkasteltu potentiaalisten urakka-alueiden osalta kuljetusjärjestelmän vaikutusta ajosuoritteeseen, ei ole juurikaan tehty. Tiedossa on vain Pohjanmaalla tehty tutkimus, jossa selvitettiin lähes vastaavanlaisella mallitarkastelulla kuin tässä tutkimuksessa; Pietarsaaren, Kokkolan ja Kruunupyyn ajosuoritteen ja polttoaineen kulutuksen vähentymistä, jos kiinteistökohtaisesta jätteenkuljetuksesta siirryttäisiin kunnan järjestämään, keskitettyyn kuljetussysteemiin. Pohjanmaan jätelautakunnan alueella urakoitsijoiden kohteet reititettiin uudestaan, niin että alueella toimisi vain yksi urakoitsija. Reittien tiedot olivat vuosilta 2011 ja 2012. (Väänänen 2012).

Tutkimustulokset ja vertailu muihin tutkimuksiin (jatkoa)

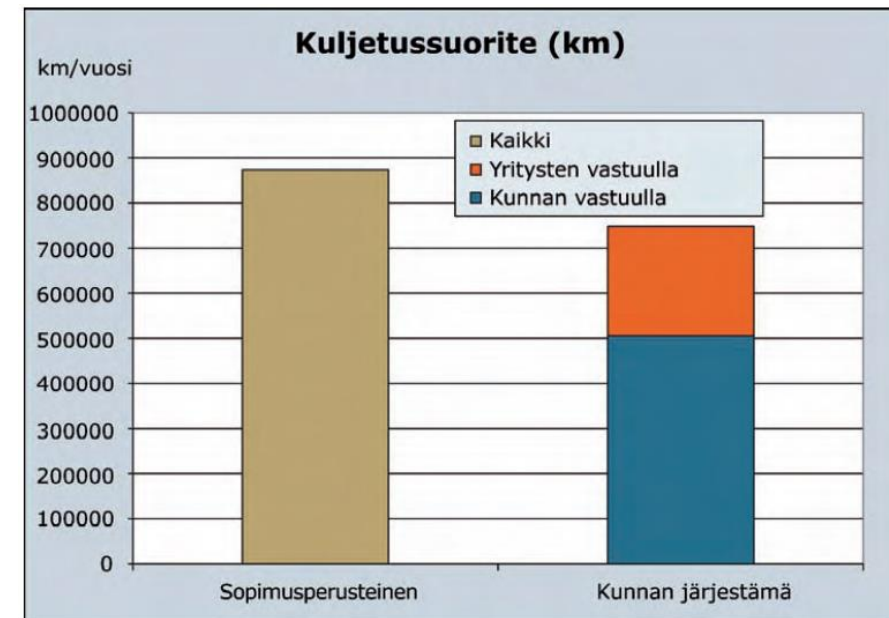
- Pohjanmaan jätelautakunnan alueella tehdyn tutkimuksen tulokset ajosuoritteen osalta on koottu seuraavaan taulukkoon:

	Ajosuorite (km) /vuosi			
	Nykytilanne	Kunnan järj.	Muutos %	
Pietarsaari	23.764	9.321	- 61 %	(6 urakoitsijaa, joilla kahdella vain 1 kohde, joten ne on jätetty pois, suurimman yrityksen osuus noin 76%)
Kokkola	62.582	19.981	- 68 %	(tarkastelualue Kanta-Kokkola, 6 urakoitsijaa, joista yksi jätetty pois, suurimman yrityksen osuus noin 26%)
Kruunupyö	30.771	25.376	- 18 %	(7 urakoitsijaa, joista kolme pienintä jätetty pois, joilla vain muutama kohde, suurimman yrityksen osuus noin 54%)

- Johtopäätöksenä tutkimuksesta voidaan todeta, että urakoitsijoiden lukumäärä alueella näyttää vaikuttavan hyvinkin paljon ajosuoritteen vähenemiseen. Näin voitiin todeta myös Piikkiön ja Hirvensalo-Kaksikerta –alueen tarkastelun pohjalta.
- Suurimman yrityksen osuuden ja ajosuoritteen muutoksen välisen yhteyden osalta Pohjanmaan tutkimuksen tulokset ovat hieman hämmentävät. Kokkolassa ja Pietarsaassa markkinajohtajan osuuksissa oli huomattavan suuri ero (Pietarsaari 76% ja Kokkolassa 26%), mutta tästä huolimatta ajosuoritteen alenema suhteellisesti tarkasteluna oli silti jokseenkin yhtä suuri kummassakin kaupungissa (Pietarsaassa 61% ja Kokkolassa 68%). Ennakkoon voisi nimittäin olettaa, että mitä tasaisemmin markkinat jakautuvat yrityksiin kesken, sitä merkittävämmiin ajosuorite vähenee siirryttäessä keskitettyyn, kunnan järjestämään jätteenkuljetusjärjestelmään.
- Pohjanmaan tutkimuksesta on myös mielenkiintoista havaita, että tiheästi asutulla alueella (kaupungeissa) ajosuoritteen vähenemä oli selvästi suurempaa kuin Kruunupyöyssä, jossa on enemmän haja-asutusaluetta kuin Pietarsaassa ja Kokkolassa. Lähtökohtaisesti voisi olettaa tilanteen olevan juuri päinvastoin, koska haja-asutusalueella jätteenkuljetuksen tehottomuus johtaa herkemmin suurempaan ajosuoritteiden eroon kuin kaupunkialueella, jossa astioiden välinen etäisyys on luonnollisesti pienempi kuin maaseudulla. Tässä on kuitenkin otettava huomioon, että kyseessä on yksittäinen alue, ja laajalla maaseutualueella voi kunnan tietyn alueen asukkaat keskittyä ”luontaisesti” helpommin yhdelle ja samalle yrittäjälle kuin tiheämmin asutuilla alueilla. Näin näyttäisi olevan tilanne Kruunupyöyssä.

Tutkimustulokset ja vertailu muihin tutkimuksiin (jatkoa)

- Laajin empiirinen tutkimus, jossa kahta jätekuljetusjärjestelmää on verrattu keskenään, on Rambollin tutkimus vuodelta 2008. Tutkimusalueena oli koko Oulun seutu (Oulun jätehuollon toiminta-alue). Kaikkiaan alueella toimii 13 jätteenkuljetusyritystä. Tutkimukseen on viitattu hyvin usein, ja tässäkin työssä sitä on siteerattu jo useasti.
- Sopimusperusteisessa järjestelmässä jätteenkuljetussuoritteeksi saatiin noin 870.000 km vuodessa, kun kunnan järjestämässä järjestelmässä kilometrisuorite pieneni 14 %. Tämä on yllättävän vähän, verrattuna tässä työssä saatuihin tuloksiin sekä myös verrattuna Pohjanmaan ja Forssan Paavolan asuinalueen tutkimustuloksiin.
- Osaltaan tutkimusten vertailtavuutta vaikeuttaa se, että Rambollin Oulun seudun tutkimuksessa oli mukana myös yritysten vastuulla olevat jätteet ja niiden kuljetukset. Tutkimuksen lähtötilanne mallinnettiin siten, että yritystoiminnan jätteet kulkivat samoissa kuormissa kuin ns. asuintoiminnan jätteet. Kunnan järjestämässä mallinnuksessa elinkeinotoiminnan jätteet siirrettiin erilliskeräykseen ja ne pidettiin niillä kuljetusyrityksillä, jotka niitä olivat hoitaneet. Yritysten vastuulla oleville jätteille oli suunniteltava siis erilliset reitit. Kuljetusjärjestelmän muutoksen myötä yritysten vastuulla olevista jätteistä syntyi jättemäärään nähden paljon reittejä. Kunnan järjestämässä mallissa noin 250.000 kilometriä vuodessa on yritysjetten erilliskeräyksen tulosta. Se on noin kolmasosa kokonaisajosuoritteesta (viereinen kuva). Tämä osaltaan selittää sen, että tutkimuksessa päädyttiin melko vähäiseen kokonaisajosuoritteen vähenemään, jos sopimusperusteisesta siirrytään kunnan järjestämään jätteenkuljetukseen.
- Nykyään kunnan ja yritysten vastuulla olevat jätteet kuljetetaan lähtökohtaisesti erillään (ainakin Lounais-Suomessa). Näin Rambollin tutkimustuloksia Oulun seudulta vuodelta 2008 ei voi enää pitää vertailukelpoisina ja nykytilannetta kuvaavina.



