

Strategi och planering elbussar Svealandstrafiken

Februari 2020



Titel	Dokumenttyp	Datum	Sida
Strategi och planering elbussar Svealandstrafiken	Offentligt	2020-02-07	2/36

Bild framsida: Energimyndigheten

KONTAKT

Svealandstrafiken AB

Retortgatan 7

721 30 Västerås

Fabrikgatan 20

702 23 Örebro

Geert Schaap, Chef hållbarhet och innovation

021-470 18 60, geert.schaap@svealandstrafiken.se

Kommunikationsavdelning

021-470 18 00, kommunikation@svealandstrafiken.se

Titel Strategi och planering elbussar Svealandstrafiken		Dokumentnr Ej tillämplbart	Revision 1	Sida 3/36
		Dokumenttyp Offentligt	Giltigt för Elbuss projektet	
Utfärdad av Geert Schaap	Datum 2020-01-27	Godkänd av Peter Liss	Datum 2020-01-29	
Granskad av Mikael Källberg	Datum 2020-01-27	Utgiven Geert Schaap	Datum 2020-02-07	

INNEHÅLL

1	SAMMANFATTNING	4
2	INLEDNING	6
2.1	Bakgrund	6
2.2	Omvärldsanalys	6
2.3	Syfte med elbuss införandet	8
2.4	Metodik och organisation	9
3	VAL AV ELBUSS TEKNIK	11
3.1	Snabb laddning på ändhållplatser av stadsbus linje	11
3.2	Ladda långsamt på depå nattetid för utvalda vagnomlopp	13
3.3	För/nackdelar för båda laddkoncept	15
3.4	Risk och flexibilitet av båda laddkoncept	16
4	KOSTNADSKALKYL OCH FINANSIERING	19
4.1	Antaganden	19
4.2	Investeringsbehov	21
4.3	Årliga kostnader	21
5	PLANERING INFÖRANDET ELBUSS FÖR STADSTRAFIKEN	23
5.1	Kravspecifikation elbuss och laddinfrastruktur	23
5.2	Planering upphandling och implementering	24
	BILAGA: LOKALISERING LADDINFRASTRUKTUR ÄNDHÅLLPLATSER	26
	BILAGA: BILDER PÅ ELBUSS	30
	BILAGA: VANLIGA FRÅGOR OM ELBUSSAR	34

Titel	Dokumenttyp	Datum	Sida
Strategi och planering elbussar Svealandstrafiken	Offentligt	2020-02-07	4/36

1 SAMMANFATTNING

Studiens syfte har varit att skapa en strategi och planering för elektrifieringen av den linjelagda kollektivtrafiken med buss inom Svealandstrafikens geografiska ansvarsområde och att precisera utformningen och kostnadskalkyl som underlag för beslutet att påbörja upphandlingen av elbussar och laddinfrastruktur.

Slutsatser läget med utveckling teknik elbussar:

1. *Batteri elbussar har gått från pilotprojekt till ny standardval för stadstrafik:*
Nästan alla kollektivtrafikupphandlingar för stadstrafik i Sverige i 2019 innehåller en del elbuss: t.ex. Västtrafik 190 st; SL 75 st; Skånetrafik 65 st; Sörmlandstrafik 36 st. Antal elbusstillverkare och deras utbud och produktionskapacitet har vuxit snabbt. Upphandlingar och leveranser av elbuss har ökat kraftigt i hela Europa under 2019.
2. *Elektrifiera stadslinjer med elbussar som ska ladda långsamt på depå nattetid:*
Teknik och pris för större batterier med lång räckvidd har förbättrats snabbt de senaste åren. Laddkonceptet med elbussar som ska ladda långsamt på depå nattetid bedöms vara robust och flexibelt nog för bredd utrullning i Västerås och Örebro stad. Räckvidden är redan nu tillräckligt för merparten av bussomlopp. I jämförelse innebär laddkonceptet av elbussar med mindre batterier och snabb laddning på ändhållplatser många praktiska komplikationer och risker. Ändringar i linjenätet resulterar i extra kostnad för flytt av laddstolpe med pantograf och transformatorstation och räckvidden kan bli för klen.
Att satsa på långsam laddning på depå i stället för snabb laddning vid ändhållplatser av stadsbusslinjer innebär att man inte elektrifierar en specifik busslinje men att man kör elbuss på bussomlopp av lämplig längd genom hela staden.
Från att elektrifiera en stadslinje går vi över till ett drivmedelskifte till depåladdade elbussar för all stadstrafik oavsett linje, när vi behöver ersätta avskrivna bussar och vid tillväxt av bussflottan pga. ökat resande.
3. *Det är för tidigt att satsa på elektrifieringen av regional trafiken:*
Teknikutvecklingen för elbussar och välgasdrivna bränslecellsbussar för regional trafik är fortfarande i pilotprojekt skedet. Från ett krisberedskapsperspektiv är det bra att behålla biogas för regional trafik; i fall av långvarigt elavbrott kan man då planera in ett antal regionalbussar för stadstrafik. Dessutom krävs det för mycket resurser att satsa på övergång till elektrifiering i stads och regiontrafiken samtidigt.
4. *Elbuss som laddas långsamt nattetid är kostnadsneutralt med biogasbuss:*
Årliga kostnader (avskrivning och operationella kostnader) för elbussar med infrastruktur för att ladda långsamt på depå nattetid förväntas bli cirka 2% högre jämfört med biogas buss alternativet, vilket ligger i osäkerhetsmarginalen av kalkylen. När man lägger till personalkostnader för förare, trafikledning och planering hamnar skillnaden i kostnad per km ännu närmare noll.
En elbuss är dubbelt så dyr som en biogasbuss. Utöver det tillkommer investering i laddning på depå och eventuellt batteribyte halvvägs elbussens livstid.
Drivmedelskostnaden är dock 75% lägre för en elbuss än för en biogasbuss och underhållskostnaden en tredjedel. Dessutom blir avskrivningstid för elbuss förlängs till 12 år (biogasbuss 10 år) för att elmotordrivlina teknik slits minder. Samtidigt med batteribytet genomförs en rejäl renovering, så att bussen blir som nytt på halva livstid; elbussen ska kännas fräschare trots längre livslängd.
Ändhållplats laddad elbuss är cirka 8% dyrare än depåladdad elbuss.

Titel	Dokumenttyp	Datum	Sida
Strategi och planering elbussar Svealandstrafiken	Offentligt	2020-02-07	5/36

Svealandstrafiken tar sitt samhällsansvar: med elektrifiering av stadsbusslinjer ska samhällsnyttan av kollektivtrafiken öka på följande områdena:

- Högre energieffektivitet
- Förnybar el kliv för klimatansvaret
- Tystare och utsläppsfria bussar - minskade problem med buller och luftkvalitet
- Tystare bussar möjliggör också en framtida förtätning av bebyggelsen
- Förbättrat arbetsmiljön för förarna och åkkomforten för våra resenärer

Strategi och planering för elektrifiering stadsbusslinjer:

- Framöver ska depåladdade elbussar upphandlas när nya stadsbussar behövs enligt utbytestakten för befintliga bussar och för utökning av stadstrafiken.
- Upphandling steg-1 för leverans av 10 styck depåladdade ledbussar till Västerås i 2021, med en option för fler bussar i takt med utökat trafikbehov. Ju snabbare vi skriver kontrakt för elbuss leverans, ju längre produktionstidsfönster leverantör får så att de mer flexibelt kan boka in produktion för olika kunder, vilket borde resultera i lägre inköpspris per buss.
- Upphandling laddinfrastruktur depå Retortgatan Västerås (i drift medio 2021) direkt efter tilldelning upphandling elbussar steg-1.
- Utvärdering steg 1 årsskiftet 2021-2022, vilken ska bekräfta vår syn på teknik, pris och risker. Utvärderingen ligger till grund för beslutet inför upphandling steg-2.
- Upphandling steg-2 för leverans av 40 styck depåladdade ledbussar i 2023 fördelat över Västerås och Örebro stad, med en option för fler i takt med utökat trafikbehov.
- Utökning installation laddinfrastruktur på depå Retortgatan Västerås och depå Bettorp Örebro (i drift medio 2023) som option från upphandling i steg C.



Bild: vår befintliga Solaris elbuss vid sin EkoEnergetica laddare på depå Retortgatan

Titel Strategi och planering elbussar Svealandstrafiken	Dokumenttyp Offentligt	Datum 2020-02-07	Sida 6/36
--	--------------------------------------	--------------------------------	-------------------------

2 INLEDNING

2.1 BAKGRUND

För att möta utmaningarna i linje med att Västerås växer, och för att ligga i framkant för att skapa en attraktiv stad, har Västerås Stad i samarbete med Region Västmanland och Svealandstrafiken genomfört ett strategiarbete för att utveckla kollektivtrafiken med utblick mot år 2050. Syftet är att säkerställa kollektivtrafikens roll och funktion för att kunna möta framtidens resandebehov med en hållbar kollektivtrafik.

Helhetsuppdraget benämns ”Framtidens kollektivtrafik i Västerås” och är uppdelat i fyra deluppdrag:

- Delprojekt 1: Framtidens kollektivtrafik – Övergripande utredning med syfte att tydliggöra vilka behov det regionala och lokala trafiksystemet kommer möta år 2050.
- Delprojekt 2: Framkomlighet – Kartläggning av faktorer och upprättande av åtgärdsplan för att säkerställa framkomlighet i kollektivtrafikkorridorerna.
- Delprojekt 3: Förutsättningar för elbuss – Utredning med syfte att se över förutsättningarna och möjligheterna för en eventuell övergång till elbussar med tillhörande laddinfrastruktur.
- Delprojekt 4: Bussdepå – Utredning för att kartlägga effekter och konsekvenser av olika lokalisering av en ny bussdepå.

Delprojekt 3 ”Elbussar” genomfördes under hösten 2017 och våren 2018 och avrapporterades 22 maj 2018. Projektet har landat i att en första elektrifiering borde ske på linje 5 (Tunbytorp-Hälla) och med ändhållplatsladdning som den mest fördelaktiga tekniken med dagens förutsättningar. Valet av linje 5 grundade sig i att ändhållplatserna bedöms vara relativt enkla att anpassa för eldrift samtidigt som det finns god kapacitet i elnätet på dessa platser. Vidare har linje 5 en hög kilometerproduktion per buss, vilket är en kostnadsmässig fördel. Delprojektet 3 föreslår för linje 5 också att införa ledvagnar istället för som idag korta fordon, bibehålla turtätheten samt öka antalet fordon på linjen från sex till sju.

2.2 OMVÄRLDSANALYS

Elbussar är ett nytt koncept som etablerats på marknaden och den tekniska utvecklingen av elbussar har gått snabbt under de senaste åren. Antalet elbussar i kollektivtrafiken har ökat både globalt och i Sverige. Det har genomförts ett antal demonstrationsprojekt med elbussar i Europa tidigare, men det har övergått till att ingå i ordinarie verksamhet. Elbuss ingår i praktiskt taget varje ny stadstrafikupphandling i Sverige. Storskaliga upphandlingar för hundratals elbussar i Nederländerna, Frankrike och Storbritannien har följts i Sverige med upphandlingar för 157 elbussar för Västtrafiken och liknande storleksorder för Skånetrafiken och Stockholm.

Några erfarenheter med elbussar:

- Nobina som har hittills minst 138 BYD elbussar, september 2017 i Bussmagasinet: Tiden har kommit för elektrifiering – depåladdning räcker oftast. Hittills har elektrifieringen präglats starkt av ett teknikfokus. Nu gäller det att gå över till ett kollektivtrafikfokus där behoven och inte tekniken styr. Det är inte självklart att man alltid bör satsa på elektrifiering av vissa linjer. Istället kanske det är bättre att elektrifiera vagnomlopp så att man blandar elbussar och biogasbussar på flera linjer i en stad. Om man elektrifierar linjevis finns det risk för en suboptimering: mindre kollektivtrafik än möjligt för pengarna.

