

Akkukäyttöisten raitiovaunujen soveltuvuus Vantaan raitiotielinjalle

Eero Kauppinen, Proxion

RAMBOLL

Bright ideas.
Sustainable change.

Kuva: Riikka Salli

ESITYKSEN SISÄLTÖ

1. Lähtökohdat
2. Akkukäyttöisten raitiovaunujen tyypit, tarjonta ja esimerkkikaupunkoja
3. Soveltuvuus Vantaan raitiotielinjalle
4. Alustava kustannusvertailu
5. Johtopäätökset



Kuva: Dohan akkukäyttöinen raitiovaunu. Kuva: Siemens 2020.

ONEN

1. Lähtökohdat

K CITYMARKET

PRISMA



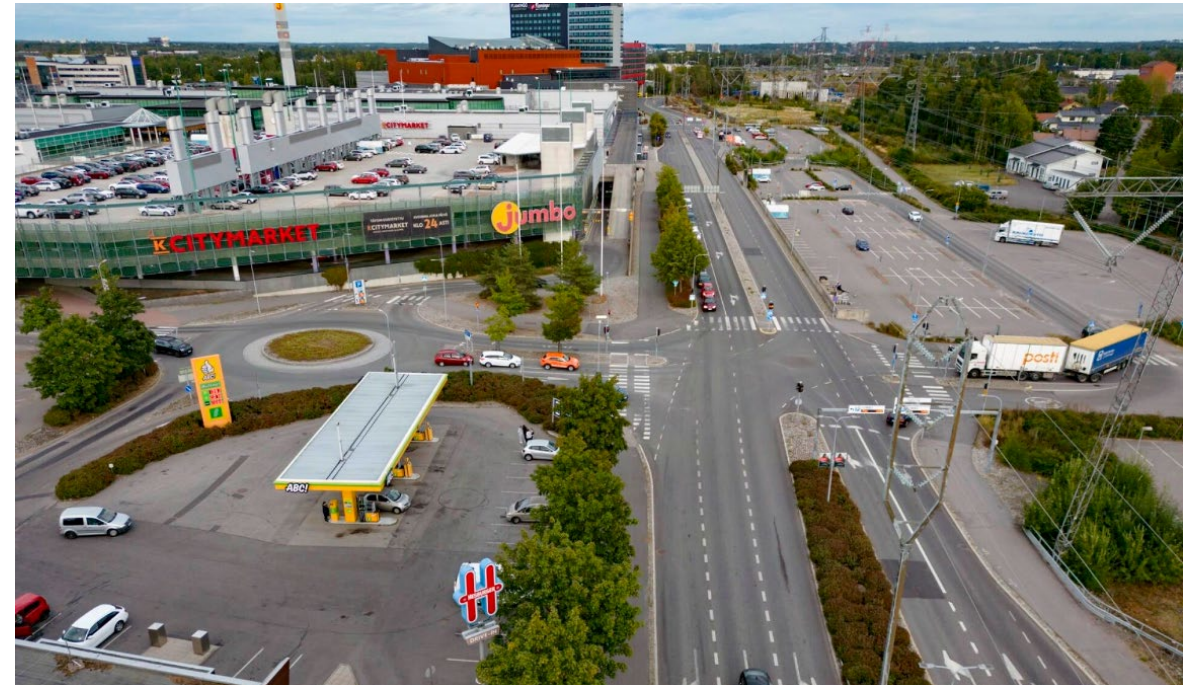
Lähtökohdat

- Selvityksen taustalla oli kaupunginvaltuutettujen vaatimus ja ainutlaatuiset tekniset haasteet.
- Teknisiin haasteisiin kuuluivat mm. Kauppakeskus Jumbon kohta, jossa Fingridin kantaverkon suurjännitejohtojen väliin jäävä liian kapea tila raitiotien ajolangoille. Kohdassa suurjännitelinja häiritsisi raitioliikenteen sähkönottoa.