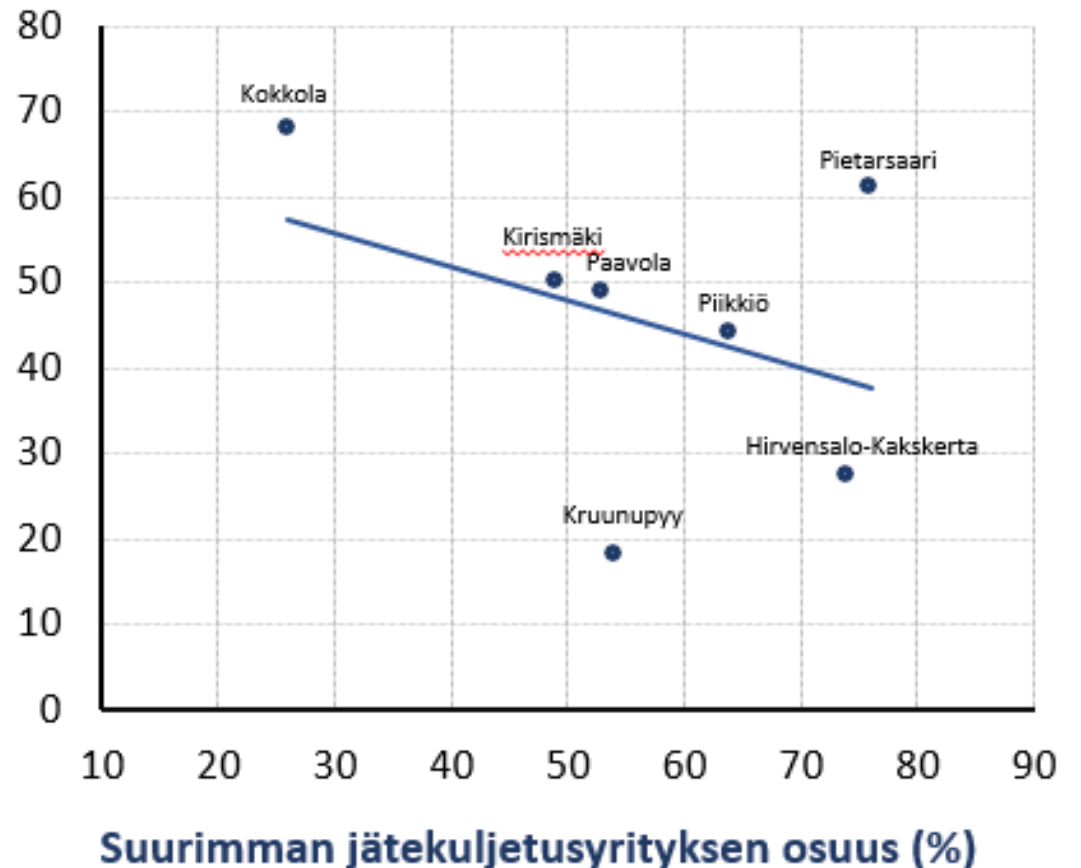
Tutkimustulokset ja vertailu muihin tutkimuksiin (jatkoa)

- Yleisesti ottaen voidaan todeta, että siirryttäessä sopimusperusteisesta kunnan järjestämään jätteenkuljetukseen ajosuorite vähenee, ja ajosuorite vähenee sitä enemmän mitä useampia jätteenkuljetusyrityksiä alueella toimii. Lisäksi, mitä pienempi suurimman yrityksen osuus on sitä suurempi on kuljetusten tehostamispotentiaali. Tämä vaikutusyhteys ei kuitenkaan ole täysin selkeä, kuten edellä todettiin ja viereisestä kuvasta voidaan havaita.
- Viereiseen kuvaan on koottu tämän tutkimuksen kohdealueiden ja muissa tutkimuksissa olleiden alueiden tulokset yhteen. Lisäksi ajosuoritteen aleneman ja suurimman jättekuljetusyrityksen markkinaosuuden välille on piirretty trendisuora.

JÄTEKULJETUSJÄRJESTELMÄN VAIHDON MYÖTÄ AJOSUORITTEEN ALENAMA (%)

