



Euroopan unionin
osarahoittama



Vaasan yliopisto
UNIVERSITY OF VAASA

innokaupungit

Seinäjoki

ETELÄ-POHJANMAAN LIITTO
Regional Council of South Ostrobothnia

WP3-osaraportti

Oskari Huttunen, Riaz Mahmud, Petri Helo

- Julkaisija Vaasan yliopisto
Tekniikka ja innovaatiojohtaminen, Networked Value Systems NeVS
- Tekijät Oskari Huttunen
Riaz Mahmud
Petri Helo
- Julkaisun nimi Elintarvike-ekosysteemin jakelukuljetusten optimointi (A80384)
- Asiasanat logistiikka, toimitusketju, elintarvikkeet, optimointi, kannattavuus, liikenteen päästöt
- Rahoittaja Hankkeen rahoittava viranomainen on Pirkanmaan liitto (Etelä-Pohjanmaan liitto). Hanke on saanut Euroopan unionin EAKR-rahoitusta Innokaupungit-kokonaisuuden kautta (Seinäjoki).



Euroopan unionin
osarahoittama



Vaasan yliopisto
UNIVERSITY OF VAASA

innokaupungit

Seinäjoki

 **ETELÄ-POHJANMAAN LIITTO**
Regional Council of South Ostrobothnia

Tiivistelmä

Energiakriisin seurauksena jakelukustannukset ovat nousseet, mikä on saanut elintarvikesektorin yritykset tutkimaan vaihtoehtoisia jakelukanavia. Lisäksi yrityksiltä löytyy kasvavaa kiinnostusta tiedolla johtamiseen ja kuljetusten tehostamiseen. Näiden tavoitteiden saavuttamisessa korostuvat etenkin oikean datan kerääminen ja siihen perustuva suunnittelu. Jakelukuljetusten optimoinnilla voi olla merkittävä kustannuksia laskeva vaikutus, joka korostuu katteiden kaventuessa ja heijastuu siten suoraan liiketoiminnan kannattavuuteen. Näistä paineista huolimatta tehokkaiden elintarvikkeiden jakelureittien optimointityökalujen saatavuudessa on puutteita.

Tässä työpaketissa (WP3) ensisijaisena tavoitteena oli toteuttaa jakelukuljetusten simulointi edellisessä työpaketissa (WP2) tuotettua työkalua hyödyntäen, sekä tuottaa simuloituille kuljetuksille kustannus- ja päästöanalyysi. Simulointia varten mallinnettiin todennukainen jakelukuljetustehtävä, sekä erilaisia skenaarioita liittyen käytettävään kuljetuskalustoon. Tulosten perusteella voidaan todeta, että työkalua voidaan käyttää jakelukuljetusten reittioptimointiin, sekä kustannusten vertailuun eri vaihtoehtojen välillä.

Osaraportin keskeinen viesti on, että hankkeessa kehitettyä optimointityökalua voidaan käyttää kuljetusten suunnittelussa ja mallintaa optimaaliset jakelureitit. Jakelureittien suunnittelu hankkeen työkalulla voi vähentää merkittävästi yrityksen jakelukustannuksia ja jakelulogistiikasta aiheutuvia ympäristövaikutuksia.

Sisällysluettelo

TIIVISTELMÄ	III
1 WP3 – JAKELUKULJETUSTEN OPTIMOINTI	1
1.1 Johdanto	1
1.2 Menetelmät	1
1.3 Seinäjoen kaupungin ruoka-annoskuljetusten optimointi	2
1.3.1 Lähtötietojen määrittäminen	2
1.3.2 Simuloinnin tulokset	8
1.4 Johtopäätökset	10
LÄHTEET.....	11
LIITTEET	13

Kuvat

Kuva 1. Skenaario 1 reitit (1).....	14
Kuva 2. Skenaario 1 reitit (2).....	15
Kuva 3. Skenaario 1 reitit (3).....	16
Kuva 4. Skenaario 2 reitit (1).....	18
Kuva 5. Skenaario 2 reitit (2).....	19
Kuva 6. Skenaario 2 reitit (3).....	20
Kuva 7. Skenaario 3 reitit (1).....	22
Kuva 8. Skenaario 3 reitit (2).....	23
Kuva 9. Skenaario 3 reitit (3).....	24
Kuva 10. Skenaario 4 reitit (1).....	26
Kuva 11. Skenaario 4 reitit (2).....	27
Kuva 12. Skenaario 4 reitit (3).....	28

Taulukot

Taulukko 1. Jakelutehtävä.....	2
Taulukko 2. Annoskoon määrittäminen	3
Taulukko 3. Pakettiautot.....	3
Taulukko 4. Ruoankuljetusvaunut.....	4
Taulukko 5. Autojen kapasiteetti	4
Taulukko 6. Suurimmat kapasiteetit litroissa	5
Taulukko 7. Jakeluun tarvittava autojen määrä.....	5
Taulukko 8. Simulaation kalustoyhdistelmät	5
Taulukko 9. Kiinteät kustannukset.....	6
Taulukko 10. Keskiarvoiset ajomatkat ja -ajat.	6
Taulukko 11. Muuttuvat kustannukset.....	7
Taulukko 12. Päästö- ja kulutusarvot	8
Taulukko 13. Simuloinnin tulokset, kustannukset.....	9

Taulukko 14. Simuloinnin tulokset, päästöt	9
Taulukko 15. Skenaario 1 tulos	13
Taulukko 16. Skenaario 2 tulos	17
Taulukko 17. Skenaario 3 tulos	21
Taulukko 18. Skenaario 4 tulos	25

1 WP3 – JAKELUKULJETUSTEN OPTIMOINTI

1.1 Johdanto

Tämän työpaketin tavoitteena oli toteuttaa kustannus- ja päästölaskelma hankkeessa tuotetulla optimointityökalulla simuloitulle jakelukuljetukselle. Simulaatiota varten suunniteltiin todenmukainen case-esimerkki alueellisesta elintarvikkeiden päivittäisjakelusta. Esimerkki ei perustu täysin oikean yrityksen tai muun tahon prosesseihin ja sisältää joitain oletuksia ja yksinkertaistuksia mallinnuksen helpottamiseksi, mutta toimii kuitenkin optimointityökalun demonstraatiotarkoituksessa. Mallinnuksen tuloksia voidaan siis käyttää apuna logististen prosessien tehostamisessa.

Alueeksi valikoitui luontaisesti Seinäjoki hankkeen viitekehys huomioon ottaen. Jakeluesimerkillä mallinnetaan kaupungin ruoka-annoskuljetuksia alueen kouluihin. Esimerkki on rajattu koskemaan vain annosjakelu, eikä ota huomioon muita kuljetuksia. Jakelu koostuu päivittäisistä kuljetuksista yhdeltä keskuskeittiöltä alueen kouluihin. Tämä on tyypillinen tilanne, jossa yhdeltä paikalliselta jakelukeskukselta hoidetaan alueen jakelukuljetukset.

Mallia varten on määritetty päivittäinen kysyntä, kohteiden sijainnit, aikataulut, sekä kuljetuskalusto, joiden pohjalta optimointityökalu määrittää kustannustehokkaimmat jakelureitit. Jakelu toteutetaan samanlaisena päivittäin. Jakelu toteutetaan aamujakeluna pakettiautoilla, joihin on lastattu ruoka-annokset erityisissä jakeluun soveltuviissa vaunuissa. Kuljetuskalusto, kuljetusvolyymit, sekä reitit on määritelty tarkemmin myöhemmin.

1.2 Menetelmät

Case-esimerkkiä varten kerättiin lähtötietoa liittyen Seinäjoen kaupungin kouluihin, sekä kuljetuskalustoon. Lähtötiedot koostuvat paikkatiedosta, oppilas- ja henkilökuntamääristä, yksikkökustannuksista, sekä kaluston teknisistä tiedoista. Tiedot ovat peräisin julkisista lähteistä, sekä ensimmäisessä työpaketissa (WP1) toteutetuista asiantuntijahaastatteluista. Kaikkea tarvittavaa dataa ei ollut avoimesti saatavilla, joten joitain oletuksia ja yksinkertaistuksia on tehty. Analyysin demonstroivan luonteen huomioon ottaen tällä ei kuitenkaan ole merkitystä työpaketin tavoitteen kannalta.

Tässä työpaketissa keskeinen työkalu on hankkeessa kehitetty reitioptimointisovellus. Sovellus optimoi kuljetusreitit siihen syötetyn lähtödatan perusteella. Lähtödata on määritelty tarkemmin tämän hankkeen WP2-osaraportissa. Lisäksi tässä työpaketissa hyödynnettiin toimintoperusteista kustannuslaskentaa kuljetuskustannusten määrittämisessä, sekä päästölaskentaa (Huttunen, 2023; Izadi et al., 2020).

1.3 Seinäjoen kaupungin ruoka-annoskuljetusten optimointi

1.3.1 Lähtötietojen määrittäminen

Aluksi määritettiin Seinäjoen kaupungin koulujen sijainnit, sekä oppilas- ja henkilökuntamäärät. Nämä tiedot ovat löydettävissä suurilta osin Seinäjoen kaupungin virallisilta verkkosivuilta (Seinäjoen kaupunki, 2024). Optimointityökalua varten sijaintitieto tulee syöttää koordinaattimuodossa. Koulujen henkilömääriä käytettiin annosten päivittäisen kysynnän määrittämiseen. Kaikkien koulujen oppilasmäärät eivät olleet löydettävissä, joten osa määristä on laskennallisia arvioita. Oppilaiden ja henkilökunnan yhteismääräksi Seinäjoen alueella arvioitiin 8866 kappaletta. Jakelutehtävä on kuvattu Taulukko 1 optimointityökaluun syötettävässä muodossa.

Taulukko 1. Jakelutehtävä

name	category_id	lat	lng	job_type	demand	duration	start_at	end_at	created_by_id	multi_id
Alakylän		2 62.7919513409042	22.774597177910785	dd	325	300	2024-05-23T04:00:00.000Z	2024-05-23T08:00:00.000Z		2
Joupin		2 62.7944708500168	22.819644392530762	dd	118	300	2024-05-23T04:00:00.000Z	2024-05-23T08:00:00.000Z		2
Kivistön		2 62.778379246546834	22.851369939562172	dd	258	300	2024-05-23T04:00:00.000Z	2024-05-23T08:00:00.000Z		2
Kärjen		2 62.747532037155445	22.860774793788508	dd	391	300	2024-05-23T04:00:00.000Z	2024-05-23T08:00:00.000Z		2
Lintuvidan		2 62.76885982243619	22.880378076548194	dd	254	300	2024-05-23T04:00:00.000Z	2024-05-23T08:00:00.000Z		2
Marttilan		2 62.78723256934414	22.83671378914035	dd	456	300	2024-05-23T04:00:00.000Z	2024-05-23T08:00:00.000Z		2
Niemistön		2 62.81344289847425	22.78999146803495	dd	149	300	2024-05-23T04:00:00.000Z	2024-05-23T08:00:00.000Z		2
Niittyvillan		2 62.73056028199977	22.861086824516903	dd	200	300	2024-05-23T04:00:00.000Z	2024-05-23T08:00:00.000Z		2
Pajutuoman		2 62.755091561553854	22.87662689432148	dd	356	300	2024-05-23T04:00:00.000Z	2024-05-23T08:00:00.000Z		2
Pohjan		2 62.793673852344824	22.857292621419248	dd	177	300	2024-05-23T04:00:00.000Z	2024-05-23T08:00:00.000Z		2
Pruukin		2 62.75666110237603	22.847323296062125	dd	459	300	2024-05-23T04:00:00.000Z	2024-05-23T08:00:00.000Z		2
Ruutipuiston		2 62.76820728523598	22.819334777051836	dd	78	300	2024-05-23T04:00:00.000Z	2024-05-23T08:00:00.000Z		2
Seinäjoen lyseo		2 62.78788333863933	22.84072024531137	dd	674	300	2024-05-23T04:00:00.000Z	2024-05-23T08:00:00.000Z		2
Seinäjoen yhteisk		2 62.77805590838679	22.8535599951954	dd	673	300	2024-05-23T04:00:00.000Z	2024-05-23T08:00:00.000Z		2
Steiner-koulu		2 62.772571302011464	22.83032186279072	dd	200	300	2024-05-23T04:00:00.000Z	2024-05-23T08:00:00.000Z		2
Toukolanpuiston		2 62.768094779270875	22.891237925831955	dd	138	300	2024-05-23T04:00:00.000Z	2024-05-23T08:00:00.000Z		2
Törnävän		2 62.75984152756804	22.839274504609126	dd	200	300	2024-05-23T04:00:00.000Z	2024-05-23T08:00:00.000Z		2
Hytlykallion		2 62.799218042616864	22.88705543783333	dd	336	300	2024-05-23T04:00:00.000Z	2024-05-23T08:00:00.000Z		2
Kertunlaakson		2 62.810104214307664	22.906881868471785	dd	149	300	2024-05-23T04:00:00.000Z	2024-05-23T08:00:00.000Z		2
Keski-Nurmon		2 62.775252635078694	23.000558080479482	dd	142	300	2024-05-23T04:00:00.000Z	2024-05-23T08:00:00.000Z		2
Kouran		2 62.7098398822716	23.106820162828186	dd	52	300	2024-05-23T04:00:00.000Z	2024-05-23T08:00:00.000Z		2
Nurmon		2 62.828231843910906	22.91408514946031	dd	692	300	2024-05-23T04:00:00.000Z	2024-05-23T08:00:00.000Z		2
Tanelinrannan		2 62.79320434246302	22.90943073610855	dd	468	300	2024-05-23T04:00:00.000Z	2024-05-23T08:00:00.000Z		2
Valkiaavuoren		2 62.828561235284106	22.912269400135237	dd	435	300	2024-05-23T04:00:00.000Z	2024-05-23T08:00:00.000Z		2
Alaviitatan		2 62.623711922651346	22.975662979611574	dd	334	300	2024-05-23T04:00:00.000Z	2024-05-23T08:00:00.000Z		2
Toivolanrannan		2 62.55759172154532	23.06526740792416	dd	380	300	2024-05-23T04:00:00.000Z	2024-05-23T08:00:00.000Z		2
Aseman		2 62.91229097695824	22.523921121424546	dd	71	300	2024-05-23T04:00:00.000Z	2024-05-23T08:00:00.000Z		2
Halkosaaren		2 62.86370140517983	22.756692194226115	dd	162	300	2024-05-23T04:00:00.000Z	2024-05-23T08:00:00.000Z		2
Kirja-Matin		2 62.950306318261845	22.528481864577888	dd	236	300	2024-05-23T04:00:00.000Z	2024-05-23T08:00:00.000Z		2
Topparlan		2 62.96400494890481	22.595148579717936	dd	63	300	2024-05-23T04:00:00.000Z	2024-05-23T08:00:00.000Z		2
Vlistaron		2 62.94725552527951	22.53029365116946	dd	240	300	2024-05-23T04:00:00.000Z	2024-05-23T08:00:00.000Z		2
					8866					