HELSINGIN SANOMAT

Vantaan ensimmäisen raitiotien suunnitelmat jo pitkällä – Kartta näyttää, miten kaupunginosat muuttuisivat

Suurjännitejohdoista tulisi liikaa häiriötä raitiotien ajolangoille. 11.9.2022



KUVA: MIKA RANTA / HS

2. Akkukäyttöisten raitiovaunujen tyypit, tarjonta ja esimerkkikaupunkoja



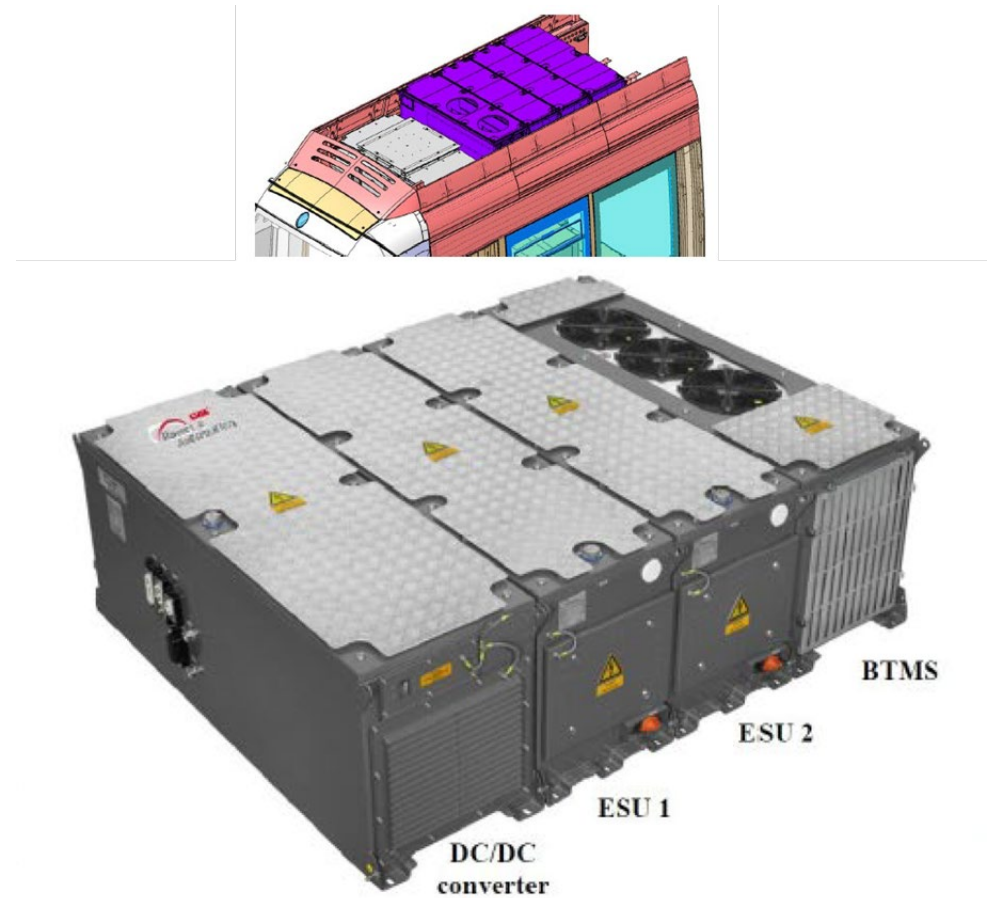
Mahdolliset lataustekniikat ajolangattomissa järjestelmissä

	Lähes jatkuva virransyöttö eli ajolangattomat osuudet vain välttämättömissä kohdissa	Pysäkkilataus	Päätepysäkkilataus
Virransyöttö	Vaunun ala- tai yläpuolelta virroittimella		
Energian-varastointi	Superkondensaattorit tai akut	Akut	Akut
Esimerkki-kaupunkeja	Birmingham, Englanti Nizza, Ranska	Doha, Qatar	-

Raitiovaunujen akkujärjestelmät

- Akkujärjestelmä sijoitetaan matalalattiaisissa **raitiovaunuissa vaunun katolle**. Raitiovaunujen akkujärjestelmä sisältää akun, DC/DC –muuntimen, latausjärjestelmän ja lämpötilan hallintajärjestelmän.
- Akkujärjestelmä kasvattaa vaunun **kokonaispainoa** muutamilla tonneilla ja siten vaunun liikennöinnin energiankulutusta.
- **Akkujärjestelmän paino** riippuu akkujen kapasiteetista.

