



# Johdinautoliikenteen soveltuvuus Turkuun

Johdinautoliikenteen hankeselvitys –raporttia (HSL 2011) Turun osalta  
tarkentava muistio

Turun joukkoliikennetoimisto

18.8.2011



## Johdinautoliikenteen soveltuvuus Turkuun

### SISÄLLYSLUETTELO

1. Taustaa .....	4
2. Johdinautot runkolinjan toimintakonseptina .....	5
3. Johdinautot ja pikaraitiotie .....	6
4. Turun johdinautolinjasto .....	6
5. Kustannuslaskennan perusteita .....	7
6. Kustannukset .....	9
7. Johdinautojärjestelmän vaikutukset .....	10
8. Hyötyjen ja kustannusten yhteenveto .....	13
9. Tulosten arviointia .....	14

## JOHDINAUTOLIIKENTEEN SOVELTUVUUS TURKUUN

### 1. Taustaa

Helsingin seudulla on laadittu kaksi selvitystä johdinautoliikenteen toteuttamis- mahdollisuuksista: Johdinautoliikenteen toteuttavuusselvitys (HKL D: 2/2009) sekä Johdinautoliikenteen hankeselvitys (HSL 2011). Taustalla näissä töissä on ollut toisaalta pyrkimys pienentää joukkoliikenteen päästöjä sekä toisaalta selvittää niitä tekijöitä, jotka ovat viimeisen kymmenen vuoden aikana olleet johdinautojen uuden tulemisen takana Euroopassa ja laajemmin muualla maailmassa. Turun kaupungin joukkoliikennetoimisto osallistui em. hankeselvityksen laadintaan työn ohjausryhmän kautta.

Turun kaupunginvaltuusto päätti 14.12.2009 § 278: ”Kaupunginvaltuusto hyväksyi liitteenä 2 olevan Turun seudun joukkoliikenne 2020 –selvityksen siten, että joukkoliikennejärjestelmäksi valitaan runkobussijärjestelmä. Ensi vaiheessa linjasto toteutetaan runkobussilinjastona siten, että ensimmäinen vaihe aloitetaan runkolinjojen edellyttämien pysäkki-, joukkoliikennekatu- ja etuusjärjestelyin. Linjojen valmistelu aloitetaan keväällä 2010 talousarvion puitteissa.

**Johdinautojen käyttömahdollisuus runkolinjastolle selvitetään.** Raskaimmin kuormitetuille linjoille toteutetaan pikaraitiotie, kun sille on rahoitukselliset ja kaavalliset edellytykset sekä valtionrahoitus ja muiden seudun kuntien osuus toteutuksesta on sovittu. Pikaraitiotien toteuttaminen ja siihen liittyvä maankäytön kehittäminen ratkaistaan kaupunkiseudun rakennemallissa.”

Tämän muistion tarkoituksena on arvioida Helsingin seudun selvitysten tuloksia Turun näkökulmasta. Yhtenä taustatekijänä tässä on ollut esiin noussut vaihtoehto kehittää sähköistä joukkoliikennettä asteittain niin, että bussiliikenteen tärkeimmistä runkolinjoista muodostettaisiin ensin johdinautolinjoja, ja jos näiden matkustajakysyntä kasvaa riittävästi, johdinautolinjoista kehitetään edelleen pikaraitiotielinjoja, jolloin johdinautojen ajojohdinrakenteita ja sähkönsyöttöasemia hyödynnettäisiin pikaraitiotietä rakennettaessa.

Muistion laskelmat on tehty karkealla tasolla ja ne perustuvat Helsingin hankeselvityksen kustannustietoihin. Helsingin toteuttamis- ja hankeselvitysten tietoja ei muutoin ole laajalti tässä yhteydessä referoitu, sillä nämä raportit ovat tarvittaessa saatavilla Helsingin seudun liikenteestä (HSL) tai WSP Finland Oy:n kautta. Varikkoon liittyvän investointiarvion tekemisessä on lisäksi hyödynnetty DI Kari Sulosen vuonna 2007 Turun kaupungille tekemää varikkojen kehittämiseen liittyvää projektia.

Muistion on laatinut WSP Finland Oy:ssä Tero Anttila ja sen laadinnassa ovat avustaneet Simo Airaksinen , Annukka Engström, Raimo Mättö ja Kari Sulonen.

## 2. Johdinautot runkolinjan toimintakonseptina

Suomen suurimmissa kaupungeissa Turku mukaan lukien on 1990-luvun puolivälistä lähtien vakiintunut kalustopolitiikka, jossa pääosa kaupunkibusseista on 40-45 –istumapaikkaisia 2-akselisia busseja, joiden pituus on 12,5-13 metriä. Korkean kysynnän linjoja taas liikennöidään kokonaan tai osittain 51-54 –istumapaikkaisilla telibusseilla, joiden pituus on 14,5-15 metriä. Tämä käytäntö poikkeaa keskieurooppalaisesta mallista, joissa normaalibussin pituus on 12 metriä ja istumapaikkamäärä 30-35 ja isompana bussityyppinä käytetään nivelbussia, jossa on noin 50 istumapaikkaa sekä runsaasti seisomapaikkoja. Nivelbussin pituus on 18-18,5 metriä.

