



Ta buss når du kan  
og bil når du må

# el-busser

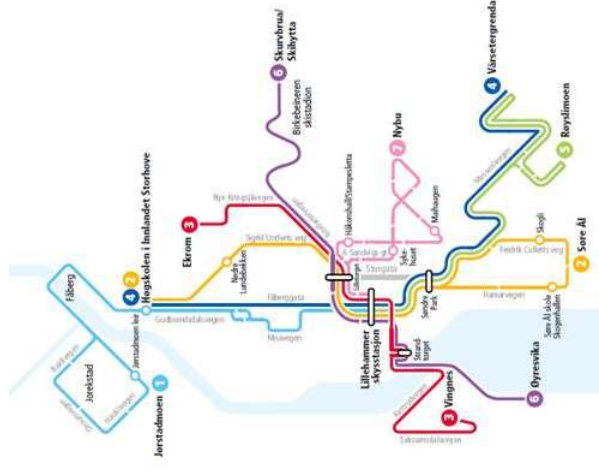
## til Lillehammer



### Statusrapport elbussprosjekt Lillehammer

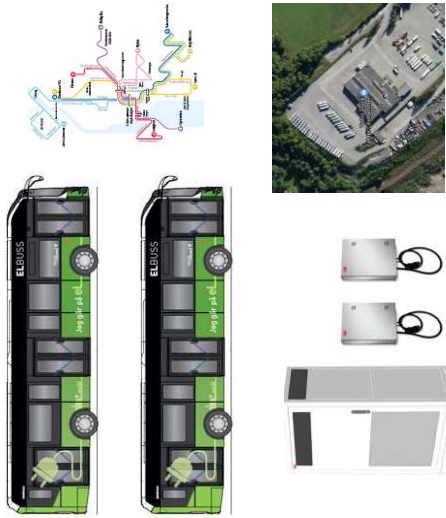
Glenn Gaalaas  
Prosjektleder, Unibuss

Desember 2019



## Elbussprosjektet på Lillehammer – Organisering og gjennomføring

### Prosjektomfang



The image shows two electric buses (ELBUSS) with charging stations. A map of the project area is also visible, showing the route and charging locations.

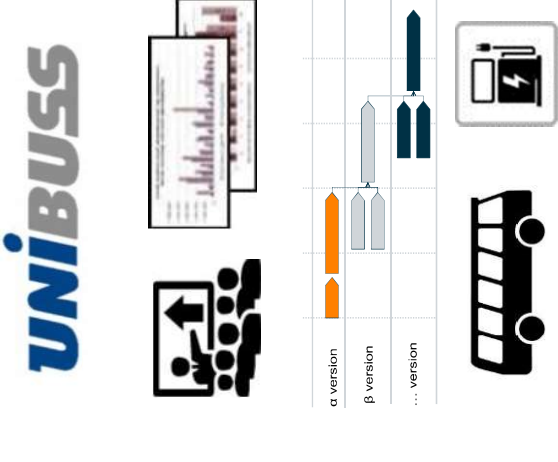


**opplands TRAFIKK**

**OPPLAND fylkeskommune**  
Kommunestyret  
Opplysningsvesenetsvesenheten  
Etablerings- og driftsettelser  
Postboks 100  
2110 Lillehammer

**Prosjektinformasjon**  
Prosjektet er et samarbeid mellom Opplands fylkeskommune og Unibuss AS.  
Prosjektet er et samarbeid mellom Opplands fylkeskommune og Unibuss AS.  
Prosjektet er et samarbeid mellom Opplands fylkeskommune og Unibuss AS.

**1.1.1 Om oppdraget**  
Oppdraget er et samarbeid mellom Opplands fylkeskommune og Unibuss AS. Oppdraget er et samarbeid mellom Opplands fylkeskommune og Unibuss AS.



**UNIBUSS**

Diagram illustrating the version control process for the electric bus project. It shows three stages: α version (orange), β version (grey), and ... version (dark blue). The diagram includes icons for a bus, a charging station, and a document.

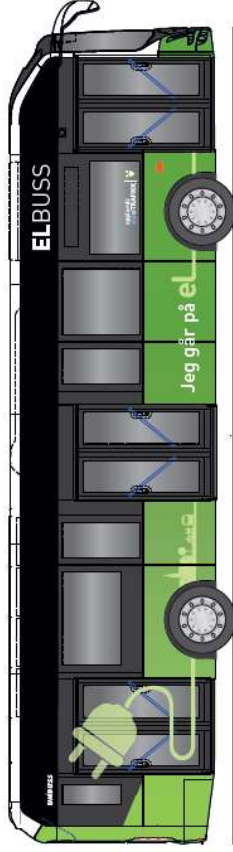
- Anskaffelse 2 stk. Volvo 7900 Electric
  - Bussene er anskaffet/- og eies av Opplandstrafikk
  - Bussene driftes av Unibuss AS
- Etablering av ladestasjon på Bøela/Industrigata 62 – Ladestasjon levert av ABB
  - Ladeinfrastruktur er anskaffet/- og eies av Opplandstrafikk
  - Ladeinfrastruktur driftes av Unibuss AS
    - Unibuss AS ansvarlig for grunnarbeider, etablering og idriftsettelse
- Oppstart av normal rutekjøring var 24.06.2019
  - Bussene opererer på alle bybuss-linjene i Lillehammer