Selvityksessä videohaastateltiin useita kalustotoimittajia.



Kuva: Esimerkki akkujärjestelmästä ja sen sijainnista raitiovaunusta. Lähde: CAF 2020

Raitiovaunujen akkujärjestelmien mitoitus

- Akkujen käyttöikä on 5–10 vuotta riippuen järjestelmän suunnittelusta ja ajolangattomien osuuksien määrästä ja pituudesta.
- Akkujärjestelmän mitoituksessa tulee ottaa huomioon vaunun sähkönkulutusta erityisesti kasvattavat tekijät, kuten **matkustajakuormituksen muutokset, vaunun lämmitys erityisen kylmällä säällä tai vaunun ilmastointi helteellä.**
- Esimerkiksi sähköbusseissa on yleensä (vielä) erillinen diesel-lämmitin.



Referenssikohteet ja valmistajia

Kalusto-toimittaja	Malli	Referenssi-kohde
CAF	Urbos 3	Birmingham, Englanti
Siemens	Avenio	Doha, Qatar
Alstom	Citadis	Nizza, Ranska
Skoda	28T	Konya, Turkki
Stadler	Tramlink	Santos, Brasilia

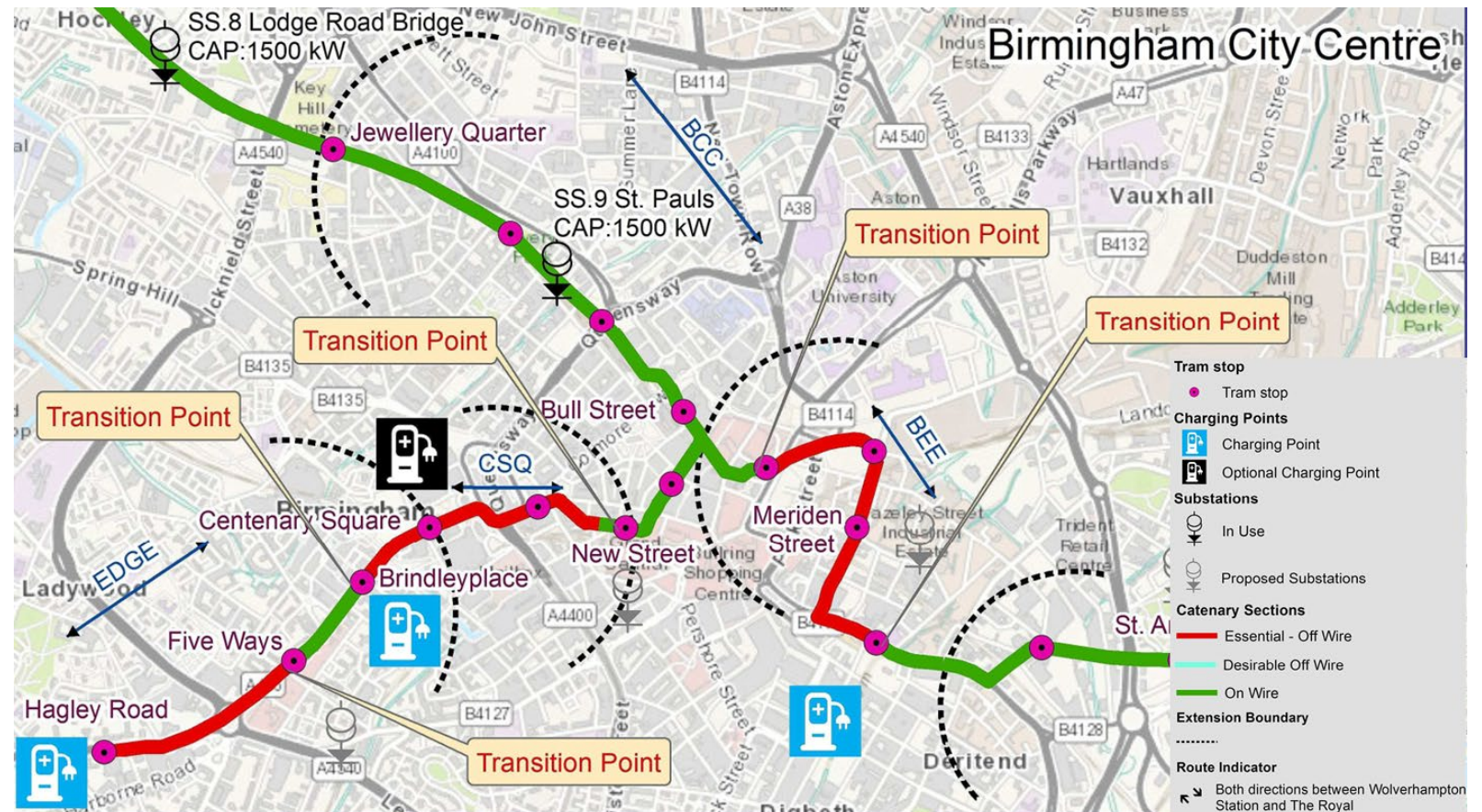
- Akkukäyttöisiä ratkaisuita on usein toteutettu **kaupunkikuvallisista syistä** sekä kohteissa, joissa ajolankojen toteutus ei ole matalan alikulkukorkeuden vuoksi mahdollista.
- **Nizzassa ja Birminghamissa** ajolangattomuutta on hyödynnetty niissä kohdissa, joissa se on ollut teknisistä syistä välttämätöntä tai **merkittävien esteettisten syiden** vuoksi tavoiteltavaa.