Titel	Dokumenttyp	Datum	Sida
Strategi och planering elbussar Svealandstrafiken	Offentligt	2020-02-07	7/36

- Paris RATP som har beställt 800 elbussar, april 2018 i Busstmagasinet:
Vi anser att en tillfredsställande drift med snabbbladdning är både dyr och svår att förverkliga.
- Region Amsterdam som har flotta av 100 elbuss; juli 2018 i Busstmagasinet:
Vi måste acceptera längre avskrivningstider för elbussar. En viktig erfarenhet är att operatörerna måste få en betydande frihet när det gäller att lägga upp linjenätet och trafiken så att det fungerar bäst vid en övergång till elbussar.
- SL slutförde omfattande elbussutredning för Stockholm i februari, elbuss websida:
När vi inför elbussar i Stockholm vill vi använda befintlig infrastruktur så långt det är möjligt. Det betyder att bussarna i första hand kommer att laddas i depå under natten och inte ute i trafiken. På så sätt undviker vi dyra investeringar i nya tekniker och skrymmande laddningsstationer.
- Trafikkontoret i Göteborg, Transportforum 9 januari 2020:
Jämfört med biogasbussar minskar utsläppen av koldioxid med 88 procent, av kväveoxid med 97 procent av partiklar med 83 procent. De preliminära siffrorna gäller den första av tre elbussupphandlingar av stadstrafiken i Göteborg.
- Sörmlandstrafiken har elbussar genom operatörerna Transdev och Nobina:
Totalt redan 31 depåladdade elbussar i trafik i Eskilstuna, Nyköping, Katrineholm och Flen. Svar på vanliga frågor finns på deras hemsida och i bilaga 3.
- Några större elbuss upphandlingar i Sverige (utöver tabeller nedan):
SL minst 60 elbussar för Huddinge/Botkyrka; Jönköping 56 BRT elbussar; Västtrafiken 157 elbussar.

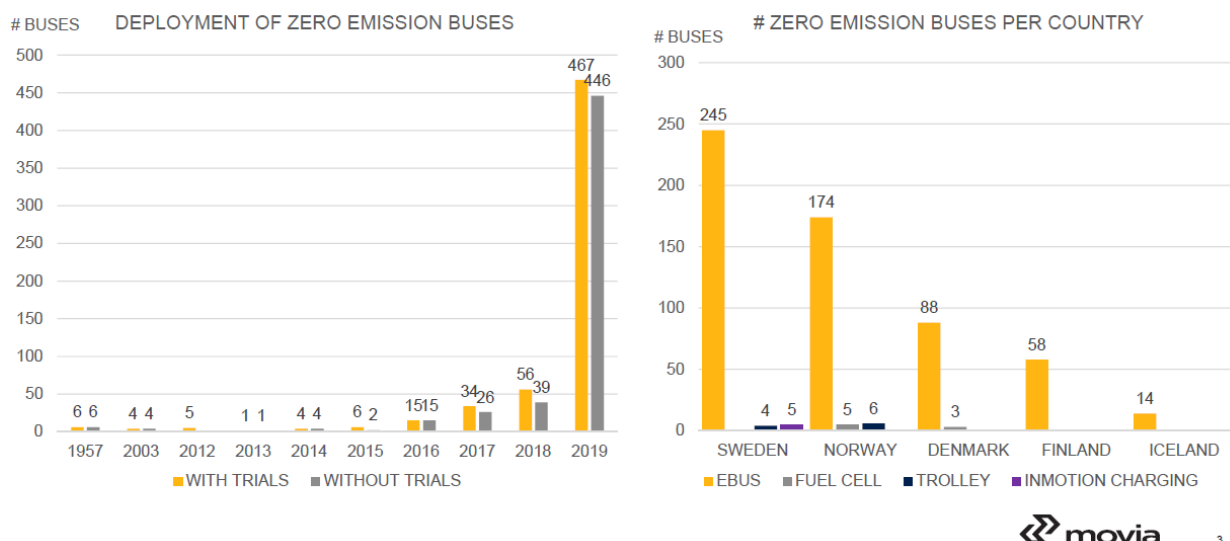
Presentation Mattias Adell från Svensk Kollektivtrafik på ZERO Nordisk konferans om utslippsfria busser 28 – 29 augusti

Region	City	No of E-buses	Length	Manufacturer	Operator	Ops. Since	Charging	Battery
Uppsala	Enköping	1	8	Iveco/Rosero	Sambus	2017 Oct	Depot	75Kwh
	Bålsta	1	8	Iveco/Rosero	Sambus	2018 Oct	Depot	75Kwh
Stockholm	Norrtälje	5	12	BYD	Nobina	2019 Jun	Depot	
	Barkarby	3	4	EasyMile	Nobina	2018 Oct	Depot	
	Sigtuna	5	12	BYD	Transdev	2019 Jun	Depot	
Norrbottn	Luleå	5	12,8	Linkker	LLT	2018 Oct	Pantograph	55 kWh
Kronoberg	Växjö	1	9,2	Optare	Flexbuss	2019 May	Depot	90 kWh
Västerbotten	Umeå	10	12&18	Hybricon	Transdev	2015 May	Depot	80 kWh
	Umeå	25	18	VDL	Transdev	2019 Jun	Depot	169 kWh
Jämtland	Östersund	3	12	Scania	Vy Buss	2018 Mar	Pantograph	120 kWh
	Östersund	2	12	Scania	Vy Buss	2019 Aug	Pantograph	150 kWh
Värmland	Karlstad	4	18	VDL	Keolis	2018 Dec	Pantograph	170 kWh
	Karlstad	3	9	Optare	Keolis	2015 Aug	Depot	90 kWh
Västmanland	Västerås	1	12	Solaris	Svealandstr.	2014 Aug	Depot	160kWh
	Västerås	7	8	Rosero	Svealandstr.	2018 Sep	Depot	88kWh
Sörmland	Eskilstuna	2	12	BYD	Transdev	2015 Sep	Depot	287 kWh
	Eskilstuna	10	12	BYD	Transdev	2017 Mar	Depot	324 kWh
	Nyköping	19	12,2	BYD	Nobina	2019 Aug	Depot	348 kWh
	Katrineholm	4	12,2	BYD	Nobina	2019 Aug	Depot	348 kWh
	Flen	1	12,2	BYD	Nobina	2019 Aug	Depot	348 kWh
Skåne	Malmö	13	12	Volvo	Nobina	2018 Dec	Pantograph	200 kWh
	Ängelholm	5	12	BYD	Nobina	2016 Jan	Depot	292 kWh
	Landskrona	14	12	BYD	Nobina	2019 Jan	Depot	348 kWh
	Landskrona	5	12	Ganz/Solaris	Nobina	2003 Sep	Trolley	54 kWh
	Ystad	5	12	Mercedes	Bergkvara	2019 Aug	Depot	243 kWh
	Helsingborg	13	18	VDL	Arriva	2019 Jun	Pantograph	160 kWh
Västra Götaland	Borås	10	18	BYD	Nobina	2019 Aug	D/P	
	Lidköping	11	12	BYD	Nobina	2019 Aug	Depot	
	Åle	5	10	BYD	Nobina	2019 Aug	Depot	
	Uddevalla	4	12	Volvo	BIVAB	2019 Jun	Depot	
	Göteborg	1	10	Volvo	Keolis	2015 May	Pantograph	
	Göteborg	1	12	Volvo	Keolis	2015 May	Pantograph	
	Göteborg	2	18	Volvo	Transdev	2018 Apr	Pantograph	
	Göteborg	1	7	Mellor	Connect Bus	2018 May	Depot	



Titel	Dokumenttyp	Datum	Sida
Strategi och planering elbussar Svealandstrafiken	Offentligt	2020-02-07	8/36

Norden: Presentation Joachim Danchel Special Advisor, MOVIA på ZERO Nordisk konferanse om utslippsfrie busser 28 – 29 augusti



2.3 SYFTE MED ELBUSS INFÖRANDET

Juni 2018 beslutade kommunstyrelsen Västerås och styrelsen Region Västmanland att godkänna det i delprojekt 3 Elbussar av utredning ”Framtidens kollektivtrafik i Västerås” redovisade upplägget där finansieringen bekostas av Västerås stad genom rambudget för kollektivtrafiken. Delprojekt 3 landade i att en första elektrifiering bör ske med snabbbladdning på ändhållplatser på linje 5. Valet av linje 5 grundar sig i att ändhållplatserna bedömdes vara relativt enkla att anpassa för eldrift samtidigt som det finns god kapacitet i elnätet på dessa platser.

På uppdrag av Kollektivtrafikförvaltningen Region Västmanland (KTM180126; 2019-12-17) har Svealandstrafiken fått ansvar att genomföra elektrifieringen av busslinje 5 med trafikstart i 2021. I enlighet med Slutrapporten från delprojekt 3 föreslår förvaltningen att Svealandstrafiken ansvarar för upphandling och ägandet av elfordon och laddinfrastruktur.

Uppdraget har från början formulerat som att elektrifiera en specifik linje med ett särskilt teknikval för elbuss. Detta teknikfokus har under projektets lopp utvecklats till effektmål för elbussar i stadstrafiken.

Effektmål för elektrifiering busslinjer stadstrafiken:

- Minskade utsläpp
- Minskade buller
- Högre energieffektivitet
- Förnybar el kliv för klimatansvaret
- Hållbarhetskrav på batterierna
- Samma operationella kostnader

Syftet med projektet har utvecklats till att skapa en strategi och planering för elektrifieringen av den linjelagda kollektivtrafiken med buss inom Svealandstrafikens geografiska ansvarsområde och att precisera utformningen och kostnads kalkyl som underlag för beslutet att påbörja upphandlingen av elbussar och laddinfrastruktur.

Titel Strategi och planering elbussar Svealandstrafiken	Dokumenttyp Offentligt	Datum 2020-02-07	Sida 9/36
--	--------------------------------------	--------------------------------	-------------------------

2.4 METODIK OCH ORGANISATION

Denna studie tar sitt avstamp i slutrapporten från delprojekt 3 Elbussar av utredning ”Framtidens kollektivtrafik i Västerås”. Det har kompletterats med kunskap från de senaste oberoende rapporter om elbussar som bl.a.:

- Utredningsstudie: Övergång till eldriven busstrafik i Stockholms län. Tjänsteutlåtande, Huvudrapport och alla tolv Underlags-PM. Trafikförvaltningen Stockholms Läns Landsting, publicerad 20 februari 2019.
- Informationsstöd om elbussupplägg till kollektivtrafikhuvudmän. Energimyndigheten i samverkan med Trafikverket, ER 2019:03, publicerad mars 2019.
- Rapport Elbussar i Sveriges kollektivtrafik. En kartläggning av Trafikförvaltningen Stockholm, Skånetrafiken och Västtrafik utifrån fyra perspektiv. Trafikverket, publicerad 19 september 2019.
- Policy brief: The impact of electric buses on urban life. UITP International Association of Public Transport, juni 2019.

Först har Svealandstrafiken utarbetat det förslagna laddkoncept från delprojekt 3: elektrifiering genom snabbbladdning på ändhållplatser Tunbytorp och Hälla på linje 5.

Vid stora internationella UITP Global Public Transport Summit mässan i Stockholm 9-12 juni 2019 visade sig att tekniken för det alternativa laddkoncept ladda långsamt på depå nattetid har förbättrats mycket. Flera busstillverkare kan leverera elbussar som har en räckvidd av minst 25 mil med bara en nattladdning. Ett sådan stor räckvidd räcker för 50-75% av alla bussomlopp från Svealandstrafiken

17 juni 2019 har Styrgruppen för denna elbuss studie godkänt förslaget av arbetsgruppen att utvärdera det alternativa laddkoncept ladda långsamt på depå nattetid i mer detalj och att jämföra det med det förslagna laddkoncept från delprojekt 3.

Augusti har Svealandstrafiken lagt ut en Request For Information eller Informationsförfrågan om elbussar i Västerås på TendSign. Frågeställningar var indelat i fyra kategorier:

1. Modellerings ändhållplatsladdat elbuss och/eller depåladdat elbuss
2. Elbussteknik, batteri och laddning (räckvidd; laddeffekt; förbrukning; garanti)
3. Uppvärmning och nerkyllning av busskupén
4. Generella frågor (pris; leveranstid; utseende; upphandling; miljöpåverkan)

Totalt 10 bussleverantör har skriftligt besvarat frågorna: Neoplan MAN; Evobus Daimler; VDL buss; Solaris; Volvo buss; Lecab Irizar; BYD buss; Yutong buss; Ebusco och Hybricon. Sedan har med varje har ett förtydligande möte genomförts.