AJOSUORITTEEN ALENEMAN (%) JA SUURIMMAN JÄTEKULJETUSYRITYKSEN OSUUDEN VÄLINEN YHTEYS

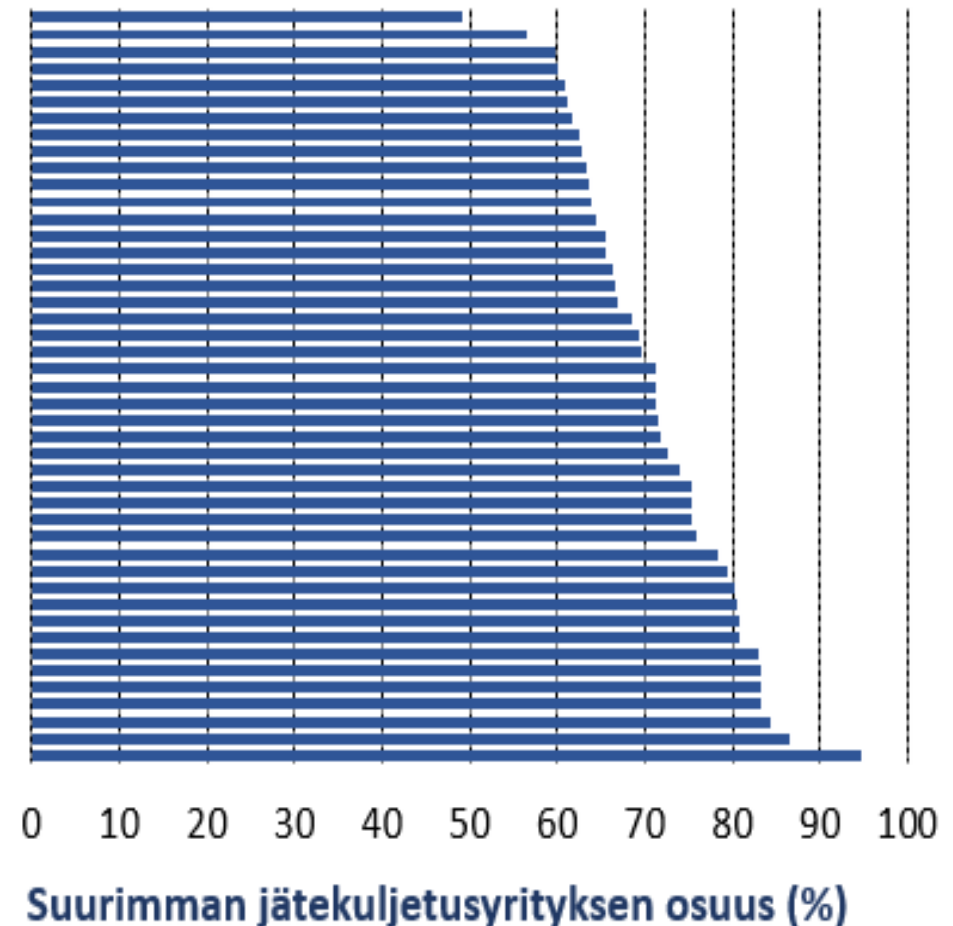
Ajosuoritteen (km) alenema %



Tutkimustulosten yleistettävyys Lounais-Suomen alueelle

- Edellä todettiin varsin selvä yhteys suurimman jätekuljetusyrityksen markkinaosuuden ja ajosuoritteiden suhteellisen vähenemän osalta, eli jätekuljetukset ovat sitä tehottomampia mitä pienempi on suurimman yrityksen markkinaosuus eli astiatyhjennykset jakautuvat tasaisesti kuljetusyrittäjien kesken.
- Eräs tapa arvioida jätteenkuljetusten tehostamispotentiaalia Lounais-Suomessa on tarkastella suurimman kuljetusyrityksen osuutta postinumeroalueittain.
- Viereisessä kuvassa postinumeroalueet on järjestetty suuruusjärjestykseen alueen suurimman kuljetusyrityksen markkinaosuuden mukaan (osuus tyhjennyspisteistä).
- Tarkastelussa on mukana Turun, Ruskon, Liedon, Auran, Kaarinan, Paimion ja Sauvon postinumeroalueet.
- Mukana ei ole Paraisten, Pöytyän ja Marttilan postinumeroalueita, sillä ne ovat joko täysin ja melkein täysin (100%) yhden jätekuljetusyrityksen "valtakuntaa".
- Salon postinumeroalueet on jätetty myös pois, sillä kuljetustiedot alueelta olivat varsin puutteelliset.
- Tarkastelussa on mukana ≤ 660 litran jäteastiat.
- Suurimman yrityksen markkinaosuuden keskiarvo postinumeroalueittain laskettuna on 69,8%. (Tässä on laskettu painotettu keskiarvo, painokertoimena on postinumeroalueen tyhjennyspisteiden lukumäärä).

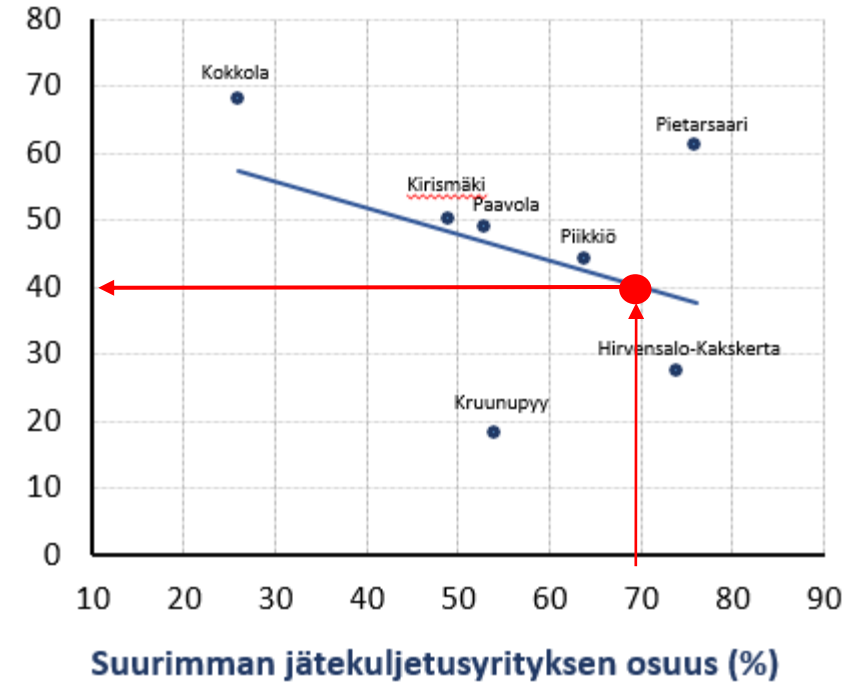
SUURIMMAN JÄTEKULJETUSYRITYKSEN OSUUS POSTINUMEROALUEITTAIN



Tutkimustulosten yleistettävyys Lounais-Suomen alueelle

- Karkean arvion Lounais-Suomen jätekuljetusten tehokkuudesta ja tehostamispotentiaalista saa, kun sijoittaa postinumeroalueittain lasketun keskiarvon (69,8%) tutkittujen alueiden pohjalta piirretylle trendisuoralle (viereinen kuva). Tämän mukaan ajosuoritteiden alenemaksi saadaan 40 % eli jätteautojen ajosuorite (km) voisi vähentyä todella huomattavasti, jos jätteenkuljetusjärjestelmä vaihtuisi nykyisestä kiinteistön haltijan järjestämästä kunnan järjestämään jätteenkuljetukseen.
- Tämä tarkastelu on varsin teoreettinen ja sisältää useitakin virhelähteitä. Tarkimman tuloksen saisi, jos jokainen alue (urakka-alue) mallinnettaisiin erikseen.
- Tämän ja muiden tutkimusten pohjalta ei siis voida laskea kokonaiskilometrilukemaa Lounais-Suomen jätteenkuljetusten vähenemästä. Joka tapauksessa kolme todellista esimerkkimallinnusta (Kirismäki, Piikkiö sekä Hirvensalo-Kakskerta) osoittivat, että puhutaan hyvinkin merkittävästä kuljetusten tehostamispotentiaalista eli jätteenkuljetus voitaisiin hoitaa huomattavasti tehokkaammin, jolloin ajosuorite vähenisi asuinalueilla ja jätteenkuljetuksesta aiheutuvat pakokaasupäästöt vähenisivät tuntuvasti.

Ajosuoritteiden (km) alenema %



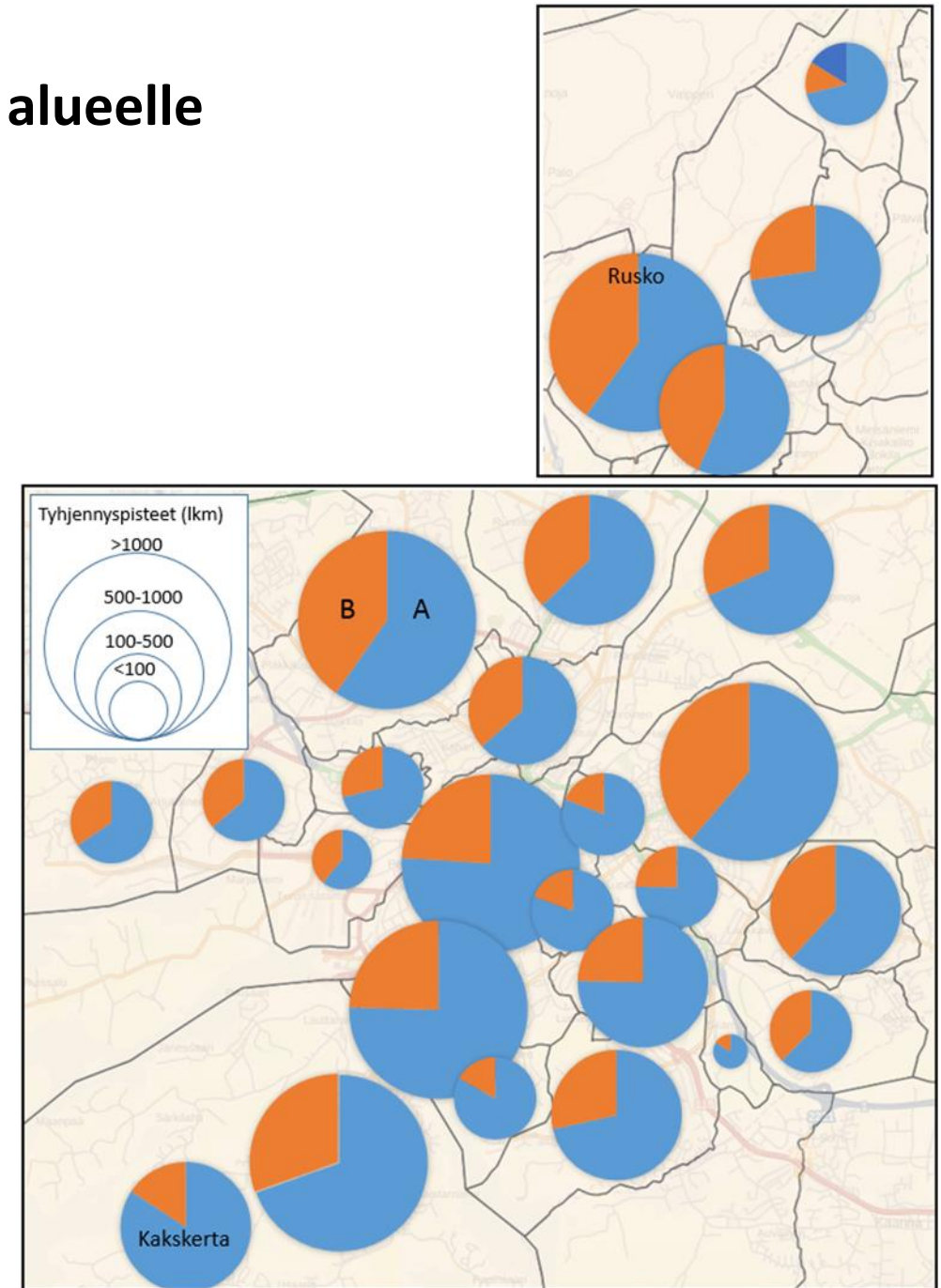
Tutkimustulosten yleistettävyys Lounais-Suomen alueelle