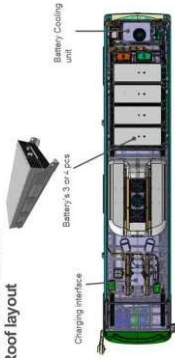
## Busser satt i drift

### Tekniske data Volvo 7900 Electric

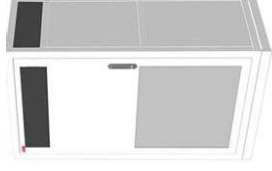
Lengde	12,0 meter
Høyde	2,9 meter
Batterikapasitet	200 kWh
Totalvekt batteripakker	2 140 kg
Maks ladeeffekt plug-in lader (kabel)	150 kW
Passasjerkapasitet	36 sitteplasser, xx ståplasser
Estimert energiforbruk	1,4 kWh/km
Rekkevidde	Cirka 76 – 125 km
Ladestasjon på bussepot (Bæla)	Lvert av ABB - 150 kW effekt Tvillinglader som lader to elbusser sekvensielt Forventet tid på fullladet batteri: 1 t 15 min



Volvo 7900 Electric  
Roof layout



## Etablert ladestasjon



- ABB har levert ladestasjon
- 150 kW plug-in-lader
- CCS2 standard
- Sekvensiell lading og forvarming av bussene



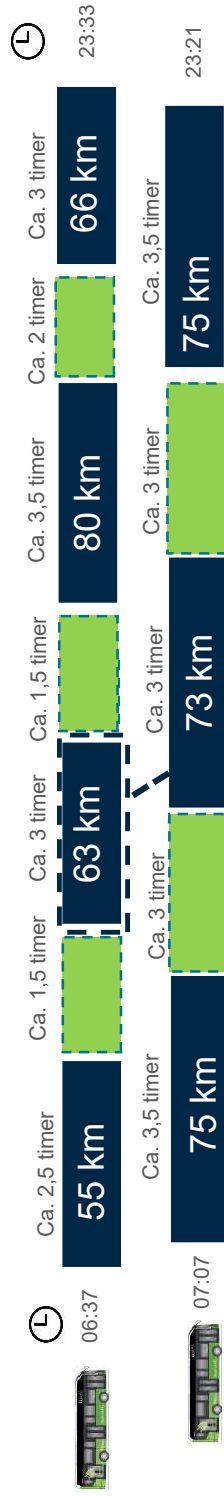
## Produksjon

- Elbussene har per 20.12.2019 produsert til sammen nær. 65 000 km siden bussene ankom Lillehammer
  - EV 34959: 33 214 km
  - EV 34960: 31 685 km
- Opplæring ble gjennomført etter *train-the-trainer* prinsipp av Unibuss-instruktører
- I oppstartsmånedene med normal ruteproduksjon med elbussene har man hatt solid driftsstabilitet med like god *oppe/-tilgjengelighetstid* som konvensjonelle dieselbuser
- Bussene opererer på dedikerte *elbuss-vognløp* med tilrettelagt tid for lading
- Tilbakemeldingene fra sjåførene er at bussene er stille og behagelige å kjøre, samt at sjåførplassen er romslig og godt utformet



## Drift- og ruteopplegg (hverdag frem til desember 2019)

- Bussene har kjørt på dedikerte elbuss-vognløp
- Daglig km produksjon vognløp 02-01 = 264,3
- Daglig km produksjon vognløp 02-02 = 222,8