Johdinautoja valmistetaan Euroopassa edellä kuvatun mallin mukaan joko 12-metrisiä perusbusseina tai noin 18-metrisinä nivelbusseina. Joukkoliikennejärjestelmän osana johdinautoilla liikennöidään usein raskaita keskustan läpi kulkevia linjoja, jolloin johdinautot profiloituvat raitiovaunujen ja dieselbussien väliin sijoittuvana pintaliikenteen kulkumuotona. Helsingin hankeselvityksessä johdinautot olivat yksinomaan nivelbusseja.

Johdinautot sijoittuvat joukkoliikennejärjestelmänä monessa mielessä bussien ja raitiotien välimaastoon. Matkustajakapasiteetiltaan ja liikennekäyttäytymiseltään ne vastaavat busseja kun taas sähköinfrastruktuuri ja päästöt ovat lähellä raitiovaunuja. Seuraavassa SWOT-analyyssissä on hahmotettu johdinautojen ominaisuuksia suhteessa toisaalta bussiin ja toisaalta raitiovaunuun.

Taulukko 1. Johdinautoliikenteen SWOT-analyysi

<p><u>Vahvuudet</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ vähäpäästöinen verrattuna bussiin</li> <li>+ vähämeluinen</li> <li>+ energiatehokas</li> <li>+ edullinen infrastruktuuri verrattuna raitiovaunuun</li> <li>+ hyvä kiihtyvyys =&gt; soveltuu mäkiseen maastoon</li> <li>+ linjaston hahmotettavuus verrattuna bussiin</li> <li>+ liikennejoustavuus verrattuna raitiovaunuun</li> </ul>	<p><u>Mahdollisuudet</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ hybridisointi ja sähköenergian takaisinsyöttö lisäävät energiatehokkuutta</li> <li>+ ajo ilman virtajohtoja akkujen voimalla</li> <li>+ eri kokoisten ajoneuvojen käyttö</li> <li>+ varikko muunnettavissa raskaan liikenteen varikosta</li> </ul>
<p><u>Heikkoudet</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- kallis ajokalusto verrattuna bussiin</li> <li>- bussia korkeammat liikennöintikustannukset</li> <li>- linjaston laajentaminen edellyttää uutta infrastruktuuria</li> <li>- raitiovaunua pienempi vaunukapasiteetti</li> </ul>	<p><u>Uhat</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- dieselhybridien kehittyminen vie osan sähkökäytön ympäristöhyödyistä (hybridisointi pienentää dieselin päästöjä)</li> </ul>

### 3. Johdinautot ja pikaraitiotie

Johdinautoliikenteen infrastruktuurilla on yhtäläisyyksiä raitioliikenteen kanssa. Sekä sähkönsyöttöasemat että virtajohtojen kannatinrakenteet ovat samanlaiset, vaikka itse virtajohtot poikkeavatkin toisistaan. Johdinautoilla on kaksi virtajohtoa kun taas raitiovaunuilla on vain yksi.

Jos johdinautolinjojen reiteille toteutetaan myöhemmin pikaraitiotie, voidaan sähkönsyöttöasemat sekä virtajohtojen kannatinylväät ja muut rakenteet hyödyntää sellaisenaan. Itse virtajohtot ja niiden ripustimet joudutaan kuitenkin vaihtamaan, koska johdinautot tarvitsevat kaksi johtoa mutta raitiovaunu vain yhden. Liitteenä 2 olevaan pikaraitiotien suunnitelmakarttaan on sinisellä merkitty ne reitinosat, joille Turun seudun joukkoliikenne 2020 –selvityksessä on suunniteltu rakennettavaksi pikaraitiotie.

### 4. Turun johdinautolinjasto

Johdinautolinjastoa on Turkuun hahmoteltu käyttämällä pohjana Turun seudun joukkoliikenne 2020 –suunnitelmassa muodostettua runkobussivaihtoehdon (Ve-1) linjastoa. Runkobussilinjoja on seuraavassa arvioitu niiden johdinautoliikenteeseen soveltumisen kannalta. Liitteenä 1 on runkolinjoja koskeva kartta.

Runkolinjojen soveltuvuutta johdinautolinjoiksi voidaan arvioida monesta eri näkökulmasta:

- Reitin on syytä sijaita taajaan asutulla alueella, jolloin johdinautoliikenteen ympäristöhyödyt vähäpäästöisyys ja vähämeluisuus nousevat esiin
- Reittien ei ole syytä olla kovin pitkiä, sillä tällöin myös rakennettavasta ajojohtoverkosta tulee liikennesuoritteeseen nähden pitkä
- Ajojohtimia voi olla hankala sijoittaa moottoriväylille tai muutoin leveille väylille
- Ajojohtimia ei ole suotavaa sijoittaa mataliin (< 4,3 m) alikulkuihin

Seuraavaan taulukkoon on koottu arvio eri runkolinjojen soveltumisesta johdinautokäyttöön.

