

RAPPORT

Elbussar i Sveriges kollektivtrafik

En kartläggning av Trafikförvaltningen Stockholm, Skånetrafiken och Västtrafik utifrån fyra perspektiv

Anna-Cecilia Lundström, Matilda Ninasdotter Holmström, Erik Torstensson och Matilda Eriksson



Foto: Kerstin Ericsson

Trafikverket

Postadress:

Trafikverket
171 54 Solna

E-post: matilda.ninasdotter-holmstrom@trafikverket.se

E-post: bjorn.hasselgren@trafikverket.se

Telefon: 0771-921 921

Dokumenttitel: Elbussar i Sveriges kollektivtrafik - En kartläggning av Trafikförvaltningen
Stockholm, Skånetrafiken och Västtrafik utifrån fyra perspektiv TRV 2018/18530

Författare: Anna-Cecilia Lundström, Matilda Ninasdotter Holmström, Erik Torstensson och Matilda Eriksson

Dokumentdatum: 2019-09-13

Version: 1

Kontaktperson: Matilda Ninasdotter Holmström och Björn Hasselgren

Innehåll

SAMMANFATTNING	6
ORDLISTA.....	9
1. INLEDNING	10
1.1. Bakgrund.....	10
1.2. Syfte.....	10
1.3. Metod	11
1.4. Avgränsningar	11
2. BAKGRUND	13
2.1. Europa.....	13
2.1.1. Tidigare utredningar och satsningar	13
2.2. Norden	14
2.2.1. Nordiska målsättningar för elbussar	14
2.3. Svenska aktörer och tidigare utredningar.....	14
2.3.1. Aktörer inom svensk kollektivtrafik och elbussar	14
2.3.2. Tidigare utredningar och satsningar	15
2.4. Svenska stödformer och styrmedel	17
2.4.1. Elbusspremie	17
2.4.2. Fordonsstrategisk Forskning och Innovation FFI.....	18
2.4.3. Klimatklivet	18
2.4.4. Stadsmiljöavtal	18
3. STUDIENS FYRA PERSPEKTIV	20
3.1. Teknik	20
3.1.1. Elbussar	20
3.1.2. Laddinfrastruktur för elbussdrift.....	21
3.1.3. Standarder	23
3.1.4. Batterier	24
3.1.5. Elnätet och effekt-, el- och kapacitetsbrist	25
3.2. Organisering och finansiering.....	26
3.2.1. Upphandling och avtal	26
3.2.2. Ansvarsfördelning	30
3.2.3. Kostnadsposter och allokering.....	30
3.3. Bredare samhällsperspektiv	33
3.3.1. Elektrifieringsprocesser	33
3.3.2. Samhällsplanering bebyggelsemiljö och infrastruktur	35

3.3.3.	Samverkan.....	37
3.4.	Digitalisering	38
3.4.1.	Effektivare kapacitetsnyttjande	38
3.4.2.	IT-standard i bussar, ITxPT	39
3.4.3.	Digitala verktyg i elbussar	39
3.4.4.	Digitalt verktyg i upphandling	40
3.4.5.	Digitala plattformar- olika företagsexempel	41
3.4.6.	Självkörande elbussar	42
4.	SAMMANFATTNING AV FALLSTUDIERN OCH BUSSOPERATÖRER.....	43
4.1.	Trafikförvaltningen Stockholm	43
4.1.1.	Organisation, drivkrafter och nuläge	43
4.1.2.	Pilotprojekt och påbörjad introduktion av elbussar	44
4.1.3.	Affärsmodeller, avtal och ansvarsfördelning	44
4.1.4.	Upphandling.....	45
4.1.5.	Samverkan och investeringar	46
4.1.6.	Samordning med andra elektrifieringsprocesser och stadsplanering.....	46
4.2.	Skånetrafiken.....	46
4.2.1.	Organisation, drivkrafter och nuläge	47
4.2.2.	Pilotprojekt och påbörjad introduktion av elbussar	47
4.2.3.	Affärsmodeller, avtal och ansvarsfördelning	48
4.2.4.	Samverkan.....	48
4.3.	Västtrafik	48
4.3.1.	Organisation, drivkrafter och nuläge	49
4.3.2.	Pilotprojekt och påbörjad introduktion av elbussar	49
4.3.3.	Affärsmodeller, avtal och ansvarsfördelning	50
4.3.4.	Samverkan.....	50
4.4.	Digitalisering	50
4.4.1.	ITxPT standarden.....	50
4.4.2.	Digitala funktioner och plattformar	51
4.4.3.	Drivkrafter bakom digitalisering	52
4.4.4.	Digitalisering i upphandling.....	52
4.4.5.	Automatiserade fordon.....	52
4.5.	Bussoperatörer	53
4.5.1.	Utmaningar och möjligheter	53
4.5.2.	Ansvarsfördelning och ägandeskap	54
4.5.3.	Teknikval	55
4.5.4.	Digitalisering	55
5.	JÄMFÖRELSE MELLAN FALLSTUDIERN	58
5.1.	Teknik	58
5.1.1.	Laddstrategi och -teknik.....	58
5.1.2.	Elnätet.....	58
5.1.3.	Elbussars batterier	58

5.2.	Organisering och finansiering.....	59
5.2.1.	Drivkrafter och målsättningar	59
5.2.2.	Samverkan, aktörer och ansvarsgränssnitt	59
5.2.3.	Upphandlingar, avtal och affärsmodeller	60
5.3.	Bredare samhällsperspektiv	61
5.3.1.	Samordning med andra elektrifieringsprocesser	61
5.3.2.	Samhällsplanering bebyggelsemiljö och infrastruktur	61
5.3.3.	Depåplacering och inomhusbusshållplatser	61
5.4.	Digitalisering	62
6.	ANALYS OCH REFLEKTION	63
6.1.	Inläsningseffekter	63
6.2.	Införandets momentum	64
6.3.	Omställningens skala och jämförelse mot Norden	64
6.3.1.	Omfattning och skala i Sverige	64
6.3.2.	Jämförelse av målsättningar inom Norden	65
7.	SLUTSATS OCH REKOMMENDATION FÖR FORTSATT ARBETE.....	67
8.	REFERENSER.....	70
9.	BILAGOR.....	85
	BILAGA 1: UTFÖRLIG BESKRIVNING AV TRAFIKFÖRVALTNINGEN	
	STOCKHOLM.....	85
	BILAGA 2: UTFÖRLIG BESKRIVNING AV SKÅNETRAFIKEN.....	100
	BILAGA 3: UTFÖRLIG BESKRIVNING AV VÄSTTRAFIK.....	111
	BILAGA 4: INTERNATIONELLT.....	125
	BILAGA 5: BONUS MALUS-SYSTEMET OCH MILJÖZONER.....	128
	BILAGA 6: TEORI OM SOCIOTEKNISKA OMSTÄLLNINGAR.....	130

Sammanfattning

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. För att undersöka utvecklingen närmare har Trafikverket genomfört en kartläggning av Sveriges tre största kollektivtrafikregioner och arbetet med elbussar i dessa.

Studiens syfte har varit att kartlägga hur elektrifieringen av Sveriges busskollektivtrafik sker. Fyra perspektiv används i kartläggningen: 'Teknik', 'Organisering och finansiering', 'Ett bredare samhällsperspektiv' samt 'Digitalisering'. Studien avgränsades till de tre större regionerna och deras regionala kollektivtrafikmyndigheter, förkortade RKM, nämligen Trafikförvaltningen Stockholms län, Skånetrafiken i Skåne län och Västtrafik i Västra Götalands län. Utredningen ger en ögonblicksbild för planer och arbete med elbussar, främst i stadstrafik, under sommaren 2019.

Studien är baserad på intervjuer, framförallt med respektive RKM, men även med elnätsbolag, bussoperatörer och relevanta experter. Studien definierar en elbuss som en buss med en drivlina, och som enbart drivs av elektricitet, samt har ett batteri för energilagring.

Hos intervjuade RKM var intresset för elbussar stort, och de har, och kommer att fortsätta, införa elbussar i sin kollektivtrafik. Trafikförvaltningen har en preferens för depåladdning medan Västtrafik ger bussoperatören avgörandet i frågan om teknikval. Skånetrafiken utvärderar lämplig teknik utifrån trafikområdets förutsättningar, som varierar sett över Skåne.