Parallellt har diskussioner förts med laddinfrastrukturleverantör (ABB; Siemens; Heliox; Jema-Irizar; Schunk) via email och på mässor.

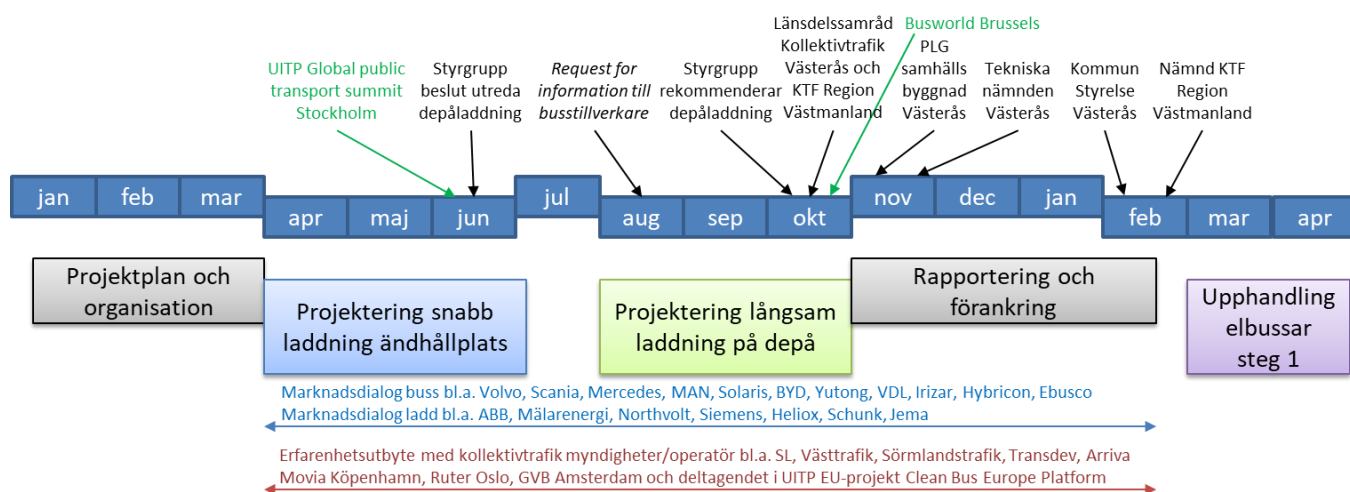
Höst 2019 har Svealandstrafiken testat utkastslutsatserna från studien i mötena med kollektivtrafikförvaltningar som har stor kunskap eller erfarenhet med elbussar i Sverige (Trafikförvaltningen Stockholm; Västtrafik; Sörmlandstrafiken; Luleå kommun; Skellefteåbuss).

Titel	Dokumenttyp	Datum	Sida
Strategi och planering elbussar Svealandstrafiken	Offentligt	2020-02-07	10/36

APOLLO-EU projektet finansieras av Europeiska Kommission och leds av UITP. Svealandstrafiken tar del som Target-city i projektets Clean Bus Deployment Platform tillsammans med cirka 60 kollektivtrafik myndigheter och operatör från 24 EU medlemsländer, 12 busstillverkare och 3 laddinfrastruktur tillverkare. Svealandstrafiken deltog i kick-off mötet i Brussels för Plattformen 23 oktober 2019 och en Plattform webinar "Clean Bus Technologies & Operation" 9 december 2019." Bland annat via Plattformen har Svealandstrafiken testat utkastslutsatserna från studien i mötena med kollektivtrafikförvaltningar som har stor kunskap eller erfarenhet med elbussar från Norge, Danmark, Nederländerna, Frankrike och Storbritannien.

Slutligen har Svealandstrafiken besökt Europas viktigaste bussmässa Busworld 2019 i Brussels 18-23 oktober 2019 för att se på vilket sätt teknikutvecklingen i branschen påverkar utkastslutsatserna från studien.

Översikt arbetsprocess inklusive viktiga beslutsmoment:



Organisation	Svealandstrafiken	Västerås Stad	Kollektivtrafik förvaltningen Västmanland	Mälarenergi
Projektägare	Peter Liss VD			
Styrgrupp	Peter Beckman	Thomas Wulcan	Mohammad Sabet	
Projektledare	Geert Schaap			
Arbetsgrupp	Mikael Källberg, Johan Jansson, Kenneth Brattvik	Jan Persson	Peter Backman	Kjell Lindmark, Johan Tonde

Styrgruppen diskuterade Projektplanen (en genomförandeplan / projektbeskrivning inklusive riskanalys och tidplan) vid sitt första möte 2 april 2019. Projektplanen antogs med några mindre tillägg i listan med milstolpar då. Styrgruppen har sedan dess genomfört ett flertal möten under 2019 och början av 2020.

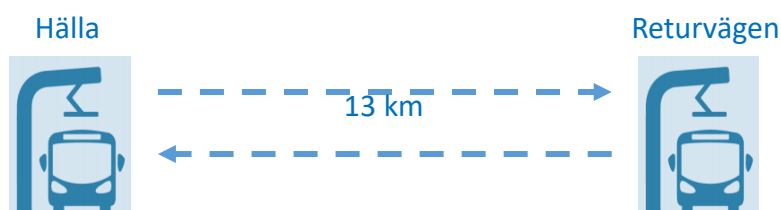
Titel	Dokumenttyp	Datum	Sida
Strategi och planering elbussar Svealandstrafiken	Offentligt	2020-02-07	11/36

3 VAL AV ELBUSS TEKNIK

Begreppet laddkoncept används för att beskriva en helhetslösning som innefattar laddstrategi (vart och hur ofta), batterikapacitet och laddteknik.

I följande avsnitt beskrivs varje del av laddkonceptet primär för tillämpning på linje 5 med ledvagnar och sekundär för andra stadslinjer. Avslutningsvis beskrivs på vilka sätt laddkonceptet är robust och flexibel gentemot risker och framtida behov av kollektivtrafiken i Västerås. Men först sammanfattas kort de mest påfallande fördelar och nackdelar av laddkonceptet (gentemot elbussar med stort batteri som bara laddas på depån).

3.1 SNABB LADDNING PÅ ÄNDHÅLLPLATSER AV STADSBUS LINJE



Laddkoncept upplägg:

- Mindre batteri som ska laddas snabbt med hög effekt vid ändhållplats
- Snitthastighet på linje 5 i teori 17 km/timme. Tur tar 40 min
- Vilotid ändhållplats Returvägen 7 min. Vilotid ändhållplats Hälla 3 min
- Pantograf och transformatorstation för högspänning vid varje ändhållplats
- Laddning med 450 kW tar cirka 5 min
- Ingen räckvidd begränsning – evighetsmaskin

Snabbladdning vid ändhållplatser ska ske med pantograf som sitter på stolpen och går neråt till bussen (inverted pantograph) enligt ACEA rekommendationer eller specifika standard. På taket av främre delen av bussen finns de 2 kontaktskenor. Laddningen är helt automatiserat via 2-vägs WiFi kommunikation. Chauffören får en signal att stanna inom 200 mm från referens platen för laddning. Pantograf standard förväntas blir antagen snart. Till dess kan man använda ACEA rekommendationer "Charging of electric buses" (maj 2017, ACEA European Automobile Manufacturers Association) som togs fram med Daimler, Iveco, Man, Scania och Volvo. Fri höjd under pantograf brukar vara 4,5 m och totalt höjd cirka 5,3 m. Alternativt kan snabbladdning ske med en pantograf som sitter på taket av bussen och som går upp till laddhatten som sitter på stolpen.

Konduktiv tilläggsaddning kan ske med 150 till 700 kW beroende på behovet. Samma pantograf kan leverera variabel laddeffekt. Batteriets kapacitet minskar från 80% till cirka 60% från första till andra ändhållplats och pantograf ska ladda från 60% tillbaka till 80%.

Laddtid vid pantograf för linje 5 (12 km från Hälla till Tunbytorp) är 3 minuter och 20 sekunder med normalt 300 kW laddeffekt, exklusive på och avkopplingstid. Om andra pantografen är ur funktion så behöver man kanske ladda dubbelt så lång tid, men marginal för förseningar i tidtabellen är då liten.

Titel	Dokumenttyp	Datum	Sida
Strategi och planering elbussar Svealandstrafiken	Offentligt	2020-02-07	12/36

När en buss kör från depån till ändhållplats kan bussen börja med ladda upp till minst 80% och värma upp bussen ordentligt vintertid. Vid sista rutt på kvällen ska bussen laddas maximalt vid sista besök vid pantografsnabbladdare vid ändhållplats. Således finns det inget stort behov för laddning på depån.

För underhållsladdning nattetid borde en 22 kW standard wallbox räcka. Mest tids laddas bara med cirka 10 kW nattetid. Syftet med underhållsladdning är att balansera battericellerna och att toppa upp batteri till 100% fulladdad.



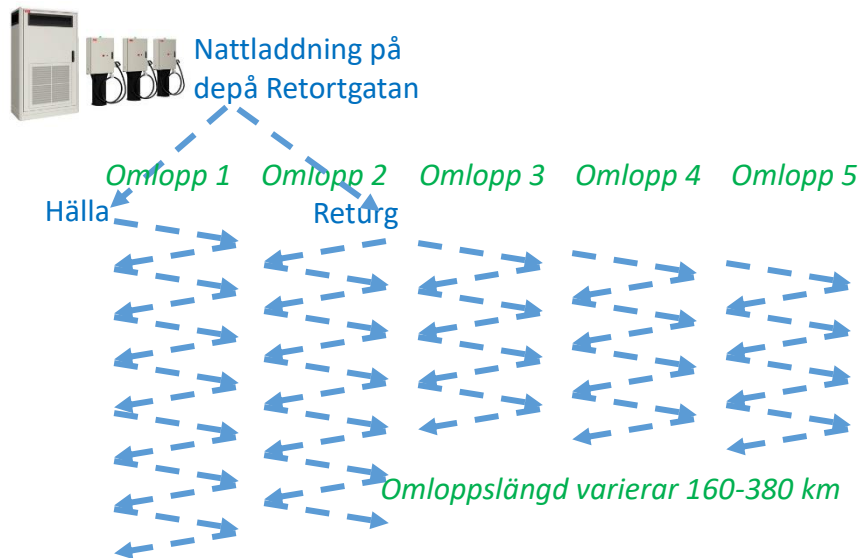
Bild: pantograf ner koncept med en Volvo elbuss i Göteborg

Laddkoncept bedömning:

- Etablering pantografer är komplicerat och dyrt = separat planeringsprocess varje (ny) ändhållplats och separat högspännings (HSP) abonnemang/ändhållplats + /depå
- Snitthastighet i praktiken redan nu lägre, pga. fler resenärer och mer trafik - vilotid ändhållplatser offras för att hinna tidtabell - särskilt i peak period risk att tiden blir för kort för tillräckligt laddning
- Komplikationer som vägarbete, olyckor, snö kan göra pantograf laddare ouppnåeligt
- Staden växer och fortsatt ökning kollektivtrafik
 - Linjesträckning ständigt i förändring
 - Flytt ändhållplats = flytt pantograf + transformator
 - Längre linje, risk att bussbatteri för kort
- Problem pantograf eller elbuss vid introduktion på linje 5 synlig för allmänheten – PR skada
- Ännu mer PR skada om pantograf teknik skulle försvinna

Titel	Dokumenttyp	Datum	Sida
Strategi och planering elbussar Svealandstrafiken	Offentligt	2020-02-07	13/36

3.2 LADDA LÅNGSAMT PÅ DEPÅ NATTETID FÖR UTVALDA VAGNOMLOPP



Laddkoncept upplägg:

- Små enkla CCS (Combined Charging System) laddare
- En transformatorstation för högspänning för all elanvändning på depå
- Laddning 80 kW tar 3-4 timme
- Större batteri med räckvidd 20-30 mil
- Varje buss kör ett omlopp per dygn, men omloppens längd varierar stort.
- 50-75% av omlopp klaras med denna räckvidd
- Elbussar kan sättas in flexibel i hela staden

Långsamladdning sker med CCS2 combo laddkontakt, vilket är samma standard som används för vanliga elbilar i Europa. I fall laddning på depå inte skulle vara möjligt kan bussen även laddas vid snabbladdare för elbilar, om tillgänglighet tillåter.