- Koska koko Lounais-Suomen aluetta ei voitua tutkia tarkasti, ja koska edellä tehty arvio jätteenkuljetuksen tehostamispotentiaalista on melko karkea, tarkastellaan asiaa vielä kartografian keinoin.
- Seuraavissa dioissa jäteyritysten markkinaosuutta tarkastellaan postinumeroalueittain. Lisäksi jäteastiat on paikannettu karttapohjalle, jotta jätekuljetusten tehostamispotentiaalista saadaan tarkempi kuva asuinalueilla.

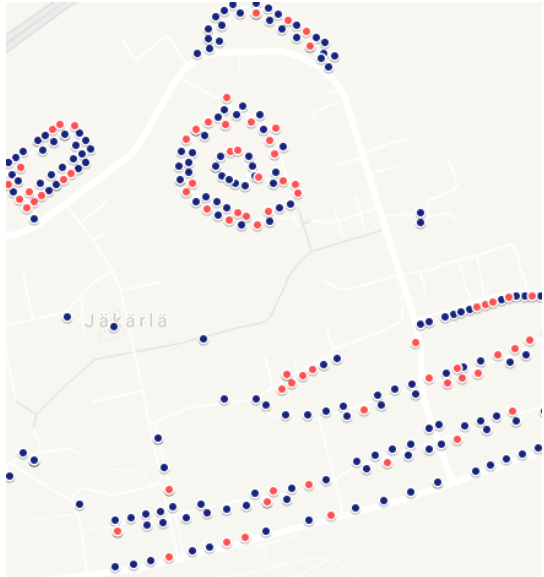
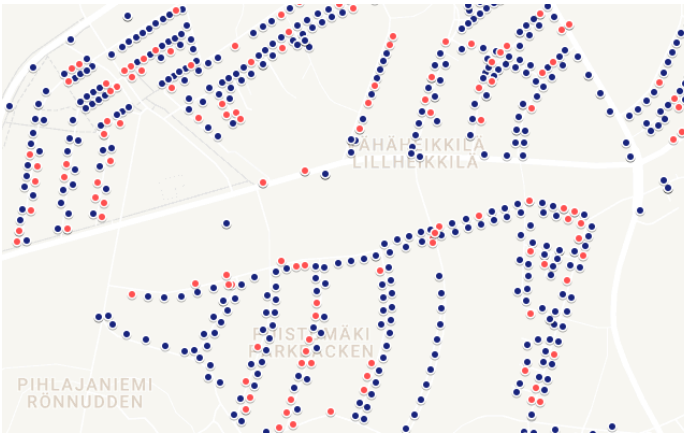
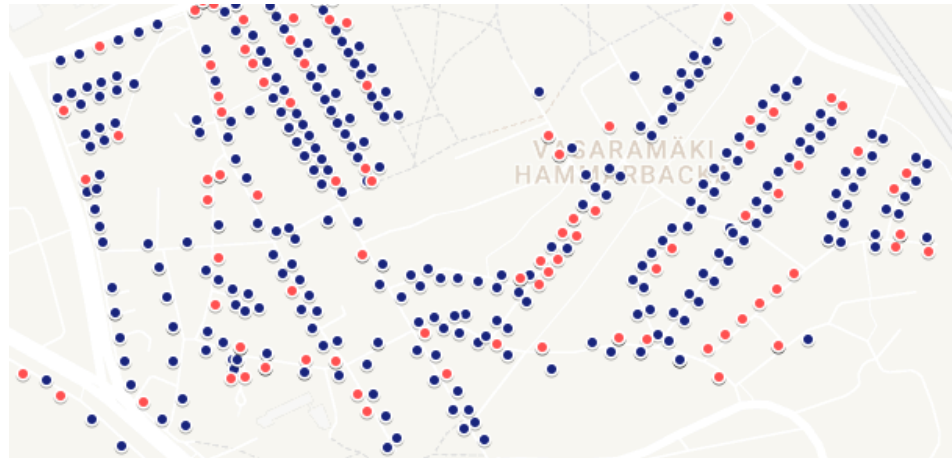
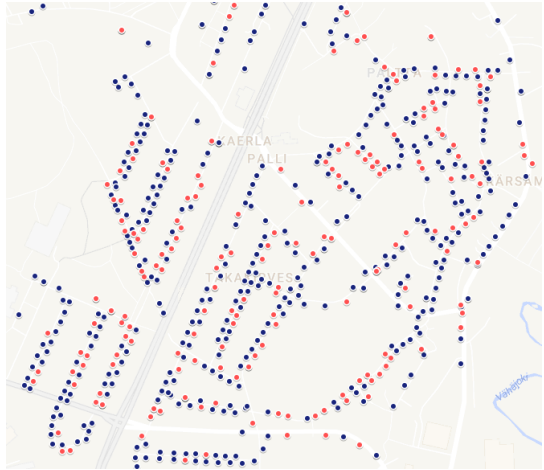
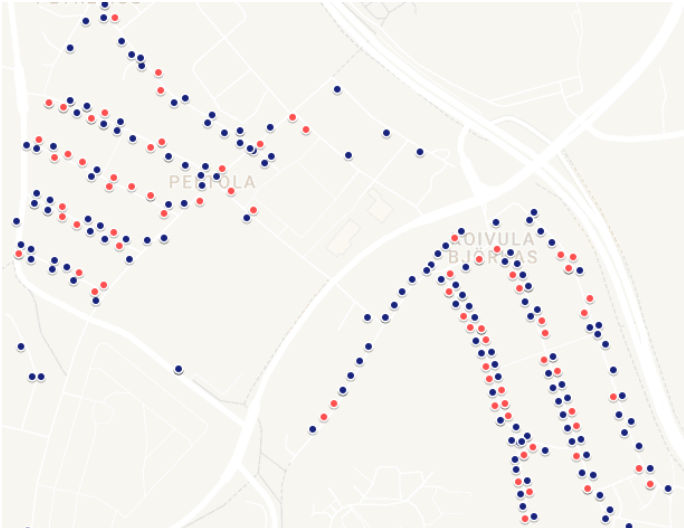
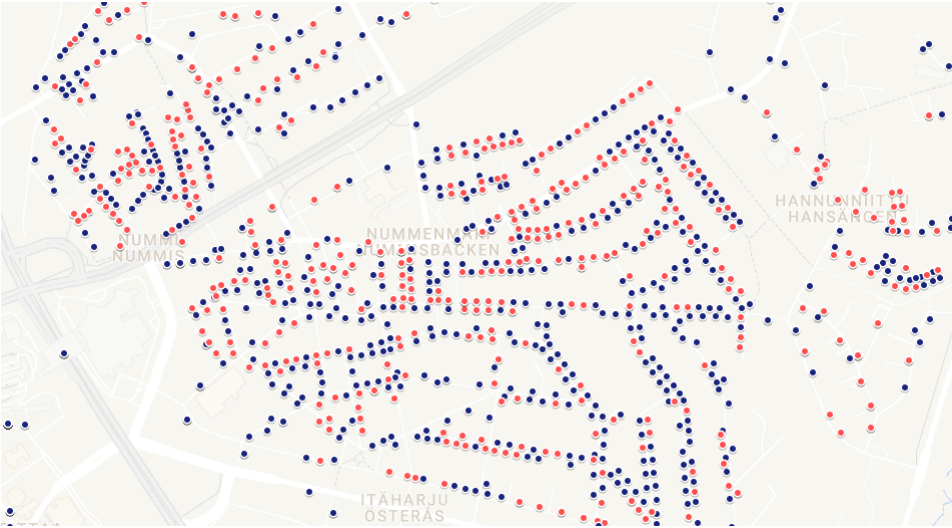
Turku ja Rusko