Kysynnän muodostamiseksi määritettiin myös keskimääräinen annoskoko. Annoskoon määrittämiseen käytettiin ravitsemuskäsikirjaa, sekä satunnaista neljän viikon

koululounaslistaa (Makunne Mukaan, 2019; Mustasaaren kunta, 2024). Keskimääräinen annoskoko laskettiin Taulukko 2 osoittamalla tavalla. Keskimääräiseksi annoskooksi kaikki komponentit huomioiden määritettiin n. yksi litra tai yksi kilogramma. Kapasiteetilaskennan yksinkertaistamiseksi yksi litra ruokaa painaa siis yhden kilogramman. Tämän työpaketin esimerkissä kuljetetaan vastaava keskimääräinen annos päivittäin jokaisen henkilön tarpeisiin. Yhteensä ruoka-annoksia kuljetetaan päivittäin 8921 litraa. Todellisuudessa kuljetukset voidaan järjestää esimerkiksi myös niin, että lämmin ruoka jaetaan päivittäin, ja esimerkiksi maitotuotteet ja leipä muutaman kerran viikossa.

Taulukko 2. Annoskoon määrittäminen

Ruoka	l/annos (atak)	l/annos (yläk/lukio)	ka l/annos	ka annosta/4vk	ka annosta/vk	ka annos/pv	ka l/oppilas/pv
peruna	0,2	0,3	0,25	6	1,5	0,3	0,075
riisi/makaroni	0,2	0,3	0,25	4	1	0,2	0,05
sattumakastikkeet	0,2	0,2	0,2	5	1,25	0,25	0,05
sileä kastike	0,1	0,1	0,1	6	1,5	0,3	0,03
keitot/padat	0,3	0,35	0,325	5	1,25	0,25	0,08125
uuniruokat	0,25	0,3	0,275	4	1	0,2	0,055
pihvit/pyörykät/mureke	0,15	0,15	0,15	6	1,5	0,3	0,045
ohukaiset	0,16	0,19	0,175	4	1	0,2	0,035
puuro	0,25	0,3	0,275	0	0	0	0
kasvikset	0,1	0,1	0,1	20	5	1	0,1
salaatinkastike	0,01	0,01	0,01	20	5	1	0,01
kiisseli	0,15	0,15	0,15	0	0	0	0
leipä	0,2	0,3	0,25	20	5	1	0,25
margariini	0,02	0,03	0,025	20	5	1	0,025
maito	0,2	0,2	0,2	20	5	1	0,2
						yht.	1,006

Annoskoon määrittämisen jälkeen laskettiin kuljetuskaluston kapasiteetti. Tässä esimerkissä jakelu keskuskeittiöltä alueen kouluihin suoritetaan pakettiautoilla. Kapasiteetin laskennassa käytettiin viittä erikokoista pakettiautoa, jotka edustavat mahdollisia vaihtoehtoja (Taulukko 3) (Avidly Agency, 2013; Avis, 2024; Kokot, 2023; pakuovelle.com, 2024; UpGo, 2021). Pakettiautot rajattiin korkeintaan 3500 kg:n kokonaisuuden versioihin. Mallien kantavuus vaihtelee välillä 800–1400 kg:aa.

Taulukko 3. Pakettiautot

Pakettiautot	Ford Transit (l2h2)	Ford Transit (l4h3)	Vw Crafter (l1h1)	Vw Crafter (l3h2)	Vw Crafter (koppi)
Korkeus (cm)	192	205	172	209	200
Syvyys (cm)	349	425	320	460	500
Leveys (cm)	178 (139)	178 (139)	183 (138)	183 (103)	210
Kantavuus (kg)	1230	1100	1400	1300	800

Pakettiautot lastataan erityisillä jakeluun suunnitelluilla ruoankuljetusvaunuilla. Jakeluajoneuvon kapasiteetin määrittämiseksi käytettiin viittä erilaista kuljetusvaunua, joilla on eri kapasiteetti ruoka-astioille (Taulukko 4) (Metos, 2024). Vaunujen koko, massa ja tilavuus vaihtelevat, mikä vaikuttaa tarvittavien vaunujen ja autojen määrään. Tarvittavien vaunujen määrä laskettiin kysynnän, sekä kunkin vaunun kapasiteetin perusteella. Vaunujen koko vaihtelee huomattavasti eri mallien välillä. Tähän esimerkkiin

valittujen mallien joukossa tarvittava määrä vaihtelee 44:n ja 121:n välillä ja kokonaismassa 12 584:n ja 15 103:n kg:n välillä.

Taulukko 4. Ruoankuljetusvaunut

Ruoankuljetusvaunut	Deliver	Thermobox SS180	Thermobox F210	Thermobox SS360	Thermobox SF420
Kapasiteetti	5 + 5 kpl GN 1/1-65	12 x GN 1/1-65	14 x GN 1/1-65	12+12 x GN 1/1-65	14+14 x GN 1/1-65
astioita/vaunu	10	12	14	24	28
l/vastia	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4
l/vaunu	74	88,8	103,6	177,6	207,2
Korkeus (cm)	120	142	152	134	152
Syvyys (cm)	70	71	77	71	77
Leveys (cm)	51	53	53	94	93
Massa (tyhjä)	30	60	70	100	126
Massa (täysi)	104	148,8	173,6	277,6	333,2
tarv. lkm	121	101	87	51	44
kokonaismassa (kg)	12 584	15 029	15 103	14 158	14 661

Ajoneuvojen ja ruokavaunujen tietojen perusteella määritettiin kunkin pakettiauton kapasiteetti kullekin ruokavaunulle (Taulukko 5). Kapasiteetti laskettiin sekä tilavuuden, että massan perusteella. Tilavuuden määrittämisessä otettiin huomioon, että autosta koululle jätettävä täysi ruokavaunu korvataan edellisen päivän tyhjällä vaunulla. Taulukossa 5 on kuvattu pakettiautojen kapasiteetit ruokavaunuille sekä tilavuuden, että massan perusteella. Kustakin yhdistelmästä valittiin tarkasteluun näistä kahdesta laskentatavasta pienempi saatu tulos, sillä suurempi ylittää kapasiteetin. Taulukon vihreät luvut ovat sallittuja vaunujen lukumääriä, punaiset ylittävät kapasiteetin. Keltaiset luvut kuvaavat, että kapasiteetti on yhtä suuri sekä tilavuudessa, että massassa.

Taulukko 5. Autojen kapasiteetti

Pakettiautot	Ford Transit (l2h2)	Ford Transit (l4h3)	Vw Crafter (l1h1)	Vw Crafter (l3h2)	Vw Crafter (koppi)
kapasiteetti (V)					
Deliver	6	8	7	10	11
Thermobox SS180	6	8	7	10	11
Thermobox F210	6	8	7	10	11
Thermobox SS360	3	5	4	6	5
Thermobox SF420	3	5	3	6	5
kapasiteetti (m)					
Deliver	11	10	13	12	7
Thermobox SS180	8	7	9	8	5
Thermobox F210	7	6	8	7	4
Thermobox SS360	4	3	5	4	2
Thermobox SF420	3	3	4	3	2

Näistä yhdistelmistä määritettiin edelleen suurimmat mahdolliset kapasiteetit litroissa kuvaamaan ruoka-annosten vetoisuutta (Taulukko 6). Erot ovat suuria, sillä parhaan yhdistelmän kapasiteetti on yli kaksinkertainen huonoimpaan verrattuna. Taulukon 6 tummennetut luvut kuvaavat neljää suurimman kapasiteetin yhdistelmää. Nämä neljä yhdistelmään valittiin jatkotarkasteluun ja ne toimivat kalustuskenaarioina simulaatiossa (Taulukko 8).

Taulukko 6. Suurimmat kapasiteetit litroissa

Kapasiteetti max (l)	Ford Transit (l2h2)	Ford Transit (l4h3)	Vw Crafter (l1h1)	Vw Crafter (l3h2)	Vw Crafter (koppi)
Deliver	444	592	518	740	518
Thermobox SS180	533	622	622	710	444
Thermobox F210	622	622	725	725	414
Thermobox SS360	533	533	710	710	355
Thermobox SF420	622	622	622	622	414

Suurimman kapasiteetin perusteella määritettiin myös päivittäiseen jakeluun tarvittava autojen määrä (Taulukko 7). Neljä parasta yhdistelmää on jälleen kuvattu tummennetuilla luvuilla Taulukossa 7. Autojen määrät on luonnollisesti pyöristetty ylöspäin. Kyseisten yhdistelmien käyttäminen vaativat myös vähiten autoja päivittäisen jakelun suorittamiseksi, mikä niin ikään tukee niiden valitsemista simulaatioon (Taulukko 8).

Taulukko 7. Jakeluun tarvittava autojen määrä

Autojen määrä	Ford Transit (l2h2)	Ford Transit (l4h3)	Vw Crafter (l1h1)	Vw Crafter (l3h2)	Vw Crafter (koppi)
Deliver	20,17	15,13	17,29	12,10	17,29
Thermobox SS180	16,83	14,43	14,43	12,63	20,20
Thermobox F210	14,50	14,50	12,43	12,43	21,75
Thermobox SS360	17,00	17,00	12,75	12,75	25,50
Thermobox SF420	14,67	14,67	14,67	14,67	22,00
Pyöristetty					
	21	16	18	13	18
	17	15	15	13	21
	15	15	13	13	22
	17	17	13	13	26
	15	15	15	15	22

Taulukko 8. Simulaation kalustoyhdistelmät

Pakettiautot	Vw Crafter (l1h1)	Vw Crafter (l1h1)	Vw Crafter (l3h2)	Vw Crafter (l3h2)
Ruoankuljetusvaunut	Thermobox F210	Thermobox SS360	Deliver	Thermobox SS180
Vaunuja/auto	7	4	10	8
Astioita/vaunu	14	24	10	12
Litraa/astia	7,4	7,4	7,4	7,4
Auton kapasiteetti (l)	725,2	710,4	740	710,4
Tarvittava autojen määrä	12,302	12,558	12,056	12,558
Pyöristetty	13	13	13	13

Simulaatioon valituille kalustoyhdistelmille määritettiin seuraavaksi kuljetuskustannukset optimointityökalua varten. Kuljetuskustannukset koostuvat kiinteistä (Taulukko 9) ja muuttuvista kustannukset (Taulukko 11) (Huttunen, 2023; Izadi et al., 2020). Mallin yksinkertaistamisen vuoksi kiinteät kustannukset koostuvat kaluston hankintahinnasta, josta on määritetty kuljetuspalveluun kohdistuva kiinteä kustannus pitoajan (7 vuotta) perusteella. Korkokuluja ja jäännösarvoa ei ole huomioitu. Kulujen on oletettu kohdistuvan kokonaisuudessaan annoskuljetuksiin, eli kalustolla ei ole muuta käyttöä. Optimointityökalua varten kiinteä kustannus tulee ilmoittaa muodossa

€/auto/jakelukerta. Tässä esimerkissä kukin auto tekee yhden jakelukierroksen päivässä. Päivittäiset kiinteät kustannukset vaihtelevat 32,25 €:n ja 41,80 €:n välillä per auto.

Taulukko 9. Kiinteät kustannukset

Kiinteä kustannus				
Pakettiautot	Vw Crafter (l1h1)	Vw Crafter (l1h1)	Vw Crafter (l3h2)	Vw Crafter (l3h2)
Ruoankuljetusvaunut	Thermobox F210	Thermobox SS360	Deliver	Thermobox SS180
Auton hankintahinta	60 000,00 €	60 000,00 €	70 000,00 €	70 000,00 €
Vaunun hankintahinta	3 200,00 €	7 000,00 €	1 500,00 €	4 600,00 €
yht	22 400,00 €	28 000,00 €	15 000,00 €	36 800,00 €
Yhdistelmän hankintahinta	82 400,00 €	88 000,00 €	85 000,00 €	106 800,00 €
laivueen hankintahinta	1 071 200,00 €	1 144 000,00 €	1 105 000,00 €	1 388 400,00 €
pitoaika (a)	7	7	7	7
pitoaika (d)	2 555	2 555	2 555	2 555
Kiinteä kustannus/auto/päivä	32,25 €	34,44 €	33,27 €	41,80 €

Muuttuvat kustannukset ovat sidonnaisia joko ajomatkaan tai -aikaan, ja näiden arvojen määrittämiseen tarvittiin simulaation ajotietoja (ajomatka ja -aika). Ajoneuvojen jakelusuorite koostuu yksinomaan esimerkin annoskuljetuksista. Simulaatio antaa vaihtelevia ratkaisuja, joten nämä tiedot otettiin kymmenen simulaation keskiarvoista (Taulukko 10).

