

HSL-joukkoliikenteen päästökehitys

Petri Saari HSL

- HSL:n tavoitteena on leikata joukkoliikenteen ilmanlaatuun vaikuttavia lähipäästöjä (NO_x, PM), sekä hiilidioksidipäästöjä (CO₂) yli 90 % **vuodesta 2010 vuoteen 2025.**

1. Uusin ajoneuvoteknologia, parhaimmat polttoaineet sekä sähkön hyödyntäminen.
2. Kilpailuttamismallit. HSL:llä on **ympäristöbonusmalli**, jolla voidaan joustavasti ja kustannustehokkaasti hyvittää HSL:n sopimusliikennöitsijöitä päästöjä alentavista toimenpiteistä.
3. **Pisteytysmalli** sekä ympäristövyöhyke
4. Puhtaiden ja energiatehokkaiden ajoneuvojen direktiivi
5. Tutkimukset ja projektit

HSL Bussiliikenteen päästötavoite

Tavoitteemme on vähentää lähipäästöjä sekä hiilidioksidipäästöjä yli 90 prosenttia vuoteen 2025 mennessä vuoden 2010 tasosta.



1350 bussia

Bus Emissions category	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025 target	2030 target
Euro I	1 %																
Euro II	31 %	18 %	14 %	7 %	3 %	1 %	0,3 %	0,1 %									
Euro III	29 %	26 %	26 %	23 %	17 %	12 %	5 %	3,3 %	1,6 %								
Euro IV	7 %	7 %	7 %	7 %	6 %	4 %	2,7 %	0,4 %	0,3 %								
Euro V	4 %	4 %	4 %	4 %	4 %	4 %	1,4 %	0,5 %	0,4 %								
EEV	28 %	45 %	47 %	54 %	55 %	55 %	52 %	41,0 %	34,0 %								
EEV / energy-efficient			1 %	5 %	6 %	6 %	6 %	6,3 %	8,1 %								
Retrofit EEV -> euro VI						1 %	3,4 %	3,4 %	3,6 %								
Hybrid EEV + euro VI			0,2 %	0,2 %	0,5 %	0,5 %	0,5 %	0,6 %	0,6 %								
Plug in hybrid ?																	
Euro VI					6 %	13 %	24,1 %	39,0 %	45,2 %								
Euro VI energy-efficient					2 %	4 %	4,0 %	5,0 %	5,5 %								
Euro VII ?																	
Electricbuses %					0,2 %	0,3 %	0,4 %	0,4 %	0,7 %	3,0 %	5,0 %	8,0 %	13,0 %	17,0 %	23,0 %	30 %	50 %
Electricbuses pieces									10	45						400	
Requirement on biofuels		6 %	6 %	6 %	6 %	8 %	10 %	12,0 %	15,0 %	18,0 %	20,0 %	20,0 %					
100% biofuels.		1 %	4 %	7 %	15 %	26 %	28 %	30,0 %	33,6 %							100 %	
2nd gen. biofuels constitute 100% from 2020 onwards																	
Emissions	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2018						2025	
Nox, tons	879,42	749,05	686,60	623,51	610,03	531,92	455,58	304,67	240,00	-73 %						-92 %	Reduction
PM, tons	14,60	11,79	10,12	8,26	7,94	6,64	6,11	3,34	2,67	-82 %						-95 %	Reduction
CO ₂ , tons	112 795	107 832	106 059	96 225	96 600	85 215	82 025	77 896	69320	-39 %						-90 %	Reduction

2) Ympäristöbonuksella hyvitetään liikennöitsijöille voimassa olevien sopimusvelvoitteiden lisäksi toteutettavia toimenpiteitä, joilla alennetaan päästöjä. Hyväksyttävien tarjousten kokonaismäärää rajoittaa käytettävissä oleva määräraha ja kustannustehokkuus.

Ympäristöbonuksia (Y1 – Y9) on maksettu liikennöitsijöille yhteensä 8 052 601 euroa.

HSL oli varannut tammikuun alusta 2019 vuoden 2020 tammikuun loppuun 1 740 000 € (+alv) suuruisen määrärahan, vuodelle 2020 olemme varanneet 2,7 M € (+alv) määrärahan ympäristöbonusta varten.

Bonusmalli käytännössä

- Ympäristöbonus-mallissa huomioidaan sekä hiilidioksidin että haitallisten lähipäästöjen vähentäminen direktiivissä 2009/33/EY määritettyjen haitta-arvojen mukaisesti. Haitallisista lähipäästöistä huomioidaan pienhiukkaset PM kaksinkertaisena = 174000 €/tonni sekä typenoksidit NOx kolminkertaisena = 13200 €/tonni. CO₂ huomioidaan maksimi haitta-arvon mukaisesti = 80 €/tonni.
- Polttoaineissa on käytettävä ainoastaan voimassa olevien kansallisten määräysten mukaisia kestävästi tuotettuja biokomponentteja, viittaus veroluokat T. T-veroluokkaan kuuluvat polttoaineet, jotka on tuotettu jätteistä, tähteistä ja syötäväksi kelpaamattomasta selluloosasta.

- Biopolttoaineet ja muut päästöjen vähentämiskeinot samalle viivalle, saavutettu tulos ratkaisee:
 - Ei rajoita tarjouskilpailun avoimuutta ja tasapuolisuutta.
- Vuosittainen bonus mahdollistaa mallin pitämisen joustavasti ajan tasalla:
 - Eri toimenpiteiden hinta- ja verotusmuutokset
 - Teknologian kehittyminen ja seurantamittaukset
 - Päästölaskentamallien ja -normien kehittyminen
 - Voidaan nopeuttaa tai hidastaa bonusosuuden kasvua saatujen tulosten ja HSL:n maksuvalmiuden mukaisesti.
- Ympäristöbonusten johdosta tehdyt toimenpiteet ovat merkittävästi vähentäneet HSL:n järjestämän linja-autoliikenteen päästöjä, jolloin ilmanlaatu on parantunut.