Tyhjennyspisteiden (≤ 660 litraa) jakautuminen kuljetusyrittäjittäin ja postinumeroalueittain

- Turun ja Ruskon aluetta hallitsevat kaksi kuljetusyhtiötä.
- Kaikilla postinumeroalueilla yhtiö A on suurempi.
- Suurimman yrityksen osuuden keskiarvo postinumeroalueittain laskettuna on 70,8%.
- Suurimman yrityksen osuuden vaihtelu on melko vähäistä (pienin arvo Moisio 57 % ja suurin arvo Kakskerta 84 %).

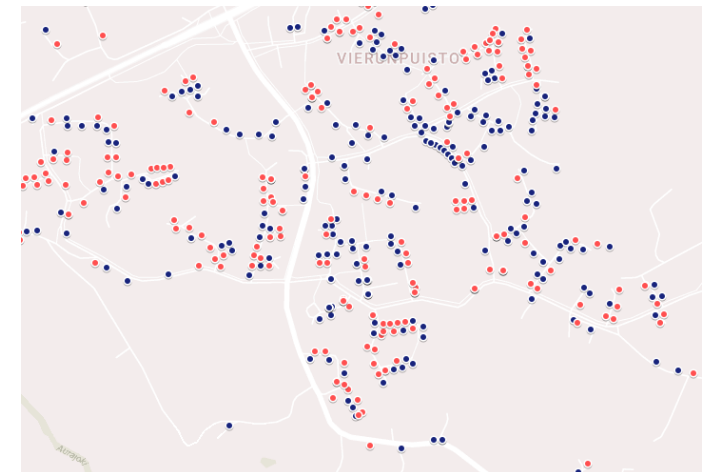
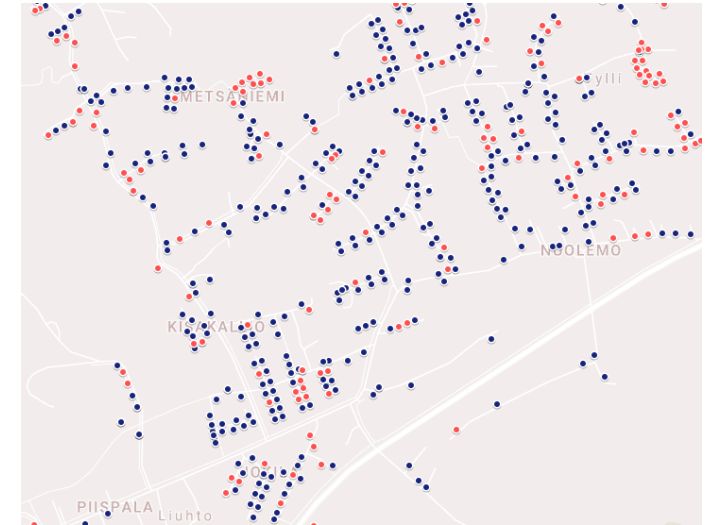
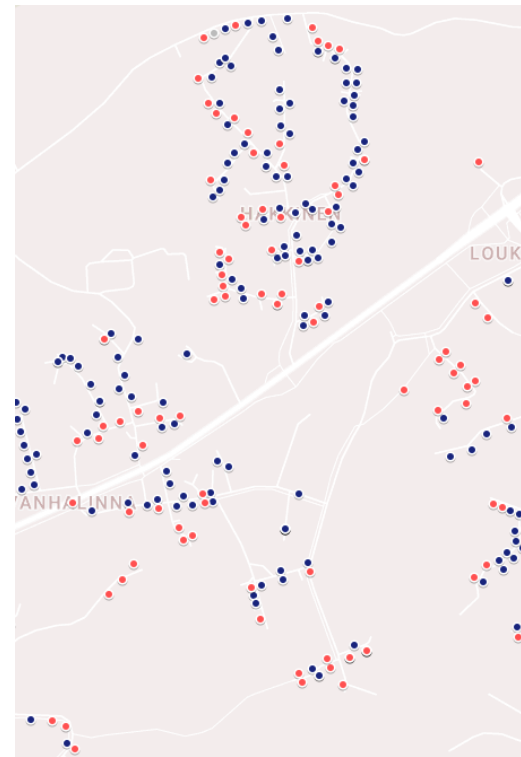
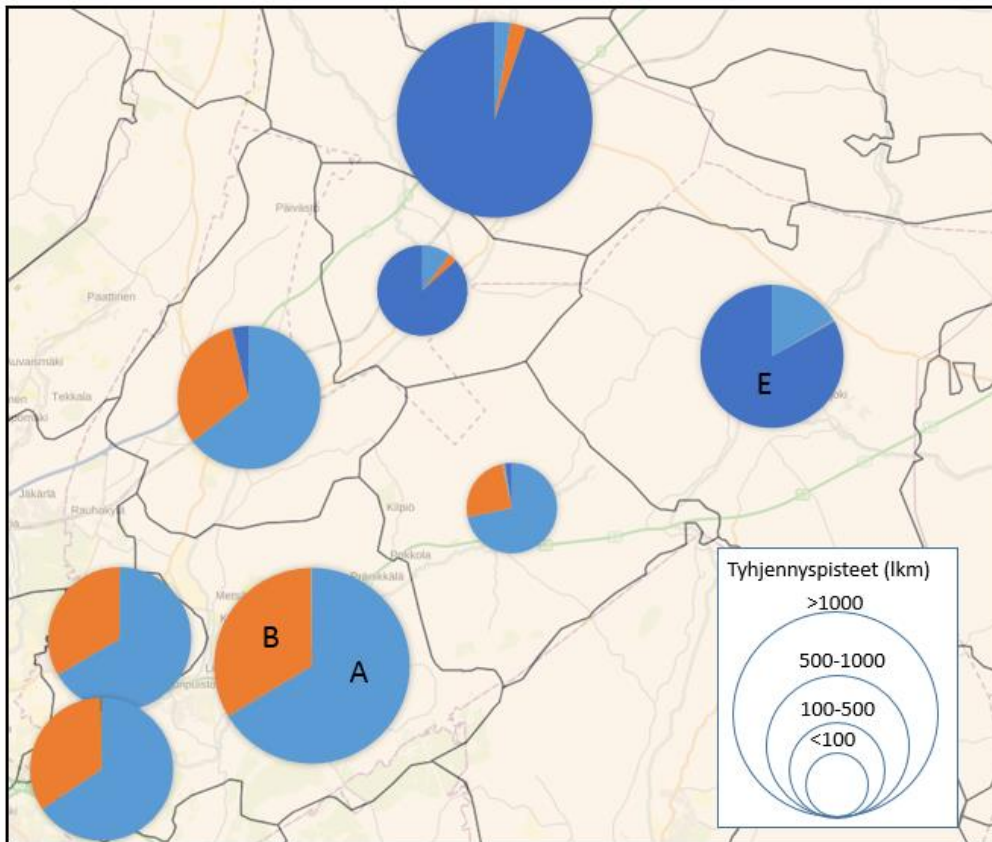