Elbuss med laddkontakt på höger och vänster sidan ska öka flexibilitet i uppställning av laddare på depån (ladda två bussar samtidigt från båda sidor av laddare som står i mellan).



Laddning ska ske på depån när bussen kommer tillbaka från sitt omlopp. Första elbussar kommer in på tidigt på kvällen och de sista runt midnatt. Laddeffekt ligger mellan 50 och 100 kW. Om ladd tidsfönster tillåter kan två bussar laddas samtidigt med 50 kW i 6-8 timmer. Elbussar som kommer in senast och bara har kort ladd tidsfönster kan laddas med 100 kW vid en laddare.

På depå Retortgatan i Västerås finns redan en snabbladdare med CCS kontakt från EcoEnergetica som tillhör befintliga Solaris elbuss. Den laddaren kan anpassas för laddning med mer än 100 kW i framtiden om behovet skulle uppstå.

Titel	Dokumenttyp	Datum	Sida
Strategi och planering elbussar Svealandstrafiken	Offentligt	2020-02-07	14/36



Bild: miljö- och klimatminister Isabella Lövin (Miljöpartiet) vid invigning depåladdad BYD elbuss i Eskilstuna

Laddkoncept bedömning:

- RFI bekräftar räckvidd depåladdade bussar ligger på 25-30 mil för bussar som levereras slutet av 2021
- Räckvidd vid nästa stora stadsbuss ersättning i 2029 borde bli avsevärt bättre
- Eleffekt till depå relativt enkelt att ordna
- Planering laddinfrastruktur på depå görs bara en gång och vi har större frihet med placering och utformning på egen tomt
- En stor HSP abonnemang för depån = billigare el
- Laddas nattetid då används inte dyr förartid till att vänta medan bussen laddas.
- Ladda nattetid till lägre natt-tariff el
- Redundans med många laddare på depå
- Minskning av effektbehovet möjligt genom peak-shaving, load-management, smart charging och energilagring på depån

Titel	Dokumenttyp	Datum	Sida
Strategi och planering elbussar Svealandstrafiken	Offentligt	2020-02-07	15/36

3.3 FÖR/NACKDELAR FÖR BÅDA LADDKONCEPT

Tabellen ger en översikt av för- och nackdelar för varje laddkoncept.

Snabbladdning med hög eleffekt på ändhållplatser	Elektrifiera vagnomlopp och ladda långsamt på depå nattetid
Fördelar 1. Obegränsat antal drifttimmar per dygn. Kan snabbladdas vid varje pantograf 2. Mycket lägre effektbehov i depån. Bbara underhållsladdning ca. 10kW/buss - EJ BEVISAT: Utsläppsfri uppvärmning med el. Flesta tillverkare vill ha tilläggsvärmare ändå - EJ BEVISAT: Mindre batteri då lägre inköps- och ersättnings-kostnad, lägre vikt; högre passagerarkapacitet, lägre förbrukning - EJ BEVISAT: Lägre livscykelkostnader pga. mindre batteri. Varierar per typ och leverantör Nackdelar 1. Minskad flexibilitet i bussflottan. Kan bara användas på linjer med pantograf 2. Längre omloppstid kan behövas om 5 min snabbladdning vid ändhållplats inte passar i vilotidfönstret. Behov av extra fordon och förare kan uppstå 3. Förseningar kan vara svårare att hantera då bussarna måste laddas 4. Vid flera timmars elavbrott eller fel på eller ej nåbar pantograf stopp på elbuss 5. Planering laddinfrastruktur vid ändhållplats tar tid, blir ofta komplicerat (eleffektbehov; gestaltning; utrymme) och finns risk att man inte får till det i tid eller alls 6. Inpassning laddare på någon annans mark ska göras om för varje ändhållplats 7. Inte alls säkert om laddstolpar kommer att vara nödvändiga för nästa generations elbussar 8. Högsänkning (HS) krävs för pantograf vid varje ändhållplats. Anslutning 750 kkr 9. Stor investering på 4,5 Mkr per ändhållplats för pantograf + transformatorstation 10. Förankring av busslinje. Flytt ändhållplats innebär kostnad för flytt av pantograf 11. Snabbladdning med 450 kW ger hög kapacitetsavgift per ändhållplats. Kan inte effekt styras till lägre peak-avgift. Effekttariff baseras på medeleffekt per timme, men troligvis kommer elnätsbolag förändra det till verklig max effekttuttag 12. Extra separat el abonnemang för varje ändhållplats 13. Tekniskt komplex pantografladdare utanför depå är sårbar för vädret, olyckor och skadegörelse 14. Batteri kWh och laddeffekt kW dimensioneras efter tyngsta linje 15. Ingen gemensam standard i dagsläget	Fördelar 1. Elbuss kan schemaläggas på flesta stadslinjer. Med räckvidd 25-30 mil täcks 50-75% av alla bussomlopp 2. Relativt små investeringskostnad i ladd infrastruktur (120 kW laddare/2 buss och gemensam transformator) 3. Planering laddinfrastruktur på depå görs bara en gång och vi har större frihetsgrad med placering och utformning på egen tomt 4. Laddas nattetid då används inte dyr förartid till att vänta medan bussen laddas. 5. Ladda nattetid till lägre natt-tariff el 6. Tidsfönster på natten stort nog så att <50% av alla elbussar behöver laddas samtidigt, vilket halverar effektbehovet 7. Minskning av effektbehovet möjligt genom peak-shaving, load-mgt, smart charging och energilagring på depån 8. Krävs bara en gång HS abonnemang och anslutningsavgift 9. Övergång till HS på depå resulterar även i lägre elpris för allt befintlig elförbrukning på depån 10. Stort batteri klarar längre elavbrott och kan då även laddas vid extern CCS billaddare 11. Möjlighet till lagring sol-el producerat på depån dagtid för laddning nattetid 12. Buss kan köra till Örebro 13. CCS standard för depå laddare 14. Minimalt underhåll CCS handske Nackdelar 1. Räckvidd begränsad 2. Lång laddningstid (3-4 tim) 3. Krävs förstärkt el matning till depå 4. Uppvärmning med direktverkande el vid kallaste dagar kan stå för hälften av elbehov och skulle då minska räckvidd 5. Uppvärmning med tilläggsvärmare på HVO eller biogas (för att lösa föregående nackdel) resulterar i utsläpp och fortsatt behov av tankning av elbussar. <i>Det finns redan busstillverkare som påstår att deras elbuss inte kräver tilläggsvärmare alls</i>

Titel	Dokumenttyp	Datum	Sida
Strategi och planering elbussar Svealandstrafiken	Offentligt	2020-02-07	16/36

Sammanfattningsvis är det tydligt att depåladdade elbussar innebär många fördelar och få nackdelar. För snabbbladdning vid ändhållplatser är det precis tvärtom: många nackdelar och få fördelar.

RFI bekräftar räckvidd depåladdade bussar ligger på 25-30 mil för bussar som levereras slutet av 2021. Räckvidd vid nästa stadsbussersättning i 2029 blir bättre, men till dess kan längre omlopp trafikeras med biogasbussar.

Om man hanterar räckviddbegränsning genom att välja passande omlopp och om man inför smart styrning av bränsle driven tilläggsvärmare, då har depåladdningsalternativ många fördelar utöver ändhållplatsladdningsalternativet.

3.4 RISK OCH FLEXIBILITET AV BÅDA LADDKONCEPT

Laddkonceptet ska vara framtidssäker och möjliggöra en praktisk och flexibel utövning av busstrafiken i Västerås. I detta avsnitt beskriver vi olika aspekter som påvisar att valt lösning är robust och flexibelt.

Ändhållplatsladdning på linje 5 blir komplicerat att få igång och innebär större risker.

Tid för ändhållplatsladdning kan saknas i praktiken på grund av många olika orsaker.

Förändring linjedragning eller ändhållplats får stora konsekvenser för pantograf, transformatorstation, laddtid och batteri.

Med laddkoncept snabbbladdning kan vi även trafikera längre busslinjer än vi hade tänkt oss i upphandlingen, men då blir urladdning av batteri kanske från 80% ner till 50% istället för till 60%. Det påverkar livslängd av batteri negativt.

Använda samma typ av 18-m elledbuss på flera stadslinjer ökar fordonsflexibilitet. Det betyder i praktiken att batteriet i en elbuss för snabbbladdning på ändhållplatser alltid är överdimensionerat för att kunna köra på lite längre linje. Men oftast är batteriet i en elbuss för snabbbladdning på ändhållplatser ännu större för att man dimensionerar det för att vara säkert i fall man inte kan ladda vid en av båda pantografladdaren.

Förändring lokalisering ändhållplatser: Flytt av pantograf kostar 250-700 tkr.

Utöka turtäthet och antal bussar på linje 5: med samma 2 pantografer på linje 5 kan fler bussar laddas, men laddfönstret är redan ansträngd och blir då mycket kort. För samma anledning är det inte realistiskt att dela pantograf och transformatorstation mellan linjer: bara som redundans kan det vara rimligt att dela pantograf.

Extra snabbbladdare på depån: För enbart elektrifiering av linje 5 finns det ingen tydlig anledning att placera pantografsnabbbladdare på depån. Men ner fler busslinjer ska elektrifieras enligt samma laddkoncept kan det behövas att installera en enklare pantografvariant på depån som kan ladda bussen med 100-300 kW.

Diskussioner pågår om möjlig flytt av depån Retortgatan, för att nuvarande hyresavtal löper ut i 2024. Flytt av depån innebär mindre flyttkostnader för wallboxer kopplat till snabbbladdade elbussar. Med laddkoncept långsamladdade elbussar är alla 120-150kW laddare och ställverk och transformatorstation flyttbara moduler; det ända som man inte kan flytta med är anslutningskostnad för högspänning man då har betalt. Men dessa specifika elbuss relaterade kostnader är mycket lägre än ny dragning av biogasledning till nya depån och flytt av all biogas relaterad infrastruktur (biogas lager; LNG back-up

Titel	Dokumenttyp	Datum	Sida
Strategi och planering elbussar Svealandstrafiken	Offentligt	2020-02-07	17/36

lager; kompressor; gasrör; tankningsdispensers vid ramp; fjärrvärmesystem för uppvärmning; tryckluftssystem) per biogasbuss.

Om båda pantografer skulle vara ur funktion samtidigt borde biogasbussar omprioriteras och omdirigeras till berörd stadslinje som har högre ekonomiskt och socialt värde. Snabb åtgärda fel med pantograferna (inställelsetid) borde då bli ett viktigt urvalskriterium i upphandlingen.

Robusthet av båda laddkoncept	Snabbladdning med hög eleffekt på ändhållplatser	Elektrifiera vagnomlopp och ladda långsamt på depå nattetid
Effekter av fler elbussar eller nya busslinjer	- - fler pantografer och för varje ändhållplats extra transformatorstation	- stegvis bygga ut transformator
Längre busslinjer	- - batteri räcker inte till längre	- sätt in extra buss
Förändring lokalisering ändhållplatser	- - flytt pantograf + transformator	0 ingen effekt
Utöka turtäthet och fler bussar på linje	- - risk att laddtid för kort	0 ingen effekt
Dela laddinfrastruktur mellan busslinjer	0 inte i praktiken	+ alla bussar laddar på samma depå
Flytt av bussdepån Retortgatan (kostnad för Västerås stad)	- flytt av små laddare	- flytt av laddare
Elbuss med lägre förbrukning och längre räckvidd	0 ingen effekt	+ klarar längre och flera omlopp
Energilagring	0 ej rimligt för pantograf	+ sänkt elkostnad om effekttopp kapas
Produktion solel på bussdepå	0 ej rimligt för pantograf	+ sänkt elkostnad med egen el
Flera timmars elavbrott	- - bussar tas ur trafik	0 batteri räcker och bussen kan laddas hos extern snabbladdare för bilar
Linjeförändring pga vägarbete, olycka, snö, osv.	- kan få stora konsekvens	0 ingen effekt
Skador på laddare pga vandalisism / påkörning	- - buss kan inte laddas	0 redundans i många laddare
Effekttariff medeleffekt per timme blir verkligt maxeffektuttag	- - högre elpris	- flera sätt att kapa peak-effekt
	Minus 16 poäng	Minus 1 poäng

Elektrifiera vagnomlopp med depåladdningsalternativet har få risker och ger stor flexibilitet bussinsats. Laddkonceptet med snabbladdning vid pantografer är inte robust för risker och stadens tillväxt och skulle betyda stora utmaningar för daglig drift.