Ympäristöbonusta käytetty myös suoramankintana

Typpidioksidin (NO₂) EU:n ilmanlaatudirektiivin vuosiraja-arvo (40 µg/m³) oli ylittynyt Helsingin keskustan katukuiluissa vuosittain, pahiten Eliel Saarisen tien tunnelissa linjalla 550. Linjan 550 sopimuskausi on alkanut 12.8.2013 ja päättyy 12.8.2023

Typen kokonaisoksidien hallintaan nykyisen linjan 550 bussikalustoon (37 bussia) asennettiin pakokaasujen jälkikäsittelylaitteet. Hyötysuhteeltaan varsin hyvä ratkaisumalli oli kotimainen Proventia Exhaust Emission Control System SCR + PDF pakokaasujen jälkikäsittelylaite.

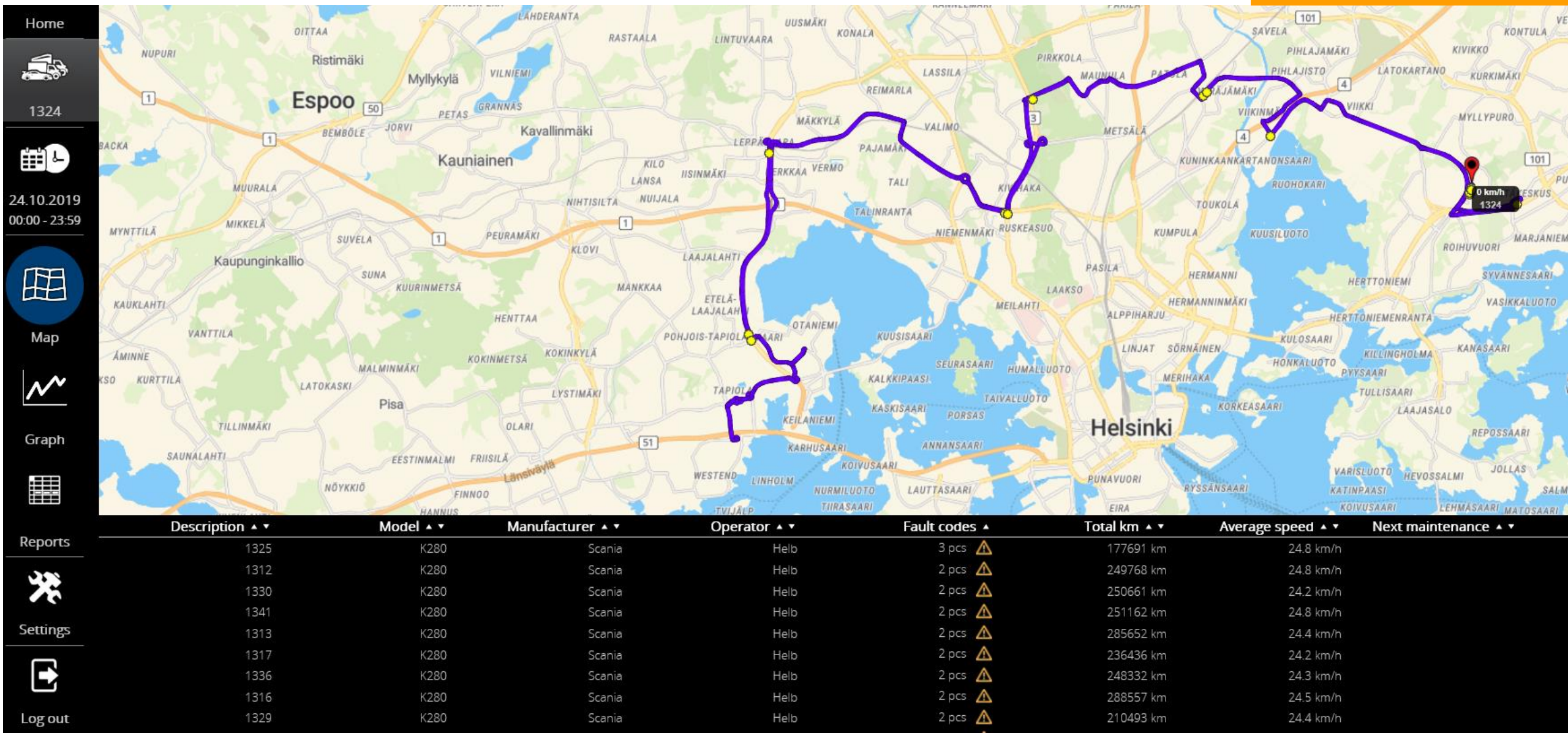
Puhdistusjärjestelmä vähentää hiukkaspäästöjä 95 prosenttia ja typen oksideja jopa 94 prosenttia. VTT:n testaama järjestelmä perustuu hiukkassuodattimiin ja SCR- laitteistoon, jonka pelkistimenä toimii urea. Seurantajärjestelmä tarkkailee hiukkassuodattimen toimintaa, ja ilmoittaa mahdollisesta huollontarpeesta. Operaattori / HSL pystyvät seuraamaan reaaliajassa laitteiston toimivuutta ja Nox- tasoja käytönaikaisesti monitorointiohjelman avulla.

Total NOx Reduction: 31711 kg
Total kilometers: 8859984 km
Total average speed: 24.4 km/h

Proventia PROCARE™ Drive

NO_x emissions monitoring system

powered by REMUC



3) Linja-autokaluston pisteytys kilpailutuksissa
Linja-autokaluston perusteella tarjoaja voi saada tarjousvertailussa enintään 16 pistettä.

Bussiliikenteen kilpailutus ohjaa päästövähennyksiin.
Polttoaineenkulutus sekä ajotavan seurantajärjestelmästä annetaan liikennöitsijöille pisteitä kilpailutuksessa, samoin lähipäästöjen, hiilidioksidipäästöjen sekä melun vähentämisestä.