Esimerkkejä Turun asuinalueilta



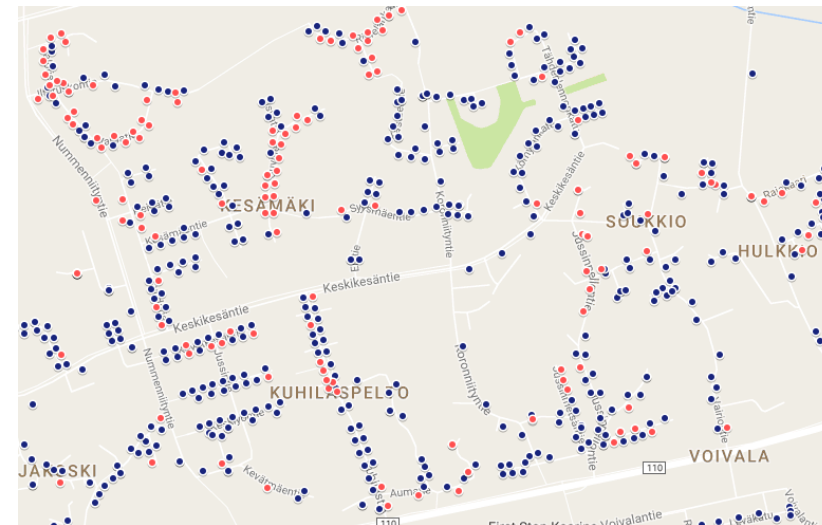
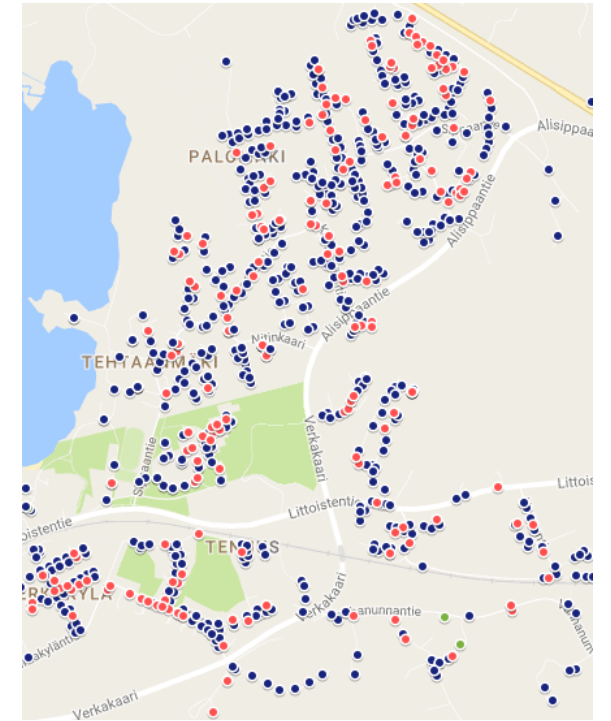
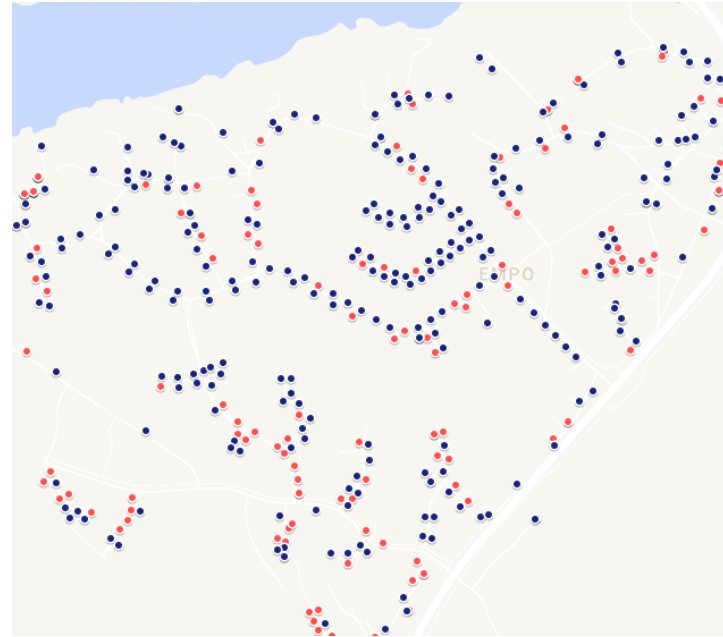
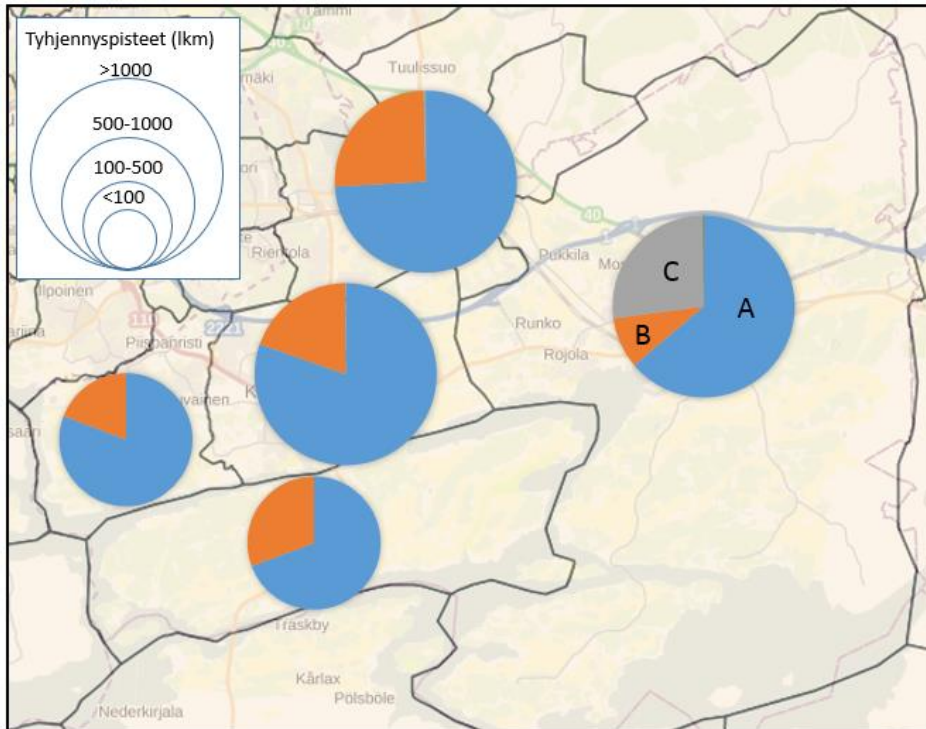
Lieto ja Aura

Tyhjennyspisteiden (≤ 660 litraa) jakautuminen kuljetusyrittäjittäin ja postinumeroalueittain