Ingen av de tillfrågade aktörerna anser att vare sig kapacitets- eller effektbrist i elnätet är en begränsande faktor för införandet av elbussarna i nuläget, dock bör frågan fortsatt bevakas. Ett skäl till att kapacitetsproblemen inte förefaller hindra införandet av elbussar kan vara att RKM anpassat implementeringen till rådande utbyggnadsplaner t.ex. för elnät. Gällande batterier belyser samtliga RKM att det är en utmaning att hantera den sociala hållbarheten i produktion och återvinning.

Gemensamma drivkrafter för införandet av elbussar är en reduktion av buller, förbättrad lokal luftkvalité, mindre utsläpp av växthusgaser, elmotorns ökade energieffektivitet samt att elbussar kan ge en attraktivare kollektivtrafik för både resenärer och förare. Västtrafik och Trafikförvaltningen pekar på att de nämnda fördelarna skapar synergieffekter gentemot flera målsättningar, som t.ex. en förbättrad hälsa.

Västtrafik har formulerat målet att år 2025 ska 30 % av bussflottan vara elbussar. Trafikförvaltningen och Skånetrafiken anger istället en potential, men har i dagsläget inte fastställt officiella målsättningar för andelen elbussar vid ett visst årtal. Vidare konstaterade studien att Elbusspremien, Stadsmiljöavtal och Klimatklivet inte ensamma har varit tillräckligt avgörande för de satsningar som gjorts, även om de ses som positiva bidrag när man implementerar elbussar.

Skalan på implementeringen varierar mellan de tre regionerna, där Trafikförvaltningen arbetar succesivt och stegvis, Västtrafik agerar pådrivande och Skånetrafiken varierar

införandet mellan kommunerna. I en jämförelse med andra nordiska länder kan det noteras att Köpenhamns målsättning är 100 % elbussar till 2031, Oslo siktar på 60 % till 2025 samt Helsingfors satsar på 30 % till 2025. Därmed har tre svenska RKM relativt begränsade målsättningar i jämförelse, dock arbetar de intensivt med ett omfattande införandearbete vilket implicit kan antyda att RKM har en underliggande högre ambitionsnivå än vad respektive officiellt mål anger.

Upphandlingsformerna för elbussar är i stort sätt oförändrade jämfört med upphandlingar av fossildrivna bussar, förutom att de ofta präglas av tidigare dialoger med olika parter som berörs av upphandlingarna. Trafikförvaltningen och Skånetrafiken krävställer elbussar via detaljkrav, medan Västtrafik enbart använder funktionskrav. Införandet av elbussar sker både vid ordinarie upphandling samt inom ramen för befintliga avtal.

Elbussar medför att nya kompetenser behövs och att nya arbetsuppgifter tillkommer hos alla involverade parter. Involverade aktörer är de traditionella inom kollektivtrafiken, som RKM, bussoperatör samt kommuner, men även ett antal nya aktörer som elnätsbolag, som fått en mer framträdande roll i kollektivtrafiken. Nya aktörer och att elbussar är en ny teknik medför att det är viktigt att definiera gränssnitt och ansvarsområden mellan aktörerna.

Vid införande inom ramen för befintliga avtal har ägande av fordon och laddinfrastruktur varierat. När upphandling sker inom ordinarie förfarande är det normalt bussoperatören som är ägare av fordonet samt laddinfrastrukturen, undantaget några kommuner inom Skånetrafiken som äger laddinfrastrukturen.

De nya aktörerna och ansvarsområdena medför att vikten av samverkan har varit påtagligt. Samtliga RKM har arbetat med dialoger i ett tidigare skede av upphandlingsprocessen, där fokus har legat på att skapa en förståelse för varandras förutsättningar samt skapa väl definierade kravställningar.

Inköpskostnaden för en elbuss är högre än en jämförbar konventionell buss, dock uppskattas driftkostnaden vara lägre av många aktörer. Tillkommande initiala kostnader är bland annat laddinfrastrukturen, elförsörjning samt utbildning av mekaniker och förare. De höjda initiala kostnaderna gör att en diskussion pågår mellan aktörerna om avskrivningstiderna för elbussar skulle kunna förlängas jämfört med andra bussar. Det är angeläget att följa kostnadsutvecklingen för den samlade elbusstekniken.

Gällande samordning med andra elektrifieringsprocesser ser både Trafikförvaltningen och Västtrafik en mindre potential i att samordna elbussar med andra elektrifieringsprocesser i transportsektorn. Dock sker inte detta idag, exempelvis på grund av tekniska och juridiska skäl. Vidare ser både Trafikförvaltningen och Västtrafik ett samband mellan samordning av stadsplanering och elbussar, exempelvis inomhusbusshållplatser. Dock är detta inte något som sker vid ordinarie införande av elbussar, utan hittills enbart vid ett demonstrationsprojekt i Göteborg.

Studerade RKM, bussoperatörer och busstillverkare nyttjar digitaliseringen inom kollektivtrafiken, och exempelvis införs den gemensamma ITxPT-standarderna på digitala

plattformar och digitala funktioner. Bussoperatörerna är den aktör som ser ett större behov av digitalisering i anslutning till elbussar, för att identifiera fordonens räckvidd och få information om när laddning krävs.

Digitaliseringen och elektrifieringen har inte ett entydigt samband, och studien pekar på att införandet av digitaliseringen hade skett oavsett drivlina på fordonet. Tydligast går det att se ett samband mellan elektrifiering och automatisering, som en delmängd av digitalisering. Elektrifiering kan underlätta för introduktionen av autonoma fordon, framförallt kopplat till att laddning enklare kan ske utan mänsklig hjälp, jämfört med tankning av biodiesel eller biogas.

Studien identifierade att antal möjliga inlåsnings effekter kopplat till införandet av elbussar, nämligen höjda kapitalkostnader och avtalslängd, teknikval, tidigare investeringar samt invanda arbetssätt och beteenden. Samtliga inlåsnings effekter verkar inte isolerat, utan påverkar och påverkas av varandra.

Tidigare arbetssätt kan även inverka gällande vilka teknikval som görs då det kan finnas invanda, medvetna och omedvetna, beteendemönster och normer som kan främja vissa teknikval. Även befintliga riktlinjer och policys kan skapa en tröghet, då de kan både motverka och möjliggöra en ändring i arbetssätt och införandet av elbussar. Här har samtliga aktörer en utmaning och det krävs öppenhet för det lärande som elbussar medför.

Fortsatta studier bör återkomma till de studerade regionerna om ett antal år för att följa upp införandet. Ytterligare regioner i Sverige bör även kartläggas, då de tre undersökta arbetar relativt lika på en nationell skala. Vidare kan ytterligare jämförelse göras mot satsningar som sker internationellt.

Ordlista

Bussoperatör	Utförare av busskollektivtrafik. Andra termer som inkluderas är trafikoperatör, trafikföretag, bussföretag samt trafikutövare
Elbuss	Studien definierar elbuss som ett helt elektriskt fordon, det vill säga den har en motor med en drivlina, samt ett batteri för energilagring. Dessa fordon kallas för Battery Electric Vehicle, BEV
Incitamentsavtal	Avtal som baseras på att en del av intäkterna för bussoperatören är rörliga och baseras på fördefinierade parametrar, som kvalitet eller antalet resenärer
Laddkoncept	Den helhetslösning som innefattar både laddstrategi och laddteknik
Laddstrategi	Hur laddningen av en elbuss sker, huvudsakligen depåladdning, tilläggladdning eller elvägssystem
Laddteknik	Vilken teknik som används för laddningen av elbuss, exempelvis plug-in, induktiv laddning och konduktiv pantograf
Produktionsavtal	Avtal som ger RKM biljettintäkter och bussoperatören får ersättning baserad på deras faktiska kostnader som uppstår
RKM	Regional kollektivtrafikmyndighet
VGR	Västra Götalandsregionen

1. Inledning

1.1. Bakgrund

Den tekniska utvecklingen av elbussar har ökat drastiskt de senaste åren, och tekniken är i en expansiv och utvecklande fas. Det medför att många demonstrationsprojekt har genomförts för att undersöka möjligheten att implementera elbussar i ordinarie trafik (Aldenius, Forsström, Khan, & Nikoleris, 2016). De tre till fem senaste åren har även regionala kollektivtrafikmyndigheter, RKM, påbörjat en implementering av elbussar inom ramen för ordinarie kollektivtrafik, främst i stadstrafik.