1.4. Melu (Ulko- sekä sisämelu)

- 77 dB(A) tai alle 1,5 pistettä
- 75 dB(A) tai alle 3,0 pistettä
- Täyssähköbussit 4,0 pistettä

Melutasosta 77 dB(A) tai alle pisteet määräytyvät ulkomelutason mukaan. Melutasosta 75 dB(A) tai alle pisteet myönnetään vain, jos sekä sisä- että ulkomelu on 75 dB(A) tai alle.

Sähköbussseissa käytetyn sähkön tulee olla pohjoismaissa kestävästi tuotettua sähköä, esim. tuuli-, vesi- tai aurinkosähköä.
Käytetystä sähköstä on toimitettava todistus (alkuperäsertifikaatti) sähkön alkuperästä vuosittain liikenteen tilaajalle.

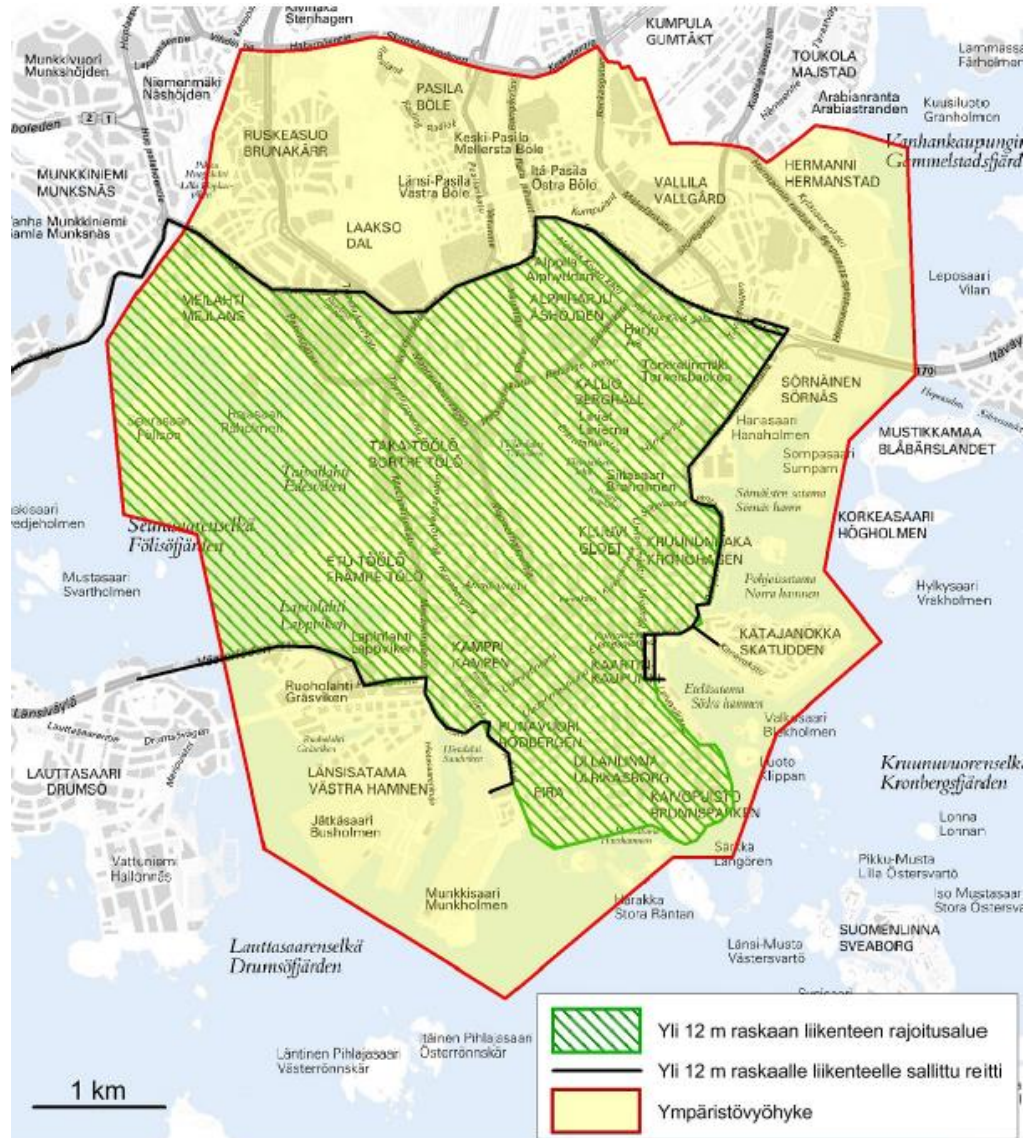
Latausjärjestelmän korjaamisen vasteajan takia sähköbussin akustolla on pystyttävä liikennöimään 4h tarjotulla linjalla yhdellä latauksella.

Kasvihuonekaasujen (CO2) pisteet	
Referenssitaso 1100 g/km* kaksiakseliselle bussille	
Vähennelmä	Pisteet
20 %	0,7
40 %	1,4
60 %	2,1
80 %	2,8
100 %	3,5
Referenssitaso 1400 g/km* telibussille.	
Vähennelmä	Pisteet
20 %	0,8
40 %	1,7
60 %	2,5
80 %	3,4
100 %	4,2

HSL-päästöluokka	Euroluokka	Pisteet
1	Euro 3	0,0
2	Euro 4	0,9
3	Euro 3 CNG	1,2
4	Euro 5	1,5
5	EEV Di	2,0
6	EEV energiatehokas*	2,7
7	EEV CNG	4,1
8	Euro 6	5,3
9	Euro 6 energiatehokas*	5,4
10	Sähköbussi**	5,5

Ympäristövyöhyke

Ympäristövyöhykkeelle tulevan / lähtevän bussilinjan linjakilometreistä tulee ajaa vähintään 95% :sti Euro VI päästöluokan busseilla.



Kuva 9. Helsingin ympäristövyöhyke ja yli 12 metriä pitkän raskaan liikenteen rajoitus-alue. Lähde: Helsingin kaupungin ympäristökeskus, Kartta © Kaupunkimittausosasto 2002/2012.