**Taulukko 2. Runkobussilinjojen soveltuvuus johdinautoliikenteen kannalta**

Linjano.	Reitti	Automäärä	Soveltuvuus johdinautolinjaksi
1A, 1B	Varissuo - Pansio	24	Pikaraitiolinjan reittiä (+)
2	Harittu - Runosmäki	20	Pikaraitiolinjan reittiä (+)
4	Satama - lentoasema	9	Pitkä reittiosuus taajaman ulkopuolella (-)
5	Uittamo - Halinen	8	Tiiviisti taajama-alueella (+)
6	Amiraalistonkatu - Kohmo	6	Tiiviisti taajama-alueella (+)
6A	Amiraalistonkatu - Littoinen	1	Littoisten pää taajaman ulkopuolella (-)
7	Härkämäki - Ilpoinen	9	Tiiviisti taajama-alueella, paikoin mäkinen (+)
8A, 8B	Mylly - Hirvensalo	14	Pitkä Hirvensalon pää harvaan asutulla reitin osalla (-)

10	Kauppatori - Tortinmäki	7	Pitkä reittiosuus taajaman ulkopuolella (-)
	Yhteensä	98	

Taulukossa 2. käytetty linjanumerointi vastaa Turun seudun joukkoliikenne 2020 –selvityksen numerointia mutta se ei välttämättä ole sama kuin myöhemmin runkolinjoilla käyttöön otettava linjanumerointi.

Linjat 1A, 1B ja 2 soveltuvat erityisen hyvin johdinautolinjoiksi, koska ne palvelevat samoja korkean kysynnän alueita kuin kaavailut pikaraitiotielinjat. Näiden linjojen edellyttämä 44+5 johdinauton kokonaisuus olisi itsessään jo riittävän kokoinen johdinautoliikenteen aloittamiseksi. Näiden lisäksi kuitenkin myös runkolinjojen 5,6 ja 7 voidaan katsoa sijoittuvan taajama-alueelle tarkoituksenmukaisella tavalla niin, että johdinautoliikenne niillä voisi tulla kyseeseen.

Johdinautolinjaston muodostavat siten runkolinjat 1A, 1B, 2, 5, 6 ja 7. Näin muodostuu 67 (+7 vara-autoa) johdinauton kokonaisuus, joka on samankokoinen kuin Helsingin hankeselvityksessä tutkittu linjasto A.

Runkolinjojen 1A ja 1B yhteinen vuoroväli ruuhka-aikoina on 5 minuuttia samoin kun linjalla 2. Muiden runkolinjojen ruuhkan vuoroväli on 10 minuuttia. Runkolinjoja on oletettu liikennöitävän teliautoilla, kun taas johdinautot olisivat nivelbusseja. Harventamalla linjojen 1A ja 1B yhteistä vuoroväliä sekä toisaalta linjan 2 vuoroväliä 5 minuutista 6 minuuttiin, saadaan johdinautoilla tarjottua sama kapasiteetti kuin teliautoilla. Näin saadaan johdinautojen määrää vähennettyä seitsemällä. Runkolinjojen 1A, 1B, 2, 5, 6 ja 7 johdinautotarpeeksi muodostuu siten 60 autoa sekä 6 vara-autoa eli yhteensä 66 niveljohdinautoa. Runkolinjojen vuotuinen ajosuorite on 4 444 920 km.

Johdinautoilla kaavailun väyläverkon pituudeksi saadaan 62,3 km sisältäen linjaverkon (61,6 km) lisäksi yhteyden varikolta linjaverkolle (700 m).

##### 5. Kustannuslaskennan perusteita

Tässä muistiossa on käytetty Helsingin Johdinautoliikenteen hankeselvityksen kustannustietoja.

Johdinautot ovat hankintahinnaltaan selvästi dieselbusseja kalliimpia. Tätä kompensoi kuitenkin pitkä käyttöikä, 17-25 vuotta, joka on dieselbusseja (13-15 vuotta) pidempi. Niveljohdinauton hankintahinnat ovat vaihdelleet huomattavasti. Viime vuosina tehdyissä kaupoissa hintahaarukka oli 465 000 – 800.000€/johdinauto. Hintojen suuri hajonta johtuu mm. valmistajasta, valmistettavan autosarjan koosta sekä varustelusta. Esimerkiksi apumoottoriratkaisulla on suuri vaikutus hintaan. Vastaavan nivelbussin hankintahinta on 330 000 – 350 000 euroa. Helsingin hankeselvityksessä niveljohdinautojen hankintahinnaksi arviointiin 675 000€/kpl.

Kokonaisuutena saatiin sopimusliikenteessä käytettävien nivelbussien kolmen kustannustekijän linjakilometrien, linjatuntien ja autopäivien yksikköhinnat vuoden 2008 kustannustasossa seuraaviksi. Dieselbussien polttoaineena on oletettu käytettävän biodieseliä.