En liknande trend kan även ses i Europa och andra delar av världen, framförallt i Kina (Energimyndigheten, 2019 A). Under 2019 ökade hastigheten och omfattningen på införandet av elbussar i Sverige. Det finns flera anledningar till det ökade intresset för elbussar utöver den snabba tekniska utvecklingen, som en reduktion av buller, minskade utsläpp av små farliga partiklar samt växthusgaser, och en ökad energieffektivitet. De tre sistnämnda skapar effekter som påverkar både på en global- och en lokal skala.

Till följd av den tekniska utvecklingen finns idag ett antal olika tekniker för elektrifiering av bussar på marknaden, både för fordon och laddinfrastruktur, vilket resulterar i att samtliga involverade aktörer behöver ta ställning till nya teknikval. Samma teknik behöver inte nödvändigtvis vara den mest lämpade för samtliga geografiska platser, utan varje enskilt områdes specifika förutsättningar kan ge stor inverkan på teknikvalet.

Företags- och samhällsekonomiska intäkts- och kostnadsposter samt dessas allokering mellan aktörer kan komma att ändras till följd av implementeringen av elbussar. Elbussar är en ny teknik, vilket ställer krav på nya kunskaps- och ansvarsområden för kollektivtrafiken att kunna hantera, där fler aktörer kan komma att behöva samarbete på ett djupare plan. Roadmap Sweden (u.d.) skriver att ungefär 53 % av alla resor inom kollektivtrafiken sker med buss. Därmed kan en elektrifiering få en stor inverkan på kollektivtrafikens affärsmodeller, organisering och kostnadsposter, men även vilka aktörer som är involverade samt deras ansvarsområden. Vidare kan elektrifieringen komma att inverka på samhällsplanering, samt på hur resenärer reser och interagerar med kollektivtrafiken.

Omställningen till en elektrifierad bussflotta kommer att bland annat inverka på, och bli påverkad av valet av teknik, tänkbar organisering, finansiering, upphandling och avtalsstrukturer, samt ett bredare samhällsperspektiv. Dessa perspektiv kommer stå i fokus framöver i denna rapport. Utöver ovannämnda har även den digitala utvecklingen en stor inverkan på hur kollektivtrafiken nyttjas och utvecklas. Därför görs i denna studie en kartläggning och undersökning av implementeringen av elbussar i Sveriges tre största kollektivtrafikområden; Trafikförvaltningen Stockholm, Skånetrafiken och Västtrafik, utifrån de fyra perspektiven: 'Teknik', 'Organisering och finansiering', 'Ett bredare samhällsperspektiv' samt 'Digitalisering'.

1.2. Syfte

Studiens syfte är att kartlägga hur elektrifieringen av Sveriges busskollektivtrafik sker samt vilka utmaningar och möjligheter som skapas. Studien har en deskriptiv karaktär som undersöker elektrifieringen av busskollektivtrafiken utifrån de fyra perspektiven nämnda

ovan. Genom observationer om elektrifieringen av kollektivtrafiken utifrån intervjuer och litteraturstudier, samlas praktiska erfarenheter och intryck i tre större regionerna; Region Stockholm, Västra Götalandsregionen och Region Skåne.

1.3. Metod

Studien är framförallt baserad på kvalitativa metoder som intervjuer med aktörer samt författarnas observationer. Lista på intervjuade återfinns i referenslistan över de muntliga källorna. Informanterna representerar olika aktörsgrupper som är involverade i elektrifieringen eller inom respektive regions arbete med att implementera elbussar. Informanterna är valda utefter deras kunskaper, positioner, organisation samt relevans för studien.

Elektrifieringen av busskollektivtrafiken återspeglas både på nationell- och regional nivå, där framförallt representanter från regionala kollektivtrafikmyndigheter, RKM, har intervjuats för att undersöka elektrifieringen på regional nivå. Intervjuer med exempelvis medarbetare på Energimyndigheten används för att belysa elektrifieringen utifrån ett bredare perspektiv på nationell nivå.

Vidare har även litteraturstudier genomförts med fokus på både kvantitativa och kvalitativa data. Litteraturen är både akademisk och rapporter samt annat publicerat material från myndigheter, Regeringen, företag och andra privata aktörer. Litteratursökningen skedde via en snöbollprocess, där ett initialt brett sökresultat smalnades av genom att följa nyckelord, författare och andra teman i sökningen.

1.4. Avgränsningar

För studien definieras en elbuss som en buss vilken enbart drivs av elektricitet, det vill säga elbussen har endast en drivlina, och har ett batteri som energilager. Dessa bussar benämns också BEV.

Studien applicerar ett systemperspektiv, vilket innebär en kartläggning på en mer övergripande nivå. Studien undersöker hur de tre ovannämnda regionerna i Sverige har arbetat och fortsatt arbetar med implementeringen av elbussar i kollektivtrafiken. Studien undersöker hur omställningen från konventionella bussar med förbränningsmotorer till elbussar som drivs helt av elektricitet genom ett batteri och som antingen laddas vid stillastående (statisk laddning) eller under färd (dynamisk laddning).

Studien avgränsas till att främst utgå från marknads- och branschförutsättningar för kollektivtrafiken i Sverige, exempelvis rörande olika stödformer och styrmedel. Studien avgränsas till elektrifieringen av stadstrafik, utifrån det som motsvarar körning av klass I bussar.

Studien har en tidsmässig avgränsning i det att den återger hur tre regionerna arbetar med introduktion av elbussar utifrån rådande planer under sommaren 2019. Återspeglingsen av elektrifieringen av kollektivtrafiken kan även ses vara begränsad utifrån de aktörer som valts

att intervjua, där tyngdpunkten ligger på representanter från de tre regionernas RKM och även från tre större bussoperatörer.

Rapporten inleds med en bakgrund som syftar till att ge en heltäckande introduktion till Sveriges kollektivtrafik, tidigare satsningar på elbussar, stödformer, men även ett Europeiskt perspektiv gällande andra städers målsättningar och lagar.

Sedan beskrivs studiens fyra perspektiv mer ingående. Därefter finns en sammanfattning av respektive fallstudie utifrån de fyra perspektiven, medan en fullständig beskrivning av varje region återfinns i bilagor. Även bussoperatörernas syn på elbussar beskrivs i sammanfattningen.

Därefter jämförs och analyseras regionerna med bas i de fyra perspektiven. Slutligen summeras resultatet och rekommendationer för framtida undersökningar ges.

Studien har gjorts under maj – augusti 2019 av Anna-Cecilia Lundström, Matilda Ninasdotter Holmström, Erik Torstensson och Matilda Eriksson vid verksamhetsområde Planering inom ramen för Program Elvägar. Björn Hasselgren och Fredrik Widegren, båda vid verksamhetsområde Planering, har handlett arbetet. Trafikverket vill framföra ett tack till intervjuade parter och övriga, som bidragit öppet och positivt till studiens genomförande.

2. Bakgrund

I detta kapitel ges inledningsvis en beskrivning av aktörer inom svensk kollektivtrafik och viktiga aktörer för satsningar på elbussar. Därefter beskrivs satsningar på elbussar utifrån ett internationellt- och nationellt perspektiv, för att sedan beskriva olika stödformer och styrmedel för elbussar i Sverige. Slutligen ges en teoretisk beskrivning av hur en socioteknisk omställning som elbussar representerar kan ske.

2.1. Europa

2.1.1. Tidigare utredningar och satsningar

Europeiska Unionen, EU, har fastställt ett antal olika rättsakter som kopplas till kollektivtrafik, hållbart resande samt elbussar specifikt. Generellt finns det möjlighet att få stödfinansiering från EU för projekt som syftar till att utveckla smarta, gröna och innovativa transporter, som via fonden för ett sammanlänkat Europa eller Horizon 2020 (Europaparlamentet och Rådet, 2009).

De rättsakter från EU som är av relevans för elbussar är framförallt *direktivet om utbyggnad av infrastruktur för alternativa bränslen* (Europaparlamentet och Rådet, 2014) samt *direktivet om främjande av rena och energieffektiva vägtransportfordon* (Europaparlamentet och Rådet, 2009) med tillhörande uppföljning och revidering (Europaparlamentet och Rådet, 2019). Information om dessa direktiv finns i Bilaga 4 Internationellt. Utöver de redan nämnda direktiven har EU även fastställt ett batteridirektiv, mer information om detta finns i avsnitt 3.1.5 Batterier.