4) Puhtaiden ja energiatehokkaiden ajoneuvojen direktiivin 2009/33/EY päivitys

Liikenne- ja viestintäministeriö, Tiedote 14.06.2019

- **Direktiivi: Puhtaustavoitteet julkisten hankintojen ajoneuvoille**
- EU:ssa on hyväksytty muutosdirektiivi, jonka tarkoituksena on edistää puhtaiden ja energiatehokkaiden ajoneuvojen osuutta julkisen sektorin hankkimissa ajoneuvoissa ja kuljetuspalveluissa. Liikenne- ja viestintäministeriö ryhtyy valmistelemaan lainsäädäntöä, joilla direktiivi saatetaan voimaan Suomessa.
- **Sovelletaan uusiin hankintoihin**
- Direktiiviä on uudistettu laajentamalla soveltamisala kattamaan kaikki merkitykselliset hankinnat. Se antaa selkeät vaatimukset eri käyttövoimien käytön edistämiseksi ja osoittaa pitkäaikaisen suunnan uusille investoinneille.
- Direktiiviin soveltamisalaan kuuluvat julkisen sektorin tieliikenteen moottoriajoneuvojen ostaminen ja vuokraaminen, maanteiden henkilöliikennettä koskevat julkiset palveluhankinnat sekä tietyt liikenne- ja kuljetuspalvelut (esimerkiksi jätteiden keruu ja postikuljetukset). Vaatimuksia sovelletaan ainoastaan uusiin hankinta- ja palvelusopimuksiin, jotka ylittävät hankintalainsäädännön kynnysarvot.

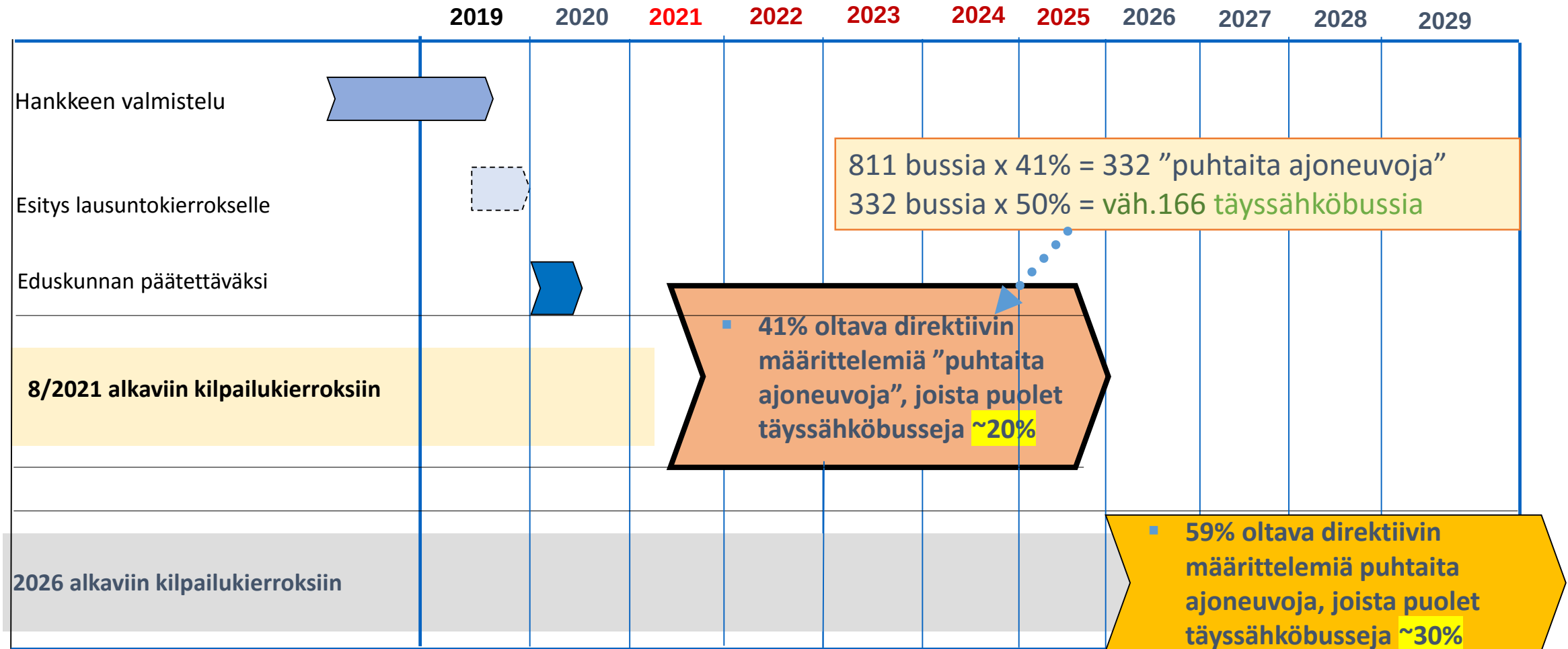
Keinot

- Puhtaille ajoneuvoille vähimmäistavoitteet
 - 2021 – 2025 41 % puhtaita, josta puolet sähköbusseja
 - 2026 – 2030 59 % puhtaita ja puolet sähköbusseja
 - 2030 -> Komissio tarkastelee tuloksia, kiristää tarvittaessa vaatimuksia
- Kestävästi tuotetut biopolttoaineet Euro VI –busseissa kelpaavat 100 %:na (dir EU 2018/2001, 11.12.2018)
 - Myös retrofitatut puhtaat ajoneuvot biopolttoaineilla ok
 - Biopolttoainetta ei saa sekoittaa fossiilisen kanssa

Keinot tavoitteiden saavuttamiseen

- Määrätietoinen sähköbussien määrän kasvattaminen
 - Minimi direktiivin vaatimus
 - Riskinä, että meiltä odotetaan apuja pienille kaupungeille
 - Vaatimus on maakohtainen
- Perinteinen kalusto 100 % biopolttoaineisiin tulevissa kilpailuissa ja lisäksi osa nykysopimusten kalustosta ympäristöbonuksella