### Dedikerte elbuss vognløp

- 487 km totalt per dag

02-01

Linje	Start	Slutt	Antall busser	Antall vognløp	Antall km
02-01	06:37	07:07	1	1	55
02-01	07:07	07:37	1	1	63
02-01	07:37	08:07	1	1	73
02-01	08:07	08:37	1	1	75
02-01	08:37	09:07	1	1	55
02-01	09:07	09:37	1	1	63
02-01	09:37	10:07	1	1	73
02-01	10:07	10:37	1	1	75
02-01	10:37	11:07	1	1	55
02-01	11:07	11:37	1	1	63
02-01	11:37	12:07	1	1	73
02-01	12:07	12:37	1	1	75
02-01	12:37	13:07	1	1	55
02-01	13:07	13:37	1	1	63
02-01	13:37	14:07	1	1	73
02-01	14:07	14:37	1	1	75
02-01	14:37	15:07	1	1	55
02-01	15:07	15:37	1	1	63
02-01	15:37	16:07	1	1	73
02-01	16:07	16:37	1	1	75
02-01	16:37	17:07	1	1	55
02-01	17:07	17:37	1	1	63
02-01	17:37	18:07	1	1	73
02-01	18:07	18:37	1	1	75
02-01	18:37	19:07	1	1	55
02-01	19:07	19:37	1	1	63
02-01	19:37	20:07	1	1	73
02-01	20:07	20:37	1	1	75
02-01	20:37	21:07	1	1	55
02-01	21:07	21:37	1	1	63
02-01	21:37	22:07	1	1	73
02-01	22:07	22:37	1	1	75
02-01	22:37	23:07	1	1	55
02-01	23:07	23:37	1	1	63
02-01	23:37	24:07	1	1	73
02-01	24:07	24:37	1	1	75
02-01	24:37	25:07	1	1	55
02-01	25:07	25:37	1	1	63
02-01	25:37	26:07	1	1	73
02-01	26:07	26:37	1	1	75
02-01	26:37	27:07	1	1	55
02-01	27:07	27:37	1	1	63
02-01	27:37	28:07	1	1	73
02-01	28:07	28:37	1	1	75
02-01	28:37	29:07	1	1	55
02-01	29:07	29:37	1	1	63
02-01	29:37	30:07	1	1	73
02-01	30:07	30:37	1	1	75
02-01	30:37	31:07	1	1	55
02-01	31:07	31:37	1	1	63
02-01	31:37	32:07	1	1	73
02-01	32:07	32:37	1	1	75
02-01	32:37	33:07	1	1	55
02-01	33:07	33:37	1	1	63
02-01	33:37	34:07	1	1	73
02-01	34:07	34:37	1	1	75
02-01	34:37	35:07	1	1	55
02-01	35:07	35:37	1	1	63
02-01	35:37	36:07	1	1	73
02-01	36:07	36:37	1	1	75
02-01	36:37	37:07	1	1	55
02-01	37:07	37:37	1	1	63
02-01	37:37	38:07	1	1	73
02-01	38:07	38:37	1	1	75
02-01	38:37	39:07	1	1	55
02-01	39:07	39:37	1	1	63
02-01	39:37	40:07	1	1	73
02-01	40:07	40:37	1	1	75
02-01	40:37	41:07	1	1	55
02-01	41:07	41:37	1	1	63
02-01	41:37	42:07	1	1	73
02-01	42:07	42:37	1	1	75
02-01	42:37	43:07	1	1	55
02-01	43:07	43:37	1	1	63
02-01	43:37	44:07	1	1	73
02-01	44:07	44:37	1	1	75
02-01	44:37	45:07	1	1	55
02-01	45:07	45:37	1	1	63
02-01	45:37	46:07	1	1	73
02-01	46:07	46:37	1	1	75
02-01	46:37	47:07	1	1	55
02-01	47:07	47:37	1	1	63
02-01	47:37	48:07	1	1	73
02-01	48:07	48:37	1	1	75
02-01	48:37	49:07	1	1	55
02-01	49:07	49:37	1	1	63
02-01	49:37	50:07	1	1	73
02-01	50:07	50:37	1	1	75
02-01	50:37	51:07	1	1	55
02-01	51:07	51:37	1	1	63
02-01	51:37	52:07	1	1	73
02-01	52:07	52:37	1	1	75
02-01	52:37	53:07	1	1	55
02-01	53:07	53:37	1	1	63
02-01	53:37	54:07	1	1	73
02-01	54:07	54:37	1	1	75
02-01	54:37	55:07	1	1	55
02-01	55:07	55:37	1	1	63
02-01	55:37	56:07	1	1	73
02-01	56:07	56:37	1	1	75
02-01	56:37	57:07	1	1	55
02-01	57:07	57:37	1	1	63
02-01	57:37	58:07	1	1	73
02-01	58:07	58:37	1	1	75
02-01	58:37	59:07	1	1	55
02-01	59:07	59:37	1	1	63
02-01	59:37	60:07	1	1	73
02-01	60:07	60:37	1	1	75
02-01	60:37	61:07	1	1	55
02-01	61:07	61:37	1	1	63
02-01	61:37	62:07	1	1	73
02-01	62:07	62:37	1	1	75
02-01	62:37	63:07	1	1	55
02-01	63:07	63:37	1	1	63
02-01	63:37	64:07	1	1	73
02-01	64:07	64:37	1	1	75
02-01	64:37	65:07	1	1	55
02-01	65:07	65:37	1	1	63
02-01	65:37	66:07	1	1	73
02-01	66:07	66:37	1	1	75
02-01	66:37	67:07	1	1	55
02-01	67:07	67:37	1	1	63
02-01	67:37	68:07	1	1	73
02-01	68:07	68:37	1	1	75
02-01	68:37	69:07	1	1	55
02-01	69:07	69:37	1	1	63
02-01	69:37	70:07	1	1	73
02-01	70:07	70:37	1	1	75
02-01	70:37	71:07	1	1	55
02-01	71:07	71:37	1	1	63
02-01	71:37	72:07	1	1	73
02-01	72:07	72:37	1	1	75
02-01	72:37	73:07	1	1	55
02-01	73:07	73:37	1	1	63
02-01	73:37	74:07	1	1	73
02-01	74:07	74:37	1	1	75
02-01	74:37	75:07	1	1	55
02-01	75:07	75:37	1	1	63
02-01	75:37	76:07	1	1	73
02-01	76:07	76:37	1	1	75
02-01	76:37	77:07	1	1	55
02-01	77:07	77:37	1	1	63
02-01	77:37	78:07	1	1	73
02-01	78:07	78:37	1	1	75
02-01	78:37	79:07	1	1	55
02-01	79:07	79:37	1	1	63
02-01	79:37	80:07	1	1	73
02-01	80:07	80:37	1	1	75
02-01	80:37	81:07	1	1	55
02-01	81:07	81:37	1	1	63
02-01	81:37	82:07	1	1	73
02-01	82:07	82:37	1	1	75
02-01	82:37	83:07	1	1	55
02-01	83:07	83:37	1	1	63
02-01	83:37	84:07	1	1	73
02-01	84:07	84:37	1	1	75
02-01	84:37	85:07	1	1	55
02-01	85:07	85:37	1	1	63
02-01	85:37	86:07	1	1	73
02-01	86:07	86:37	1	1	75
02-01	86:37	87:07	1	1	55
02-01	87:07	87:37	1	1	63
02-01	87:37	88:07	1	1	73
02-01	88:07	88:37	1	1	75
02-01	88:37	89:07	1	1	55
02-01	89:07	89:37	1	1	63
02-01	89:37	90:07	1	1	73
02-01	90:07	90:37	1	1	75
02-01	90:37	91:07	1	1	55
02-01	91:07	91:37	1	1	63
02-01	91:37	92:07	1	1	73
02-01	92:07	92:37	1	1	75
02-01	92:37	93:07	1	1	55
02-01	93:07	93:37	1	1	63
02-01	93:37	94:07	1	1	73
02-01	94:07	94:37	1	1	75
02-01	94:37	95:07	1	1	55
02-01	95:07	95:37	1	1	63
02-01	95:37	96:07	1	1	73
02-01	96:07	96:37	1	1	75
02-01	96:37	97:07	1	1	55
02-01	97:07	97:37	1	1	63
02-01	97:37	98:07	1	1	73
02-01	98:07	98:37	1	1	75
02-01	98:37	99:07	1	1	55
02-01	99:07	99:37	1	1	63
02-01	99:37	100:07	1	1	73
02-01	100:07	100:37	1	1	75
02-01	100:37	101:07	1	1	55
02-01	101:07	101:37	1	1	63
02-01	101:37	102:07	1	1	73
02-01	102:07	102:37	1	1	75
02-01	102:37	103:07	1	1	55
02-01	103:07	103:37	1	1	63
02-01	103:37	104:07	1	1	73
02-01	104:07	104:37	1	1	75
02-01	104:37	105:07	1	1	55
02-01	105:07	105:37	1	1	63
02-01	105:37	106:07	1	1	73
02-01	106:07	106:37	1	1	75
02-01	106:37	107:07	1	1	55
02-01	107:07	107:37	1	1	63
02-01	107:37	108:07	1	1	73
02-01	108:07	108:37	1	1	75
02-01	108:37	109:07	1	1	55
02-01	109:07	109:37	1	1	63
02-01	109:37	110:07	1	1	73
02-01	110:07	110:37	1	1	75
02-01	110:37	111:07	1	1	55
02-01	111:07				