Birmingham

- Birminghamissa päädyttiin akkukäyttöisiin vaunuihin useasta eri syystä, mutta kaupunkikuvalliset syyt keskustassa olivat painoarvoltaan suurimmat.
- Ajolangattomia osuuksia on useita.
- Vaunujen akkujen kapasiteetti on 83 kWh.

Kuva: Birminghamin raitiolinja Birminghamin keskustassa.

Punaiset osuudet ovat ajolangattomia osuuksia ja **vihreät** osuudet ajolangallisia. Lähde: CAF 2020.

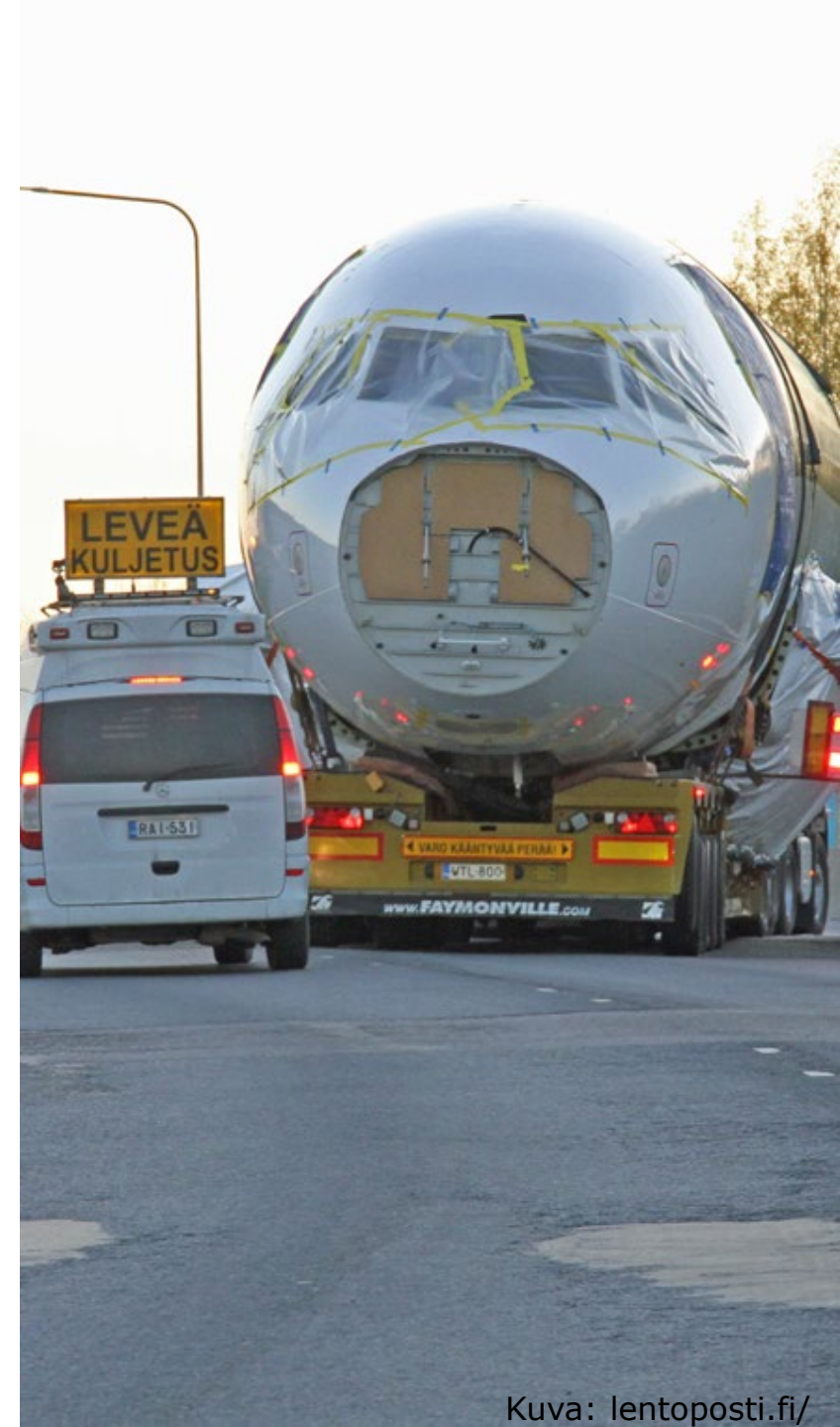


3. Soveltuvuus Vantaan raitiotielinjalle



Akkukäyttöisyyden soveltuvuus Vantaalle

- Vantaan raitiotielle sopivimpana ja toteuttamiskelpoisimpana tapana toteuttaa ajolangattomia reittiosuuksia **voidaan pitää lähes jatkuvaa virransyöttöä.**
- **Yhteiskäyttöisyys Helsingin seudun raitiotieverkostolla** tulee huomioida akkukäyttöisyydestä huolimatta
 - Tämä tarkoittaa, että **vaunun akselimassa, aukean tilan ulottuma ja muut mitoitusarvot** vastaavat seudullisen pikaraitiotieverkoston ominaisuuksia.
- **Vaikutukset Vantaan erikoiskuljetuksille:**
 - Erikoiskuljetusten tarpeet eivät yksinään perustele ajolangattoman ajon ratkaisuja. On olemassa parempia ratkaisuja. Ajolangattomuus toki hyödyttää erikoiskuljetusreiteillä.



4. Alustava kustannusvertailu



Kustannuksia kasvattavat vaikutukset

- Akkukäyttöisten vaunujen hankintahinta on arvioilta noin 150 000–420 000 euroa suurempi kuin tavanomaisen ajolangallisen raitiovaunun. Suurin kustannustekijä on akkukapasiteetti.
- Akkujen uusiminen 5 – 10 vuoden välein, kustannus 75 000 —315 000 euroa / uusiminen / vaunu
 - Akkujen uusimisesta aiheutuu noin **190 000 — 790 000 euron vuosittaiset kustannukset** vaunujen 40 vuoden elinkaaren aikana.
- **Akkujärjestelmä kasvattaa vaunun painoa, mikä nostaa energiankulutusta**