Puhtaiden ja energiatehokkaiden ajoneuvojen direktiivin 2009/33/EC uudistuksen aikataulu



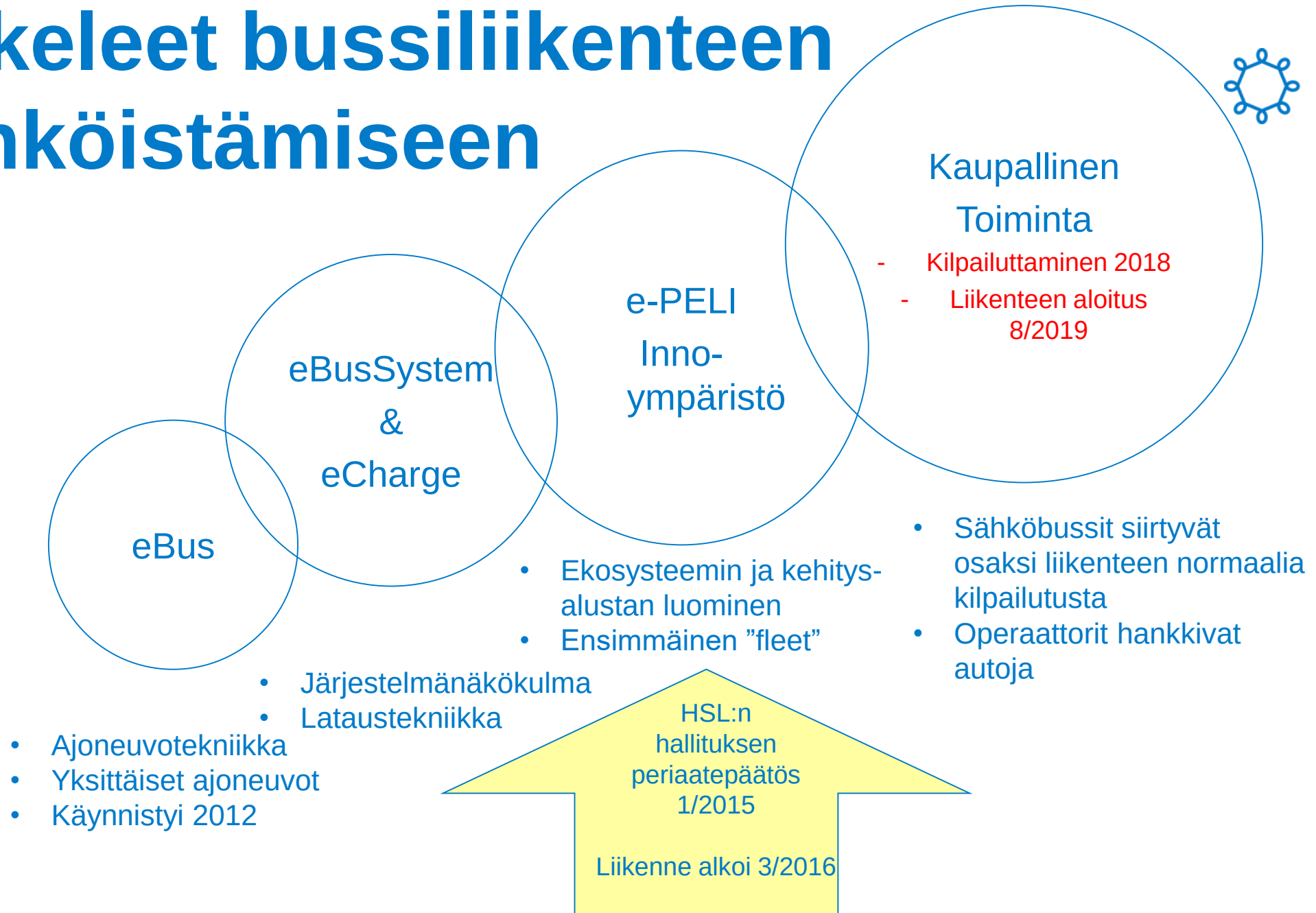
2030 ->

Komissio tarkastelee tuloksia, kiristää tarvittaessa vaatimuksia

HSL ja VTT ovat suorittaneet yhdessä useita vuosia kaupunkibussien päästöihin ja polttoaineenkulutukseen keskittyvää tutkimusta. Hankkeissa on kehitetty ajoneuvoteknisiä järjestelmiä, tutkittu eri polttoaineiden vaikutuksia päästöihin, seurattu uusiin päästöluokkiin sijoittuvien ajoneuvojen päästöjä alustadynamometrillä sekä kerätty tietoa mm. euro VI bussien päästöjenhallintalaitteiden ikääntymisen vaikutuksista.