Kustannustekijä	Yksikkökustannus (€, alv 0%)		
	dieselbussi	johdinauto	ero (%)
- Linjakilometri	0,83	0,65	- 22%
- Linjatunti	31,88	31,88	-
- Autopäivä	172,42	228,29	+32%

Koska sähköenergia on diesel-polttoaineeseen nähden edullista, ovat johdinautojen polttoainekulut vastaavasti alhaiset. Tämä näkyy johdinauton edullisempänä linjakilometrin hintana. Linjatunti taas kuvaa kuljettajien aiheuttamia kustannuksia, joihin sisältyy palkkojen ja sivukulujen lisäksi mm. koulutus-, ruokailu- ja työterveyskustannuksia. Nämä on oletettu samansuuruisiksi diesel- ja johdinautoliikenteessä. Autopäiväkustannukseen sisältyy ajokaluston pääomakustannuksen ohella toiminnan kiinteät kustannukset.

Helsingin hankeselvityksessä tarkemmin tutkitun linjastovaihtoehdon A johdinautolinjojen keskimääräinen liikennöintikustannus oli 3,65 €/km. Dieselliikenne biopolttoaineella on 6% edullisempaa kuin johdinautoliikenne, joten dieselliikenteen nivelautojen keskimääräinen km-kustannus on 3,43 €/km. Liikennöintikustannukset on arvioitu vuoden 2008 tasossa.

Johdinautojen edellyttämä sähköinfrastruktuuri koostuu ajojohdinjärjestelmästä ja sähkönsyöttöasemista. Ajojohdinjärjestelmään kuuluvat ajolangat sekä niitä kannattelevat ajojohdinpylväät. Sähkönsyöttöasemia rakennetaan runsaan kahden kilometrin välein ja ne voidaan sijoittaa tarvittaessa maan alle tai muiden rakennusten sisään. Sähköinfrastruktuurin kokonaiskustannus on 550 000 €/km, johon sisältyvät ajojohtimet molempiin suuntiin kaupunkiympäristössä. Osa ajolankojen ripustuksista saattaa tukeutua pylväiden sijasta myös rakennusten seiniin. Johdinautoverkon kunnossapitokustannus on 2500 €/km/v.

Johdinautovarikko on oletettu tehtävän vastaavalla tavalla kuin Helsingissä eli muuttamalla jokin nykyinen varikko johdonautokäyttöön. Tässä laskelmassa muutettavan varikon on oletettu olevan kaupungin omistama Turun kaupunkiliikenne Oy:n varikko Rieskalähteentiellä, jonka korjauspaikoille niveljohdinautot mahtuvat.

Linja-autovarikon varustaminen johdinautovarikoksi edellyttää ainakin seuraavia investointeja:

Ajojohdot varikon alueella	2 000 000 €	
Sähkönsyöttöasema	600 000 €	
Nostolava-auto	500 000 €	ajojohdojen korjaamiseen
Glycoliruisikutusauto	80 000 €	ajojohdojen jäänestoon
Ylätyötasanne	40 000 €	virroitimen hiilen vaihto ja korjaus
Erikoismittauslaitteet	30 000 €	



Harjapesukone	60 000 €	erityismalli johdinautoille
Varikkohallin muutostyöt	257 000 €	321m2:n laajennus
<u>Säilytyskatos pihalle</u>	<u>1 749 000 €</u>	<u>67 niveljohdinautolle</u>
Yhteensä	5 316 000 €	

Helsingin hankeselvityksessä muutuskustannukset olivat noin 5,5 miljoonaa euroa eli 73 000 €/johdinauto. Tästä 67 johdinauton katoksen kustannukset oli lähes 1,75 miljoonaa euroa eli 26 100 €/niveljohdinauto. Varikkohallin muutostyöt on laskettu siten, että varikkohallia on laajennettu 321 m<sup>2</sup>:lla ja laajennuksesta aiheutuvien töiden (uusia seiniä, 3 ulko-ovea, sekä lämpö- vesi-, viemäri- valaistus- ja sähkötöitä) on arvioitu maksavan 800€/m<sup>2</sup>.

## 6. Kustannukset

### *Investoinnit*

Johdinautojärjestelmän investointikustannukset saadaan laskettua seuraavasti:

Ajokalusto	74 kpl x 675 000 €/johdinauto	= 49 950 000 €
Ajojohdot	62,3 km x 550 000 €/km	= 34 265 000 €
Varikon tekninen varustus		= 3 567 000 €
<u>Varikon katos</u>	<u>67 autoa x 26 100 €/autopaikka</u>	<u>= 1 749 000 €</u>
Yhteensä		= 89 531 000 €

Katospaikat on laskettu linjaliikenteen autotarpeen mukaan. Vara-autojen oletetaan mahtuvan korjaamorakennukseen.

Näistä kustannuksista ajojohtojen osuus eli 34,3 milj.€ on välitön julkisen sektorin, todennäköisesti Turun kaupungin investointikustannus. Ajokaluston hankintakustannus sekä varikon kustannukset maksetaan liikennöitsijälle liikennöintikorvauksina usean vuoden aikana. Jos liikenteenharjoittaja tai varikko on kunnan omistuksessa, maksetaan nämä investoinnit julkisen omistajan kassasta.

### *Käyttökustannukset*

Johdinautoilla hoidettavan runkolinjaston vuotuinen ajosuorite on 4 444 920 km/v. Tällöin johdinautolinjaston vuotuiset liikennöintikustannukset ovat

$$4\,444\,920 \text{ km/v} \times 3,65 \text{ €/km} = 16\,224\,000 \text{ €/v}$$

Saman liikenteen hoitaminen dieselnivelbusseilla maksaisi vastaavalla tavalla laskien

$$4\,444\,920 \text{ km/v} \times 3,43 \text{ €/km} = 15\,247\,000 \text{ €/v}$$

Liikennöintikustannusten erotus dieselliikenteen hyväksi on näin 977 900 €/v.