Långa omlopp kan köras med biogasbussar, tills tillräcklig räckvidd finns för depåladdade elbussar. Räckvidd vid nästa stora stadsbussersättning i 2029 borde bli avsevärt bättre.

All laddning på depå skapar goda förutsättningar för smarta lösningar som kapar effektbehov.

Trasig elbuss eller laddare har ingen synbara effekter för resenärer. Strul med pantograf på linje 5 eller en av linje 5 elbuss är märkbart och kan leda till stor negativ media uppmärksamhet och därmed äventyra fortsatt elektrifiering.

Titel	Dokumenttyp	Datum	Sida
Strategi och planering elbussar Svealandstrafiken	Offentligt	2020-02-07	18/36

För själva genomförande återfinns ett antal risker som redovisas i tabellen nedan.

Risk	Konsekvens	Effekt	Sannolikhet	Mildrande åtgärder
Resursbrist Svealands- trafiken i upphandlings- skedet och utrullning period 2020-2023	Försening i förberedande och publicering av upphandlingar och realisering	Medel	Hög	Anställa elektroteknikingenjör. Kontinuitet i projektledare från start till slut. Hyra in extern personal i tid som sista lösning.
För högt anbudspris för att klara av kostnadsneutral införandet av elektrifieringen	Anbudet antas ej och gör ny upphandling; anbud omförhandlas eller Västerås stad beslutar att höja ersättning för elektrifierat	Hög	Låg	Uppdatera, förbättra och detaljera kostnadsuppskattningen genom kontakter med leverantör och de senaste upphandlande organisationer
Överprövning av fordon eller infrastruktur- upphandling	Trafikstart försenad med 2-6 månader	Medel	Medel	Intensivt erfarenhetsutbyte med kollektivtrafikmyndigheter och busstransportoperatör som har elbussar i drift
Lång leveranstid elbussar	Trafikstart augusti 2021 uppskjuten med 1-6 månader	Hög	Hög	Marknadskoll RFI ska ge bättre koll på vilken leveranstid som är realistiska och hur stor förseningen och risken är
Problem eller försening för nya verkstadsprocesser med för eldrivlina, högre spänning och batterier.	Kostnaden för införandet, drift (underhåll) högre än uppskattat	Medel	Låg	Träning av personal. Översyn verkstadsrutiner pågår. I tidigt skede anställa rätt ny kompetens för elektrifiering.
Laddning lever inte upp till önskad standard	Störningar orsakar sämre laddning	Medel	Låg	Lägga över delar av den risken på leverantör av tekniken. Fler laddare på depå – redundans i fall en laddare är trasig.
Kostnadsfördel el mot biogas och diesel minskas	Högre drivmedelskostnad.	Medel	Låg	Långtid el avtal säkrar fast lägre kWh pris för lång period. Satsa på billigare HSP. Elpris på Nordpol elmarknad är långsiktigt låg. Skattefrihet biogas i Sverige inte än säkrat med EU för 2020
Brist på verkstad personal specialiserat på elbussar	Försening i underhåll leder till längre perioder att elbuss inte kan vara i trafik.	Medel	Medel	Bättre marknadsföra Svealands- trafiken som god arbetsgivare på gymnasiet + YHS. I tidigt skede anställa rätt ny kompetens för elektrifiering. Hyra in extern personal i tid som sista lösning.
Lägre trafiksäkerhet för synskadade kopplat till tystare elektriska fordon särskilt i låg hastighet (direkt efter stopp)	Fler olyckor med personer på gatan. Inte rimligt: chaufför är redan inställt på att folk är för upptagen med mobil att ha koll på buss.	Medel	Låg	Chaufför på elbuss bör ta extra hänsyn till att buss är tyst. Intressegrupp får höras lokalt och ge synpunkter, under processens gång.

Titel	Dokumenttyp	Datum	Sida
Strategi och planering elbussar Svealandstrafiken	Offentligt	2020-02-07	19/36

4 KOSTNADSKALKYL OCH FINANSIERING

4.1 ANTAGANDEN

Uppskattning av kostnader och finansiering av elbussar och tillhörande laddinfrastruktur har pågått sedan första interna utredningen hos Svealandstrafiken och utredningen som WSP har gjort för KFT Region Västmanland i 2016 ”Elektrifiering av bussar i Västmanland” och för Västerås Stad i 2018 ”Framtidens kollektivtrafik i Västerås – delprojekt 3 Elbussar”. Uppskattningar och erfarenheter av dessa studier har uppdaterats med nyare studier, marknadssdialog med tillverkare och erfarenhetsutbyte med kollektivtrafik myndigheter/operatör som har beskrivits i sektion 2.4 Metodik.

Kalkylen i strategin är baserad på konservativa kostnadsuppskattningen, utgår från 3% ränta och inkluderar ett riskpålägg på 3% på investeringar i elbuss och laddinfrastruktur. Man har inte tagit med möjliga bidrag från ansökningar som har gjorts till nationella bidragsprogram som Elbusspremie (20% bidrag per elbuss) och Klimatklivet (40% bidrag på laddinfrastruktur).

Vi har lagt in ett riskpålägg på 3% på investeringar i elbuss och laddinfrastruktur.

Fordonsrelaterade poster	Beskrivning	Pris (kronor)	Enhet	Avskrivning (år)
Biogasbuss	MAN 18m ledbuss från senaste upphandling	3 450 000	styck	10
Elbuss snabb pantograf laddad, exkl. batteri	Inkl. batteri dubbelt så dyr som biogasbuss. Livslängd valt på 2x batteri livslängd.	4 830 000	styck	12
Elbuss natt depåladdad, exkl. batteri	Inkl. batteri dubbelt så dyr som biogasbuss. Livslängd valt på 2x batteri livslängd.	4 830 000	styck	12
Restvärde dieselbuss	Noll. Skrotvärde eller andrahandsvärde blir skänk från ovan	0		
Restvärde elbuss (excl. batteri)	Noll. Skrotvärde eller andrahandsvärde blir skänk från ovan	0		
Restvärde batteri	Noll. Om vi bygger upp egen energilager på depåerna kan vi skapa mervärde	0		
Renovera buss vid halva livstid	Om livstid längre än standard 10 år, ordentligt renovering	200 000	styck	6
Batteri (ingår i inköpspris buss) och Ersättningsbatteri	30% busspris. Kostnad nya pack, celler, refurbishment varierar mellan tillverkare. Livslängd 5-10 år, beroende på leverantör	2 070 000	styck	6

Titel	Dokumenttyp	Datum	Sida
Strategi och planering elbussar Svealandstrafiken	Offentligt	2020-02-07	20/36

Laddinfrastruktur poster	Beskrivning	Pris (kronor)	Enhet	Avskrivning (år)
Pantograf 450kW snabbladdare	Stolpe inkl. laddare och mätarskåp och installation	3 250 000	styck	20
Transformatorstation ändhållplats	Uppskattning Mälarenergi	700 000	styck	40
Installation transformatorstation ändhållplats	Inkl. anslutning till HSP och markarbete. Uppskattning Mälarenergi	200 000	styck	5
Anslutningsavgift HSP ändhållplats	Avgift till elnätägare enligt uppgift Mälarenergi	900 000	styck	5
Underhållsladdare på depå för snabbladdad buss	Standard 24 kW wallbox, inkl. installation	125 000	per buss	20
Långsam nattladdare depå	Dela 150kW laddare mellan 3 bussar (eller 120kW laddare/2 bussar), kostnad/buss	220 000	per buss	20
Mätning till underhålls- eller nattladdare på depå	Enligt el-entreprenör	75 000	per buss	5
Transformatorstation depå för alla nattladdare (2,5 MW)	Inkl. ställverk för mellanspänning och installation. Uppskattning Mälarenergi	1 500 000	styck	40
Installation transformatorstation 2,5 MW på depå	Entreprenad, koppla ihop, etc. Uppskattning Mälarenergi	250 000	styck	5
Anslutningsavgift HSP depå <2MW	Fast avgift till elnätägare Mälarenergi	1 200 000	styck	5

Rörliga kostnadsposter	Beskrivning	Värde	Enhet
Snitt bussproduktion vagn	För alla stadslinjer inkl. tomkörning och garagekörning 215 km/d; 10% av året exkluderat för underhåll, service, osv.	70 628	km/år per buss
Förbrukning biogass 18m ledbuss	Baserat på statistik Svealandstrafiken	0,65	m3 biogas/km
Pris biogas	Baserat på statistik Svealandstrafiken	11,00	kr/m3
Förbrukning HVO för uppvärmning elbuss	50% körtid; 18 km/tim SORT2; 2 l HVO/tim; 50% full kapacitet (bara < -5 C)	0,028	l HVO/km
Pris HVO för uppvärmning elbuss	Företagspris 2019/09/26 https://www.okq8.se/foretag/priser/#/	17,56	kr/l
Förbrukning el 18m ledbuss (båda typer)	Enligt ER 2019:03 Energimyndigheten, Informationsstöd om elbussupplägg till kollektivtrafikhuvudmän	1,70	kWh/km
Service laddare Elbuss	Procentsats av anskaffningskostnad. Enligt ER 2019:03	3,0%	
Service transformatorer	Procentsats av anskaffningskostnad. Enligt Mälarenergi	1,0%	
Service Biogasbuss	Enligt ER 2019:03 Energimyndigheten	3,0	kr/km
Service Elbuss	Enligt ER 2019:03 Energimyndigheten	2,0	kr/km
Ränta	Antagande för genomsnitt ränta nästa 12 år	3,0%	