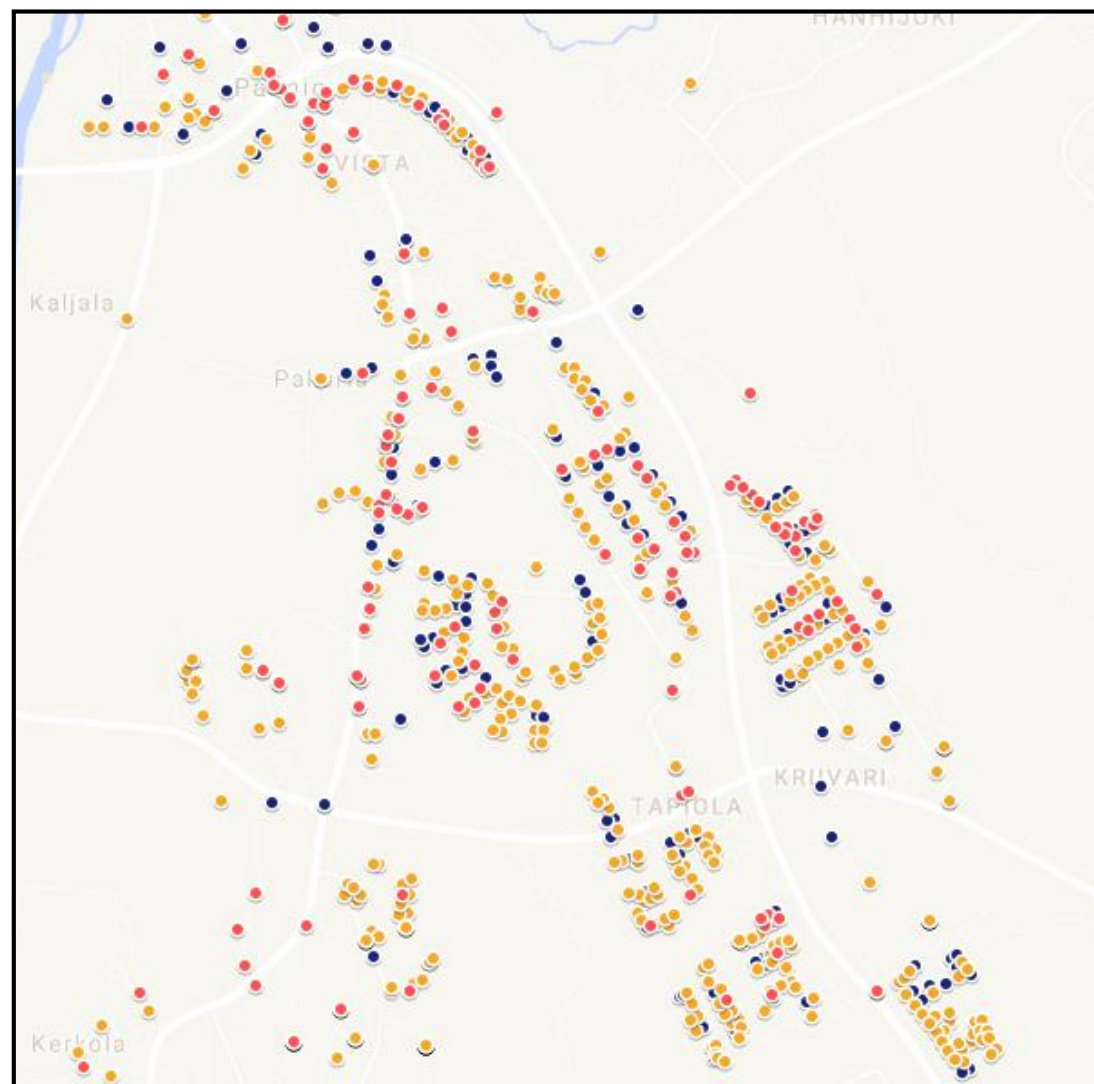
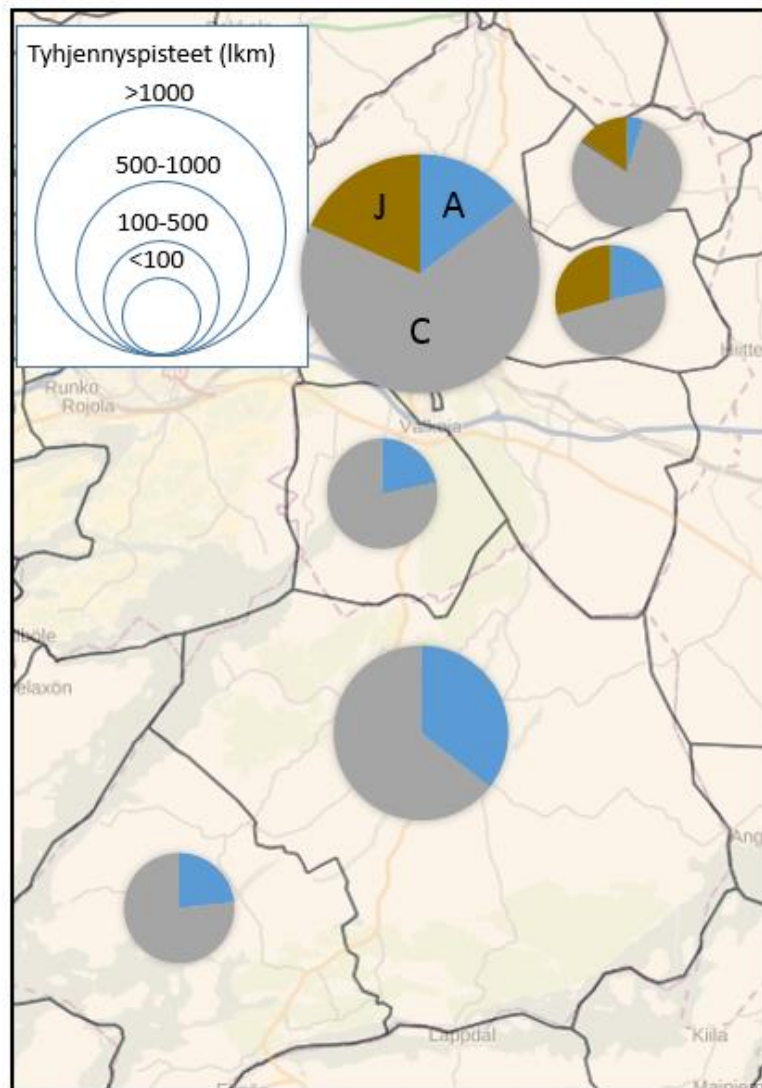
Kaarina

Tyhjennyspisteiden (≤ 660 litraa) jakautuminen kuljetusyrittäjittäin ja postinumeroalueittain



Paimio ja Sauvo

Tyhjennyspisteiden (≤ 660 litraa) jakautuminen kuljetusyrittäjittäin ja postinumeroalueittain



Tulosten luotettavuuden arviointi

- Tutkimus on tehty huolellisesti ja käytetyt laskentamenetelmät on kuvattu tarkasti ja läpinäkyvästi kuten elinkaariarvioinneissa, ympäristövaikutusten arvioinnissa tulee tehdä.
- Tutkimuksessa on pyritty hyvin tarkasti mallintamaan tutkimusalueen nykytilanne. Vähempikin tarkkuus olisi ehkä ollut riittävä. Riittävän tarkkaan tulokseen olisi varmaan päästy ottamalla mukaan vain ne jäteastiat, joiden tyhjennysväli on 1, 2 tai 4 viikkoa.
- Piikkiön ja Hirvensalo-Kakskerta alueen lähtötiedot olivat laadullisesti hyviä (vain muutamien jäteastioiden tyhjennysväli- ja osoitetiedoissa oli puutteita, jolloin ne jouduttiin jättämään pois tarkastelusta).
- Jäteastioiden paikantaminen eli geokoodaus NFleet –kuljetusten optimointiohjelmaan onnistui pääosin hyvin. Hirvensalo-Kakskerta alueella esiintyi jonkin verran enemmän geokoodausongelmia, mutta vain muutama jäteastia jouduttiin tämän takia jättämään pois tarkastelusta.
- Yhden virhelähteen aineistossa muodostavat jätteenkuljetusyritystä vaihtaneet asiakkaat vuonna 2015. Nämä on pyritty ottamaan huomioon, mutta mukana aineistossa saattaa silti olla muutamia jäteastioita, jotka esiintyvät kahden yrityksen ajolistoilla. Tämä ei kuitenkaan ole merkittävä ongelma, sillä jäteastioiden vaihtajia on yleensä todettu olevan melko vähän, noin 10% (Ramboll 2008).
- Tutkimuksessa on tehty muutamia herkkyystarkasteluja eli laskettu miten tulokset muuttuvat, jos lähtöarvoissa tapahtuu muutoksia. Herkkyystarkasteluja olisi voinut tehdä enemmänkin, esim. jäteautojen polttoaineen kulutuksen vaikutuksesta, mutta tutkittua tietoa jäteautojen polttoainekulutuksesta ja päästöistä on tarjolla vähän. Joka tapauksessa polttoaineen kulutuksesta ja sitä kautta päästöistä sekä niiden vähentymisestä saatiin riittävä kuva suuruusluokasta. Ajosuorite korreloi lähes suorassa suhteessa polttoainekulutuksen ja päästöjen kanssa. Yksinkertaistaen, mitä vähemmän ajosuoritetta sitä vähemmän päästöjä, sekä ilmastonmuutokseen vaikuttavia CO₂-päästöjä että terveydelle haitallisia pakokaasupäästöjä.