Taulukko 10. Keskiarvoiset ajomatkat ja -ajat.

Pakettiautot	Vw Crafter (l1h1)	Vw Crafter (l1h1)	Vw Crafter (l3h2)	Vw Crafter (l3h2)
Ruoankuljetusvaunut	Thermobox F210	Thermobox SS360	Deliver	Thermobox SS180
ajomatka/pv (m)	361406	404198	374241	460974
	362105	404024	358153	416556
	360583	404522	336105	413351
	361733	466127	342384	411103
	365403	409527	358866	452463
	340618	404195	360636	420586
	337028	405343	358153	393195
	359247	480452	358273	460650
	365403	412036	337243	400175
	362500	401960	359601	401843
ka	357 603	419 238	354 366	423 090
ajoaika/pv (s)	36212	39163	37079	42126
	36146	39771	35880	39866
	36117	39938	34988	39389
	36181	42684	35520	39673
	36387	39909	35975	42518
	35183	39176	35981	40886
	34938	39261	35880	39012
	36025	43390	35928	42397
	36387	39386	35028	39719
	36122	38954	35999	39652
ka	35 970	40 163	35 826	40 524

Muuttuvien kustannusten laskennassa huomioitiin mallin yksinkertaistamiseksi vain energia- ja palkkakustannukset, sekä huolto- ja muut ylläpitokulut (Taulukko 11) (Huttunen, 2023). Polttoaineen kulutus kyseisille automalleille ja tyhjälle ajoneuvolle arvioitiin usean lähteen perusteella ja korotettiin kuormatulle ajoneuvolle suoraan verrannollisesti massaan nähden (Taulukko 12) (AutoWiki, 2019; Miseva, 2021; Tengvall, 2018). Kulutus laskettiin 50 %:n kuormausasteella, sillä Palkkakustannuksena käytettiin Duunitorin keskimääräistä palkkaa nimikkeelle autonkuljettaja (Duunitori, 2022). Muut juoksevat kustannukset ovat arvioita. Yksikkökustannusten todellisella määrällä ei ole tämän simulaation luonteen vuoksi suurta merkitystä, kunhan lukemat ovat vertailukelpoisia eri vaihtoehtojen välillä. Muuttuvat kustannukset ilmoitetaan optimointityökaluun yksikössä €/metri ja €/sekunti.

Taulukko 11. Muuttuvat kustannukset

Muuttuva kustannus				
Pakettiautot	Vw Crafter (l1h1)	Vw Crafter (l1h1)	Vw Crafter (l3h2)	Vw Crafter (l3h2)
Ruoankuljetusvaunut	Thermobox F210	Thermobox SS360	Deliver	Thermobox SS180
<i>simuloinnista (ka)</i>				
ajomatka/pv (m)	357 603	419 238	354 366	423 090
ajomatka/pv/auto (m)	27 508	32 249	27 259	32 545
ajoaika/pv (s)	35 970	40 163	35 826	40 524
ajoaika/pv/auto (s)	2 767	3 089	2 756	3 117
Kulutus (l/100km)	10,88	10,67	10,93	11,23
Polttoaineen hinta (€/l)	1,90 €	1,90 €	1,90 €	1,90 €
Polttoainekustannus/auto/päivä	5,69 €	6,54 €	5,66 €	6,95 €
Polttoainekustannus/km	0,207 €	0,203 €	0,208 €	0,213 €
Kuljettajan palkka/kk	2 380,00 €	2 380,00 €	2 380,00 €	2 380,00 €
Palkkakustannus/auto/päivä	11,09 €	12,38 €	11,04 €	12,49 €
Palkkakustannus/auto/km	0,40 €	0,38 €	0,41 €	0,38 €
huolto, vakuutus ym./vuosi/auto	2 500,00 €	2 500,00 €	2 700,00 €	2 700,00 €
per päivä	6,85 €	6,85 €	7,40 €	7,40 €
per km	0,25 €	0,21 €	0,27 €	0,23 €
Muuttuva kustannus/auto/päivä	23,62 €	25,77 €	24,10 €	26,83 €
Muuttuva kustannus/auto/km	0,86 €	0,80 €	0,88 €	0,82 €
Muuttuva kustannus/auto/sek	0,000273 €	0,000298 €	0,000279 €	0,000311 €

Kustannusten lisäksi jakelukuljetuksille arvioitiin myös CO₂-päästöt (Taulukko 12). Polttoaineen kulutus sekä päästöarvot kyseisille automalleille arvioitiin usean lähteen perusteella (AutoWiki, 2019; Miseva, 2021; Tengvall, 2018; Volkswagen, 2024). Kulutus ja päästöt arvioitiin sekä tyhjälle, että kuormatulle ajoneuvolle. Simuloinnissa päästöt laskettiin polttoainekustannusten tapaan 50 %: kuormausasteella. Ajoneuvomallien välinen ero polttoaineenkulutuksessa ja päästöissä on vähäinen.

Taulukko 12. Päästö- ja kulutusarvot

Pakettiautot	Vw Crafter (l1h1)	Vw Crafter (l1h1)	Vw Crafter (l3h2)	Vw Crafter (l3h2)
Ruoankuljetusvaunut	Thermobox F210	Thermobox SS360	Deliver	Thermobox SS180
massa tyhjänä (kg)	2100	2100	2200	2200
massa kuormattuna (kg)	3315,2	3210,4	3240	3390,4
kulutus tyhjänä (l/100km)	8,44	8,44	8,84	8,84
päästöt tyhjänä (gCO ₂ /km)	230	230	241	241
kulutus kuormattuna (l/100km)	13,32	12,90	13,02	13,63
päästöt kuormattuna (gCO ₂ /km)	363,09	351,62	354,86	371,33
ka kulutus (l/100km)	10,88	10,67	10,93	11,23
ka päästöt (gCO ₂ /km)	296,55	290,81	297,90	306,14

1.3.2 Simuloinnin tulokset

Lähtötietojen määrittämisen jälkeen suoritettiin esimerkkisimulointi käyttäen kutakin neljää luvussa 1.3.1 valittua kalustoskenaariota. Tästä eteenpäin skenaariot on nimetty seuraavasti:

Skenaario 1: VW Crafter (L1H1), Thermobox F210

Skenaario 2: VW Crafter (L1H1), Thermobox SS360

Skenaario 3: VW Crafter (L3H2), Deliver

Skenaario 4: VW Crafter (L3H2), Thermobox SS180

Optimointityökalu simuloi lähtötietojen perusteella optimaaliset jakelureitit kullekin skenaariolle. Tulosten perusteella skenaarioita vertailtiin reittien, jakeluajan, kustannusten, sekä hiilidioksidipäästöjen perusteella. Simulointi antaa jokaisella käyttökerralla erilaisen ratkaisun, mutta tässä luvussa esiteltävät ratkaisut ovat linjassa keskiarvoisten tulosten kanssa (Taulukko 10). Simuloinnin ratkaisut sekä reittien kuvat eri skenaarioille ovat tämän raportin Liitteet-osiossa.

Simuloinnin tulosten perusteella pienimmät jakelukustannukset saavutetaan käyttämällä jakelussa Skenaarion 1 kalustoa (Taulukko 13). Kyseinen yhdistelmä on sekä hankintahinnaltaan että muuttuvilta kustannuksiltaan vertailun edullisin. Kustannustehokkuus muuttuvissa kustannuksissa selittyy etenkin sillä, että kyseisellä yhdistelmällä saadaan hyödynnettyä yhden auton kapasiteettia tehokkaasti. Automalli on vertailun malleista pienempi ja kuljetusvaunu hyödyntää tämän tilan tehokkaasti korkeutensa ansiosta. Tehokas kapasiteetin käyttö näkyy mm. pienempänä kokonaisjakelumatkana. Jakelumatka- ja aika ei kuitenkaan ole vertailun pienin, vaan ne saavutetaan Skenaariossa 3. Pienemmän auton alemmat kustannukset tekevät kuitenkin Skenaarion 1 yhdistelmästä edullisemmän ratkaisun. Kustannustehokkaimman

yhdistelmän kustannukset (Skenaario 1) ovat n. 20 % alemmat kuin kalleimman yhdistelmän (Skenaario 4). Kokonaisajomatka (distance) on esitetty metreissä ja kokonaiskesto (duration), ajoaika (driving), sekä palveluaika (serving) sekunneissa (Taulukko 13). Lyhin ajomatka (Skenaario 3) on n. 20 % lyhyempi kuin pisin ajomatka (Skenaario 4).

Taulukko 13. Simuloinnin tulokset, kustannukset

Simuloinnin tulokset				
Pakettiautot	Vw Crafter (l1h1)	Vw Crafter (l1h1)	Vw Crafter (l3h2)	Vw Crafter (l3h2)
Ruoankuljetusvaunut	Thermobox F210	Thermobox SS360	Deliver	Thermobox SS180
COST	742,69 €	780,48 €	757,94 €	925,00 €
DISTANCE	364 541	401 150	358 421	449 327
DURATION	36 380	39 716	35 902	42 300
DRIVING	27 080	30 416	26 602	33 000
SERVING	9 300	9 300	9 300	9 300
WAITING	0	0	0	0
COMMUTING	0	0	0	0
PARKING	0	0	0	0

Simuloiduilla jakelureiteillä pienimmät CO₂-päästöt saavutetaan Skenaarion 3 kalustolla (Taulukko 14). Tämä johtuu lyhimmästä jakelureittien yhteispituudesta. Ajoneuvojen polttoaineenkulutuksen ja päästöjen eroihin vaikuttaa lähinnä yhdistelmän massa ja ilmanvastus. L3H2-luokan pakettiautot ovat suurempia ja painavampia kuin L1H1-luokan autot, mutta massaero on pieni, etenkin kun autot lastataan täyteen kuormaan. 50 %:n kuormausasteella eniten polttoainetta kuluttava yhdistelmä kuluttaa n. 5 % enemmän kuin vähiten kuluttava yhdistelmä. Täten ajatun matkan merkitys korostuu. Tämän esimerkin skenaarioilla pienimmät vuotuiset CO₂-päästöt ovat n. 21 % pienemmät kuin suurimpien päästöjen skenaariossa. Tulos korostaa reittioptimoinnin merkitystä päästöjen vähentämisessä.

Taulukko 14. Simuloinnin tulokset, päästöt

Päästöt				
Pakettiautot	Vw Crafter (l1h1)	Vw Crafter (l1h1)	Vw Crafter (l3h2)	Vw Crafter (l3h2)
Ruoankuljetusvaunut	Thermobox F210	Thermobox SS360	Deliver	Thermobox SS180
Ajoneuvon päästöt (gCO ₂ /km)	296,55	290,81	297,90	306,14
Ajoneuvon polttoaineen kulutus l/100km	10,88	10,67	10,93	11,23
Päivittäinen ajomäärä (km)	364,54	401,15	358,42	449,33
per auto (km)	28,04	30,86	27,57	34,56
Vuotuinen ajomäärä (km)	69 263	76 219	68 100	85 372
Päivittäiset CO₂-päästöt (kg)	108,1	116,7	106,8	137,6
vuodessa	20 540	22 165	20 287	26 136
Päivittäinen polttoaineen kulutus (l)	39,7	42,8	39,2	50,5
vuodessa	7 537	8 134	7 445	9 591

1.4 Johtopäätökset

Työpaketissa toteutettiin jakelukuljetusten simulointi käyttäen aiemmassa työpaketissa kehitettyä työkalua. Samalla suoritettiin kustannus- ja päästöanalyysi simuloituille kuljetuksille. Simulointia varten mallinnettiin todenmukainen jakelukuljetustehtävä, määritettiin tarvittavia lähtötietoja, sekä kehitettiin erilaisia skenaarioita liittyen käytettävään kuljetuskalustoon.

Simuloinnissa havaittiin, että edullisimmat jakelukustannukset saavutettiin Skenaariolla 1 kalustolla, jonka kustannukset olivat noin 20 % alhaisemmat kuin kalleimman yhdistelmän. Lyhin jakelumatka saavutettiin kuitenkin Skenaariolla 3, jonka CO₂-päästöt olivat noin 21 % pienempinä verrattuna suurimpien päästöjen skenaarioon.

Keskeinen havainto on, että kehitettyä optimointityökalua voidaan käyttää jakelukuljetusten reittioptimointiin ja erilaisen kuljetuskaluston vertailuun, mikä voi merkittävästi vähentää sekä yrityksen jakelukustannuksia, että jakelulogiikan ympäristövaikutuksia. Lyhin reitti ei kuitenkaan aina takaa alhaisimpia kustannuksia, vaan on pikemminkin yksi jakelun hintaa mahdollisesti alentavista tekijöistä. Jakelukuljetusten hiilidioksidipäästöt sen sijaan vähenevät lähes suoraan verrannollisesti ajomatkan mukaan.