Kommissionen och EUs Regionkommitté startade år 2016 European Clean Bus deployment Initiative för att motverka och förstå de barriärer och hinder som rena bussar står inför (UITP, 2018). Initiativet verkar för att bidra till implementeringen av rena bussar i Europas städer, vilket även innefattar elbussar. Initiativet belyser att det finns ett antal utmaningar kvar att hantera innan en omställning kan ske, som legala, organisatoriska, tekniska och finansiella. Vidare belyser det att affärsmodellerna är viktiga för att möjliggöra att involverade aktörer är insatta i finansieringsmodellen sett från totalkostnaden för tjänsten (European Commission, 2019). Mer information om initiativet finns i Bilaga 4 Internationellt.

Utöver detta har även andra enskilda utredningar och studier skett på uppdrag av olika kommittéer och institutioner. Exempelvis efterfrågade TRAN kommittén, Europaparlamentets utskott för Transport och turism, år 2018 en studie om laddinfrastruktur för elektriska vägfordon (European Parliament, 2018).

Det har genomförts ett antal demonstrationsprojekt med elbussar i Europa, där flera idag har övergått till att ingå i ordinarie verksamhet. Mer information om tidigare projekt finns i Bilaga 4 Internationellt. Städer som Barcelona, Köpenhamn, Heidelberg, London, Milano, Paris och Rom har en överenskommelse att deras ordinarie upphandlingsförfarande år 2025 enbart ska inkludera noll-emissionsbussar (Energimyndigheten, 2019 A). Utöver detta finns

även ett antal internationella samarbeten, som Electric Vehicles Initiative, se Bilaga 4 Internationellt för mer information.

2.2. Norden

2.2.1. Nordiska målsättningar för elbussar

I de nordiska länderna håller användandet av elbussar på att övergå från en fas präglad av demonstrationer- och tester, till en kommersiell fas, där upphandling sker inom ramen för befintliga avtal. I OECD och IEAs rapport *Nordic EV Outlook 2018* (2018 B) framgår det att år 2018 hade Danmark, Finland, Island, Norge och Sverige totalt 104 elbussar, där ungefär hälften av dessa fanns i Sverige. Generellt är det huvudstäderna som har höga ambitioner gällande implementering av elbussar i kollektivtrafiken (OECD och IEA, 2018 B). Följande mål har formulerats:

- Köpenhamn har uttalat ett mål om att hela bussflottan ska vara elektrifierad till år 2031 (Krogsgaard Niss, 2017).
- Oslo har som mål att till 2025 ska 60 % av bussflottan bestå av elbussar (OECD och IEA, 2018 B).
- Helsingfors har planer på att elektrifiera 30 % av bussflottan till år 2025 (HSL, 2017).

OECD och IEA uppskattar att om samtliga nämnda målsättningar genomförs kommer ungefär 2 000 elbussar att trafikera de tre städernas gator år 2031. Detta kan jämföras med de 104 elbussar som var i drift under år 2018 (OECD och IEA, 2018 B).

2.3. Svenska aktörer och tidigare utredningar

2.3.1. Aktörer inom svensk kollektivtrafik och elbussar

I varje län finns det en regional kollektivtrafikmyndighet, RKM, som är ansvarig för kollektivtrafiken i respektive län, region eller kommunalförbund. Enligt lagen om kollektivtrafik (SFS 2010:1065) har regionen och kommuner i samma län ett gemensamt ansvar för den regionala kollektivtrafiken, men regionen och kommunerna får även komma överens om en av parterna ska ha detta ansvar. Beroende på ansvarsfördelningen mellan region och kommuner, är RKM organiserade på olika sätt gentemot region och kommuner.

Respektive RKM ska enligt lagen (SFS 2010:1065) regelbundet fastställa mål för den regionala kollektivtrafiken i ett trafikförsörjningsprogram. Dessa trafikförsörjningsprogram ska uppdateras vid behov, och upprättas efter samråd med dels motsvarande myndigheter i angränsade län, dels med övriga berörda myndigheter, organisationer, kollektivbussoperatör samt företrädare för näringsliv och resenärer.

I de fall region ensam är RKM, ska samråd även ske med kommunerna i länet. Det är efter överenskommelse med region eller kommun i länet som RKM initierar upphandling av kollektivtrafiken. Vilken aktör som faktiskt har befogenhet att ingå avtal, beror dock som tidigare nämnts på den ansvarsfördelning som bestämts mellan region och kommun. Vid upphandling av busstrafiken får bussoperatörer, lämna anbud på den trafik respektive RKM upphandlar.

Medan kollektivtrafiken i Sverige huvudsakligen utövas av privata bussoperatörer, är det således RKM som har ansvaret att planera och tillhandahålla kollektivtrafik. Ofta är kommunen en viktig aktör, eftersom kollektivtrafiken sker på kommunalt område och kommuners ansvarsområden kan påverka kollektivtrafiken och dess funktion. Kommuner har ofta rådighet över markanvändningen (Paulsson, o.a., 2018), så även om kommuner inte generellt sett planerar eller utför busstrafik, påverkar kommuners samhällsplanering och bebyggelseplanering kollektivtrafikens förutsättningar (Hansson, Petterson, Khan, & Hrelja, 2018).

Införande av elbussar kräver samverkan mellan många olika aktörer, och utöver kommuner, RKM, bussoperatörer och busstillverkare, har det för tidigare satsningar lyfts att även elbolag, högskolor och leverantörer av laddinfrastruktur varit involverade aktörer i varierande utsträckning (Aldenius, Forsström, Khan, & Nikoleris, 2016). I sin rapport exemplifierar Energimyndigheten (2019 A) involverade parter vid en upphandling av elektrifierade bussar i kollektivtrafik, och nämner RKM, kommun, markägare, elnätsägare, elleverantör samt leverantörer av både laddutrustning och fordon.

Vilka aktörer som är involverade i respektive satsning på elbussar, har tidigare skilt sig bland annat beroende på projektets karaktär; utvecklings- eller demonstrationsprojekt eller projekt inom ramen för ordinarie verksamhet. Generellt har det förstnämnda förfarandet involverat samverkan med flera olika aktörer, inklusive forskningsinstitut, medan sistnämnda istället skett inom det normala upphandlingsförfarandet (Aldenius, Forsström, Khan, & Nikoleris, 2016).

Samtidigt skulle satsningar på elbussar i framtiden även kunna involvera andra aktörer, eller aktörer vars roller skiljer sig från den traditionella organiseringen av kollektivtrafik. En representant för E.ON (2019 A), menar på att det finns ett marknadsfönster inom området elbussar och energisystemet som en eller flera nya aktörer kan tänkas fylla. Ofta ses laddlösningen för elbussen som en isolerad företeelse, men samma representant för E.ON anser att laddning också skulle kunna vara en del av ett mer sammanhållet energisystem.

Den framtida aktören, skulle kunna hantera laddning av elbussar utifrån ett perspektiv för samordning och optimering gentemot andra företeelser som också kräver elektricitet. Aktören eller aktörerna skulle således kunna arrangera och hantera laddning och elanvändning på ett högre plan, utifrån ett systemperspektiv. Detta för att skapa kostnadseffektiva lösningar sett till både kapacitet, effekt och energi, med även för att hitta möjliga synergieffekter med övrig laddinfrastruktur för fordon.

2.3.2. Tidigare utredningar och satsningar

Ett antal olika utredningar och rapporter har publicerats som hanterar elbussar, både tekniska rapporter som vetenskapliga, samt kartläggningar. Många publikationer är antingen skrivna eller beställda av ansvarig RKM eller regionen. De publikationer som finns angående de tre fallstudierna; Region Stockholm, Region Skåne samt Västra Götalandsregionen, nämns under respektive rubrik.

År 2016 publicerade det nationella centrat för kollektivtrafikforskning K2 en rapport med en sammanställning av erfarenheter och elbussprojekt i Sverige samt Europa. Arbetet syftade till att kartlägga involverade och drivande aktörer, vilka drivkrafter dessa hade samt teknikvalen för både bussen och laddinfrastrukturen. Författarna visade att de studerade elbussprojekten har en stor spännvidd inom samtliga studerade parametrar, dock finns några genomgåenden teman. Gällande involverade aktörer i Sverige var de drivande aktören framförallt kommuner och regioner (Aldenius, Forsström, Khan, & Nikoleris, 2016).