Yhteenveto ja johtopäätökset

- Tutkimuksessa verrattiin kahta jätekuljetusjärjestelmää yhdellä asuinalueella (Kirismäki) sekä kahdella mahdollisella urakka-alueella (Piikkiö ja Hirvensalo-Kakskerta).
- Jätekuljetusjärjestelmän vaikutusta ajosuoritteeseen ja ympäristöön kohdistuviin päästöihin on tutkittu Suomessa hämmästyttävän vähän. Tämän tutkimuksen tulokset vastaavat hyvin niiden harvojen tutkimuksien tuloksia mitä Suomessa on tehty (Forssan Paavolan alue sekä Pietarsaari, Kokkola ja Kruunupyy). Sen sijaan tämän tutkimuksen tulokset poikkeavat merkittävästi Rambollin Oulun seudun tutkimustuloksista, mutta näitä tuloksia jätteenkuljetuskäytäntöjen (lainsäädännön) muututtua ei enää ole mahdollista vertailla keskenään.
- Lounais-Suomessa kolmella tutkimusalueella jäteautojen ajosuorite ja sen myötä polttoaineen kulutus sekä päästöt vähenisivät huomattavasti (tunnusluvusta riippuen 24 - 50 %), jos alueilla kuljetusjärjestelmä vaihtuisi nykyisestä kiinteistön haltijan järjestämästä kunnan järjestämään jätteenkuljetukseen. Kolmen alueen tutkimustuloksia ei voida suoraan yleistää laajemmalle alueelle, vaan se vaatisi erillisen tutkimuksen tekemistä koko alueelta. Karkea laskelma kuitenkin tehtiin ja ajosuoritteen (km) vähenemäksi saatiin 40 %, sillä Lounais-Suomen alueella, jossa toimii enemmän kuin yksi jätekuljetusyritys. (Salo ei mukana tarkastelussa).
- Tutkimuksen viimeisessä vaiheessa jätelogistiikkaa tarkasteltiin vielä kuljetusyrittäjittäin ja postinumeroalueittain sekä muutamien asuinalue-esimerkkien avulla. Kartografinen tarkastelu osoitti, että Lounais-Suomen alueen jätekuljetuksissa on tehottomuutta, eli sama työmäärä eli jäteastioiden tyhjennys voitaisiin tehdä huomattavasti vähemmällä ajosuoritteella.
- Tästä jätelogistiikkatutkimuksesta rajattiin pois jäteautojen tarkempi teknologinen kehitys ja sen vaikutus logistiikkaan ja esim. ympäristöön kohdistuviin päästöihin, meluun ja liikenneturvallisuuteen (esim. autoissa katvealuevaroittimet). Todetaan kuitenkin, että hybriditeknologia on jo tullut jäteautoihin, mutta markkinaehtoisessa jätelogistiikkajärjestelmässä niiden yleistyminen Suomessa on ollut kovin verkkaista. Kokonaan sähköllä toimivia jäteautojakin on jo markkinoilla ja visiona tulevaisuuteen voisikin esittää: sähköbussien yleistyessä Turussa, voitaisiin mahdollisesti bussien pikalatausasemia käyttää myös jäteautojen lataukseen. Jotta tämä olisi laajamittaisemmin käytössä, vaatisi se keskitettyä eli kunnan järjestämää jätteenkuljetussysteemiä. Tässä julkiset hankinnat voisivat toimia merkittävänä innovaatiotoiminnan edistäjänä.

Käytetyt lähteet:

- FCG, Finnish Consulting Group Oy 2010. Biojätteen erilliskeräyksen elinkaarianalyysi, loppuraportti. ROSK'N ROLL OY AB.
- Interaction –toimenpideselvitys 2007. Kuorma-autokuljetusten energiakulutuksen parantaminen. Motiva ja WSP Finland. www.motiva.fi/files/876/INTERACTION-toimenpideselvitys_17.12.2007.pdf
- HSY (2012). Pääkaupunkiseudun kotitalouksien sekajätteen määrä ja laatu vuonna 2012. Koostumustutkimus. Helsingin seudun ympäristöpalvelut – kuntayhtymä. http://www.jly.fi/2_2013_pks_kotitalouksien_sekajatteen_maaja_ja_laatu_lr.pdf
- Liikennevirasto, Liikennemääräkartta. www.liikennevirasto.fi/kartat/liikennemaarakartat
- Liikennevirasto 2014. Valtakunnallinen tieliikenne-ennuste 2030. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 13/2014. http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lts_2014-13_valtakunnallinen_tieliikenne-ennuste_web.pdf
- Lipasto, VTT: <http://lipasto.vtt.fi>
- Mäkelä, Kari 2010. Raskaiden ajoneuvojen ajosyklit ja energiankulutus. Tavara-autot, VTT.
- Myllymaa Dahlbo 2012. Elinkaariarviointien käyttö Suomen jätehuollon ympäristövaikutusten tarkastelussa. Yhteenveto Suomen jätehuollon elinkaariarvioinneista ja ohjeita päätöksentekoa varten. Ympäristöministeriön raportteja 24,2012. www.jly.fi/yjr24_2012.pdf
- NFleet – kuljetusten optimointi: www.nfleet.fi
- Nguyen Thuy & Bruce Wilson 2010. Fuel consumption estimation for kerbside municipal solid waste (MSW) collection activities. Waste Management & Research 2010: 28: 289–297.
- Ramboll 2008. Järjestetyn jätteenkuljetuksen vaihtoehtojen vertailu. Oulun Jätehuolto, Oulun seudun jätteenkuljetusyrittäjät. www.jly.fi/oulu_jatehuolto_loppuraportti.pdf
- Tilastokeskus (2015). Paavo-postinumeroalueet. Postinumeroalueittainen avoin tieto. www.stat.fi/tup/paavo
- Trafi 2014. Tieliikenteessä vakavasti loukkaantuneiden määrän arviointi VAAKKU. Trafin tutkimuksia 10/2014. https://www.trafi.fi/filebank/a/1416923679/b8f9e9b07b0dca1231c3958a3c995e52/16298-Trafin_tutkimuksia_10-2014_-_Vakavasti_loukkaantuneet.pdf
- Työterveyslaitos 2016: Työturvallisuuden ja työhyvinvoinnin edistäminen jätteenkuljetuksissa. www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/130460/Ty%C3%B6turvallisuuden%20ja%20ty%C3%B6hyvinvoinnin%20edist%C3%A4minen%20j%C3%A4tteenkuljetuksissa.pdf?sequence=4
- Väänänen Janne 2012: Kuljetusjärjestelmien mallintaminen toimialueilla: Pietarsaari, Kokkola (Kanta-Kokkola), Kruunupyö. Pohjanmaan jätelautakunta. [www.ekoso.fi/docs/20121221_fi/Selvitys%20Kuljetusj%C3%A4rjestelm%C3%A4n%20mallintaminen%20\(Psaari_Kokkola_Kruunupy%C3%B6\).pdf](http://www.ekoso.fi/docs/20121221_fi/Selvitys%20Kuljetusj%C3%A4rjestelm%C3%A4n%20mallintaminen%20(Psaari_Kokkola_Kruunupy%C3%B6).pdf)
- WSP 2010. Forssan Paavolan alueen jätteenkuljetustarkastelu. Loimi-Hämeen Jätehuolto Oy. www.lhj.fi/UserFiles/lhj/File/Aineistopankki/Raportit/343_01_raportti_LHJ_jatekuljetus selvitys_final.pdf