Ajojohdinverkoston kunnossapito maksaa vastaavasti

$$62,3 \text{ km} \times 2500 \text{ €/km} = 156\,000 \text{ €/v}$$

Kunnossapitokustannus tulee väyläverkon ylläpitäjän maksettavaksi.

## 7. Johdinautojärjestelmän vaikutukset

### 7.1 Vaikutukset matkustajamääriin

Helsingin selvityksien yhteydessä oltiin yhteydessä eurooppalaisiin kaupunkeihin, joissa johdinautot ovat osa sen joukkoliikennejärjestelmää. Johdinautoja käytetään eri tyyppisillä linjoilla, mutta tyypillistä on, että niillä liikennöidään korkean kysynnän runkolinjoja, joilla käytetään normaalibussia suurempikapasiteettista nivelkalustoa tai erikoispitkiä tuplaniveljohdinautoja. Yleensä johdinautojen käyttöönoton kerrottiin lisänneen linjan matkustajamääriä tyypillisesti 10-15 %:lla, mutta dokumentoituja tutkimustuloksia ei tällaisesta kehityksestä ollut. On todennäköistä, että johdinautojen tuoma lisämatkustus on seurausta paitsi johdinautojen käyttöönotosta, myös niillä liikennöityjen linjojen liikenneteknisten ominaisuuksien kehittymisestä (tiheämmät vuorovälit), muun linjaston tarjonnan samanaikaisesta karsinnasta sekä johdinautolinjojen brändäämisestä ja markkinoinnista.

Luvussa 8. on vaikutusarvioiden yhteenvedossa vastaavalla tavalla kuin Helsingissä tehty oletus runkolinjojen matkustajamäärien kasvusta 5%:lla. Tämän on arvioitu olevan joukkoliikennematkustuksen nettolisäys, joka ei siis ole pois muilta bussilinjoilta. Kasvun perusteella laskettu lipputulon lisäys on 783 000€/v, joka on saatu Turun sisäisen matkan keskimääräisen lipputulon, 90 snt/nousu, ja 17 398 189 nousun perusteella. Nousumäärä on tarkastelussa mukana olevien runkolinjojen nousumäärä vuonna 2020.

Liikenteen nopeutumisesta matkustajille seuraavia aikasäästöjä ei laskelmassa otettu huomioon.

### 7.2 Päästöt

Haitallisina päästöinä on käsitelty typen oksidien (NOx), hiukkasten (PM) ja hiididioksidin (CO2) päästöjä. Dieselbussien päästöt on arvioitu vuonna 2020 käytössä olevan kaluston keskimääräisten päästöjen mukaan. Johdinautojen päästöt perustuvat Suomen malli vuoteen 2025-skenaarioon, jossa sähköntuotannon keskimääräinen CO2-tase on 75g/kWh.

Päästöjen kustannukset perustuvat direktiivissä 2009/33/EY mainittuihin arvoihin, jotka ilmenevät taulukon 2. päästökerroin-sarakkeesta. Kokonaispäästöt on laskettu 4 444 920 km:n vuotuisen ajosuorituksen mukaan.

### **Taulukko 2. Runkolinjojen päästöt ja niiden kustannukset diesel- ja johdinautoliikenteessä**

	Ominais päästö g/km	Päästöjen määrä, tn/v	Erotus	Päästökerroin	Päästö kustannus €/v	Erotus
--	---------------------	-----------------------	--------	---------------	----------------------	--------