Lähteet

- AutoWiki. (2019). *Volkswagen Crafter I* – AutoWiki. http://www.automallisto.fi/index.php/Volkswagen_Crafter_I
- Avidly Agency. (2013, August 19). *Volkswagen Transporter by Avidly Agency—Issuu*. https://issuu.com/zeelandsociety/docs/tekniset_tiedot_transporter_2014
- Avis. (2024). *Pakettiauton vuokraus | Avis*. https://www.avis.fi/autot/pakettiauton-vuokraus?_gl=1*1h9l1n1*_up*MQ..&gclid=CjwKCAjw1emzBhB8EiwAHwZZxWS9LJe-RjImHwNna2AYTBBIuuaY6B2r--LIVh8IsqNQTuPtF7w6_hoC17YQAvD_BwE
- Duunitori. (2022). *Autonkuljettaja palkka—Duunitorin Palkkavertailu*. Duunitori.fi. <https://duunitori.fi/palkat/autonkuljettaja>
- Huttunen, O. (2023). *Comparing the economic feasibility of transportation modes: Case Suupohja Railway*. <https://osuva.uwasa.fi/handle/10024/16615>
- Izadi, A., Nabipour, M., & Titidezh, O. (2020). Cost Models and Cost Factors of Road Freight Transportation: A Literature Review and Model Structure. *Fuzzy Information and Engineering*, 0(0), 1–21. <https://doi.org/10.1080/16168658.2019.1688956>
- Kokot, P. (2023). *Transit Center Ford Transitin osat-shop*. Transit Center Ford Transitin osat-shop. <https://www.transitcenter.fi/>
- Metos. (2024). *Ruoankuljetusvaunut—Yläosasto—Metos FI - Metos*. Metos FI. <https://www.metos.fi/fi/g/ruoankuljetusvaunut>
- Miseva. (2021, September 23). *Volkswagen, VW Crafter 2.0TDI*. Miseva. <https://www.miseva.fi/autot/volkswagen-vw-crafter/>
- pakuovelle.com. (2024). *Automallisto* | PakuOvelle.com. <https://www.pakuovelle.com/automallisto/>

Tengvall, R. (2018). *Volkswagen Crafter – Pakuilia keskitason yläpuolella—Nettikone.*

http://www.nettikone.com/artikkeli/volkswagen_crafter_pakuilua_keskitason_ylapuolella

UpGo. (2021). Ajoneuvot. *UpGO*. <https://upgo.fi/ajoneuvot/>

Volkswagen. (2024). *Volkswagen Crafter | Tilava pakettiauto | Volkswagen Suomi.*

<https://www.volkswagen.fi/fi/mallit/crafter.html>

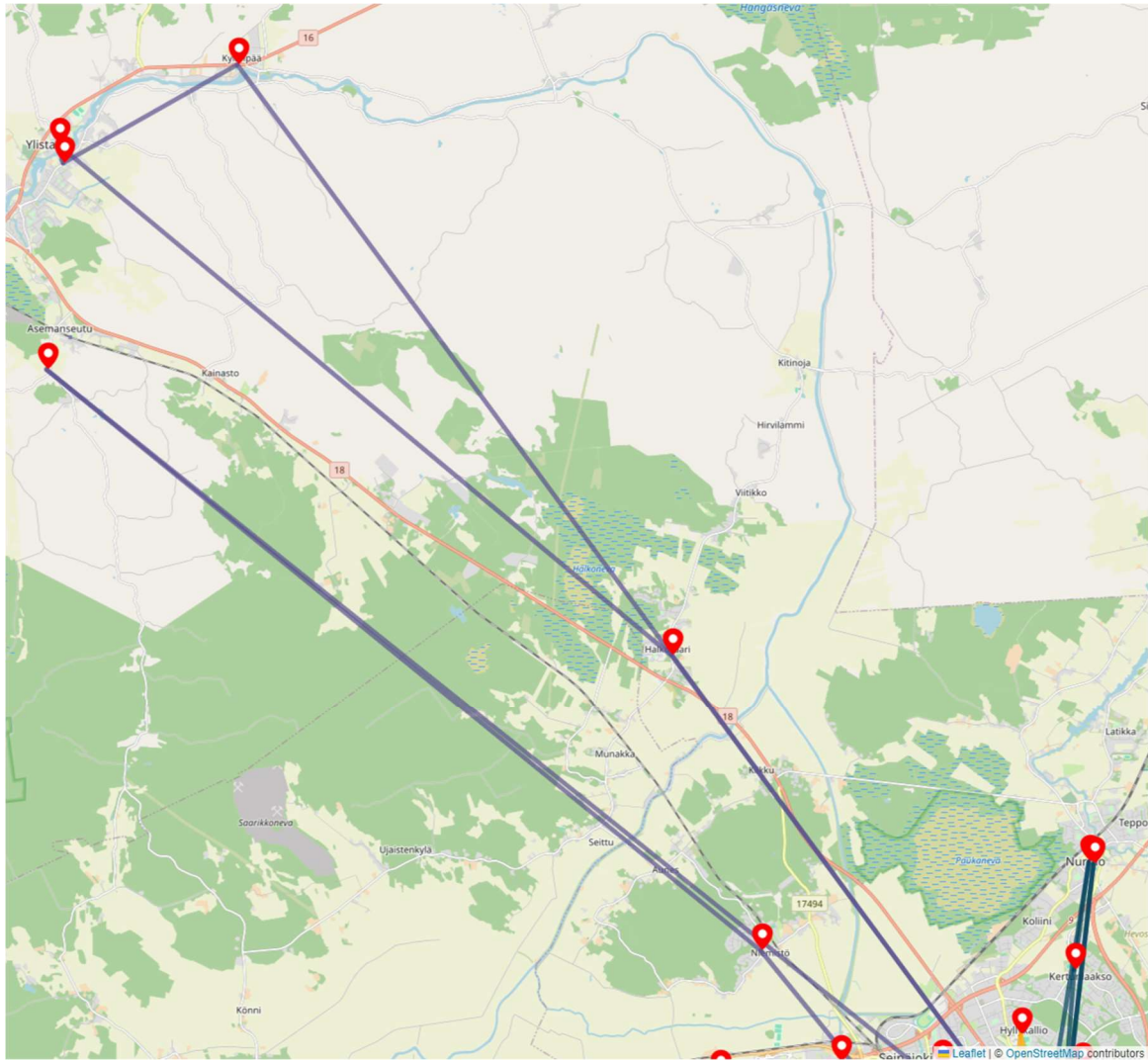
Liitteet

Taulukko 15. Skenaario 1 tulos

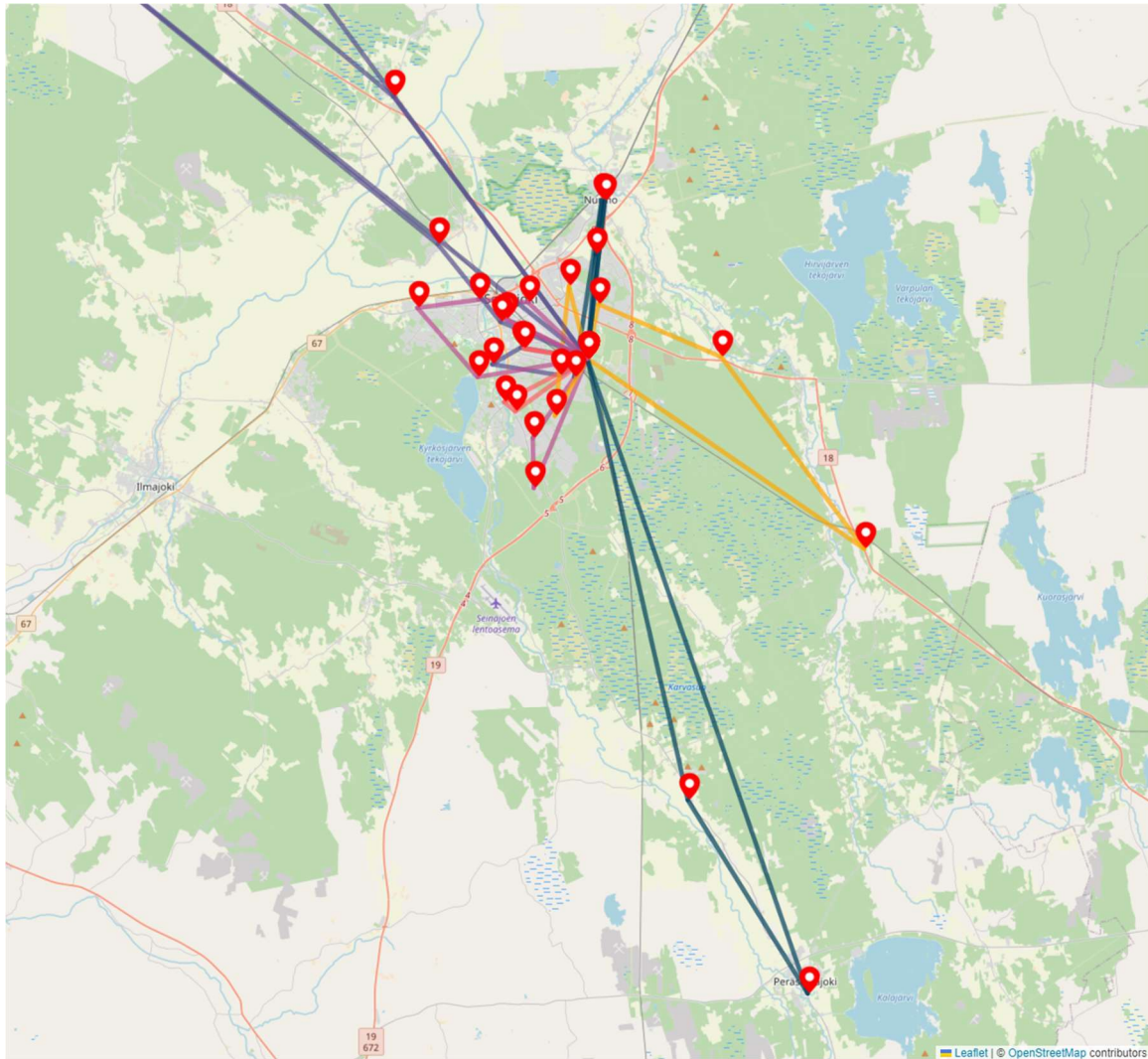
Vehicle ID	Type	Job	Latitude	Longitude	Arrival Time	Departure Time	Load	Distance
Van1_7	departure	departure	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:00:00	2024-05-23 07:00:00	722	0
Van1_7	delivery	Kertunlaakson	62.810104214307664	22.906881868471785	2024-05-23 07:07:41	2024-05-23 07:12:41	573	5008
Van1_7	delivery	Valkiaavuoren	62.828561235284106	22.912269400135237	2024-05-23 07:17:20	2024-05-23 07:22:20	138	8148
Van1_7	delivery	Toukolanpuiston	62.768094779270875	22.891237925831955	2024-05-23 07:37:52	2024-05-23 07:42:52	0	19362
Van1_7	arrival	arrival	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:48:57	2024-05-23 07:48:57	0	22221
Van1_9	departure	departure	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:00:00	2024-05-23 07:00:00	712	0
Van1_9	delivery	KivistÄn	62.778379246546834	22.851369939562172	2024-05-23 07:05:38	2024-05-23 07:10:38	454	3333
Van1_9	delivery	Steiner-koulu	62.772571302011464	22.83032186279072	2024-05-23 07:14:50	2024-05-23 07:19:50	254	5441
Van1_9	delivery	Lintuviidan	62.76885982243619	22.88037807654819	2024-05-23 07:26:05	2024-05-23 07:31:05	0	8698
Van1_9	arrival	arrival	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:36:13	2024-05-23 07:36:13	0	11542
Van1_3	departure	departure	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:00:00	2024-05-23 07:00:00	698	0
Van1_3	delivery	Ruutipuiston	62.76820728523598	22.819334777051836	2024-05-23 07:08:25	2024-05-23 07:13:25	620	5450
Van1_3	delivery	AlakylÄn	62.7919513409042	22.774597177910785	2024-05-23 07:23:13	2024-05-23 07:28:13	295	11446
Van1_3	delivery	Joupin	62.7944708500168	22.81964439253076	2024-05-23 07:34:06	2024-05-23 07:39:06	177	14208
Van1_3	delivery	Pohjan	62.793673852344824	22.857292621419248	2024-05-23 07:44:06	2024-05-23 07:49:06	0	17294
Van1_3	arrival	arrival	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:54:12	2024-05-23 07:54:12	0	20880
Van1_13	departure	departure	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:00:00	2024-05-23 07:00:00	659	0
Van1_13	delivery	TÄn	62.75984152756804	22.83927450460913	2024-05-23 07:07:41	2024-05-23 07:12:41	459	5168
Van1_13	delivery	Pruukin	62.75666110237603	22.847323296062125	2024-05-23 07:13:47	2024-05-23 07:18:47	0	5798
Van1_13	arrival	arrival	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:26:54	2024-05-23 07:26:54	0	11359
Van1_6	departure	departure	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:00:00	2024-05-23 07:00:00	662	0
Van1_6	delivery	Kouran	62.7098398822716	23.106820162828186	2024-05-23 07:15:19	2024-05-23 07:20:19	610	17404
Van1_6	delivery	Keski-Nurmon	62.775252635078694	23.00055808047948	2024-05-23 07:29:39	2024-05-23 07:34:39	468	28193
Van1_6	delivery	Tanelinrannan	62.79320434246302	22.90943073610855	2024-05-23 07:41:03	2024-05-23 07:46:03	0	34337
Van1_6	arrival	arrival	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:50:17	2024-05-23 07:50:17	0	36936
Van1_1	departure	departure	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:00:00	2024-05-23 07:00:00	692	0
Van1_1	delivery	Nurmon	62.828231843910906	22.91408514946031	2024-05-23 07:10:05	2024-05-23 07:15:05	0	9108
Van1_1	arrival	arrival	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:25:16	2024-05-23 07:25:16	0	17941
Van1_2	departure	departure	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:00:00	2024-05-23 07:00:00	701	0
Van1_2	delivery	Halkosaaren	62.86370140517983	22.756692194226115	2024-05-23 07:15:20	2024-05-23 07:20:20	539	13530
Van1_2	delivery	Kirja-Matin	62.950306318261845	22.528481864577888	2024-05-23 07:39:03	2024-05-23 07:44:03	303	32608
Van1_2	delivery	Ylistaron	62.94725552527951	22.53029365116946	2024-05-23 07:45:53	2024-05-23 07:50:53	63	33358
Van1_2	delivery	Topparlan	62.96400494890481	22.595148579717936	2024-05-23 07:55:45	2024-05-23 08:00:45	0	37980
Van1_2	arrival	arrival	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 08:35:47	2024-05-23 08:35:47	0	72581
Van1_10	departure	departure	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:00:00	2024-05-23 07:00:00	591	0
Van1_10	delivery	Niityvillan	62.73056028199977	22.861086824516903	2024-05-23 07:11:18	2024-05-23 07:16:18	391	9524
Van1_10	delivery	KÄrjen	62.747532037155445	22.860774793788508	2024-05-23 07:20:13	2024-05-23 07:25:13	0	11863
Van1_10	arrival	arrival	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:35:17	2024-05-23 07:35:17	0	18995
Van1_8	departure	departure	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:00:00	2024-05-23 07:00:00	673	0
Van1_8	delivery	SeinÄrjoen yhteiskoulu	62.77805590838679	22.8535599951954	2024-05-23 07:05:35	2024-05-23 07:10:35	0	3315
Van1_8	arrival	arrival	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:15:59	2024-05-23 07:15:59	0	6567
Van1_11	departure	departure	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:00:00	2024-05-23 07:00:00	692	0
Van1_11	delivery	Hyllykallion	62.799218042616864	22.88705543783333	2024-05-23 07:07:30	2024-05-23 07:12:30	356	4332
Van1_11	delivery	Pajutuoman	62.755091561553854	22.87662689432148	2024-05-23 07:26:51	2024-05-23 07:31:51	0	12383
Van1_11	arrival	arrival	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:41:41	2024-05-23 07:41:41	0	18572
Van1_5	departure	departure	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:00:00	2024-05-23 07:00:00	714	0
Van1_5	delivery	Toivolran	62.55759172154532	23.06526740792416	2024-05-23 07:33:29	2024-05-23 07:38:29	334	29679
Van1_5	delivery	Alaviitalan	62.623711922651346	22.975662979611577	2024-05-23 07:49:21	2024-05-23 07:54:21	0	38533
Van1_5	arrival	arrival	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 08:17:55	2024-05-23 08:17:55	0	60191
Van1_12	departure	departure	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:00:00	2024-05-23 07:00:00	676	0
Van1_12	delivery	Aseman	62.91229097695824	22.523921121424543	2024-05-23 07:28:07	2024-05-23 07:33:07	605	27600
Van1_12	delivery	NiemistÄn	62.81344289847425	22.78999146803495	2024-05-23 07:55:14	2024-05-23 08:00:14	456	49109
Van1_12	delivery	Marttilan	62.78723256934414	22.83671378914035	2024-05-23 08:08:03	2024-05-23 08:13:03	0	54169
Van1_12	arrival	arrival	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 08:19:35	2024-05-23 08:19:35	0	58398
Van1_4	departure	departure	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:00:00	2024-05-23 07:00:00	674	0
Van1_4	delivery	SeinÄrjoen lyseo	62.78788333863933	22.84072024531137	2024-05-23 07:07:02	2024-05-23 07:12:02	0	4346
Van1_4	arrival	arrival	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:18:17	2024-05-23 07:18:17	0	8358