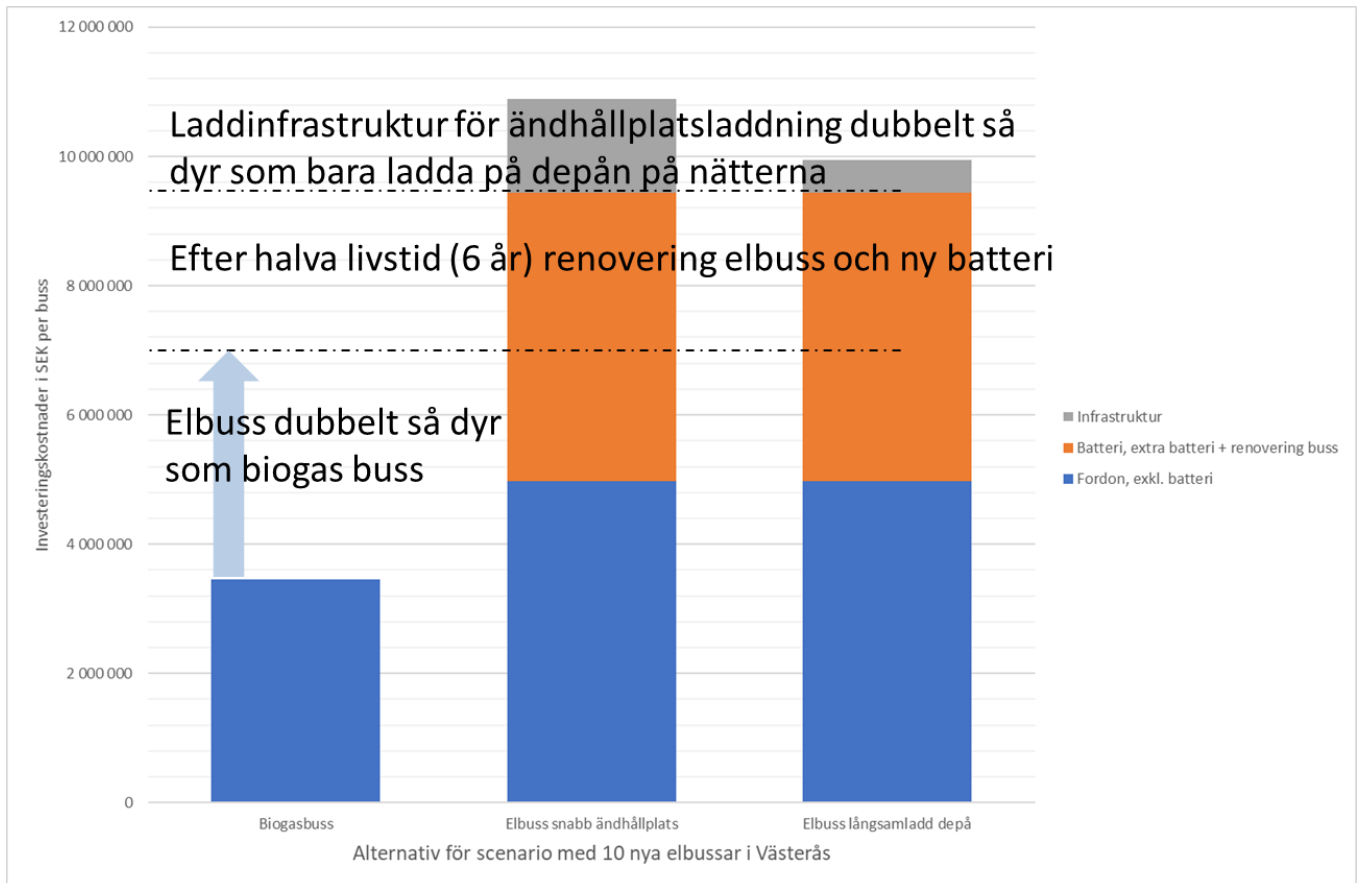
Kostnader elhandelsbolag och elnätsbolag för lågspänning och högspänning enligt Mälarenergis priser för företag.

Titel	Dokumenttyp	Datum	Sida
Strategi och planering elbussar Svealandstrafiken	Offentligt	2020-02-07	21/36

4.2 INVESTERINGSBEHOV

Inköpspriset på en elbuss inklusive batteri och ett utbytesbatteri efter halva fordonsavskrivningstiden ger ett betydligt högre pris än inköpspriset av en biogasbuss. En 18 meters elbuss uppskattas kosta 6,9 miljoner kronor och är dubbelt så dyr som en biogasbuss. Utöver det tillkommer investering i laddning på depån och eventuellt batteribyte (30% av busspriset) efter elbussens halva livstid.

Bild: CAPEX investeringskostnader för inköp och realisering



Inkl. 3% riskmarginal på investeringar elbuss, batteri och laddinfrastruktur

4.3 ÅRLIGA KOSTNADER

Årliga kostnader (avskrivning och operationella kostnader) för elbussar med infrastruktur för att ladda långsamt på depå nattetid förväntas bli cirka 2% högre jämfört med biogas buss alternativet, vilket ligger i osäkerhetsmarginalen av kalkylen. När man lägger till personalkostnader för förare, trafikledning och planering hamnar skillnaden i kostnad per km ännu närmare noll.

Titel	Dokumenttyp	Datum	Sida
Strategi och planering elbussar Svealandstrafiken	Offentligt	2020-02-07	22/36

En elbuss är dubbelt så dyrt som en biogasbuss. Utöver det tillkommer investering i laddning på depån. Att depåladdad elbuss alternativet når samma km kostnad som biogasbuss alternativet beror på

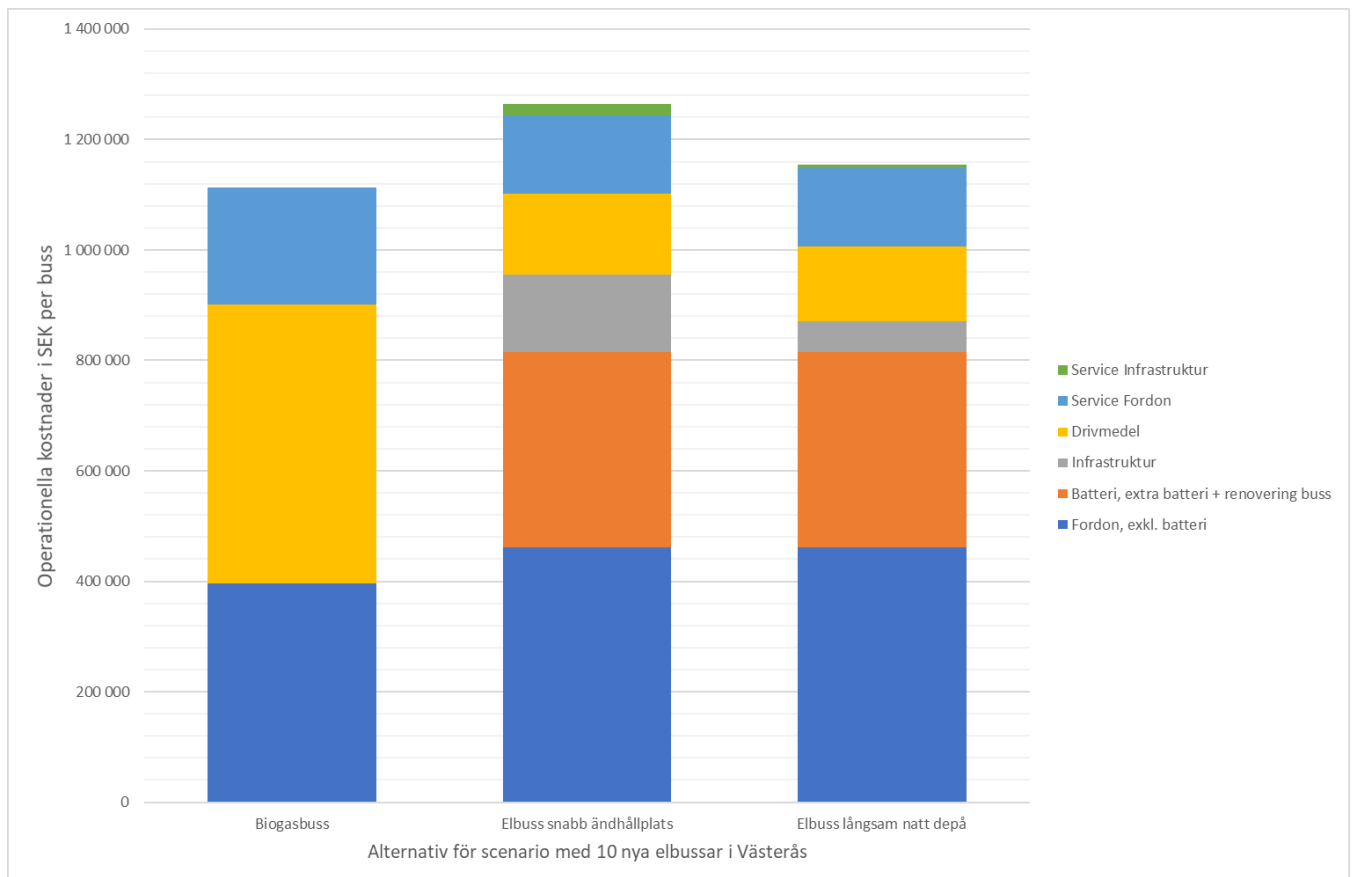
- 75% lägre drivmedelskostnad
- 33% lägre underhållskostnad
- Elmotor drivlina teknik slits minder; avskrivningstid elbuss förlängs till 12 år (för nuvarande är det 10 år för biogas stadsbuss)

Kostnads kalkylen är konservativt och har även tagit med att

- Livslängd batteri är halve avskrivningstid elbuss, då byter man till nytt batteri
- Samtidigt med batteri byte genomförs rejäl renovering, så att bussen blir som nytt på halva livstid; elbussen ska kännas fräschare trots längre livslängd.
- 3% riskmarginal på investeringar

Ändhållplats laddad elbuss är 8% dyrare än depåladdad elbuss

Bild: OPEX årlig kostnad för drift och underhåll och för investeringarna baserat på annuitetsmetoden



Titel	Dokumenttyp	Datum	Sida
Strategi och planering elbussar Svealandstrafiken	Offentligt	2020-02-07	23/36

5 PLANERING INFÖRANDET ELBUSS FÖR STADSTRAFIKEN

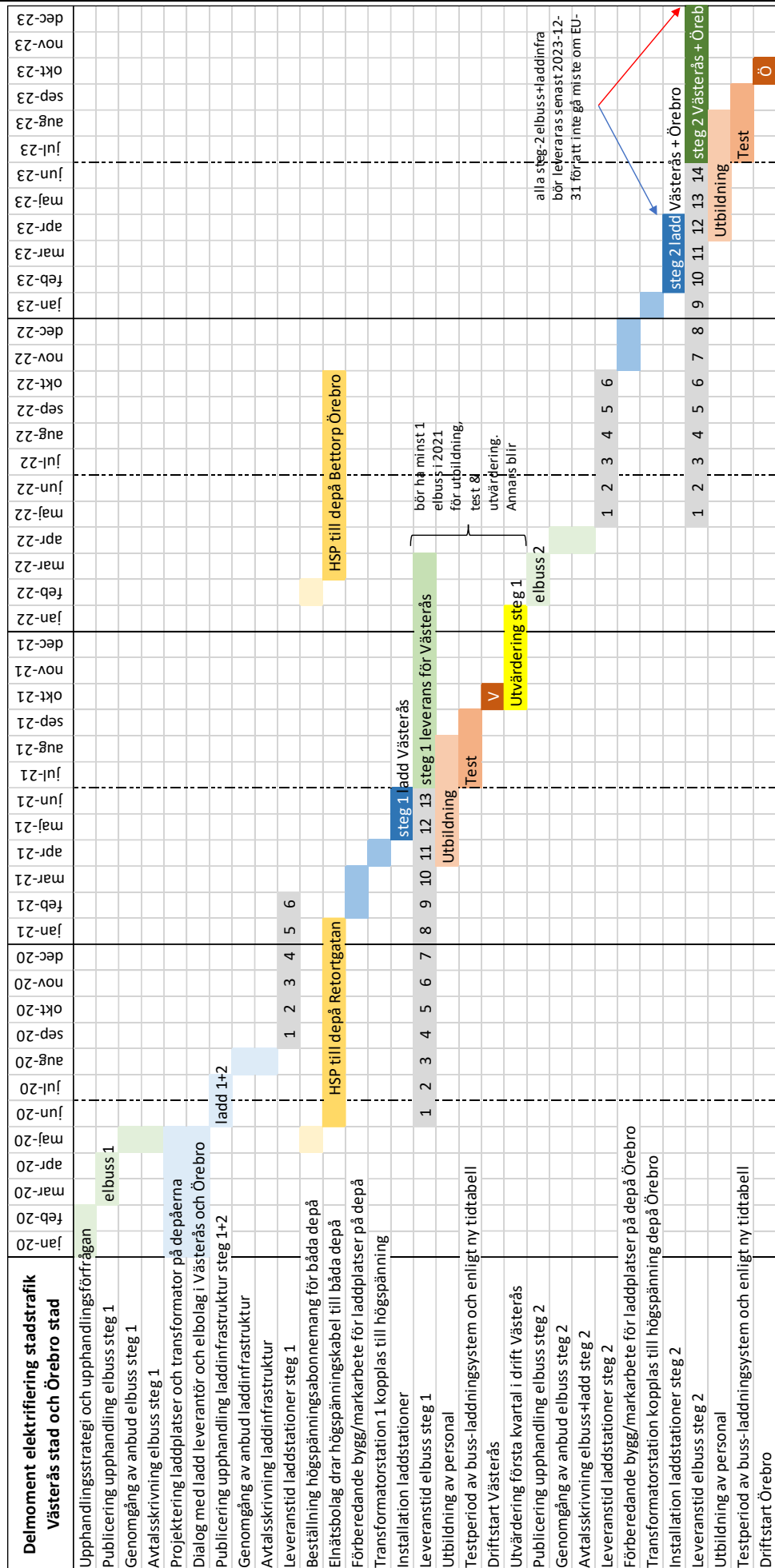
5.1 KRAVSPECIFIKATION ELBUSS OCH LADDINFRASTRUKTUR