Kustannuksia vähentävät vaikutukset

- Ei investointitarvetta raitiotien sähköistykseen (ajolangat ja -pylväät) sekä kiskon sähköneristykseen ajolangattomilla osuuksilla.
- Raitiotien sähköistys (kaksoisraide) 990 €/m
- Kiskon sähköneristys 555 €/m
- **Yhteensä 1 545 €/m**
- **Joillakin ajolangattomilla osuuksilla voidaan välttää mahdollisesti voimalinjojen siirtoja.**



Muita kustannusvaikutuksia 1/2

Kustannuksia mahdollisesti nostavat tekijät:

- **Akkukäyttöisyys saattaa edellyttää arvioilta noin 1–4 lisävaunua verrattuna ajolangalliseen vaihtoehtoon.** Näin ollen lisävaunuista tulisi mahdollisesti noin 3,5—14 miljoonan euron kustannuslisä investointivaiheessa. Tämä on todennäköistä, jos päädytään **päätepysäkki tai varikkolataukseen.**
- Sähkösyöttöasemien lukumäärä (yhden sähkösyöttöaseman investointikustannus noin 2,3 miljoonaa euroa).
- Akkujärjestelmä voi vaikuttaa raitiovaunun matkustajakapasiteetin suuruuteen ja siten kustannustehokkuuteen.
- **Pohjavahvistuksien lisäkustannus**, mikäli vaunun akselipainot kasvavat akkukäyttöisyyden vuoksi.
- Muut akkukäyttöisyydestä johtuvat vaatimukset, esim. paloturvallisuus



Muita kustannusvaikutuksia 2/2

Kustannuksia mahdollisesti vähentävät tekijät:

- **Raitiotiesähköistyksen** ylläpitokustannukset vähenevät.
- **Erikoiskuljetusten** reittien huomiointi ajolangattomilla osuuksilla.
- Akkujärjestelmä voi mahdollistaa energiankulutuksen pienentämisen jarrutusenergian talteenoton myötä.

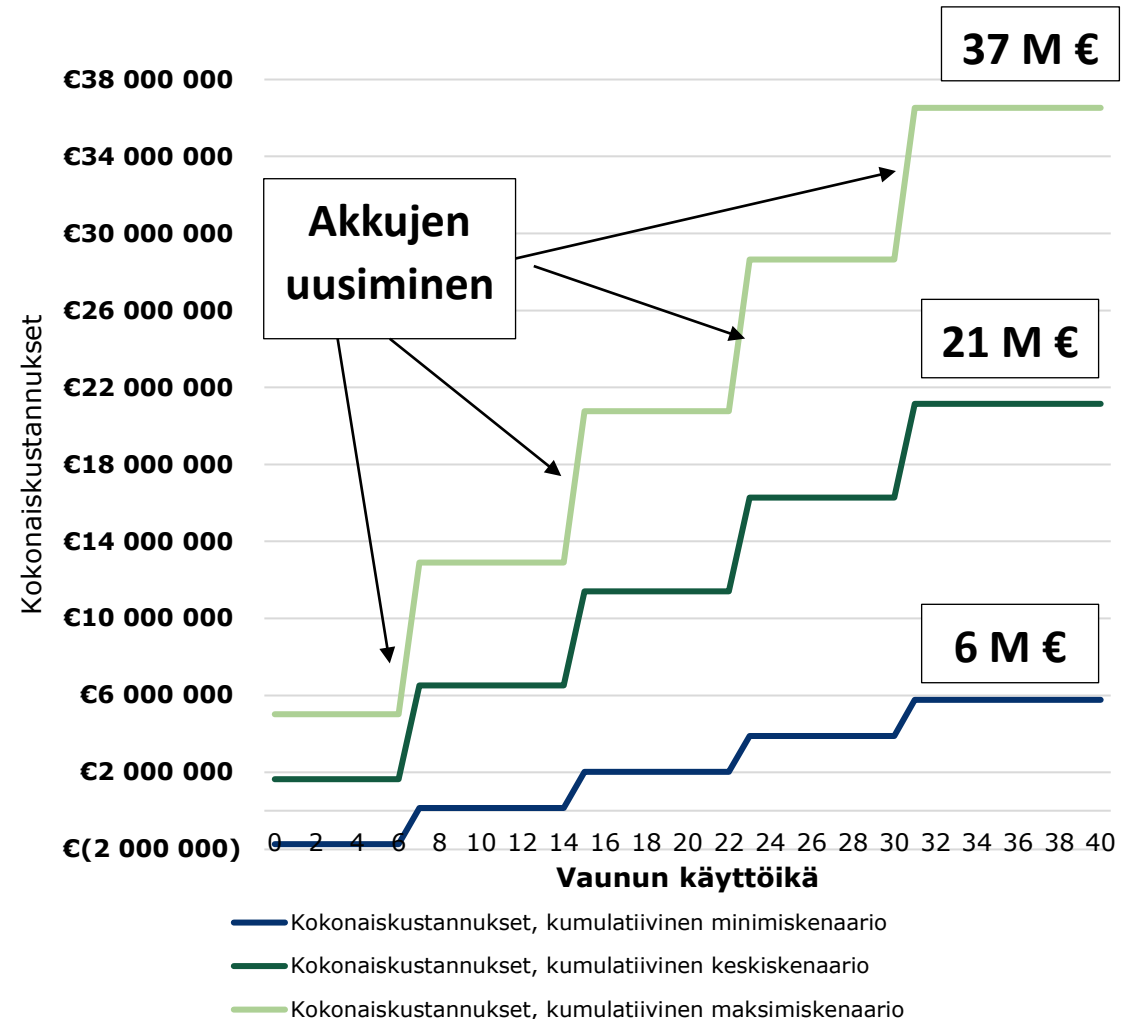
Arvioiden mukaan kokonaisenergiasta voitaisiin saada noin 25-30 % talteen jarrutusenergian talteenottamisella akkuihin.