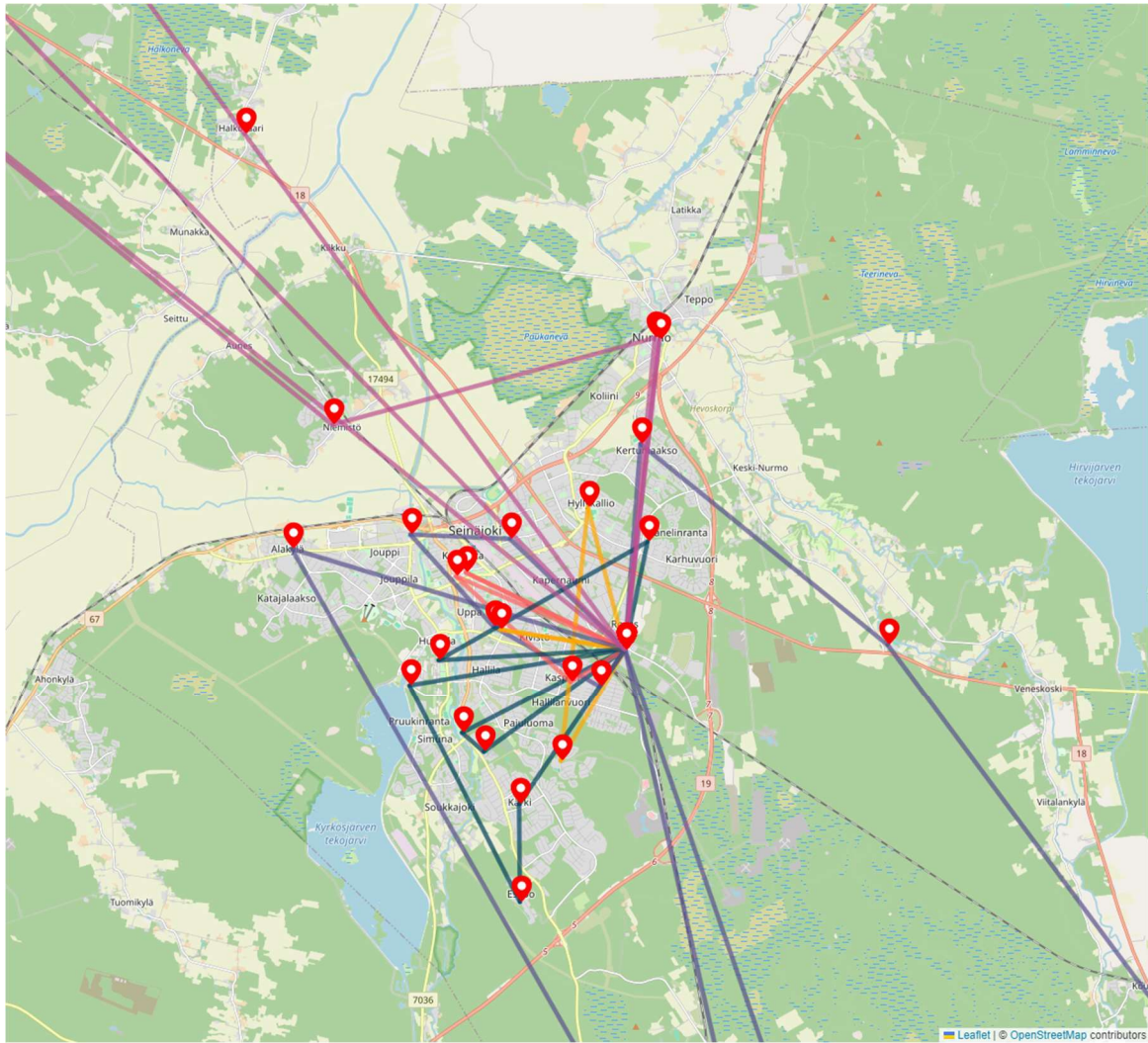
Kuva 1. Skenaario 1 reitit (1)



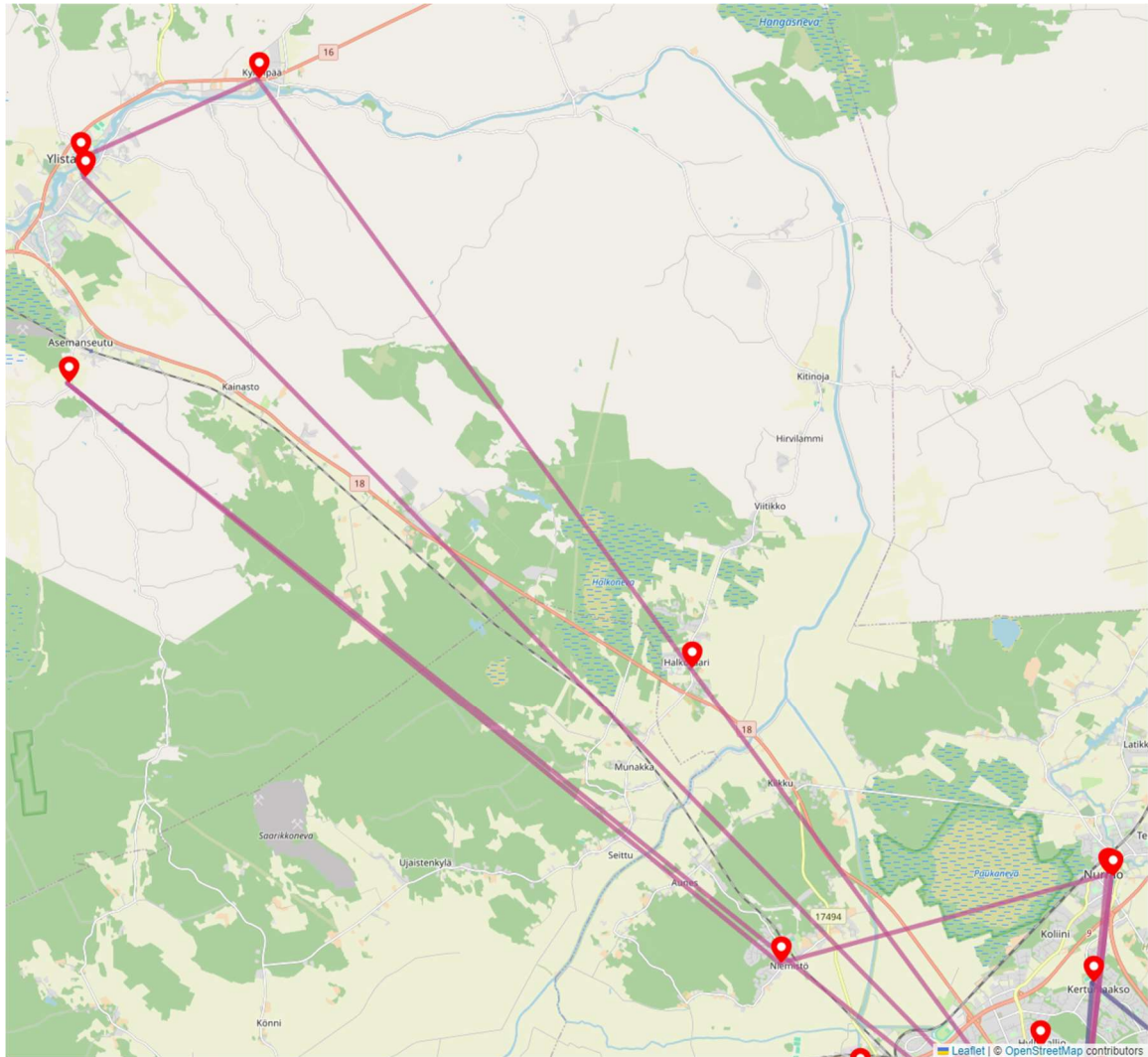
Kuva 2. Skenaario 1 reitit (2)