De huvudsakliga drivkrafterna var att eliminera lokala problem som buller och utsläpp av partiklar, samt globala problem med utsläpp av växthusgaser. Ytterligare drivkrafter var att profilera staden som världsledande inom miljö genom implementeringen av ny grön teknik samt möjligheten att söka stöd från staten och EU för demonstrationsprojekt (Aldenius, Forsström, Khan, & Nikoleris, 2016).

År 2016 var det ännu ovanligt att satsningarna ingick i den ordinarie upphandlingen, utan de skedde huvudsakligen i form av utvecklings- eller demonstrationsprojekt där tekniska lösningar utreddes. Oavsett projektform var den vanligaste elbusstekniken helt elektriska normalstora 12 meters bussar och laddning skedde framförallt i depå, men konduktiv laddning vid ändhållplatsen förekom också.

Laddhybrider förekom enbart i de projekt där busstillverkarna var involverade i arbetet (Aldenius, Forsström, Khan, & Nikoleris, 2016). Ytterligare sex städer genomförde tester som involverade en eller fåtal elbussar där fem av städerna ingick i projektet GreenCharge Sydost som syftade till att införa elfordon i sydöstra Sverige (Borén, o.a., Green Charge - demotest i fält med elbuss. , 2015).

Under perioden 2016-2019 pågår samordningsuppdraget från regeringen för omställning av transportsektorn till fossilfrihet, SOFT (Energimyndigheten, 2019 B). Uppdraget leds av Energimyndigheten i samverkan med Transportstyrelsen, Trafikverket, Trafikanalys, Naturvårdsverket samt Boverket. Arbetet omfattar framtagandet av en strategisk plan för omställningen och att skapa samverkan för att uppnå synergieffekter med andra nationella satsningar, som Fordonsstrategisk Forskning och Innovation (FFI) samt Miljömålsberedningen. Arbetet har utgått från det klimatpolitiska ramverkets delmål och slutmål gällande en 70 % reduktion av CO₂ emissionerna inom transportsektorn till år 2030 samt netto-nollutsläpp år 2045 (Energimyndigheten, 2019 B).

År 2019 publicerades en rapport inom ramen för SOFT vid namn *Informationsstöd om elbussupplägg till kollektivtrafikhuvudmän* (Energimyndigheten, 2019 A) som syftar till att sprida kunskap och erfarenheter till RKM, kommuner, bussoperatörer samt andra involverade aktörer. Arbetet ska underlätta beslut om inköp och implementering av elbussar genom att tillhandahålla information om elbussar, laddinfrastruktur, batterier, säkerhet, kostnader, upphandlingar, förvaltning av avtal samt erhålla tidigare erfarenheter. Informationen kan sedan nyttjas för att undersöka om elbussar kan vara samhällsekonomiskt lönsamma.

Elbusspremien, från Energimyndigheten och Stadsmiljöavtal, från Trafikverket, är två viktiga delar i Energimyndighetens rapport (2019 A) då rapportens syfte är att underlätta för aktörer att nyttja de nämnda stödformerna. Slutligen, eftersom elbussar är en ny teknologi som appliceras på en befintlig marknad medför det att nya kunskaper behövs hos samtliga involverade parter (Energimyndigheten, 2019 A).

2.4. Svenska stödformer och styrmedel

I detta avsnitt beskrivs olika stödformer och styrmedel som förekommer vid införandet av elbussar i Sverige. Bonus malus-systemet gäller framförallt för fordon med en maximal vikt under 3,5 ton, vilket därmed inte inkluderar majoriteten av elbussar i Sverige. Miljözoner kan nyttjas för att begränsa framkomligheten av fordon i tätorter beroende på vilka typer av utsläpp de ger. Mer information om Bonus malus och miljözoner finns i Bilaga 5 Bonus malus-systemet och miljözoner.

De stödformer och styrmedel som gäller elbussar och beskrivs i avsnittet nedan är Elbusspremien, FFI, Klimatklivet och Stadsmiljöavtal.

2.4.1. Elbusspremie

Elbusspremien är ett statligt stöd som Energimyndigheten betalar ut för att täcka den merkostnad som uppstår vid inköp av en helt elektriskt buss, laddhybrid, bränslecellsbus eller en trådbuss för minst 15 passagerare. Premien kan sökas av RKM, kommuner samt aktiebolag som har befogenhet att ingå avtal om allmän trafik och slutligen bussoperatörer som bedriver kollektivtrafik (Energimyndigheten, 2019 C). Satsningen har som långsiktigt mål att bidra till ett bättre klimat, mindre luftföroreningar och minskat bullar (Englund, 2019).

Premien regleras av Förordning 2016:836 samt föreskrifter om Elbusspremie (STEMFS 2018:3). Budgeten för Elbusspremien är i dagens läge 80 miljoner kronor årligen till satsningens slut år 2023. För beviljande av Elbusspremien behöver ansökan ske innan bussarna sätts i trafik, och för bussoperatörer gäller även att ansökan sker innan det att bussar har beställts (Energimyndigheten, 2019 C).

Premiens storlek varierar beroende på vem den sökande är, där en bussoperatör kan erhålla 40 % av skillnaden mellan en elbuss och en buss med förbränningsmotor som är närmast jämförbar. Laddhybrider får halva beloppet av premien. Övriga aktörer som kan söka premien erhåller 20 % av elbussens inköpspris (Energimyndigheten, 2019 C). Premien riktar sig endast mot kostnaden för bussen, och det går därför inte att söka bidrag för exempelvis laddningstekniken. Stöd till laddinfrastrukturen kan istället sökas via Stadsmiljöavtal, se avsnitt 2.4.4.

En representant för Energimyndigheten (2019 D) uppger att processen för att RKM ska få premien, generellt sett är snabbare än för privata företag. Aktören som söker premien behöver inte vara ägare av fordonet, och därtill varierar det vilken aktör det är som ansöker om premien i olika delar av Sverige och från fall till fall. Vidare finns det årliga skillnader.

År 2018 sökte 18 RKM och 13 privata företag, medan år 2019 sökte 6 RKM och 20 privata företag. En representant för Energimyndigheten (2019 D) uppger även att myndigheten fått in fler ansökningar än vad de har anslag för. Därtill menar Energimyndigheten i samma intervju att i dialog med olika aktörer och ansökande, har blandade åsikter getts om Elbusspremiens påverkan på intresset för investeringar i elbussar. Vissa bidragstagare hävdar att de anser att Elbusspremien är ett bra tillskott, men att de även utan dess existens

hade investerat i elbussar, medan andra sägs vara osäkra på om de hade satsat på elbussar i det fall premien inte funnits (Energimyndigheten, 2019 D).

2.4.2. Fordonsstrategisk Forskning och Innovation FFI

Fordonsstrategisk Forskning och Innovation, FFI, är ett samarbete mellan staten och industrin som finansierar forskning, utveckling samt innovation av fordon som är fossilfria. Programmet är fördelat på fem delprogram (Vinnova, 2018), där satsningar på elbussar ligger inom ramen för delprogrammet Energi och miljö (Energimyndigheten, 2017). FFI har stöttat ett 30-tal projekt de senaste fem åren för att utveckla tunga elektriska fordon, vilket inte enbart inkluderar elbussar. Exempelvis har ElectriCity, demonstrationsprojektet av elbussar i Göteborg, erhållit stöd från FFI (Energimyndigheten, 2019 E).

2.4.3. Klimatklivet

Investeringsstödet Klimatklivet ges till lokala och regionala åtgärder som syftar till att minimera utsläpp av växthusgaser med det övergripande syftet att minska Sveriges klimatpåverkan. Ytterligare syften är att sprida ny innovativ teknik genom att introducera denna på marknaden, en förbättrad hälsa samt en ökad sysselsättning. Konkreta områden som har fått stöd är satsningar inom industri, energi, stadsbyggnation och transporter. Klimatklivet hanteras av Naturvårdsverket och under perioden 2015-2018 fick 3200 olika initiativ bidrag med totalt 4,7 miljarder kronor. År 2019 uppgår det totala anslaget till 1,5 miljarder kronor. Stödet kan fördelas till företag, kommuner, regioner och andra organisationer, dock kan inte privatpersoner erhålla stöd från Klimatklivet (Naturvårdsverket, 2019 C).