Braunschweig	Number n	Mileage Min	Max	CO g/km	HC g/km	CH ₄ g/km	NOx g/km	NOx g/km std.	PM g/km	CO ₂ g/km	CO ₂ eqv** g/km	FC kg/100km	FC MJ/km
2 - axle													
Diesel Euro I	2	555025	672700	1,39	0,32		15,59		0,436	1220	1220	38,6	16,6
Diesel Euro II	13	160500	1125674	1,60	0,21		12,86		0,213	1286	1286	40,7	17,5
Diesel Euro III	14	15934	786164	0,85	0,12		8,48		0,209	1213	1213	38,4	16,6
Diesel Euro IV	8	6105	474152	2,96	0,10		8,36		0,112	1207	1207	38,2	16,5
Diesel Euro V***				2,96	0,10		7,51		0,089	1207	1207	38,2	16,5
Diesel EEV	17	0	150000	0,93	0,03		5,88	1,09	0,061	1160	1160	36,7	15,8
Diesel EEV	14	150001	500000	0,90	0,03		6,21	0,76	0,065	1130	1130	35,8	15,4
Diesel EEV	3	500001	727134	3,65	0,10		5,59	0,30	0,147	1204	1204	38,3	16,5
Diesel Euro VI	7	0	150000	0,14	0,00		0,10	0,13	0,017	1117	1117	35,3	15,2
Diesel Euro VI	11	150001	500000	0,09	0,00		1,07	0,53	0,011	1127	1127	35,7	15,4
Diesel Euro VI	0	500001	-										
Ethanol EEV	4	25249	133297	4,01	0,69		6,25		0,022	1321	1321	69,2	17,5
Diesel Hyb. EEV	5	2602	136255	0,89	0,02		5,12		0,046	848	848	26,9	11,6
Diesel Hyb. Euro VI	1	68310	68310	1,66	0,00		0,21		0,011	943	943	29,8	12,9
CNG Euro II *	2	211000	672946	4,32	7,12	6,76	16,92		0,009	1140	1295	42,1	20,7
CNG Euro III	2	37600	237189	0,05	2,64	2,38	9,44		0,019	1185	1240	43,7	21,5
CNG EEV	6	0	150000	1,25	1,19	0,98	2,91	1,43	0,009	1302	1325	48,0	20,7
CNG EEV	2	150001	500000	2,53	0,44	0,37	2,06	0,34	0,004	1187	1195	43,8	18,9
CNG EEV	3	500001	640252	10,52	2,07	1,85	6,64	0,44	0,005	1263	1306	46,6	20,1
CNG Euro VI	2	347	36047	0,53	0,06	0,04	0,09	0,02	0,025	1068	1068	39,4	19,4
2 - axle combined cold and hot test cycle *****													
Diesel Euro VI****	3	0	150000	0,16	0,01		1,59	1,10	0,030	1138	1138	36,0	15,5
Diesel Euro VI****	3	150001	500000	0,26	0,01		0,82	0,37	0,015	1075	1075	34,0	14,7
Diesel Euro VI****	0	500001	-										
CNG Euro VI****	2	347	35992	0,61	0,19	0,13	0,42	0,26	0,024	1078	1081	39,8	19,6
2 - axle, lightweight													
Diesel****	4	993	26436	0,88	0,03		6,70		0,047	953	953	30,17	13,0
Diesel Euro VI	5	8977	190356	0,08	0,00		0,30	0,25	0,009	965	965	30,53	13,2
3 - axle													
Diesel Euro V	4	1400	232494	6,68	0,03		3,16		0,089	1414	1414	44,8	19,3
Diesel EEV	7	0	150000	1,24	0,04		6,02	3,33	0,072	1462	1462	46,3	19,9
Diesel EEV	0	150001	500000										
Diesel EEV	2	500001	830076	0,80	0,08		6,28	1,61	0,134	1457	1457	46,1	19,9
Diesel EEV Retro E6	4	297530	838336	0,08	0,00		0,77	0,43	0,015	1474	1474	46,6	20,1
Diesel Euro VI	11	0	150000	0,10	0,00		0,42	0,28	0,037	1373	1373	43,4	18,7
Diesel Euro VI	8	150001	500000	0,13	0,00		2,07	0,65	0,009	1409	1409	44,6	19,2
Diesel Euro VI	0	500001	-										
CNG EEV	1	0	150000	4,91	1,75	1,62	8,77		0,012	1396	1434	51,5	25,4
CNG EEV	2	150001	350000	3,31	0,98	0,86	3,38	2,55	0,005	1411	1431	52,1	25,6
CNG EEV	3	350001	651529	16,19	1,98	1,78	7,22	3,04	0,016	1424	1465	52,5	25,9
CNG Euro VI	1	41390	41390	0,47	0,04	0,02	0,01		0,01	1318	1319	48,6	23,9
3 - axle combined cold and hot test cycle *****													
Diesel Euro VI****	1	0	150000	0,39	0,00		1,03		0,022	1390	1390	44,0	19,0
Diesel Euro VI****	3	150001	500000	0,22	0,00		2,25	0,14	0,013	1444	1444	45,7	19,7
Diesel Euro VI****	0	500001	-										
Total number of tests 180													
*Methane fueled buses CH ₄ = THC * 0,95													
** CO ₂ eqv = CO ₂ + 23 * CH ₄													
*** Euro V results estimated with the results of Euro IV													
**** Include test results from Euro III, Euro IV and EEV													
***** Weighted average from cold (1486) and hot (9686) cycles test results													

Askeleet bussiliikenteen sähköistämiseen



Sähköbussit

HSL:n tavoitteena on kasvattaa voimakkaasti sähköbussien määrää. Vuonna 2025 sähköbusseja on määrä olla kolmekymmentä prosenttia HSL:n tilaaman bussiliikenteen kalustosta. Sähköbussit tukevat HSL:n strategista tavoitetta lisätä vähäpäästöisen liikenteen osuutta joukkoliikenteessä.

1. **ePELI** –hankkeen kautta HSL -alueelle luodaan uusi innovatiivisten ratkaisujen ja teknologioiden käyttöönoton mahdollistava, määräaikaiseen sähköbussiliikennöintiin perustuva toimintamalli.
2. HSL:n bussiliikennöitsijöille on tarjottu mahdollisuutta sähköbussien kokeiluun ilman että kokeilu vaikuttaa liikennöitsijän kalustohankintoihin sekä talouteen merkittävästi.
~~HSL:llä on sopimus Åbergin kanssa Espoon linjan 133 liikennöinnistä kahdella ns. konversio sähköbussilla.~~ Transdev taas liikennöi Helsingissä linjaa 55 kahdella sähköbussilla. Helsingin Bussiliikenne liikennöi kolmella sähköbussilla linjalla 23. Pohjolan kaupunkiliikenne aloitti myös kolmella sähköbussilla koeliikennöinnin Helsingin linjalla 51. lisäksi Pohjolan kaupunkiliikenne kokeilee toisen sähköbussivalmistajan autoa toukokuun ajan samalla linjalla. Sopimusvalmistelut sähköbussikokeilusta etenevät myös Tammelundin liikenteen kanssa.
3. Valmistaudutaan sähköbussiliikenteen kilpailutukseen siten, että projektin lopussa on täysi valmius hankkia sähköbussiliikennettä tavallisena kilpailutettuna bussiliikenteen hankintana Helsinkiin.
4. Kunnianhimoinen sähköbussitavoiteemme on keskeisessä asemassa, kun toteutamme HSL:n visiota hiilineutraalista tulevaisuudesta