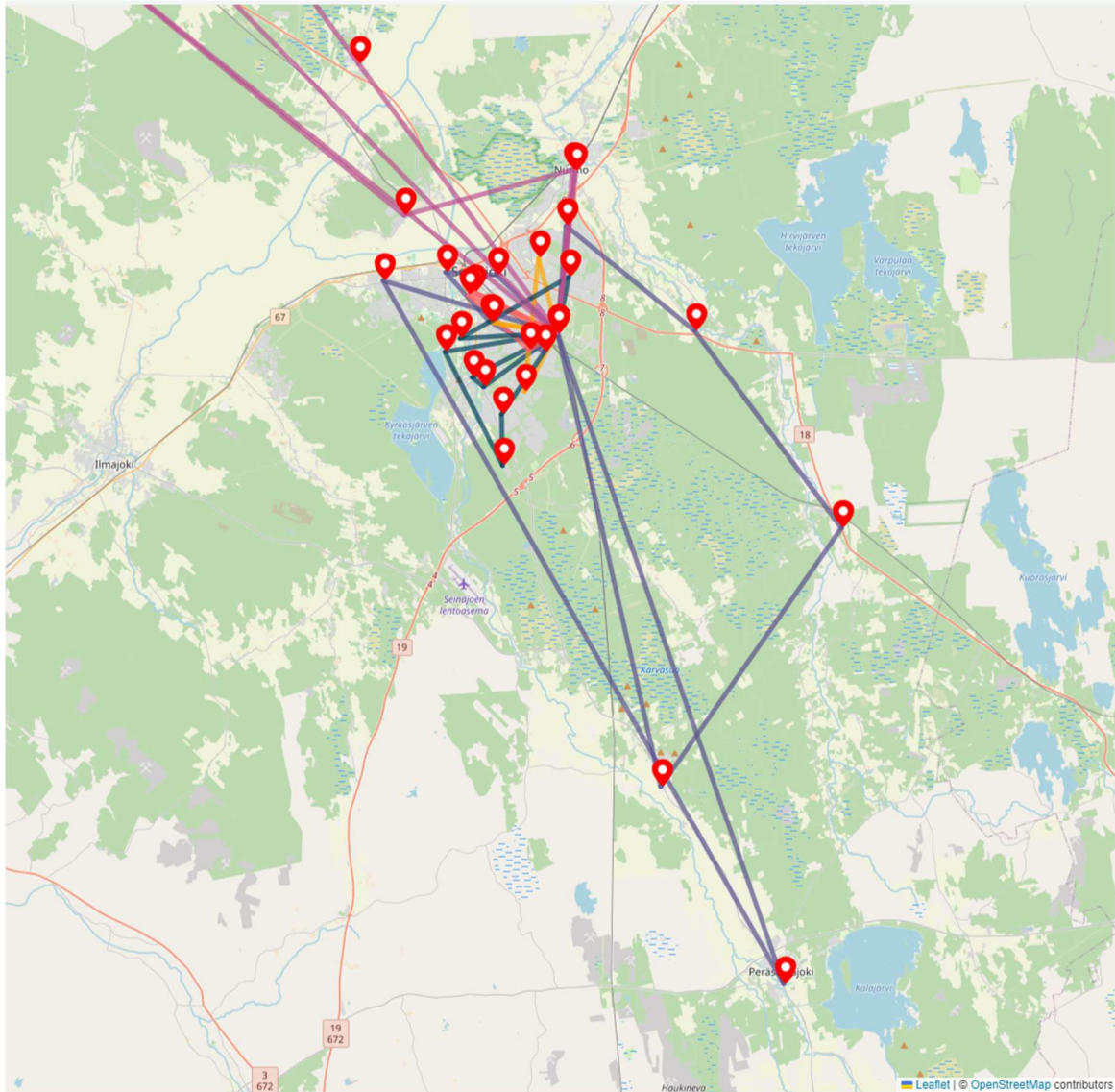
Kuva 3. Skenaario 1 reitit (3)



Kuva 4. Skenaario 2 reitit (1)



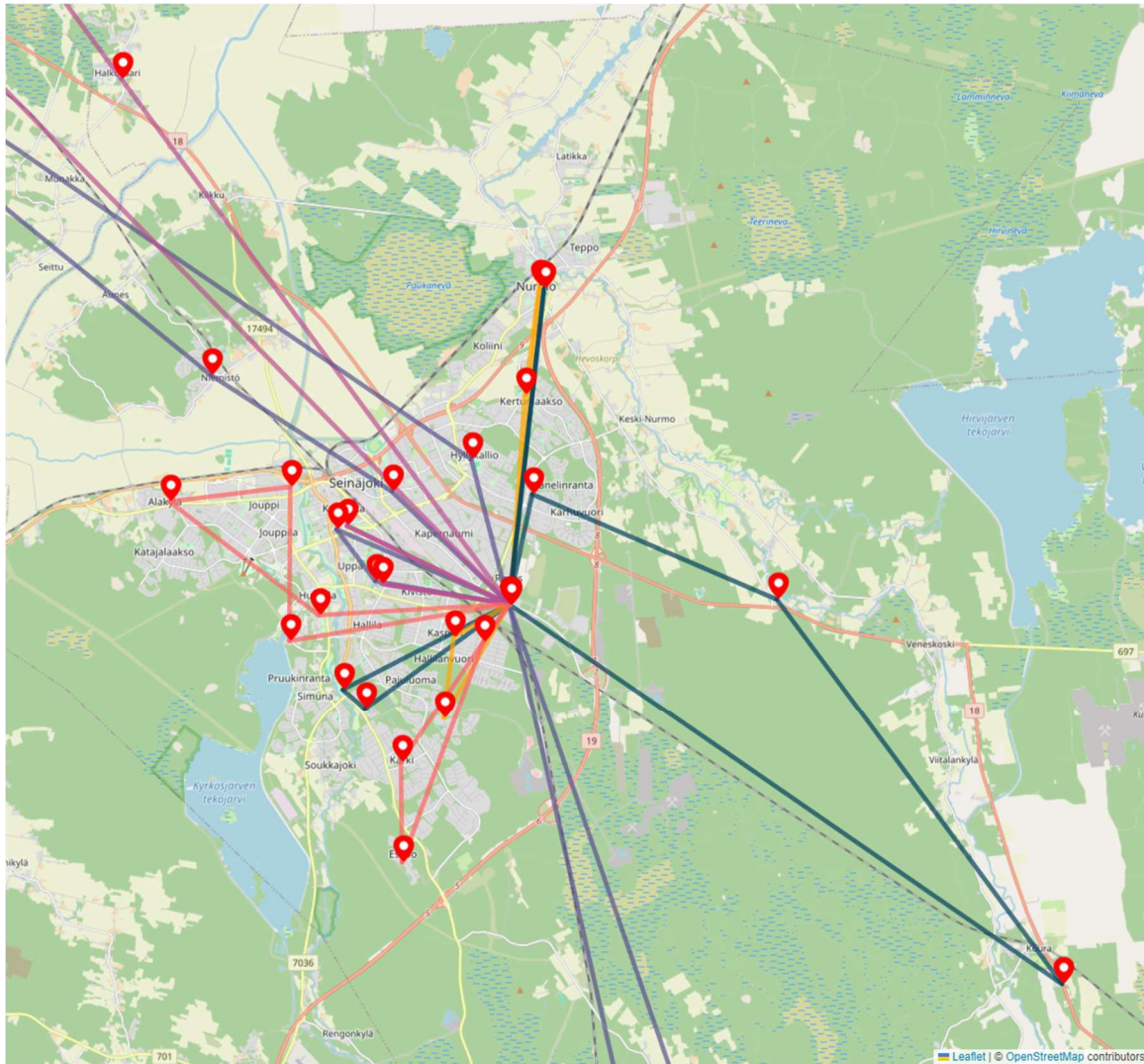
Kuva 5. Skenaario 2 reitit (2)



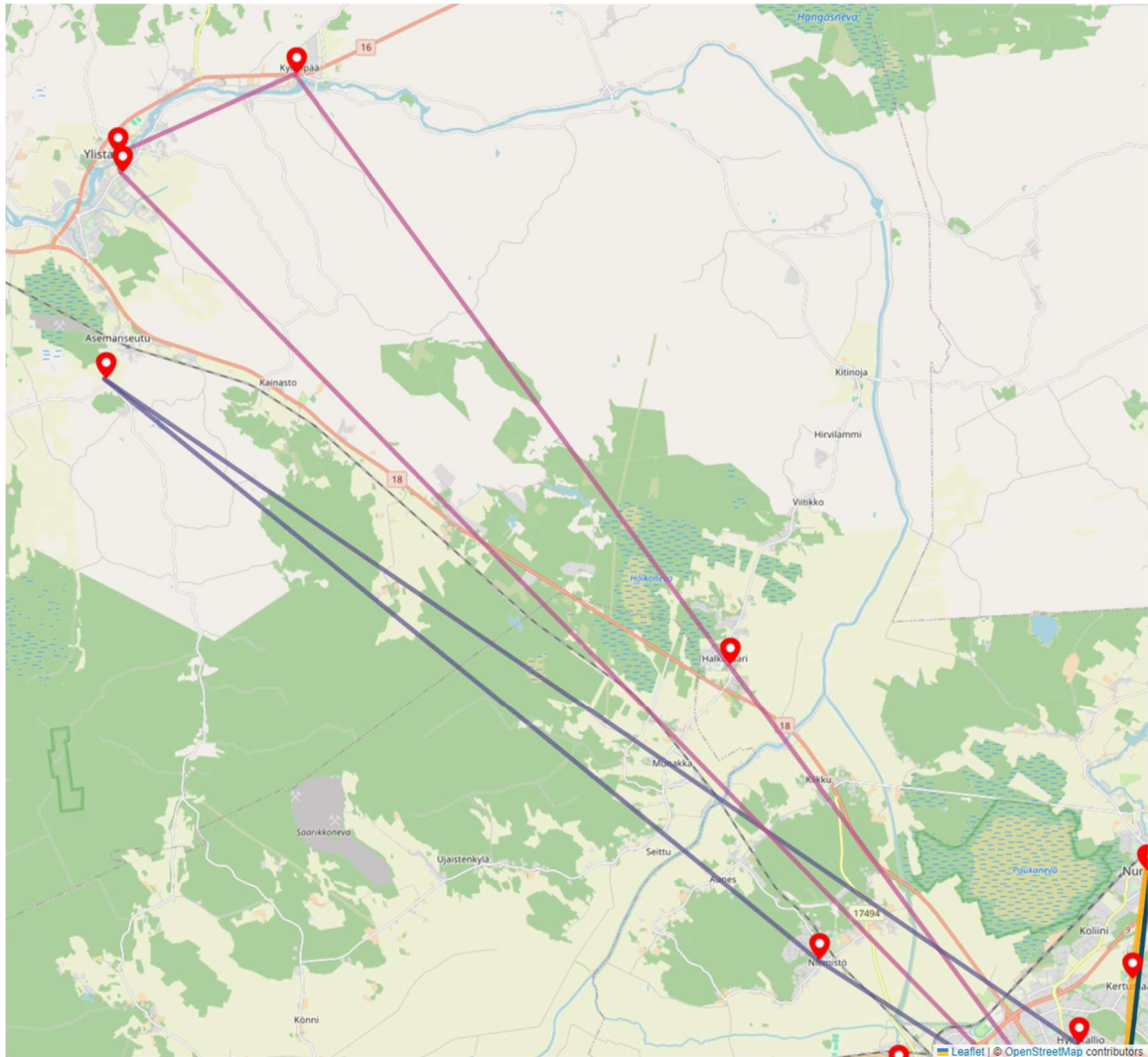
Kuva 6. Skenaario 2 reitit (3)