Gällande elektrifiering av busstrafiken har fem ansökningar om stöd beviljats, där samtliga avser att stödja utbyggnad av laddinfrastrukturen. Samtliga ansökningar inkom till Naturvårdsverket mellan år 2016 och 2018. Den totalt beviljade summan är ungefär 21 miljoner kronor, vilket motsvarar knappt hälften av projektens totala kostnader. Fyra av ansökningarna kommer från kommunala bolag, samt en ansökning från en kommun. Den geografiska spridningen är god, med ansökningar från Västerbottens län i norr, till Västra Götalands län i söder. Gällande de tre geografiska områdena som studien fokuserat på har enbart Västra Götalands län erhållit bidrag och då igenom de kommunala bolagen Göteborgs Energi AB samt GS Buss AB. Dessa under år 2017 respektive 2018 (Naturvårdsverket, 2019 B).

2.4.4. Stadsmiljöavtal

Enligt förordning 2015:579 kan kommuner och regioner söka ekonomiskt stöd för att skapa hållbara stadsmiljöer. Stödinsatserna kallas för ett Stadsmiljöavtal (Trafikverket, 2019 A). Förordningen har funnits sedan 2015 och insatsernas syfte är att "[...] främja innovativa, kapacitetsstarka och resurseffektiva lösningar för kollektivtrafik, cykeltrafik eller godstransporter" (Förordning 2015:579, §1), som ökar andelen persontransporter med kollektivtrafik eller cykel i städer (Trafikverket, 2018). Tillägget om hållbara godstransporter tillkom under maj 2019 (Trafikverket, 2019 B).

Hållbarhet är en grundpelare och insatserna ska därför resultera i transportlösningar som är energieffektiva med små utsläpp av växthusgaser. Vidare ska insatserna bidra till att miljö kvalitetsmålet rörande *God bebyggd miljö* uppnås. Stödet får, tillsammans med annan

eventuell stödmedfinansiering, högst motsvara 50 % av de totala kostnaderna för att genomföra insatsen. Vidare kräver Stadsmiljöavtal att konkreta motpresentationer genomförs för att bidra till att hållbara transporter eller bostadsbyggandet ökar inom en given tidsram (Förordning 2015:579). Under perioden 2018-2029 har 12 miljarder kronor avsatts i den nationella infrastrukturplanen till Stadsmiljöavtal, där hållbara godstransporter står för maximalt 400 miljoner kronor per fyraårsperiod.

Representanter för Trafikverket (2019 B) uppger att stödet enbart kan användas för laddinfrastrukturen till elbussar, dock omfattar stödet inte själva fordonet. Stöd till laddinfrastruktur kan komma ifråga för Stadsmiljöavtal om åtgärden ingår i en större paketslösning i kombination med fler åtgärder för kollektivtrafiken. I den första ansökningsomgången år 2015 aviserades att laddinfrastruktur för elbussar prioriterades i urvalsprocessen (Aldenius, Forsström, Khan, & Nikoleris, 2016).

Stadsmiljöavtal har använts för laddinfrastruktur för elbussar i ett antal kommuner och regioner i Sverige, bland annat Karlstad, Östersund, Jönköping, Umeå, Malmö, Helsingborg och Stockholm. I många av fallen har ansökan för laddinfrastruktur även innefattat infrastruktur för Buss Rapid Transit, BRT, och skapandet av stombusslinjer (Trafikverket, 2019 B).

3. Studiens fyra perspektiv

För att undersöka införandet av elbussar har som tidigare nämnts fyra perspektiv valts ut för att studeras mer i detalj. Dessa perspektiv beskrivs mer ingående i detta kapitel.

3.1. Teknik

I detta avsnitt beskrivs några av de tekniska förutsättningar som förekommer hos elbussar med fokus på energiförbrukning, laddstrategier med respektive laddtekniker, batterier och den sociala hållbarheten som orsakas av batteriutvinning. Vidare berörs även standarder för bussfordon och laddinfrastruktur, samt elnätet och dess tillgängliga effekt kopplat till införandet av elbussar.

3.1.1. Elbussar

En elbuss kan definieras på olika sätt, där en skiljelinje går mellan fordon som laddas externt eller inte. Vidare kan även en skillnad göras mellan helt elektriska fordon och laddhybrider. Laddhybrider använder en kombination av en förbrännings- och elmotor, det vill säga två drivlinor (Energimyndigheten, 2019 A). En helt elektrisk buss drivs enbart av el via lagrad energi i batterier (Aldenius, Forsström, Khan, & Nikoleris, 2016). Studien definierar elbuss som ett helt elektriskt fordon, det vill säga den har en motor med en drivlina, samt ett batteri för energilagring.

Tillförseln av energi kan antingen ske stillastående, statisk laddning, eller under färd, dynamisk laddning. Elväg och Slide-in är exempel på dynamisk laddning, mer om detta nedan.

Utmärkande för elbussar jämfört med konventionella diesel- och gasbussar är bland annat reducerade utsläpp av växthusgaser och partiklar, lägre energiförbrukning samt minskade bullernivåer. Nackdelar innefattar ett potentiellt batteriberoende, baserat på teknikvalet, samt en eventuell etablering av laddinfrastruktur i gatumiljö. Elbussar och dess laddinfrastruktur är dessutom ofta dyrare än konventionella bussar samt att elbussar kan belasta elnätet vid laddning, framförallt det lokala nätet. Slutligen saknas en standardisering av laddinfrastrukturen (Bloomberg New Energy Finance, 2018).

Elbussar är betydligt mer energieffektiva jämfört med gas- och dieselbussar. Det som framförallt påverkar elbussens energiförbrukning är fordonets körmönster, antal passagerare och i synnerhet utomhustemperaturen (Lajunen, Kivekäs, Baldi, Vespäläinen, & Tammi, 2018). En konventionell diesel- och gasbuss använder överskottsvärme från motorn för att värma bussen vid kalla utomhustemperaturer, och vid varma utomhustemperaturer används istället luftkonditionering för att kyla bussen.

Eftersom en elbuss inte har en förbränningsmotor skapas inte tillräckligt med överskottsvärme för att värma fordonet. Därför kan kalla klimat kräva extra uppvärmningsanläggning. Det finns olika alternativ för detta, där det vanligaste är en dieselvärmare. Dock förekommer också gasdrivna- och elektriska vattenvärmare, samt värmepumpar. Dessa drivs av fossil diesel eller biodiesel, och påverkar därför inte fordonets räckvidd som ett eldrivet system hade gjort. Energianvändningen ökar också vid nedkylning

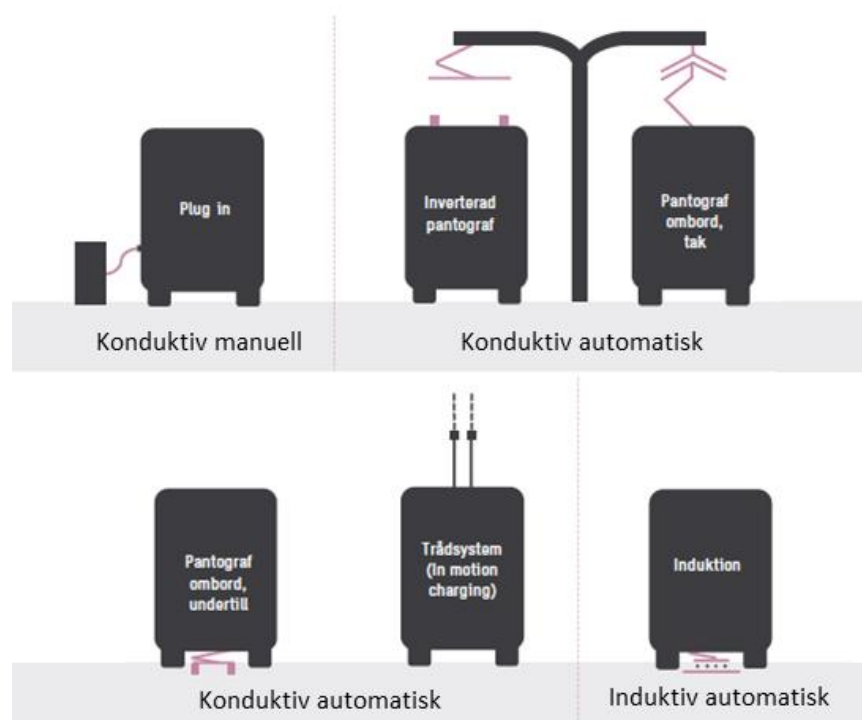
av fordonet, dock uppskattas uppvärmningen ta mer energi än nedkylningen av busskupén (Energimyndigheten, 2019 A).