Sähköbussien tilanne 30.10.2019



	2018	2019	2020	2021
Transdev, 2 bussia. linja 55 Helsinki	Linja 55 Helsinki (2 Linkker) Lataus - Koskela ja RT			
Kilpailutus linja 55 Helsinki			Linja 55 (5 Linkker Nobina)	Linja 55 sähköbussilinjaksi
Åbergin linja, 2 bussia. linja 133 Espoo	Åbergin linja, linja 133 (2 Linkker)			
Helsingin Bussiliikenne, 3 bussia	Linja 23 Helsinki (3 Linkker), Latausasemat Ruskeasuo ja Rautatientori			
Tammelundin liikenne, 2 bussia.		Linja 90, 96 Vuosaari, latausasema (2 VDL bussia)		
Pohjolan Liikenne, 2 bussia linja 51	Linja 51 (3 Linkker), Latausasemat Malminkartano ja Hakaniemi			
Pohjolan Liikenne, 25 bussia		Espoo, Leppävaara 20 Yutong bussia		
Pohjolan Liikenne, 10 bussia			Leppävaara (5 VDL bussia)	
		Kerava, 10 Yutong bussia		
Tulevat kilpailutukset sähköbusseille				

Sähköbussien tilanne 30.10.2019 HSL

Linkker 10 sähköbussia (e-peli projekti)

Battery **55 kWh** LTO

Length: 12.9 m

Doors: 1+2+1

Seats: 40+3

VDL Citea SLE-129 E 2 + (5 tilattuna) sähköbussia

Battery: **216 kWh** NMC

Length: 12.9 m

Doors: 1+2+1

Seats : 40+3

Yutong 33 sähköbussia

Battery: **375 kWh** LFP

Length: 12.2 m

Doors: 2+2+0

Seats: 31+3



Bussiliikenteen tulevat kilpailukierrokset

KIERROS 50 "Ojanko"

12/2019

38 sähköbussia (12 m)

12 nivelsähköbussia (18 m)

50 sähköbussia

67 dieselbussia

117 bussia (total)