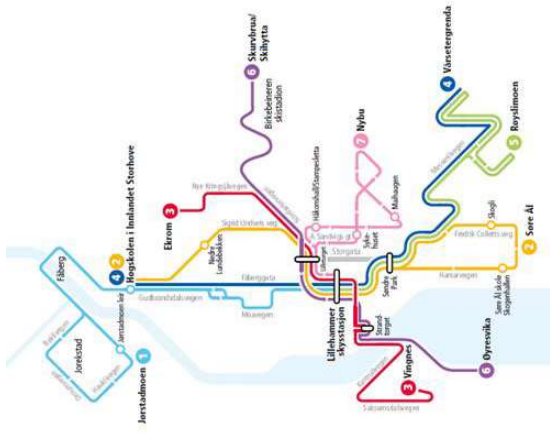
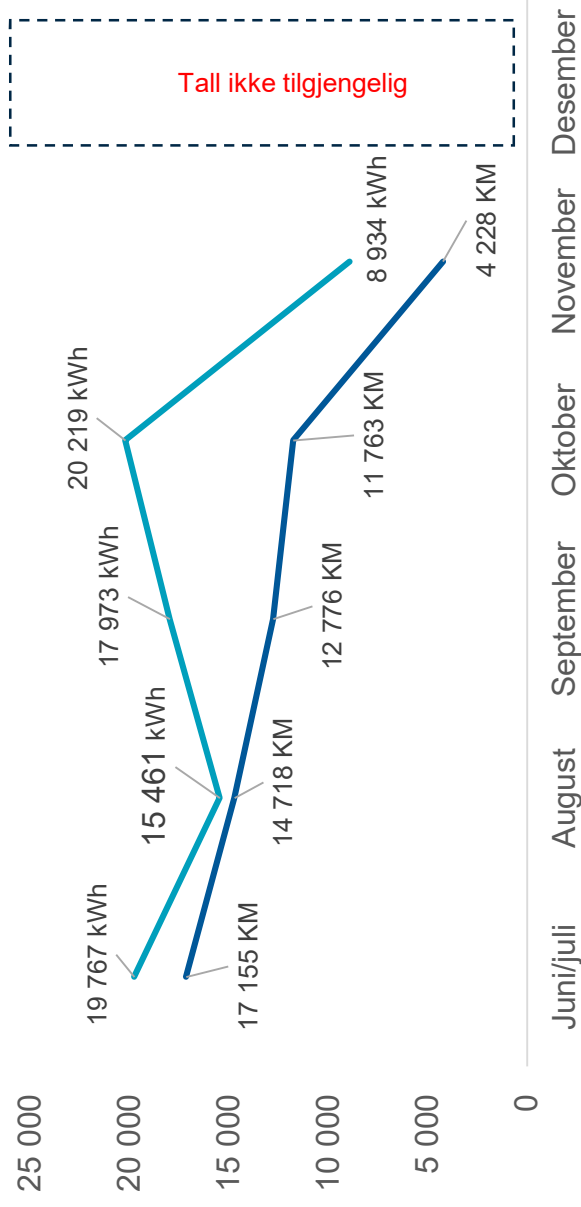
## Produksjon fortsetter...