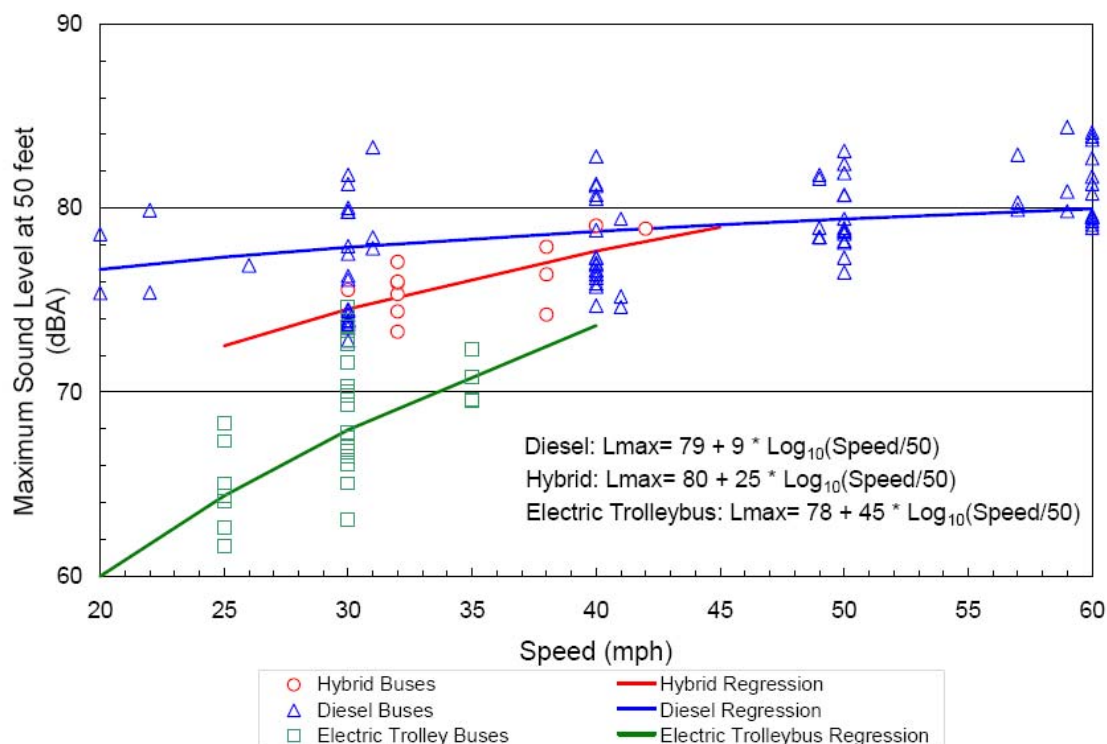
Päästöläji	diesel	johdinauto	diesel	johdinauto	tonni/v	€/tonni	diesel	johdinauto	€/v
NOx	2,72	0,48	12	2	10	8800	106 394	18 775	87 618
PM	0,026	0,013	0,12	0,06	0,06	174000	20 109	10 054	10 054
CO2	222	258	987	1 147	-160	30	29 603	34 404	-4 801
							156 106	63 233	92 872

EU-direktiivin mukaisilla päästökertoimilla laskettuna johdinautojen käyttöönoton vuotuinen ympäristöhyöty olisi siis noin 93 000 €/v.

### 7.3 Melu

Melun vähentäminen tieliikenteessä on vaikeaa. Liikennemelun vähentäminen yhdellä dB:llä liikennemäärällisin keinoin vaatii 20 %:n vähenemää liikennemäärissä. Raskas liikenne on merkittävässä asemassa liikennemelun tuottamisessa. Jos raskaan liikenteen osuus tieosalla kasvaa viidestä prosentista kymmeneen prosenttiin, nostaa se liikennemelua noin yhden desibelin. Joukkoliikenteellä on siis merkitystä erityisesti asuinkatujen melun aiheuttajana. Uusien bussien ulkomelutaso on nykyisin 75–77 dB.

Johdinauto on sähkökäyttöisyytensä ansioista dieselbussia hiljaisempi. Dieselbussin, hybridibussin ja johdinauton melueroja on tutkittu Kanadassa. Nevadan melukonferenssissa 2007 julkistetun melututkimuksen (Ross and Staiano 2007) mukaan johdinauto on 30 mailia tunnissa (noin 48 km/h) ajettaessa noin 10 dB hiljaisempi kuin dieselbussi. Kun nopeus pudotetaan 20 mailiin tunnissa (noin 32 km/h), johdinauto on dieselbussia noin 16 desibeliä hiljaisempi. Mitä suuremmaksi ajoneuvojen nopeus nousee, sitä merkityksellisemmäksi tulee rengasmelu, jolloin erot eri moottoritekniologioiden välillä kapenevat. Tämän tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että johdinauto on dieselbussia merkittävästi hiljaisempi ja erot tulevat esiin selvimmin hidastahtisessa kaupunkiliikenteessä. Seuraavassa kuvassa on esitetty tutkimuksen mittaustulokset.



**Kuva 1. Dieselbussin, hybridin ja johdinauton ohiajomelun vertailutulokset.**  
[http://staianoengineering.com/images/NC07\\_Ross\\_Staiano - A comparison of green and conv.pdf](http://staianoengineering.com/images/NC07_Ross_Staiano_-_A_comparison_of_green_and_conv.pdf)

Tutkimuksessa käytetty kalusto oli mahdollisimman homogeenistä. Dieselbussissa kalustona käytettiin MCI:tä and Neoplanin 4000 -sarjan kalustoa ja hybridibussi oli Irisbusin Civis-sarjan bussi. Johdinauto oli MBTA:n bussi.

Johdinautojen aikaansaamaa meluallistuksen vähenemää ei Helsingin selvitysten perusteella voi päätellä. Se edellyttäisi tarkempaa asukkaiden nykyistä sijoittumista sekä Turun nykyistä liikennemelua koskevaa selvitystä, jossa johdinautovaihtoehdon melulle altistuneiden määrää verrattaisiin dieselbussien meluun altistuneisiin.

Helsingin hankeselvityksessä arvioitiin, että johdinautojen aikaansaaman meluallistuksen pienenemisen vuotuinen hyöty olisi 116 000€ vuonna 2020. Vaikka tämä hyöty olisi todennäköisesti pienempi Turussa, sitä ei voi pitää merkitykseltään vähäisenä.