Samtidigt visar Energimyndighetens (2019 A) jämförelse mellan olika drivlinors genomsnittliga energianvändning per år, inklusive uppvärmning och tilläggsystem, att energianvändningen för olika typer av elbussar ofta är betydligt lägre än för diesel- och gasbuss. Exempelvis hade en batteridrivna elbuss på 12 meter ett medelvärde på 1,4 kWh/km, en elbuss som laddade under färd ett medelvärde på 1,6 kWh/km, medan en dieselbuss hade ett medelvärde på 4,2 kWh/km och en biogasbuss ett medelvärde på 5,2 kWh/km. Alla bussar var 12 meters bussar (Energimyndigheten, 2019 A).

3.1.2. Laddinfrastruktur för elbussdrift

En elbuss använder sig av en laddstrategi som exempelvis depåladdning, tilläggs-laddning eller ett elvägssystem, vilket definierar hur laddningen utförs (Energimyndigheten, 2019 A). För att överföra elektriciteten från elnätet till fordonet används en laddteknik, som antingen är konduktiv eller induktiv (Steen, 2017). En konduktiv laddning sker via en fysisk kontakt och specifika laddtekniker kan vara plug-in och pantograf ansluten till överliggande trådar. Induktiv laddning sker genom en kontaktlös överföring av elektricitet, antingen via en specifik laddplats, statisk laddning, eller under en längre sträcka, dynamisk laddning (Bloomberg New Energy Finance, 2018).

Laddstrategierna kan kombineras med olika laddtekniker och benämns då för laddkoncept. (Energimyndigheten, 2019 A). Figur 1 illustrerar både laddstrategier och laddtekniker.



Figur 1 Överblick över laddtekniker. Modifierad från Energimyndigheten, 2019 A, s. 24.

Depåladdning

Vid depåladdning laddas bussarna i depå under en längre tidsperiod, vilket kräver större batterier för att täcka fordonets energibehov under körningen. Depåladdning innebär att elbussen kan användas oberoende av linjedragningen, samt att det inte nödvändigtvis krävs någon laddinfrastruktur i gatumiljön. Nackdelen med depåladdning är att elbussarna enbart kan köras inom en specifik radie från depån (Energimyndigheten, 2019 A).

Den långsamma laddningen som möjliggörs vid depåladdning jämfört vid ändhållplats- eller tilläggsaddning, medför att en lägre effekt krävs under en längre tidsperiod. Därmed fördelas elbussens påverkan på elnätet under en längre tidsrymd. Dock, vid en depå laddas flera fordon samtidigt, vilket kan leda till ett högt effektuttag samtidigt på samma geografiska plats. Detta ställer både krav på elnätets kapacitet och effektuttag, samt det maximala eleffektuttaget som tillåts i depån (Bloomberg New Energy Finance, 2018).

Energimyndigheten (2019 A) skriver i sin rapport att det kan komma behövas en eller flera snabbaddare i bussdepåer, i syfte att klara av att ladda bussar snabbt vid situationer då extra bussar är nödvändiga. Snabbaddare nyttjar en hög effekt under en kort tidsperiod, och när flera snabbaddare används samtidigt skapas ett högre effektuttag från elnätet. Mer om effekt-, el- och kapacitet samt brist av dessa finns i avsnitt 3.1.6 Elnätet och effekt-, el- och kapacitetsbrist.

Tilläggsaddning

Tilläggsaddning av elbussar sker vanligtvis vid busslinjens ändhållplatser eller vid hållplatser längsmed rutten. Vid tilläggsaddning krävs generellt mindre batterier jämfört med depåladdning, eftersom batteriet kan laddas under rutten. Flexibiliteten kan minskas eftersom bussarna enbart kan användas på linjer där laddinfrastrukturen är tillgänglig, i jämförelse med depåladdning (Energimyndigheten, 2019 A).

Ytterligare att väga in är att laddningen kräver att fordonet står stilla under en period vid laddstationerna, vilket kan påverka restiden (Energimyndigheten, 2019 A).

Energimyndigheten (2019 A) skriver i sin rapport att laddningen lämpligtvis kan ske vid reglerplatsen, vilket är den plats som bussen parkeras för att reglera tidtabellen och ta igen förseningar. Om det uppstår förseningar kan laddtiden reduceras och det är därmed viktigt med noggrann omloppsplanering. Energimyndigheten (2019 A) skriver i sin rapport att det kan krävas flera laddstationer på linjer med hög turtäthet, för att möjliggöra att flera bussar kan laddas samtidigt. Extra stopp för tilläggsaddning kan leda till sämre nyttjande av fordonen och högre kostnader för förare.

Elvägssystem

Laddning via en elväg sker antingen konduktivt eller induktivt och sker huvudsakligen under drift, det vill säga så kallad dynamiskt laddning. Konduktiv laddning kan antingen ske via luftburna ledningar, en skena i eller ovanpå vägbanan, eller slutligen via en skena vid sidan av fordonet. Induktiv laddning är en kontaktlös laddning som sker under en längre sträcka (Trafikverket, 2017).

Inom ramen för Trafikverkets Elvägsprogram genomförs demonstrationssträckor för elvägstekniker, där två nya sträckor kommer att starta under 2019 och 2020 som testar konduktiv och induktiv laddning till bussar i stadstrafik (Trafikverket, 2019 C). Genom dynamisk laddning blir fordonet mindre beroende av att stanna för att ladda och därmed

kan nyttjandegraden ökas. Samtidigt minskar problemet med batteriernas räckvidd (Energimyndigheten, 2019 A). Det finns elbussar i Sverige, exempelvis i Landskrona, som har testat att köra elbussar med ett konduktivt elvägssystem med luftburna ledningar. Laddtekniken har flera olika namn, där Skånetrafiken (2018) använder Slide-in buss och Energimyndigheten (2019 A) In-motion charging eller laddning under färd.

Laddstrategin ökar flexibiliteten samtidigt som bussarna blir beroende av sträckan där överföringstekniken etableras. En nackdel med denna strategi är att det krävs en storskalig utbyggnad av överföringsteknik, vilket är kostnadsintensivt, eventuellt inte estetiskt tilltalande samt knyter fordonet till specifika sträckor (Energimyndigheten, 2019 A).

3.1.3. Standarder

Elbussfordon

Standarder för fordon regleras med lagar på internationell- och nationell nivå. Dock finns det inte några standarder om elbussar (Energimyndigheten, 2018 A). Energimyndigheten (2018 A) skriver i en rapport att det finns två tydliga fördelar med att standardisera laddinfrastrukturen och batterier i fordonen. För det första kan ett ramverk skapa en gemensam referensram för en jämförelse av produkter och lösningar, som både tillverkare och kunder kan nyttja. För det andra, en standardisering möjliggör att fordon och andra produkter kan förflyttas mellan geografiska områden och fortsatt vara kompatibla.

Den internationella organisationen för kollektivtrafik, UITP, delar bilden att en standard behövs för hela elbussystemet samt gränssnitten mellan olika komponenter. Detta skulle medföra en underlättad upphandlingsprocess, tänkbara kostnadsbesparingar samt att andrahandsvärdet på fordonet kan bibehållas. Slutligen kan standarder göra att olika fordonstyper kan nyttja samma laddinfrastruktur (Energimyndigheten, 2019 A).

Bus Nordics funktionskrav

Bus Nordic skapades under år 2018 och är en nordisk standard samt funktionskrav som används inom upphandling av bussar (Västtrafik, 2018 A). Funktionskraven utgår från de lagstadgade fordonsklasserna. Bus Nordic omfattar standardiseringar inom områdena trygghet och säkerhet, sittplats och komfort, på- och avstigning och förflyttning inne i bussen, information och kommunikation, exteriör och utsida samt förarmiljö (Bus Nordic, 2018).

Funktionskraven medför att en bättre ekonomi kan nås genom att bussarna kan återanvändas inom hela Norden, samt att medlemmarna i Bus Nordic kan ställa krav på tillverkare och leverantörer att skapa nya och hållbara lösningar (Västtrafik, 2018 A). Det finns RKM som strävar efter att införa fler funktionskrav kopplat till elbussar i Bus Nordic (Västtrafik, 2018 A).