- Fra og med desember 2019 er vognløpene korrigert slik at km-produksjonen mellom hver lading er maksimum 50 km. Endringen ble utført som en følge av bussene ofte kom inn med svært lav SOC (State of Charge), og det var behov for et mer robust ruteopplegg knyttet til lading av bussene.
- Volvo har i slutten av november korrigert batteriprogrammet for økt SOC-vindu på bussene, hvilket innebærer at mer energi gjøres tilgjengelig i batteripakkene
- Volvo har også i slutten av november korrigert programvaren på webasto som medfører et høyere innslag av HVO-bruk på kalde dager, slik at rekkevidden påvirkes i mindre grad.
- Med tanke på Volvos korrigeringer på programvare er begrensningen på 50 km for konservativt. Derfor vil tidligere vognproduksjon for elbussene gjenoptas ved neste planendring.



## Energiforbruk og produksjon på elbussene i perioden juni-november

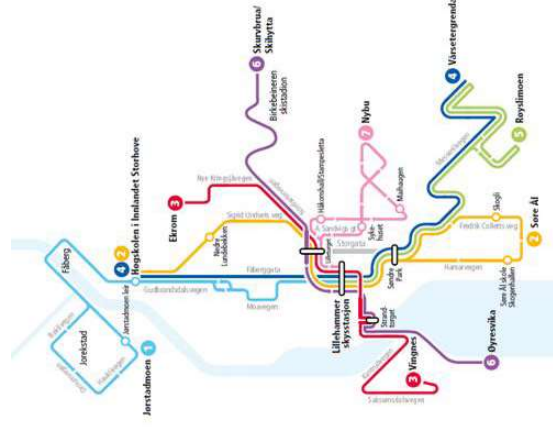
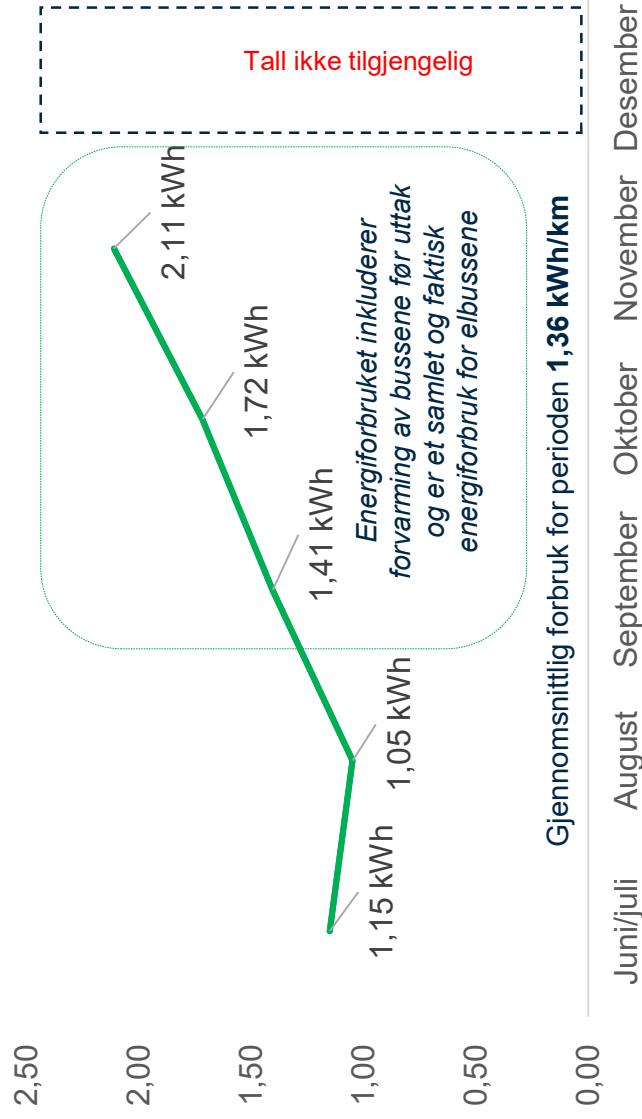
Energiforbruk - Produksjon