#### 7.4 Kaupunkikuva

Johdinautoliikenteen aloittaminen toisi Turun kaupunkikuvaan uuden elementin. Rakennusten seiniin tai omiin pylväisiinsä ripustetut ajolangat näkyisivät johdinautojen käyttämien teiden ja katujen päällä. Johdinautolinjaston ajojohdotusta suunniteltaessa tulee kaikkialla pyrkiä ensisijaisesti seinäkiinnityksiin. Jos se ei ole mahdollista, tulee pylväät

suunnitella kaupunkikuvaan sopiviksi ja yhteiskäyttöisiksi. Pylväiden kokoon ja pylväsvälin suuruuteen pystytään vaikuttamaan niin materiaalivalinnoilla kuin ripustustekniikalla. Yleisesti käytetty pylväsväli on 20–25 metriä, mutta huolellisella suunnittelulla ja erikoisemmilla ratkaisuilla on mahdollista päästä suoralla noin 40 metrin pylväsväleihin ja painokiristyksellä vielä tätäkin suurempiin.

Ympäristön huomioon ottava huolellinen suunnittelu jokaisessa työvaiheessa on erityisen tärkeää kaupunkikuvan kannalta, jotta yleisilmeestä saadaan kaupunkiin sopiva ja eileetön. Suunnittelussa tulee ottaa huomioon esim. kaupungin jo laatima ohjeistus kaupunkikalusteista, varusteista ja rakennelmista.

Yläpuolisten ajojohtojen vaikutus katukuvaan on suurin kaarteissa ja risteämäkohdissa, jolloin ajojohdot vaativat visuaalisesti raskaampia erityisrakenteita. Ajojohtojen ja pylväiden lisäksi johdinauton sähkönsaannin takaamiseksi tarvitaan syöttöasemia. Syöttöasemat sijoitetaan pääasiassa maan alle tai rakennusten sisään, jolloin niillä ei ole vaikutusta kaupunkikuvaan. Maan päälle sijoitettavan erillisen sähkönsyöttöaseman vaatima pinta-ala on 6 x 10 m<sup>2</sup> ja korkeus noin 2,5 m.

Kaupunkikuvavaikutuksille ei ole annettu rahamääräistä arvoa.

#### 8. Hyötyjen ja kustannusten yhteenveto

Tässä tarkastelussa ei ole laadittu laajaa yhteiskuntataloudellista laskelmaa, koska läheskään kaikkia merkittäviä tekijöitä, kuten matkustajamäärien muutoksia ja kaupunkikuvaa ei ole mitattu eikä arvoitettu. Eri tekijöiden suuruusluokkien hahmottamiseksi tässä muistiossa esitetyt hyöty- ja kustannustekijät on koottu taulukkoon, jossa on arvioitu vuosikustannusten muutosta. Ajojohdin- ja sähkönsyöttöinvestointeja on käsitelty niin, että poistoaikana on käytetty 40 vuotta ja laskentakorkona 5%. Vuosikustannukseksi on otettu em. Laskenta-arvojen perusteella saatu annuiteetti.

#### **Taulukko 3. Johdinautojärjestelmän eräiden tekijöiden hyödyt ja kustannukset vuositasolla**

Hyöty- tai kustannustekijä	Vuosikustannuksen muutos, €/v)	Huom.
Ajojohdot ja sähkönsyöttöasemat	-1 996 964	Investointi 34,3 milj.€, pitoaika 40v, korko 5 %
Ajojohtojen kunnossapitokustannus	-156 000	
Liikennöintikustannusten erotus	-977 900	
Päästökustannusten muutos	93 000	
Lipputulojen lisäys	783 000	Matkustajamäärän 5% kasvu
<b>Yhteensä</b>	<b>-2 254 864</b>	

## 9. Tulosten arviointia

Edellisessä kohdassa esitetty laskelma näyttää siltä, että johdinautoliikenteen aloittaminen ei olisi kannattavaa. Toisaalta kuitenkin Helsingin hankeselvityksessä johdinautoliikenne sai selvästi positiivisen hyötykustannussuhteen. Mistä näin selvä ero tuloksissa johtuu?

Turussa vertailuvaihtoehtona käytettiin runkobussilinjastoa, jota liikennöidään dieselkäyttöisillä nivelbusseilla. Tämän vaihtoehdon perustamisinvestoinnit oletettiin nollassa, koska bussikalustoinvestoinnit maksetaan liikennöitsijöille sopimusliikenteen korvauksina. Käytännössä kuitenkin nivelautojen käyttöönotto saattaa aiheuttaa liikenteenharjoittajille varikkojen muutosinvestointeja, jotka voivat heijastua korkeampina liikennöintikorvauksina ja/tai vähentyneenä kilpailuna liikennettä kilpailutettaessa. Joka tapauksessa investointien kannalta katsoen Turkuun perustettava uusi johdinautojärjestelmä on kallis 0-vaihtoehtoon nähden.

Helsingissä puolestaan 0-vaihtoehtona oli tulevaisuuden suunnitelmiin perustuva kantakaupungin joukkoliikennejärjestelmä, joka pohjautuu tulevaisuudessa toteutettavaan raitioliikenteen verkon laajennuksiin. Koska johdinautoliikenteen infrastruktuurin rakentaminen on merkittävästi edullisempaa kuin raitioliikenteen infran, osoittautui johdinautovaihtoehto taloudellisilta hyödyiltään melko hyväksi 0-vaihtoehtoon nähden.