Taulukko 17. Skenaario 3 tulos

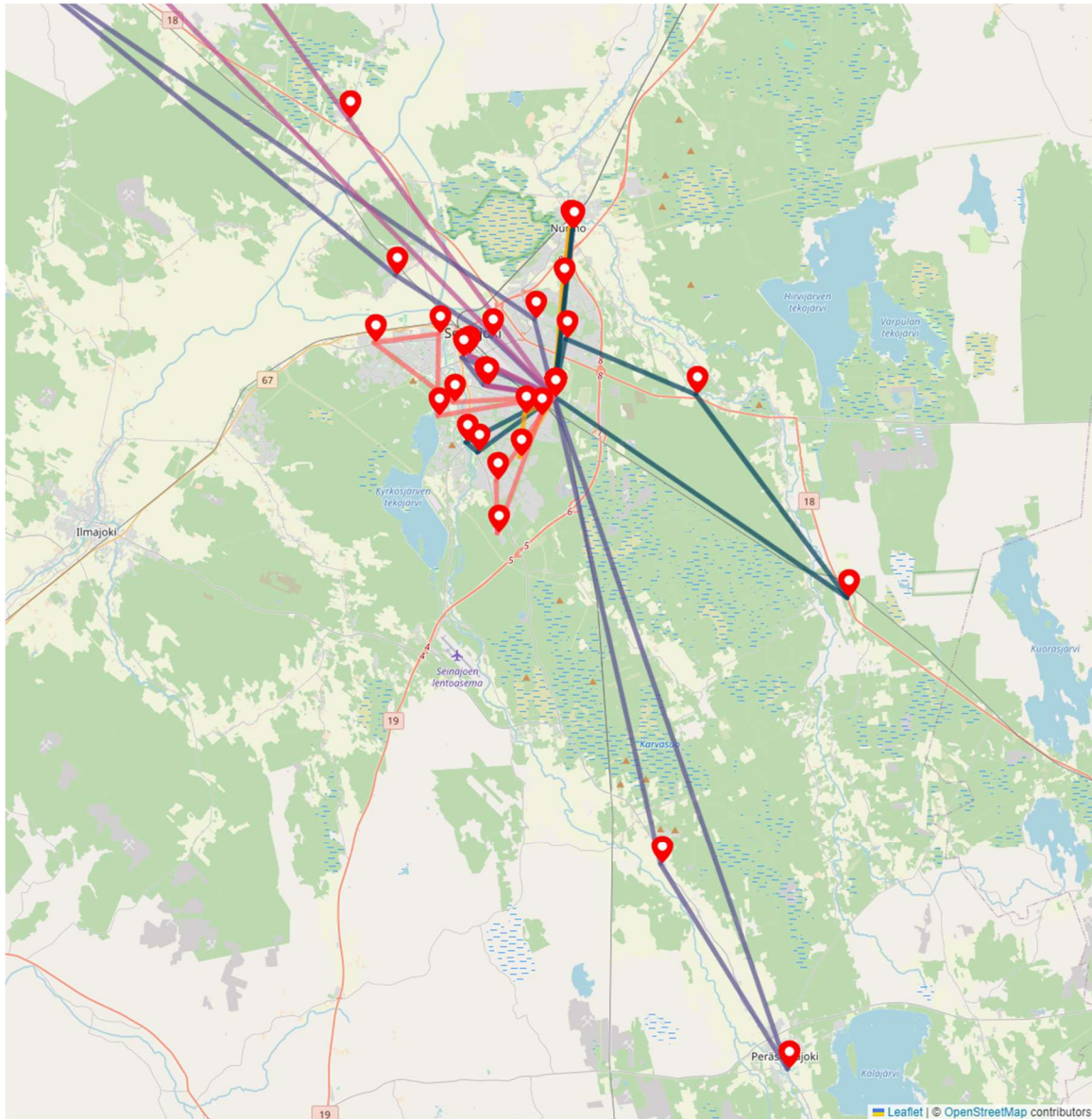
Vehicle ID	Type	Job	Latitude	Longitude	Arrival Time	Departure Time	Load	Distance
Van3_3	departure	departure	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:00:00	2024-05-23 07:00:00	659,0	
Van3_3	delivery	TÄÄrnÄän	62.75984152756804	22.83927450460913	2024-05-23 07:07:41	2024-05-23 07:12:41	459,5168	
Van3_3	delivery	Pruuikin	62.75666110237603	22.847323296062125	2024-05-23 07:13:47	2024-05-23 07:18:47	0,5798	
Van3_3	arrival	arrival	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:26:54	2024-05-23 07:26:54	0,11359	
Van3_9	departure	departure	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:00:00	2024-05-23 07:00:00	714,0	
Van3_9	delivery	KivistÄän	62.778379246546834	22.851369939562172	2024-05-23 07:05:38	2024-05-23 07:10:38	456,3333	
Van3_9	delivery	Marttilan	62.78723256934414	22.83671378914035	2024-05-23 07:13:50	2024-05-23 07:18:50	0,5196	
Van3_9	arrival	arrival	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:25:22	2024-05-23 07:25:22	0,9425	
Van3_10	departure	departure	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:00:00	2024-05-23 07:00:00	673,0	
Van3_10	delivery	SeinÄrjoen yhteiskoulu	62.77805590838679	22.853559951954	2024-05-23 07:05:35	2024-05-23 07:10:35	0,3315	
Van3_10	arrival	arrival	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:15:59	2024-05-23 07:15:59	0,6567	
Van3_8	departure	departure	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:00:00	2024-05-23 07:00:00	721,0	
Van3_8	delivery	Ruuti puiston	62.76820728523598	22.819334777051836	2024-05-23 07:08:25	2024-05-23 07:13:25	643,5450	
Van3_8	delivery	Joupin	62.7944708500168	22.81964439253076	2024-05-23 07:20:01	2024-05-23 07:25:01	525,9545	
Van3_8	delivery	AlakylÄän	62.7919513409042	22.774597177910785	2024-05-23 07:30:41	2024-05-23 07:35:41	200,12268	
Van3_8	delivery	Steiner-koulu	62.772571302011464	22.83032186279072	2024-05-23 07:44:18	2024-05-23 07:49:18	0,17222	
Van3_8	arrival	arrival	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:57:16	2024-05-23 07:57:16	0,22178	
Van3_5	departure	departure	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:00:00	2024-05-23 07:00:00	610,0	
Van3_5	delivery	Pajuluoman	62.755091561553854	22.87662689432148	2024-05-23 07:09:59	2024-05-23 07:14:59	254,6253	
Van3_5	delivery	Lintuviidan	62.76885982243619	22.88037807654819	2024-05-23 07:22:57	2024-05-23 07:27:57	0,10830	
Van3_5	arrival	arrival	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:33:05	2024-05-23 07:33:05	0,13674	
Van3_7	departure	departure	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:00:00	2024-05-23 07:00:00	662,0	
Van3_7	delivery	Kouran	62.7098398822716	23.106820162828186	2024-05-23 07:15:19	2024-05-23 07:20:19	610,17404	
Van3_7	delivery	Keski-Nurmon	62.775252635078694	23.00055808047948	2024-05-23 07:29:39	2024-05-23 07:34:39	468,28193	
Van3_7	delivery	Tanelinrannan	62.79320434246302	22.90943073610855	2024-05-23 07:41:03	2024-05-23 07:46:03	0,34337	
Van3_7	arrival	arrival	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:50:17	2024-05-23 07:50:17	0,36936	
Van3_2	departure	departure	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:00:00	2024-05-23 07:00:00	714,0	
Van3_2	delivery	Toivolanrannan	62.55759172154532	23.06526740792416	2024-05-23 07:33:29	2024-05-23 07:38:29	334,29679	
Van3_2	delivery	Alaviitalan	62.623711922651346	22.975662979611577	2024-05-23 07:49:21	2024-05-23 07:54:21	0,38533	
Van3_2	arrival	arrival	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 08:17:55	2024-05-23 08:17:55	0,60191	
Van3_4	departure	departure	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:00:00	2024-05-23 07:00:00	701,0	
Van3_4	delivery	Halkosaaren	62.86370140517983	22.756692194226115	2024-05-23 07:15:20	2024-05-23 07:20:20	539,13530	
Van3_4	delivery	Topparlan	62.96400494890481	22.595148579717936	2024-05-23 07:40:40	2024-05-23 07:45:40	476,35584	
Van3_4	delivery	Kirja-Matin	62.950306318261845	22.528481864577888	2024-05-23 07:50:15	2024-05-23 07:55:15	240,39844	
Van3_4	delivery	Ylistaron	62.94725552527951	22.53029365116946	2024-05-23 07:57:05	2024-05-23 08:02:05	0,40594	
Van3_4	arrival	arrival	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 08:35:47	2024-05-23 08:35:47	0,72581	
Van3_11	departure	departure	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:00:00	2024-05-23 07:00:00	729,0	
Van3_11	delivery	Toukolanpuiston	62.768094779270875	22.891237925831955	2024-05-23 07:06:44	2024-05-23 07:11:44	591,3021	
Van3_11	delivery	Niittyvillan	62.73056028199977	22.861086824516903	2024-05-23 07:24:39	2024-05-23 07:29:39	391,10970	
Van3_11	delivery	KÄrjen	62.747532037155445	22.860774793788508	2024-05-23 07:33:34	2024-05-23 07:38:34	0,13309	
Van3_11	arrival	arrival	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:48:38	2024-05-23 07:48:38	0,20441	
Van3_13	departure	departure	62.774321880874005	22.90117361468882	2024-05-23 07:00:00	2024-05-23 07:00:00	584,0	
Van3_13	delivery	Kertunlaakson	62.810104214307664	22.906881868471785	2024-05-23 07:07:55	2024-05-23 07:12:55	435,5140	
Van3_13	delivery	Valkiauvoren	62.828561235284106	22.912269400135237	2024-05-23 07:17:34	2024-05-23 07:22:34	0,8280	
Van3_13	arrival	arrival	62.774321880874005	22.90117361468882	2024-05-23 07:33:23	2024-05-23 07:33:23	0,17668	
Van3_12	departure	departure	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:00:00	2024-05-23 07:00:00	692,0	
Van3_12	delivery	Nurmon	62.828231843910906	22.91408514946031	2024-05-23 07:10:05	2024-05-23 07:15:05	0,9108	
Van3_12	arrival	arrival	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:25:16	2024-05-23 07:25:16	0,17941	
Van3_6	departure	departure	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:00:00	2024-05-23 07:00:00	733,0	
Van3_6	delivery	Hyllykallion	62.799218042616864	22.88705543783333	2024-05-23 07:07:30	2024-05-23 07:12:30	397,4332	
Van3_6	delivery	Aseman	62.91229097695824	22.523921121424543	2024-05-23 07:38:50	2024-05-23 07:43:50	326,29652	
Van3_6	delivery	NiemistÄän	62.81344289847425	22.78999146803495	2024-05-23 08:05:57	2024-05-23 08:10:57	177,51161	
Van3_6	delivery	Pohjan	62.793673852344824	22.857292621419248	2024-05-23 08:20:07	2024-05-23 08:25:07	0,57516	
Van3_6	arrival	arrival	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 08:30:13	2024-05-23 08:30:13	0,61102	
Van3_1	departure	departure	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:00:00	2024-05-23 07:00:00	674,0	
Van3_1	delivery	SeinÄrjoen lyseo	62.787883338633933	22.84072024531137	2024-05-23 07:07:02	2024-05-23 07:12:02	0,4346	
Van3_1	arrival	arrival	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:18:17	2024-05-23 07:18:17	0,8358	



Kuva 7. Skenaario 3 reitit (1)



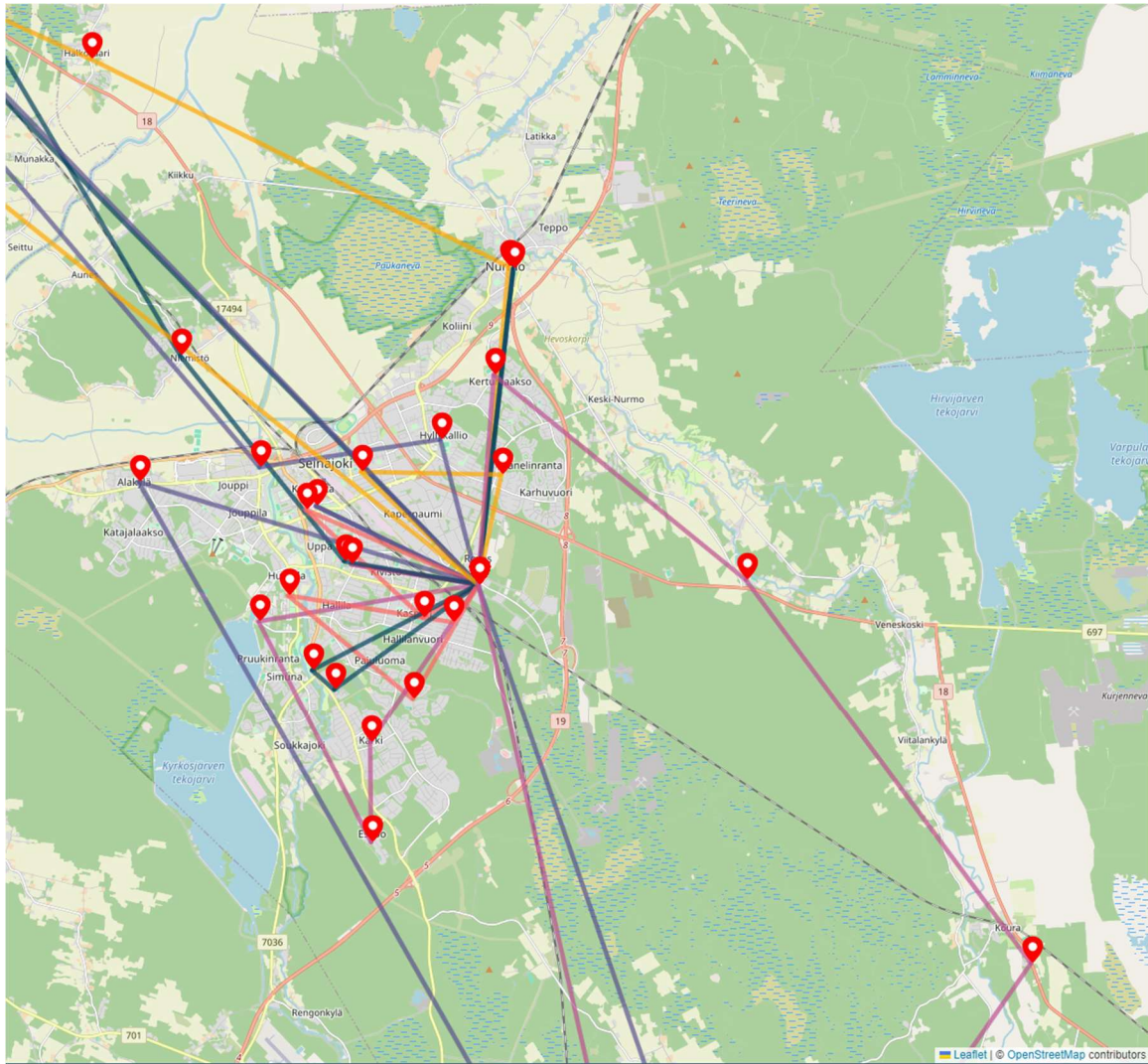
Kuva 8. Skenaario 3 reitit (2)