- \* Energiforbruk til fremdrift på bussene er pt. ikke tilgjengelig i bussleverandørens Fleet Management system – Dette er under arbeid
- \*\* Faktisk energiforbruk er hentet fra data fra Eidsiva

## Gjennomsnittlig energiforbruk

Gjennomsnittlig energiforbruk



\* Energiforbruk til fremdrift på bussene er pt. ikke tilgjengelig i bussleverandørens Fleet Management – Dette er under arbeid

\*\* Faktisk energiforbruk er hentet fra data fra Eidsiva



## Klimaeffekter

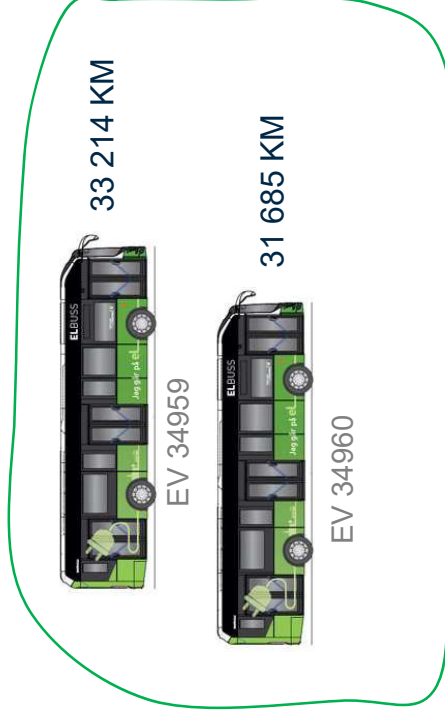
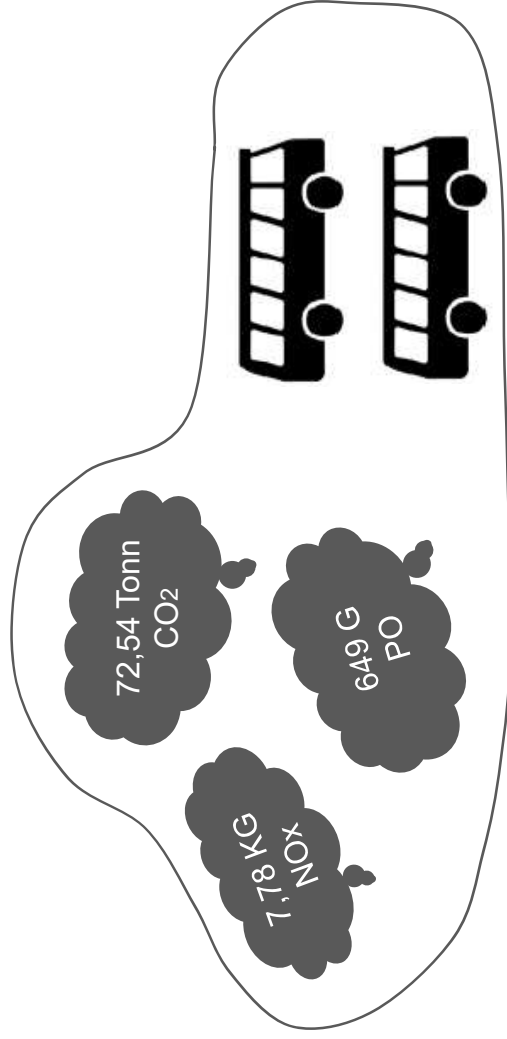
- Elbussene på Lillehammer har siden oppstart i rutetrafikk 24. juni 2019 kjørt ca. 65 000 km
- Elbussene opererer på bybusslinjene i Lillehammer
- Basert på antall km kjørt er følgende klimaeffekter ved innføring av elbuss registrert (reduksjon sammenliknet med tilsvarende operasjon med konvensjonelle dieselsbuss med Euroklasse VI1):