Kravställning på elbussar som ska långsamladdas nattetid på bussdepån ska specificeras omsorgsfullt och ska täcka in följande huvudpunkter:

- Ledbuss 18,0-18,75 m längd, utökad längd kan ge bättre få plats med batterier på taket och fler platser
- Helst lite modernare design för att få lättare att känna igen att det är en elbuss
- Batteri med maximal räckvidd som ska långsamladdas på depå med 50-150 kW
- Vikt av extra batterier i bussen och antal passagerare i balans med tillåtet axeltryck
- Smart styrning för uppvärmning och kylning med optimal användning el och om så behövs tilläggs HVO-värmare vid lägre temperatur
- Lagg in option för extra bussar, i fall vi behöver utöka fordonsparken för att klara utökning eller tillväxt av stadstrafiken
- Buss ska uppfylla VL/LT/Svealandstrafiken gemensamma kravspecifikation för en ledbuss för stadstrafik och ta hänsyn till kundkomfort och digitala system och reklambehov från kollektivtrafik ansvarig myndighet (KTF Region Västmanland och avdelning Regional Utveckling Region Örebro Län) för att säkra upp flexibilitet för utbytbarhet av elbussar mellan båda län vid behov.
- Livslängd och garanti på batteriet
- Spårbarhet för kritiska material i hela leveranskedjan ska vara tydlig. Leverantör ska kunna redovisa ett aktivt arbete för att minska de möjliga sociala och miljömässiga konsekvenserna av batteritillverkningen och batteriåtervinning i linje med OECD:s riktlinjer för ”minerals from conflict-affected and high-risk areas”.

Kravställning på laddinfrastruktur för elbussar som ska långsamladdas nattetid på bussdepån ska specificeras omsorgsfullt och ska täcka in följande huvudpunkter:

- DC-laddare som kan ladda 2 eller 3 bussar samtidigt med 50 kW eller 1 buss med max 150 kW laddeffekt
- Transformatorstation 1-1,5 MW leverans 2021 och en till för leverans 2023
- Ställverk
- Entreprenad ledningsdragning från transformatorstation till alla laddare
- Öppen standard för övervakning och styrning av batteriets State-of-Charge och själva laddprocessen för hela elbuss flottan
- Anslutning till HSP 2 MW (räcker för upp till 30 elbuss per depå)



Titel	Dokumenttyp	Datum	Sida
Strategi och planering elbussar Svealandstrafiken	Offentligt	2020-02-07	26/36

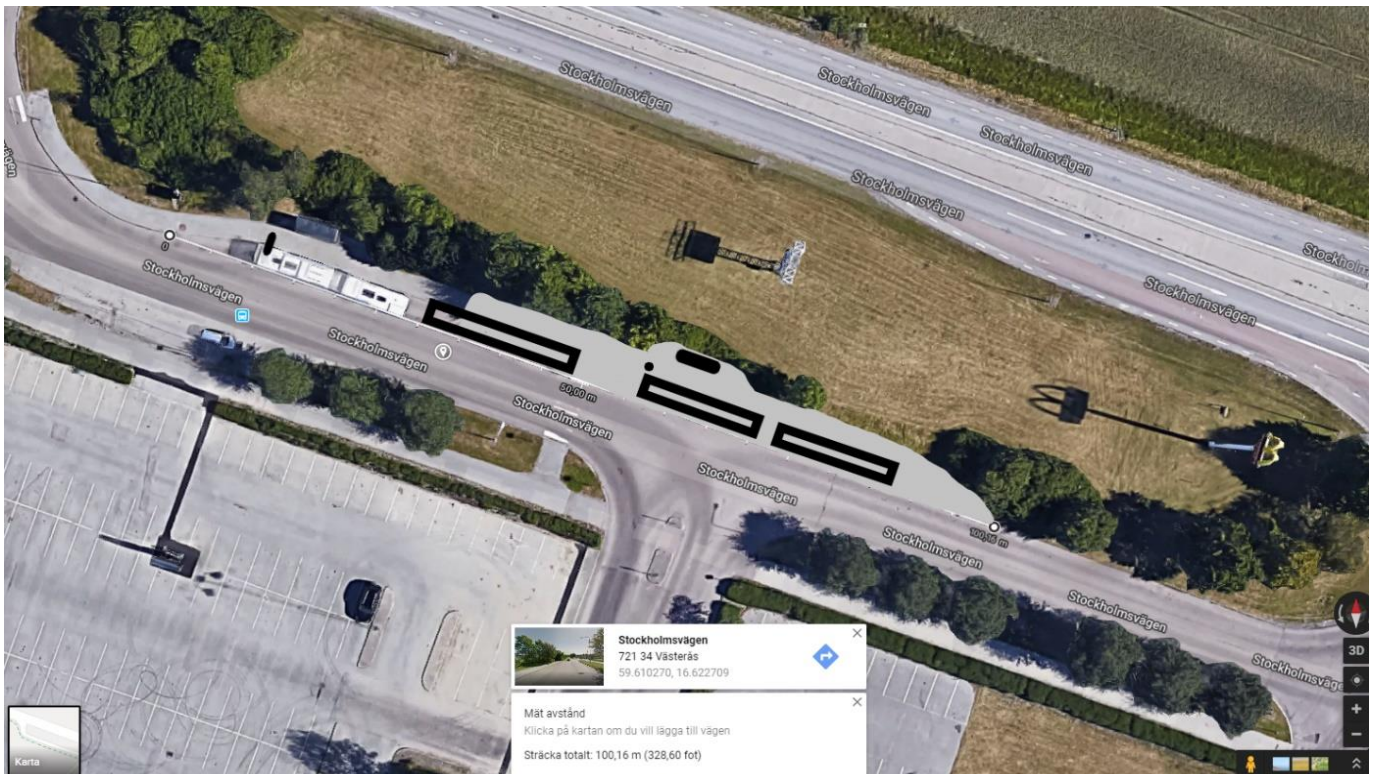
6 BILAGA: LOKALISERING LADDINFRASTRUKTUR ÄNDHÅLLPLATSER

I samarbetsdialogen med tjänstemän från Västerås kommun, KTF Region Västmandland och Mälarenergi har vi skissat på alternativ för indikativ placering av laddinfrastruktur för snabbladdning vid båda ändhållplatser av linje 5.

Snabbladdning vid östra ändhållplats linje 5 Hälla – Alternativ A

Denna ritning är med två 18 meters bussar för linje 5 med pantograf längst fram och ett hållplatsläge 2 för linje 22 som trafikerar denna hållplats idag och även ytterligare en linje som kommer trafikera denna hållplats båda dessa linjer kommer att trafikera med 15 meters bussar. Hållplatsläge 2 kan behöva flyttas tillbaka en liten bit till för ett smidigare flöde för linje 5 in till pantograf. Total längd på hållplats ca 100 meter.

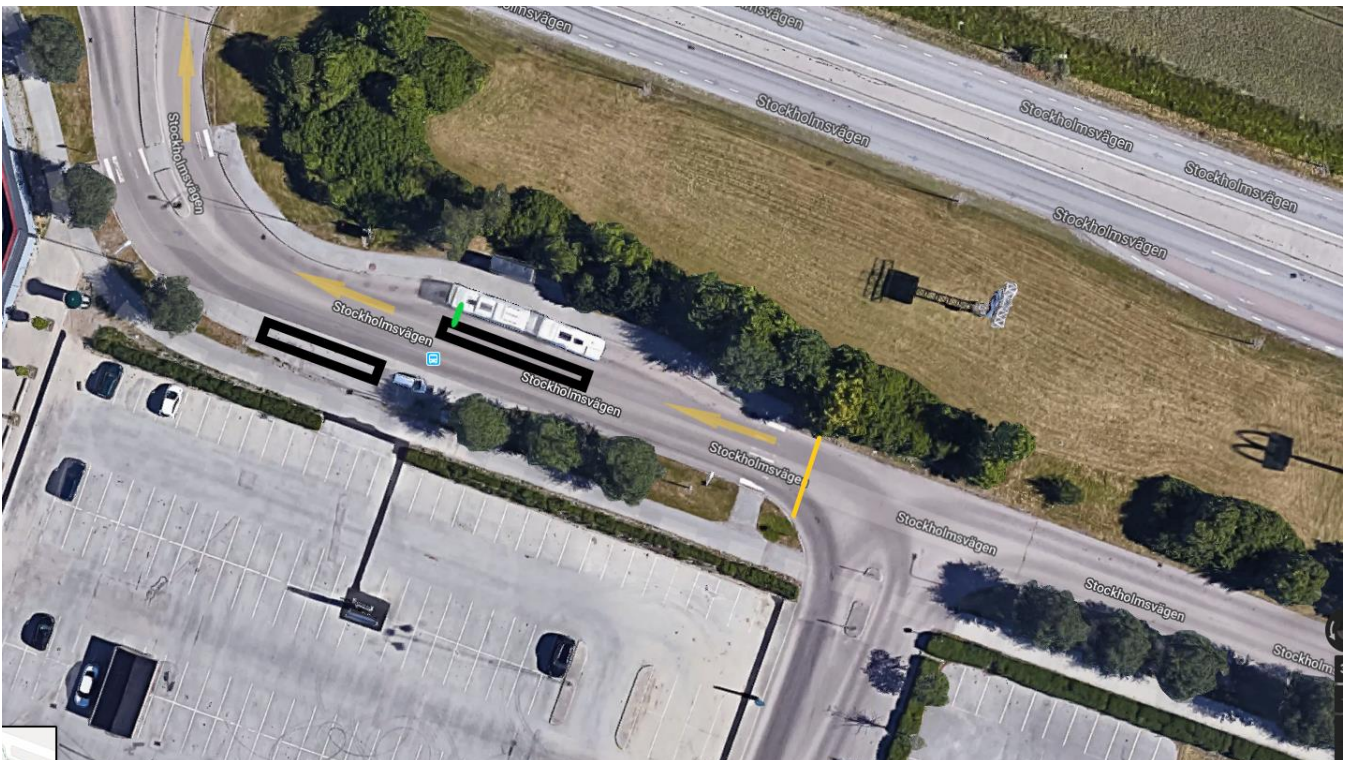
Pantografen och stolpe syns vid främste bussen. Transformatorstation kan placeras direkt bakom träd och buskage bakom busskuren. Ny elledning ska dras från södra sidan Stockholmsvägens parallellväg under vägbanan till transformatorstationen.



Titel Strategi och planering elbussar Svealandstrafiken	Dokumenttyp Offentligt	Datum 2020-02-07	Sida 27/36
--	--------------------------------------	--------------------------------	--------------------------

Snabbladdning vid östra ändhållplats linje 5 Hälla – Alternativ B

Detta är en variant på Hälla att lägga hållplatslägen bredvid varandra och minska ytan för påstigande från 3,5 meter till ca 2 meter och i verkligheten då flytta in bussen närmast hållplatsen lite närmare väderskyddet och sedan se till att ha en refug på ca 2 meter mellan bussarna och göra gatan enkelriktad för personbilstrafik så att det endast blir infart för personbilstrafik och deras utfart blir hänvisad till övriga befintliga utfarter. Alternativt att man tar bort personbilstrafiken helt från gatan och gör en ren bussgata och anpassar ytan efter det. Placering transformatorstation samma som vid A.