Kierros 50, 117 bussia liikenne 8/2021

02/2020

Kierros 51, 194 bussia liikenne 8/2021

Kierros 52, 170 bussia liikenne 8/2022

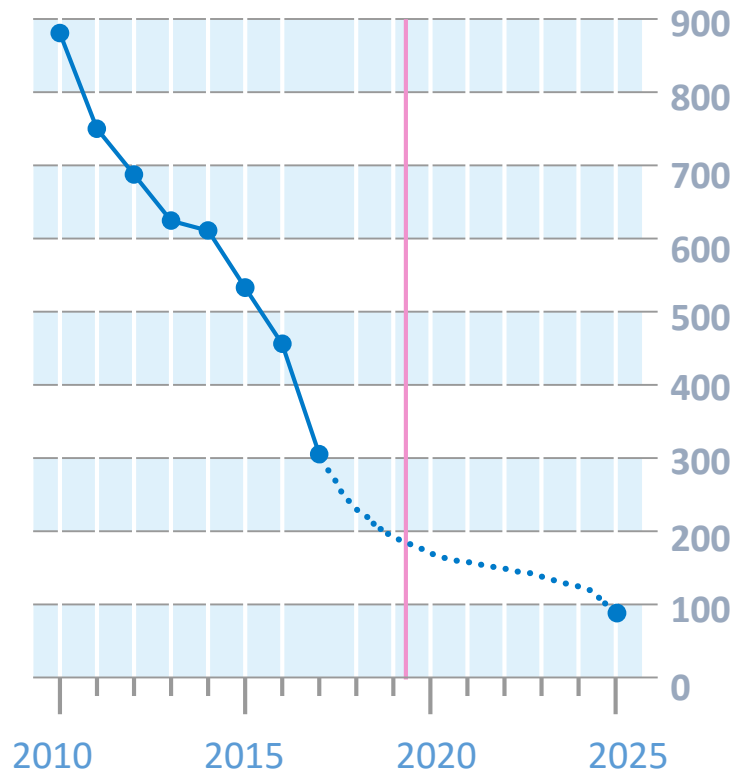
Kierros 53, 54 bussia liikenne 1/2023

Kierros 54, 241 bussia liikenne 8/2023

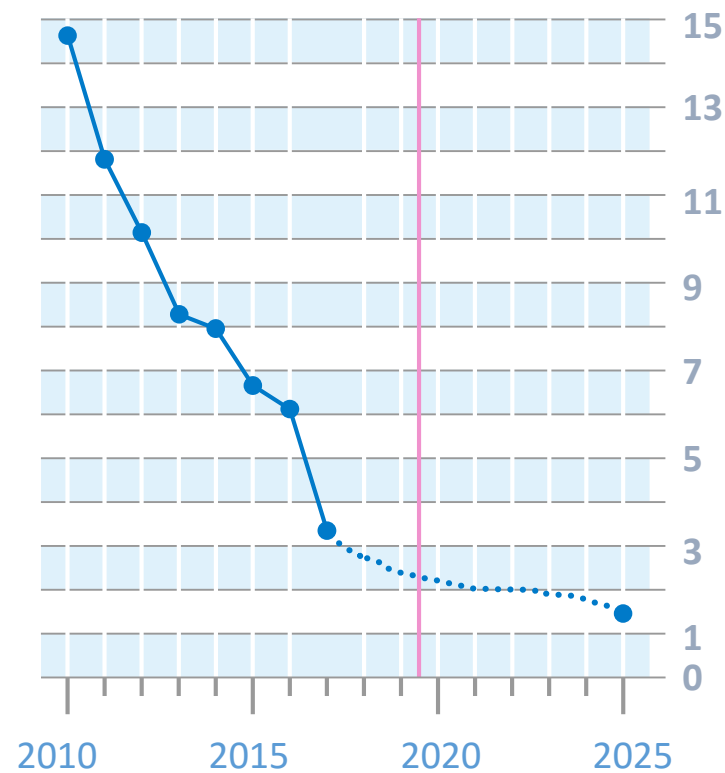
Kierros 55, 66 bussia liikenne 8/2024

Lähi- ja hiilidioksidipäästöt, tonnia vuodessa

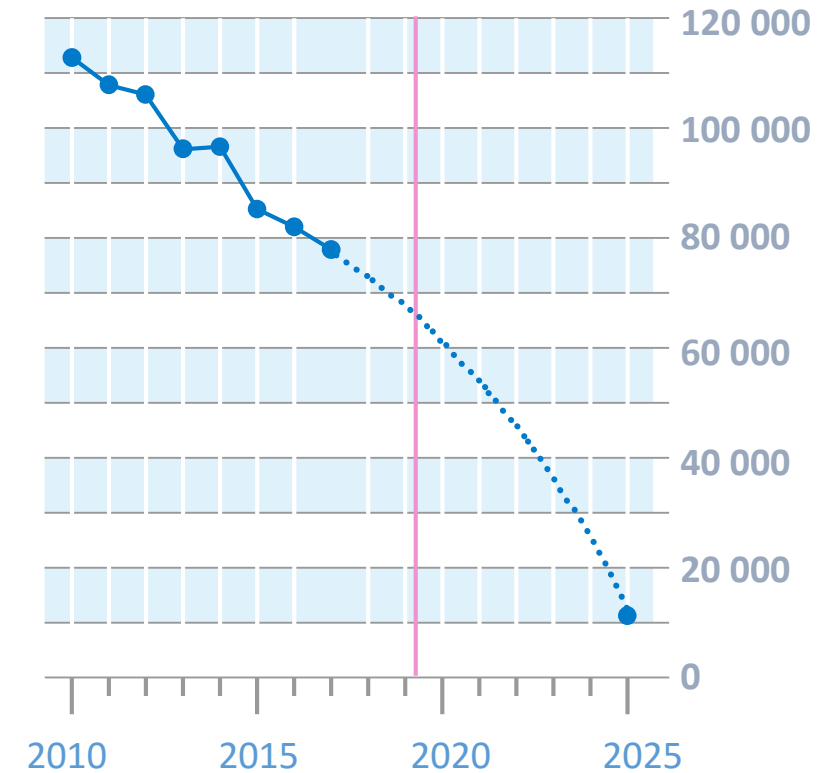
Nox, typen oksidit



PM, pienhiukkaset

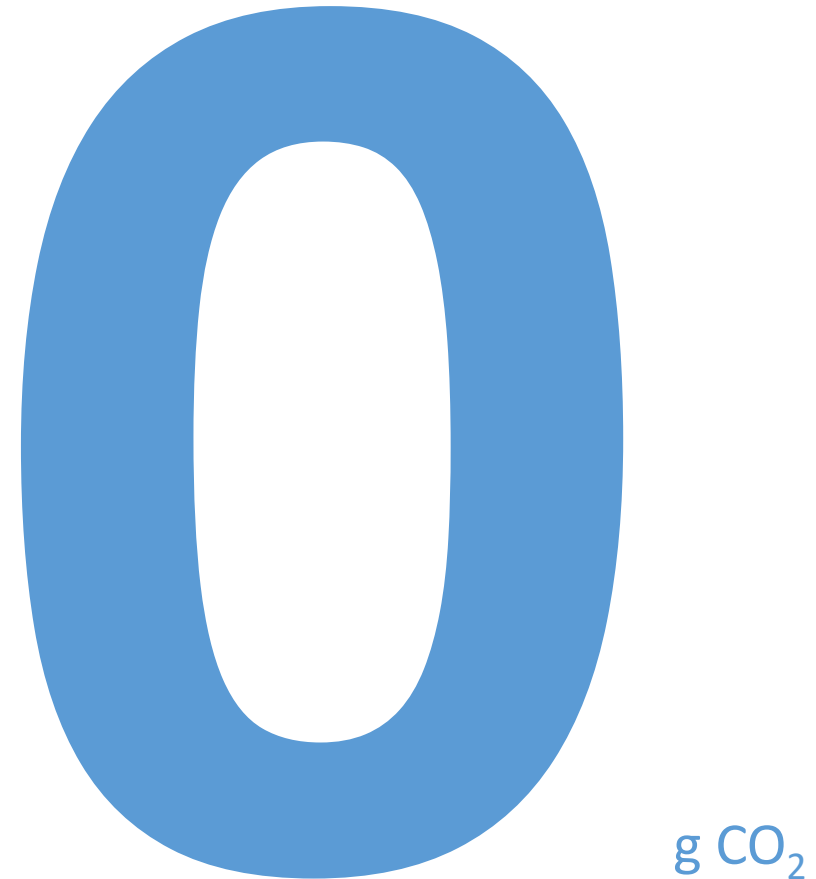


CO₂ hiilidioksidi

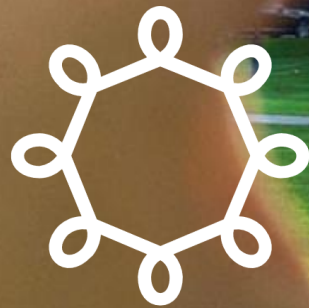


Sähkön hyödyntäminen energianlähteenä

- Raideliikenne kulkee sähköllä: metro ja raitiovaunut vesi- aurinko- ja tuulivoimalla sekä lähijunat vesivoimalla.
- HSL-liikenteen bussikalustosta yli 30% on sähköbusseja vuoteen 2025 mennessä.
- Bussiliikenteeseen 30 uutta täyssähköbussia syksyllä 2019 ja helmikuussa 2020 vielä viisi lisää. Kilpailukierros 49 – 9 sähköbussia
- Sähkö energian lähteenä ei tuota lähipäästöjä.



Kiitos tarkkaavaisuudesta



HSL
HRT

**Parhaat matkat
tehdään yhdessä**

Helsingin seudun liikenne