### Besparelse

CO2	72,54 Tonn
Nox	7,7 Kilo
PO	649 gram

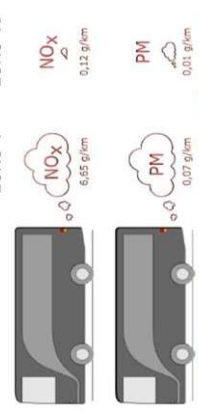


# Elbussprosjektets miljøbidrag per november 2019 – Euro VI vs. EL



## 1.2 Utslipp ved normal temperatur

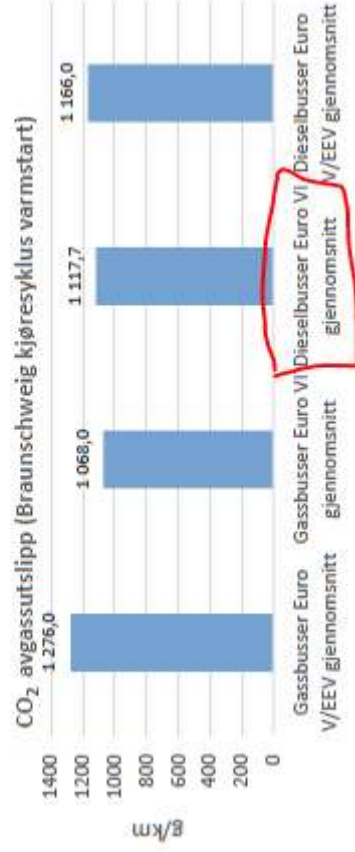
TØI-rapporten Utslipp fra Ny Ekeberg – Hølder de Hest & Laurer? Hølgren, Skarstein, 2019. I bussen er det installert med Euro VI-dieselmotorer som er tilpasset til å drive med Euro VI-utslipp. Euro VI-utslipp er tilsvarende lavere enn utslipp fra Euro V-motorer. Euro VI-utslipp er også lavere enn utslipp fra Euro V-motorer ved kjøring i lavlast og i lav hastighet. De lokale beredningsmyndighetene for busser med Euro VI-motorer er i figur 1 sammenlignet med tilsvarende utslipp fra typiske busser med Euro V-motorer.



Figur 1. Gjennomsnittlig NO<sub>x</sub>-utslipp og utslipp av partikkelstørrelse PM<sub>10</sub> (mikro) i busser med samme motor og ca. +20 °C for reise i lav hastighet og Euro VI-dieselmotorer med høyere utslipp enn Euro V-dieselmotorer med reise i lav hastighet og Euro V-dieselmotorer.

## Kilder for beregning av klimaeffektene

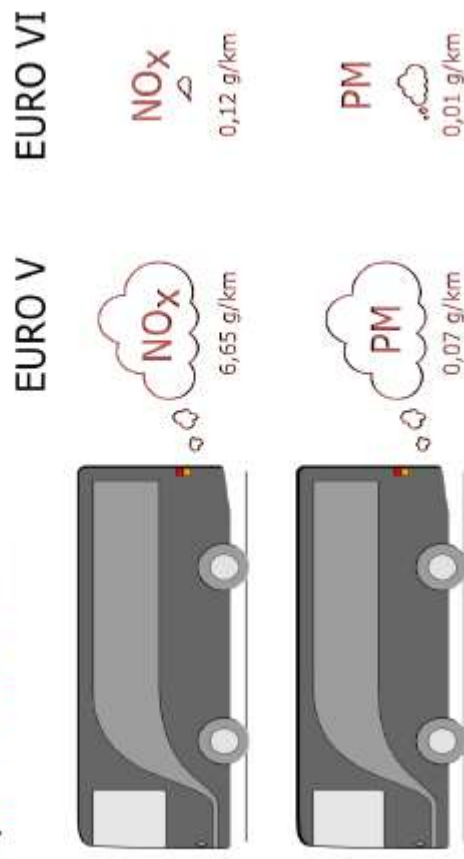
Figur S2. Avgassutslipp av NO<sub>x</sub> fra nye busser med moderne Euro VI-diesel- og gassmotorer samt tilsvarende utslipp fra busser med Euro V/EEV-diesel- og gassmotorer.



<https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=44485>

## 1.2 Utslipp ved normal temperatur

TOI-rapporten *Utslipp fra Nye Kjøretøy – Holder de Hva de Lover? (Hagman, Amundsen, Weber, 2015)* viser at nye busser med Euro VI-godkjente dieselmotorer har nye lavere utslipp enn tilsvarende busser med Euro V-godkjente motorer. Figur 1 viser gjennomsnittlige NO<sub>x</sub>- og PM-utslipp for seks bybusser med Euro VI-dieselmotorer ved kjøring i Braunschweig kjøresyklus. De lokalt helseskadelige utslippene fra busser med Euro VI-motorer er i figur 1 sammenlignet med tilsvarende utslipp fra typiske bybusser med Euro V-motor.



Figur 1. Gjennomsnittlige NO<sub>x</sub>-utslipp og utslipp av avgasspartikler PM<sub>10</sub> (målt i g/km) med varm motor ved ca. +20 °C for seks busser med Euro VI dieselmotorer ved kjøring i Braunschweig kjøresyklus sammenlignet med en typisk buss med Euro V-dieselmotor.

Forbruk Diesel

4 liter/mil      Estimert et utslipp på 4 liter/min på en 12m HVO buss

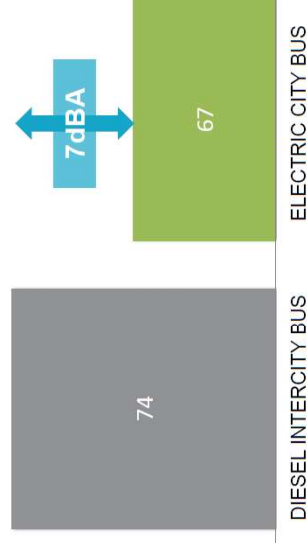
0,4 liter/km

## Andre effekter - Støyreduksjon

- Elbussene som er satt i rutetrafikk på Lillehammer har vesentlig lavere støynivå sammenliknet med en konvensjonell dieselbuss
- Støyreduksjonen er vesentlig både med tanke på innvendig og utvendig støy

### Almost half the perceived noise level when leaving a bus stop

Exterior Take-Off Noise, SPL (dBA), 7.5 m from bus



### Large noise differences inside the bus

Idling And Constant Speeds, SPL(dBA) Rear Seat



Kilde:

[http://kollektivforum.no/getfile.php/1343714/Kollektivforum/Studietur/Electric%20bus%20and%20noise%20vr20161025\\_BRG.pdf](http://kollektivforum.no/getfile.php/1343714/Kollektivforum/Studietur/Electric%20bus%20and%20noise%20vr20161025_BRG.pdf)

## Andre effekter - Komfort

### PASSASJERTILFREDSHET

## En stille busstur er en ganske enestående opplevelse.

Volvo 7900 elektrisk tar mot passasjerene stille og varsomt. Og takket være den stillegående fremdriften kan den komme lettere på stødene der folk bor og arbeider og redusere gå-avstanden til busstoppet. Men elektrisk kjøring er ikke bare en opplevelse fri for motorstøy, det er også svært behagelig for passasjerene.

Om bord i Volvo 7900 elektrisk får passasjerene oppleve en effektiv romløsning, behagelige seter og en lys og romslig atmosfære. Brede dører som åpnes elektrisk, gjør det raskt og enkelt å gå på og av bussen. Det lave støynivået gjør det enklere å snakke sammen, og mer behagelig å lytte til musikk eller bare nyte turen.



**Behagelig.** Ergonomiske, behagelige seter, en smart layout med plass til 105 passasjerer, og et kraftig elektrisk trykkløst lysoppsett, ventilasjon og klima gjør alle turer i Volvo 7900 elektrisk til en hyggelig opplevelse. Alt det rundt.

- Elbussene som er satt i rutetrafikk er forventet å være mer komfortable både for passasjerer og sjåfører som en følge av mindre støy og vibrasjoner sammenliknet med konvensjonelle dieselbuss
- Elbussene har blitt svært godt mottatt hos de ansatte i Unibuss som opererer bussene
- Tilbakemeldingene fra de reisende har så langt vært positive

## Andre erfaringer – Mulige konsekvenser ved innfasing av elbusser

- Ved innfasing av elbusser kan en konsekvens være at en trenger flere busser for å opprettholde produksjonsvolumet, sammenliknet med konvensjonelle dieselbusser. Dette som en følge av behov for ladetid gjennom driftsdøgnet
- Elbussene som er satt i drift på Lillehammer har en batterikapasitet på 200 kWh og har behov for å lade flere ganger gjennom driftsdøgnet
- Innfasing av elbusser påvirker fleksibiliteten ved bruken av bussene og må tas hensyn til under ruteplanleggingen
- Det er vesentlig forskjell på energiforbruk gjennom årstidene på elektriske busser. Ved bruk av ekstern oppvarmer (Tilleggsbrenner - Webasto) på HVO reduserer man noe av kompromisset man eventuelt måtte gjøre med rekkevidden på busser
- Ved elektrisk oppvarming av busser på kalde vinterdager medgår ca. 50% av det totale energiforbruket til oppvarming

## Andre erfaringer fortsetter...

- Det har ved innfasing av elbusser på Lillehammer vært få problemer og utfordringer ved oppstart
- Driftsstabiliteten med og *oppe/-tilgjengelighetstid* har vært tilnærmet like god som med konvensjonelle dieselbusser
- Bussene opererer på dedikerte *elbuss-vognløp* med tilrettelagt tid for lading
- Bussene har de første månedene hatt en vognproduksjon på ca. 243km per dag
- Som beskrevet på tidligere slide er produksjonen tatt ned i vinterperioden (desember 2019 – mars 2020) som en følge av økt energiforbruk
- Tilbakemeldingene fra sjåførene er gode og bussene er behagelige å kjøre
- Foruten noe ladeutfordringer på ett av ladepunktene i sommer har samspillet mellom busser og ladeinfrastruktur fungert tilfredsstillende siden oppstart
- Ingen alvorlige uhell eller hendelser med elbussene
- En av bussene har vært tatt ut av trafikk i månedsskifte november/desember for utbedring av kollisjonsskade



## Vinterdrift med elbusser på Lillehammer

Unibuss' fokusområder gjennom vinterdrift

- Girscliffe (2-trinns automatgirkasse) i bratte bakker (Langesgt/Storgt og Søndregt./Mesnalivegen) er krevende
- Samlet energiforbruk øker betydelig (som vist på tidligere slide) som en følge av oppvarming av bussene
- Bruk av kjetting på bussene er svært krevende på tross av tilpasninger på hjulbue/skjermer. Ytterligere tilpasninger er nødvendig
  - **Elektriske busser på Lillehammer må være tilpasset for bruk av kjetting**
- Ekstra varmevifte montert for innvendig temperatur
- Unibuss har tilpasset vognløpene for vinterproduksjon. Som nevnt tidligere vil vognløpene tilpasses ved neste planendring.
  - Volvo har i slutten av november korrigert batteriprogrammet for økt SOC-vindu på bussene, hvilket innebærer at mer energi gjøres tilgjengelig i batteripakkene
  - Volvo har også i slutten av november korrigert programvaren på webasto som medfører et høyere innslag av HVO-bruk på kalde dager, slik at rekkevidden påvirkes i mindre grad.