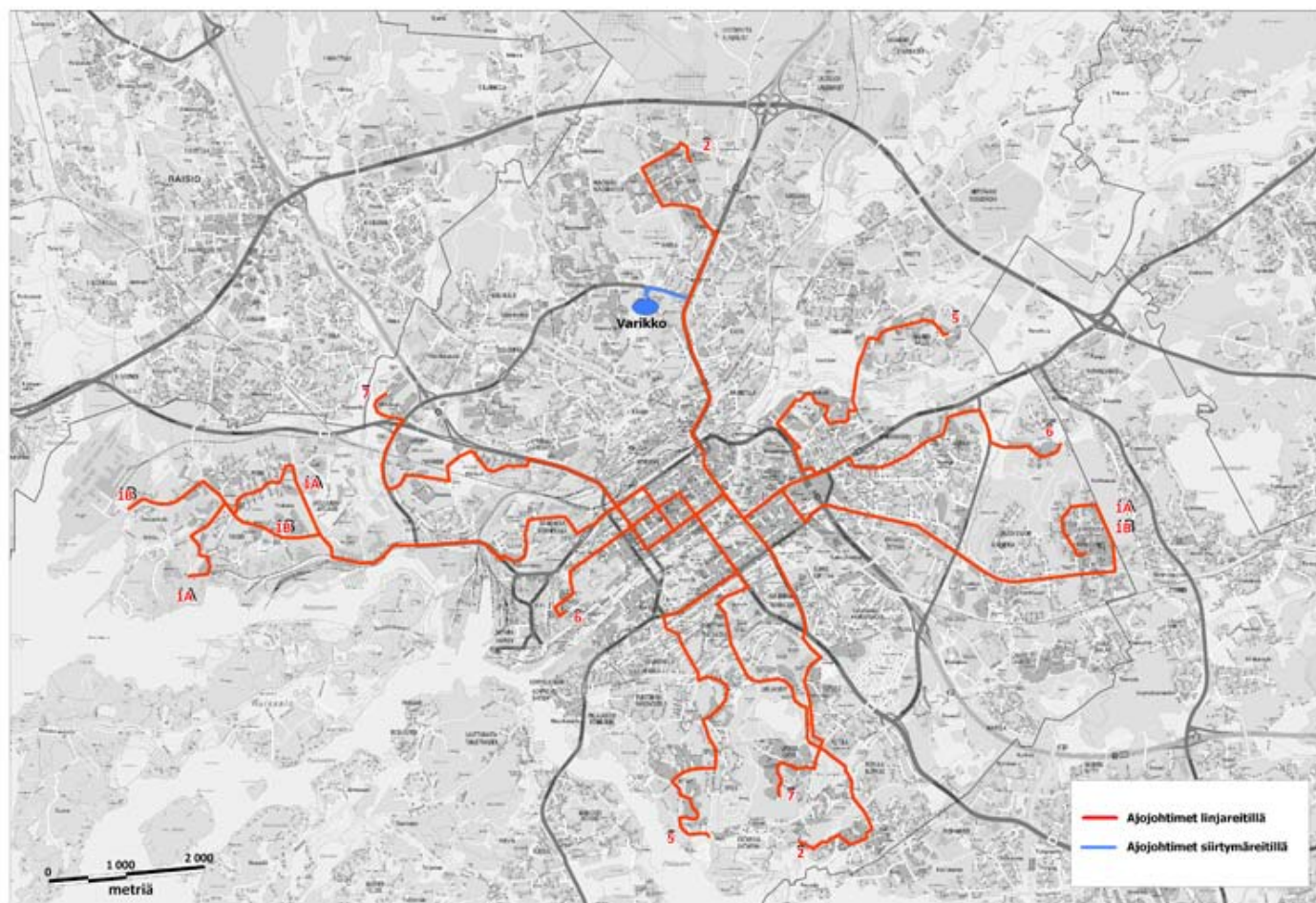
Helsingin selvityksessä laskettiin hyötyihin mukaan myös matkustajien aikasäästöt, jotka johtuivat johdinautojen 2% suuremmasta matkanopeudesta dieselbusseihin verrattuna. Nämä hyödyt olivat merkittävät. Tässä selvityksessä matkustajien aikahyötyjä ei ole otettu huomioon, koska niiden selvittäminen olisi vaatinut selvityksen kokoon nähden suuren työmäärän.

Samasta syystä myöskään johdinautoliikenteen meluhyötyjen suuruutta Turussa ei voitu arvioida. Helsingin selvityksessä niiden suuruus oli 116 000 € vuonna 2020.

Liite 1. Runkolinjastoon 2020 perustuva johdinautolinjasto

Liite 2. Turun seudun pikaraitiotieverkko, vaihe 2 (Turun seudun joukkoliikenne 2020)

Liite 1. Runkolinjastoon 2020 perustuva johdinautolinjasto



Liite 2. Turun seudun pikaraitiotieverkko, vaihe 2 (Turun seudun joukkoliikenne 2020)