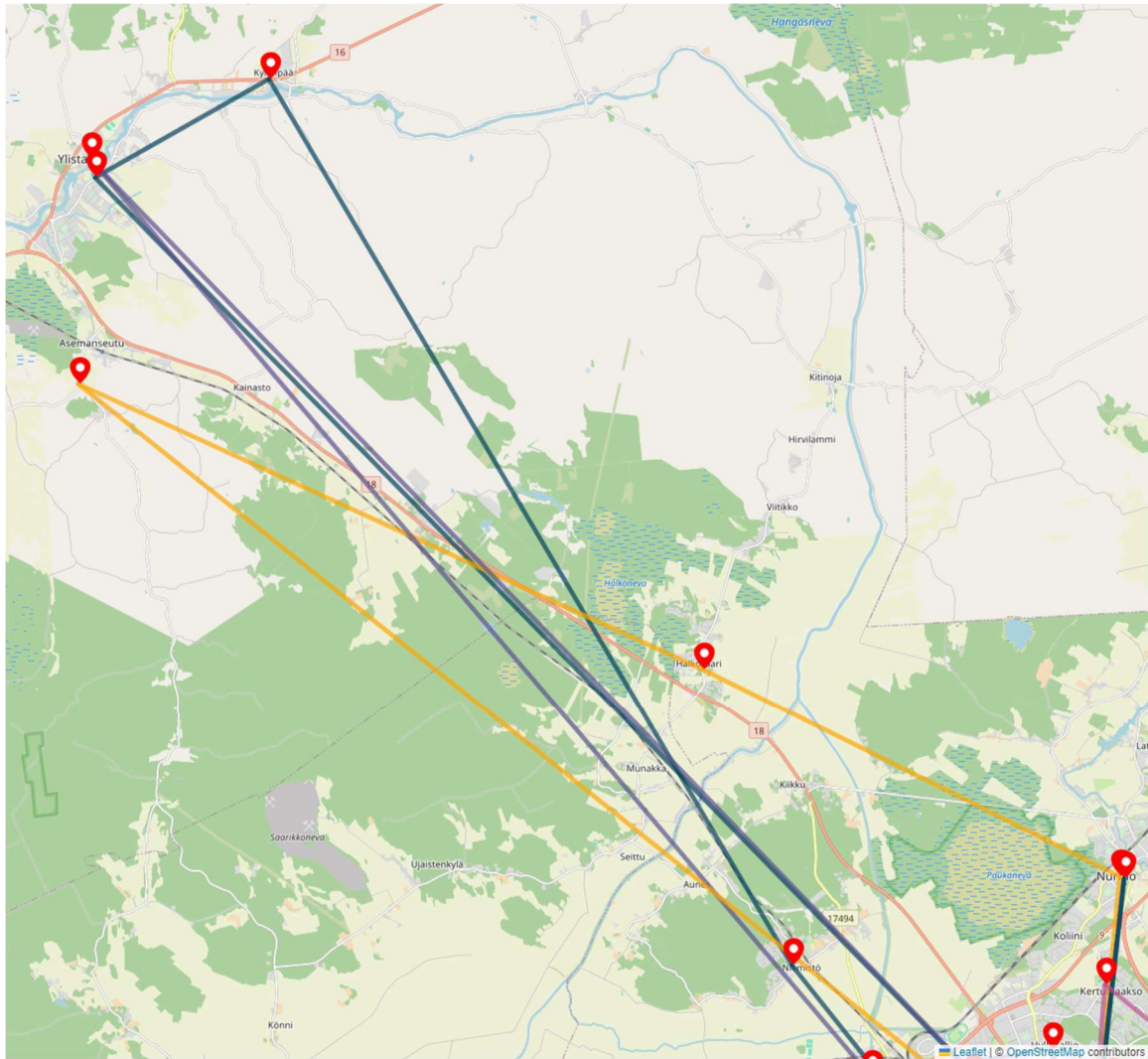
Kuva 9. Skenaario 3 reitit (3)

Taulukko 18. Skenaario 4 tulos

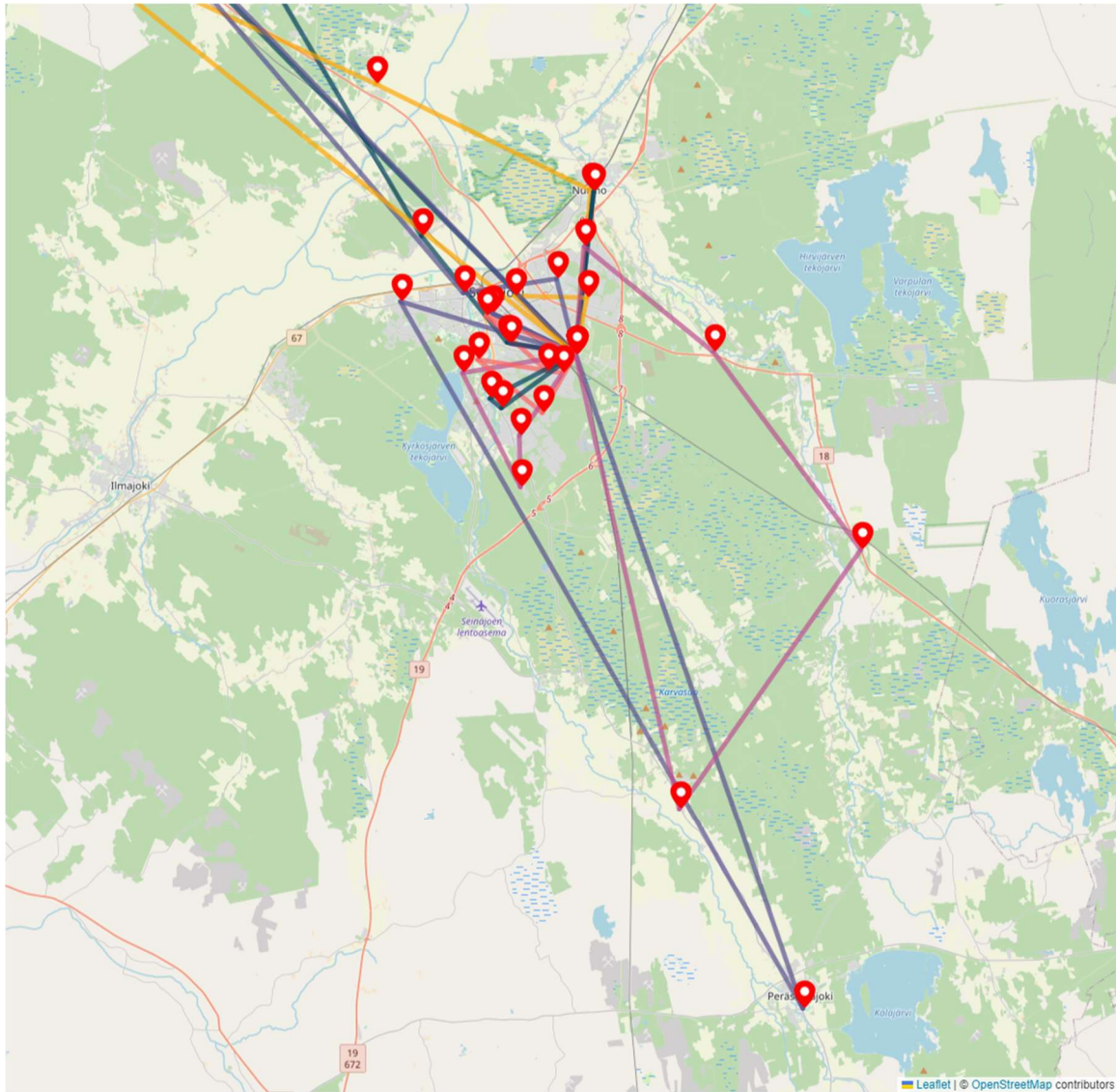
Vehicle ID	Type	Job	Latitude	Longitude	Arrival Time	Departure Time	Load	Distance
Van4_11	departure	departure	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:00:00	2024-05-23 07:00:00	710	0
Van4_11	delivery	Ylistaron	62.94725552527951	22.53029365116946	2024-05-23 07:32:51	2024-05-23 07:37:51	470	31959
Van4_11	delivery	Topparlan	62.96400494890481	22.595148579717936	2024-05-23 07:42:43	2024-05-23 07:47:43	407	36581
Van4_11	delivery	NiemistÄ¶n	62.81344289847425	22.78999146803495	2024-05-23 08:15:58	2024-05-23 08:20:58	258	65086
Van4_11	delivery	KivistÄ¶n	62.778379246546834	22.851369939562172	2024-05-23 08:31:45	2024-05-23 08:36:45	0	71816
Van4_11	arrival	arrival	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 08:42:12	2024-05-23 08:42:12	0	75086
Van4_7	departure	departure	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:00:00	2024-05-23 07:00:00	674	0
Van4_7	delivery	SeinÄ¶joen lyseo	62.787883338633933	22.84072024531137	2024-05-23 07:07:02	2024-05-23 07:12:02	0	4346
Van4_7	arrival	arrival	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:18:17	2024-05-23 07:18:17	0	8358
Van4_8	departure	departure	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:00:00	2024-05-23 07:00:00	673	0
Van4_8	delivery	SeinÄ¶joen yhteiskoulu	62.77805590838679	22.8535599951954	2024-05-23 07:05:35	2024-05-23 07:10:35	0	3315
Van4_8	arrival	arrival	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:15:59	2024-05-23 07:15:59	0	6567
Van4_9	departure	departure	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:00:00	2024-05-23 07:00:00	710	0
Van4_9	delivery	Lintuvii dan	62.76885982243619	22.88037807654819	2024-05-23 07:05:36	2024-05-23 07:10:36	456	2956
Van4_9	delivery	Marttilan	62.78723256934414	22.83671378914035	2024-05-23 07:17:32	2024-05-23 07:22:32	0	7494
Van4_9	arrival	arrival	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:29:04	2024-05-23 07:29:04	0	11723
Van4_4	departure	departure	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:00:00	2024-05-23 07:00:00	668	0
Van4_4	delivery	Valkivuoren	62.828561235284106	22.912269400135237	2024-05-23 07:10:46	2024-05-23 07:15:46	233	9696
Van4_4	delivery	Halkosaaren	62.86370140517983	22.756692194226115	2024-05-23 07:30:05	2024-05-23 07:35:05	71	22932
Van4_4	delivery	Aseman	62.91229097695824	22.523921121424543	2024-05-23 07:49:22	2024-05-23 07:54:22	0	38014
Van4_4	arrival	arrival	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 08:23:16	2024-05-23 08:23:16	0	65619
Van4_1	departure	departure	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:00:00	2024-05-23 07:00:00	692	0
Van4_1	delivery	Nurmon	62.828231843910906	22.91408514946031	2024-05-23 07:10:05	2024-05-23 07:15:05	0	9108
Van4_1	arrival	arrival	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:25:16	2024-05-23 07:25:16	0	17941
Van4_5	departure	departure	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:00:00	2024-05-23 07:00:00	705	0
Van4_5	delivery	Toivolannannan	62.55759172154532	23.06526740792416	2024-05-23 07:33:29	2024-05-23 07:38:29	325	29679
Van4_5	delivery	AlakylÄ¶n	62.7919513409042	22.774597177910785	2024-05-23 08:18:43	2024-05-23 08:23:43	0	62386
Van4_5	arrival	arrival	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 08:38:59	2024-05-23 08:38:59	0	72622
Van4_10	departure	departure	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:00:00	2024-05-23 07:00:00	669	0
Van4_10	delivery	Ruutipuiston	62.76820728523598	22.819334777051836	2024-05-23 07:08:25	2024-05-23 07:13:25	591	5450
Van4_10	delivery	Niittyvillan	62.73056028199977	22.861086824516903	2024-05-23 07:22:14	2024-05-23 07:27:14	391	11608
Van4_10	delivery	KÄ¶rjen	62.747532037155445	22.860774793788508	2024-05-23 07:31:09	2024-05-23 07:36:09	0	13947
Van4_10	arrival	arrival	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:46:13	2024-05-23 07:46:13	0	21079
Van4_12	departure	departure	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:00:00	2024-05-23 07:00:00	694	0
Van4_12	delivery	Pajuluoman	62.755091561553854	22.87662689432148	2024-05-23 07:09:59	2024-05-23 07:14:59	338	6253
Van4_12	delivery	Steiner-koulu	62.772571302011464	22.83032186279072	2024-05-23 07:21:59	2024-05-23 07:26:59	138	9887
Van4_12	delivery	Toukolanpuiston	62.768094779270875	22.891237925831955	2024-05-23 07:35:23	2024-05-23 07:40:23	0	13961
Van4_12	arrival	arrival	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:46:28	2024-05-23 07:46:28	0	16820
Van4_2	departure	departure	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:00:00	2024-05-23 07:00:00	645	0
Van4_2	delivery	Tanelinrannan	62.79320434246302	22.90943073610855	2024-05-23 07:04:01	2024-05-23 07:09:01	177	2536
Van4_2	delivery	Pohjan	62.793673852344824	22.857292621419248	2024-05-23 07:15:14	2024-05-23 07:20:14	0	6513
Van4_2	arrival	arrival	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:25:20	2024-05-23 07:25:20	0	10099
Van4_6	departure	departure	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:00:00	2024-05-23 07:00:00	659	0
Van4_6	delivery	TÄ¶rnÄ¶n	62.75984152756804	22.83927450460913	2024-05-23 07:07:41	2024-05-23 07:12:41	459	5168
Van4_6	delivery	Pruukin	62.75666110237603	22.847323296062125	2024-05-23 07:13:47	2024-05-23 07:18:47	0	5798
Van4_6	arrival	arrival	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:26:54	2024-05-23 07:26:54	0	11359
Van4_13	departure	departure	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:00:00	2024-05-23 07:00:00	690	0
Van4_13	delivery	Kirja-Matin	62.950306318261845	22.528481864577888	2024-05-23 07:32:34	2024-05-23 07:37:34	454	31596
Van4_13	delivery	Joupin	62.7944708500168	22.81964439253076	2024-05-23 08:08:46	2024-05-23 08:13:46	336	61611
Van4_13	delivery	Hyllykallion	62.799218042616864	22.88705543783333	2024-05-23 08:22:40	2024-05-23 08:27:40	0	66619
Van4_13	arrival	arrival	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 08:35:34	2024-05-23 08:35:34	0	71034
Van4_3	departure	departure	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 07:00:00	2024-05-23 07:00:00	677	0
Van4_3	delivery	Alaviitalan	62.623711922651346	22.975662979611577	2024-05-23 07:22:32	2024-05-23 07:27:32	343	20823
Van4_3	delivery	Kouran	62.7098398822716	23.106820162828186	2024-05-23 07:49:21	2024-05-23 07:54:21	291	36600
Van4_3	delivery	Keski-Nurmon	62.775252635078694	23.00055808047948	2024-05-23 08:03:41	2024-05-23 08:08:41	149	47389
Van4_3	delivery	Kertunlaakson	62.810104214307664	22.906881868471785	2024-05-23 08:18:46	2024-05-23 08:23:46	0	56005
Van4_3	arrival	arrival	62.77447905	22.90110405	2024-05-23 08:31:28	2024-05-23 08:31:28	0	61020



Kuva 10. Skenaario 4 reitit (1)



Kuva 11. Skenaario 4 reitit (2)



Kuva 12. Skenaario 4 reitit (3)