Titel Strategi och planering elbussar Svealandstrafiken	Dokumenttyp Offentligt	Datum 2020-02-07	Sida 28/36
--	--------------------------------------	--------------------------------	--------------------------

Snabbladdning vid norra ändhållplats linje 5 Tunbytorp – Alternativ A

Denna hållplats är ritad för att rymma två 18 meters bussar med pantograf längst fram. När man läser Region Västmanlands regler för hållplatser så säger dessa 3 meter körfält och 3,5 meter yta för påstigande total bredd från vägbana blir då 6,5 meter. Vi har även tittat på att flytta tillbaka den befintliga hållplatsen bort från ledningen men då hamnar den för nära korsningen returvägen/batterigatan samt att man behöver dra om cykelbanan som går innanför returvägen och då hamnar på tomtmarken innanför. Alternativ att flytta hållplatsen till mellan batterigatan och rondellen resulterar i samma sak att det blir för nära rondellen och även för nära korsningen returvägen/batterigatan.

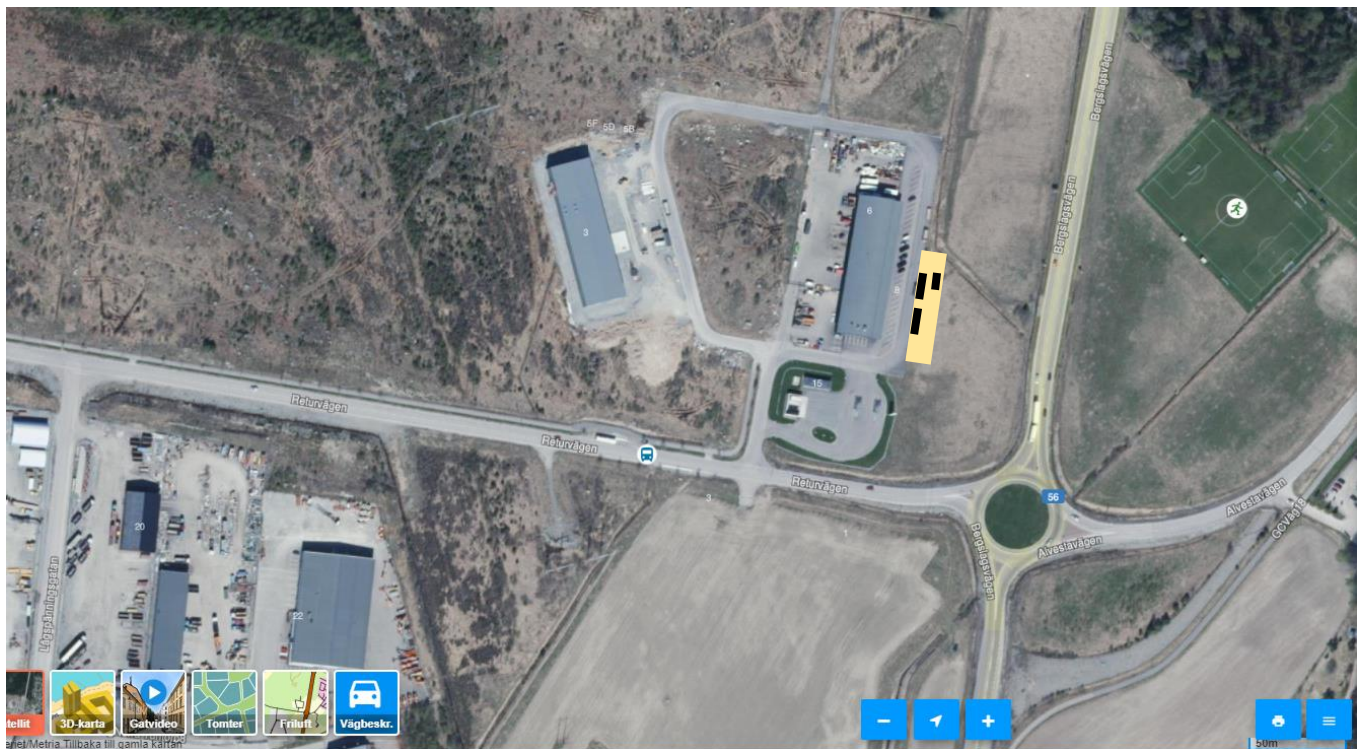
Pantografen och stolpe syns vid främste bussen. Transformatorstation kan placeras direkt bakom busskuren. Ny elledning ska dras från närmaste matningsstation som ligger bit bort i södra riktning.



Titel	Dokumenttyp	Datum	Sida
Strategi och planering elbussar Svealandstrafiken	Offentligt	2020-02-07	29/36

Snabbladdning vid norra ändhållplats linje 5 Tunbytorp – Alternativ B

Denna hållplats är ritad för att rymma två 18 meters bussar med pantograf längst fram. Ny elledning ska dras från närmaste matningsstation som ligger ännu längre bort i södra riktning.



Titel	Dokumenttyp	Datum	Sida
Strategi och planering elbussar Svealandstrafiken	Offentligt	2020-02-07	30/36

7 BILAGA: BILDER PÅ ELBUSS

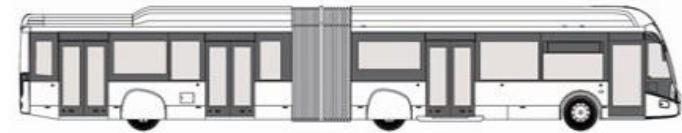
Exempel på elbuss som har levererats i 2018-2019.

Syftet med bilderna är att ge ett intryck av hur en modern elbuss kan se ut. Det betyder explicit inte att Svealandstrafiken har en föruppfattad preferens för någon av uppvisade tillverkare.

Bilder: VDL Citea 18,1-18,7m



Citea SLFA-180 Electric



Citea SLFA-181 Electric, BRT design



Citea SLFA-187 Electric

Scania 12m och Citywide



Titel Strategi och planering elbussar Svealandstrafiken	Dokumenttyp Offentligt	Datum 2020-02-07	Sida 31/36
--	--------------------------------------	--------------------------------	--------------------------

Volvo 7900 Electric Arctic Concept 18,7m;



van Hool ExquiCity 18,6m electric



Solaris eUrbino 18/18,7m



Titel Strategi och planering elbussar Svealandstrafiken	Dokumenttyp Offentligt	Datum 2020-02-07	Sida 32/36
--	--------------------------------------	--------------------------------	--------------------------

Irizar ieTram och ieBus (båda 18,7m);



BYD K11U elektriska 18,6m långa ledbussar ska trafikera linje 2 i Borås



Titel Strategi och planering elbussar Svealandstrafiken	Dokumenttyp Offentligt	Datum 2020-02-07	Sida 33/36
--	--------------------------------------	--------------------------------	--------------------------

Mercedes-Benz eCitaro i Ystad (Bergkvarabuss för Skånetrafiken) och eCitaro-G



MAN Lion's City E. Enbart depåladdad. Batterierna är takmonterade, vilket ger mer fönsterytor och fyra ytterliga sittplatser.



Titel Strategi och planering elbussar Svealandstrafiken	Dokumenttyp Offentligt	Datum 2020-02-07	Sida 34/36
---	---------------------------	---------------------	---------------

8 BILAGA: VANLIGA FRÅGOR OM ELBUSSAR

Nedanstående fragor och svar om 24 elbussar i Nyköping, Katrineholm och Flen har hämtats från websida Sörmlandstrafiken [20 augusti](#) 2019:

Varför ska vi ha elbussar i stadstrafik?

Svar: För att uppnå kommunens klimatmål krävs ett resurseffektivt kollektivtrafiksystem som drivs med förnybara energikällor. Genom att införa elbussar i stadstrafiken utvecklar vi kollektivtrafiken till att bli tystare, renare, klimatsmartare och mer energieffektiv.

Det finns många fördelar med elbussar i stadstrafiken:

- *Eldrivna bussar är tysta och utsläppsfria och minskar problem med buller och dålig luftkvalitet.*
- *Tystare bussar möjliggör också en framtida förtätning av bebyggelsen.*
- *Dessutom förbättrar de nya bussarna arbetsmiljön för förarna och åkkomforten för våra resenärer.*

Vilken el kör elbussarna på?

Svar: Bussarna drivs med 100 procent grön el.

Blir luften renare med elbussar?

Svar: Ja. En elmotor genererar inga avgaser. Vid kalla vinterdagar kan det kopplas på en tilläggsvärmare i elbussarna. Denna värmare drivs av en liten förbränningsanordning som går på förnybart drivmedel (HVO). Denna tilläggsvärmare genererar en viss mängd avgaser. Dock ligger värmarens avgasnivå långt under avgasnivån från bussar med förbränningsmotordrift.

Vad innebär det att elbussar är energieffektiva?

Svar: Om en dieselbuss kan köra 12,5 km på 5 liter diesel kan en elbuss köra 30 km på motsvarande mängd energi (50 kWh).

Är elbussar tystare än vanliga bussar?

Svar: Ja. Elbussar genererar i snitt 5–6 decibel lägre ljudnivå än bussar med förbränningsmotor. En höjning av 10 decibel upplevs av den mänskliga hörseln som en fördubbling av ljudnivån. När bussen laddas uppstår ett lite surrande ljud. Det är dock inom ramen för Naturvårdsverkets riktvärden och är lägre än trafikbuller från bilar.

Hur påverkas trafiksäkerheten när bussarna är tystare?

Svar: Att det blir lägre bullernivå tycker nog alla är bra, men när städerna får tystare fordon (elbussar och elbilar) betyder det att var och en som rör sig i stadsmiljön får vara lite mer uppmärksam. Elbussarna är utrustade med en varningssignal som föraren kan använda när hen närmar sig fotgängare och cyklister. Varningssignalen låter som en ringklocka. Denna typ av signal finns redan idag på spårvagnar runt om i Sverige.

Hur och när laddas elbussarna?

Svar: De nya elbussarna i Nyköping kommer att laddas på Nyköpings bussdepå. Det betyder att när elbussen kommer in på kvällen kommer elbussen att laddas upp för att kunna köra dagen efter. Elbussarna kommer även att laddas när förarna kommer till depån för att ta sina raster under dagen.

Titel Strategi och planering elbussar Svealandstrafiken	Dokumenttyp Offentligt	Datum 2020-02-07	Sida 35/36
--	--------------------------------------	--------------------------------	--------------------------

Vad händer med de äldre bussarna i det gamla avtalet som inte längre ska gå i exempelvis Nyköping?

Svar: Efterhand kommer bussarna att säljas eller användas i andra trafikområden.

Hur ser framtiden för elbussar ut?

Svar: Än så länge utgör elbussarna bara en ytterst liten del av den totala trafiken, men det kommer förmodligen inte att ta så lång tid innan elbusstrafiken kommer igång i större skala. Utifrån de studier som finns inom området talar mycket för att elbussar är framtiden för stadstrafik. I alla Sörmlandstrafikens nya avtal går kravställningen mot mer elbussar i stadstrafik. I kommande avtal i Eskilstuna är kravet att 15-25% av produktionen ska köras med elbuss.

Är tillverkningen av batterier till elbussarna hållbara för miljön?

Svar: Det går åt naturresurser att tillverka ett batteri och tillverkningen ger en miljöpåverkan genom koldioxidutsläpp, men miljöbelastningen kompenseras av mindre klimatutsläpp under bussens livslängd.

Valet av batterityp har gjorts med hållbarhetsperspektiv och är av litiumjon-typ med en kemi utan inslag av kobolt och reducerad andel övriga konfliktmetaller, jämfört med andra litiumjon-batterier som används i fordon.

IVL svenska miljöinstitutet har på uppdrag av Trafikverket och Energimyndigheten undersökt litium-jonbatteriers klimatpåverkan sett ur ett livscykelperspektiv. Rapporten visar att batteriproduktionen ger upphov till utsläpp av 150–200 kilo koldioxidekvivalenter per kilowattimme producerat batteri. I en elbuss motsvarar detta en mycket liten del av koldioxidutsläppet som en dieselbuss producerar under sin livstid.

Fungerar elbussarna även när det är kallt?

Svar: Ja. Sörmlandstrafiken har haft elbussar i trafik sedan 2015 och upplever generellt väldigt få driftsproblem. De fungerar bra även i kyla men kallt klimat kan reducera effektivitet av laddningen. Dessutom ökar energiuttaget för uppvärmning av bussen. Det som främst påverkas är körsträckan som bussen kan köra på en laddning. Detta har tagits med i beräkningar och säkerhetsmarginal finns.