- Tosin jo nykyisin **raideliikenteen jarrutusenergiaa hyödynnetään Suomessa**. Esimerkiksi vaunun lämmitykseen. Energian takaisin syöttö verkkoon on myös mahdollista, mutta teknisesti haasteellista.



Akkukäyttöisten raitiovaunujen elinkaarikustannukset

- Investoinnit 25 pikaraitiovaunujen akkujärjestelmiin kasvattavat vaunuinvestoinnin kustannuksia **3,8–10,5 miljoonaa euroa**.
- Koska arvioiden kustannushaarukka on suuri, niin tehtiin kolme eri skenaarioita akkujen investointikustannuksien ja niiden uusimiskustannuksien arviointihaarukka huomioiden.
- Tutkittujen ajolangattomien reittien lisäksi tulisi tunnistaa **yhteensä 5 – 15 miljoonan lisäsäästöt ajolangattomuudesta**, jotta akkukäyttöisyyttä olisi mielekäästä jatkoselvittää.



5. Johtopäätökset



Johtopäätökset

- Selvityksen perusteella akkukäyttöisyyttä ei Vantaan raitiotiellä voida perustella raitiotiehankeen **kustannustekijöillä**.
- **Akkukäyttöisyydestä tulisi löytää vielä noin 5-15 miljoonan lisäsäästöt**, jotta akkukäyttöisyyden jatkoselvittäminen olisi perustelua taloudellisesti.

Tiheästi samalla reitillä liikennöivälle raitiotielle on taloudellisesti tehokkainta rakentaa jatkuva virransyöttö.

Akkukäyttöisyyden plussat ja miinukset

Plussia	Miinusia
<ul style="list-style-type: none">• Esteettiset vaikutukset (ajolangattomuus)• Sähkötekniset vaikutukset• Erikoiskuljetukset voisivat jossain tapauksissa hyötyä• Akkukäyttöisyys parantaisi vaunujen häiriönsietoa mahdollisissa sähköjärjestelmän vikatilanteissa	<ul style="list-style-type: none">• Elinkaarikustannukset merkittävästi suuremmat kuin jatkuvaan virransyöttöön perustuvalla järjestelmällä

Kiitos!
Kysymyksiä?