I stadstrafik krävs bussar med låggolv och lågentré, vilket innebär att bussens golv och entré är nära marken med hög tillgänglighet för passagerare (Bus Nordic, 2018). Både låggolv- och lågentrébuss faller inom ramen för Förenta nationernas ekonomiska kommission för Europa, (2015) definition av en låggolvsbuss. När fordonet har ett lågt golv

kan en utmaning uppstå gällande batteriplaceringen i relation till viktfordelningen, då batterierna möjligen inte får plats under golvet eller är för tunga för att placeras på taket.

Laddinfrastruktur

Det finns varken en internationell eller nationell standard för laddinfrastrukturen, dock pågår ett utvecklingsarbete både på en global- och en Europeisk skala (Energimyndigheten, 2018 A). Utskottet för transport och turism i Europaparlamentet, TRAN, publicerade 2018 en rapport med en kartläggning och framtida rekommendationer för utveckling av standarder för elektriska fordon, inkluderat personbilar, cyklar och bussar.

TRAN rekommenderar bland annat att Europeiska parlamentet bör sätta minimistandards gällande framtida laddstationer, inklusive betalsystem, protokoll, datahantering och rapportering, samt smart laddning (European Parliament, 2018). Olika branschorganisationer har utfärdat rekommendationer, exempelvis European Automobile Manufacturers Association, ACEA. De rekommenderar en specifik laddteknik, både för tilläggs- och depåladdning (ACEA, 2017).

Fordonsklasser

Majoriteten av Sveriges bussar i stadstrafik klassificeras i kategori M2 eller M3, vilket enligt ECOSOC definieras som motordrivna fordon med minst fyra hjul som används för att transportera mer än 8 passagerare utöver föraren (United Nations Economic and Social Council, 2011). Bussar avsedda att transportera fler än 22 passagerare fördelas in i tre kategorier: Klass I, Klass II och Klass III. Förenta nationernas ekonomiska kommission för Europa (2015) och Bus Nordic (2018) beskriver klasserna utifrån:

- Fordon i Klass I har flera av passagerarna stående under färd, vilket möjliggör förflyttning i fordonet. Majoriteten av fordon i stadstrafik är bussar av klass I och är även de fordon som initialt är intressanta för en elektrifiering.
- Fordon i Klass II är huvudsakligen konstruerade sittande passagerare samt en mindre mängd stående resenärer. Bussarna är vanliga vid förorts- och regiontrafik i Sverige. De tre studerade regionerna planerar inte att införa elbussar i klass II i dagens läge, dock arbetar Oslos kollektivtrafikmyndighet med att införa elbussar i Klass II (Bussmagasinet, 2019 A).
- Fordon i Klass III är enbart konstruerade för sittande passagerare och förekommer i region- och långdistanstrafik. Därmed är dessa för närvarande inte aktuella för elektrifiering i Sverige.

Varianter på standarder kan också finnas. Trafikförvaltningen Stockholm använder sig av klassen 1,5: or, vilket är klass II-bussar som försetts med mer barnvagns-utrymme/ståplatsutrymme. Bussen registreras då som en klass I-buss, men är säkerhets- och komfortmässigt en klass II-buss, och inkluderas ofta i Trafikförvaltningens användning av begreppet klass II-bussar (Trafikförvaltningen, 2019 C).

3.1.4. Batterier

Utvecklingen av batterier har bland annat resulterat i en ökad batterikapacitet, där användningen av litiumbatterier är en betydande orsak. Litium används huvudsakligen som komponent i batterier inom fordons- och bussbranschen. Fördelarna med litiumbatterier är

att de ger möjlighet för snabbbladdning, att de har relativt lång livslängd samt har en hög energitäthet (2019 A). Andra viktiga material som kan ingå i batterier är bland annat grafit, nickel, kobolt och aluminium, med varierande andel av batteriers totala sammansättning (Romare & Dahllöf, 2017).

En svårighet med batterier är att spåra dessas materialutvinning. EU listar ett antal material som bedöms som kritiska för vårt samhälle, och för välfärden, med hänsyn till materialets ekonomiska betydelse och tillgång (European Commission, 2017). Begreppet kritiskt material hänvisar därtill till huruvida utvinningen genomförs med allvarliga sociala brister, som barnarbete och bristfälliga arbetsmiljövillkor (Energimyndigheten, 2018 B). Exempel på kritiskt material är framförallt kobolt och kadmium (European Commission, 2017).

OECD rekommenderar batteritillverkare att använda sig av deras riktlinje, *Due Diligence Guidance for Responsible Supply Chains of Minerals from Conflict-Affected and High-Risk Areas*, innehåller information om materialutvinning i konflikt- och krisdrabbade länder (OECD, 2013). Dessutom finns risker angående tillgång till material som exempelvis litium då det är icke-utspridda tillgångar, det vill säga utvinningen av detta material är koncentrerad till specifika länder. Ytterligare en utmaning med batterier i fordon är hur dessa ska återvinnas (Energimyndigheten, 2019 A).

Direktivet om batterier och ackumulatorer (Europaparlamentet och Rådet, 2006), beslutades år 2006 i syftet att bekämpa miljöföroreningar för att gynna folkhälsan, framförallt med fokus på elimineringen av kadmium. Direktivet inkluderar batterier från eldrivna fordon inom områdena Industriebatterier samt industriackumulatorer, och tydliggör att avfallshanteringen av dessa batterier via deponier eller förbränning bör förbjudas. Direktivet klargör även att ansvaret för att återta batterierna efter att de är förbrukade vilar på producenten av dessa, eller en tredje part som har fått uppdraget av producenten.

Ett mål sattes upp av EU att år 2016 ska 45 % av batterierna samlas in. År 2016 samlade Sverige in 35 600 ton batterier, motsvarande en insamlingsgrad på 61 % (Naturvårdsverket, 2019 A). Kraven i direktivet omfattar också vilka material som ska återvinnas. För tillfället finns det inga direktiv, varken från europeiska eller nationella, som omfattar hur litium ska behandlas förutom att det ska ha en återvinningsgrad på minst 50 % (Europaparlamentet och Rådet, 2006). Det bör därmed noteras att återvinningskravet inte är heltäckande för litium och därmed inte för de batterier som idag i stor utsträckning, används för elbussar.

3.1.5. Elnätet och effekt-, el- och kapacitetsbrist

Elanvändningen i Sverige har varit relativt konstant de senaste 25 åren, dock har elektricitetens andel av Sveriges totala energianvändning ökat. En bedömning av Sveriges framtida elanvändning bortom 2030, visar även att elanvändningen väntas öka inom bostads-, service-, industri- och transportsektorn (IVA, 2016).

Det svenska transmissionsnätet, kallat för stamnät, ägs av statliga Svenska Kraftnät och överför stora mängder energi mellan stora geografiska avstånd, likt en motorväg. Energin fördelas genom distributionsnätet, antingen region- eller lokalnätet, till slutanvändaren (NE, u.d.).

Det är viktigt att skilja på effekt-, el och kapacitetsbrist, då dessa kräver olika åtgärder. Effektbrist innebär att den efterfrågande mängden el inte räcker vid en eller flera specifika tidpunkter. Elbrist innebär att produktionen av elektricitet är för låg. Kapacitetsbrist hänvisar till elnätets kapacitet, vilket framförallt omfattar elnätets fysiska utformning (Ellevio, 2019). Energimyndigheten (2019 F) uppger att Sveriges nationella elproduktion täcker Sveriges behov av elektricitet i dagsläget.

En representant för Energimyndigheten (2019 F) uppger att det svenska transmissionsnätet har en tillräckligt hög kapacitet för att överföra den producerade elen. Problem med kapacitetsbrist uppstår lokalt, framförallt på distributionsnät men även i vissa fall lokalt på transmissionsnät (Energimyndigheten, 2019 F). Framförallt är det Stockholmsregionen, Mälardalen, Uppsala samt Malmö som har en potentiell kapacitetsbrist (Svenska Kraftnät, 2018). Vidare uppger en representant för Energimyndigheten (2019 F) att kapacitetsbristen uppstår antingen som ett resultat av marknadsdesignen eller av fysiska begränsningar i infrastrukturen.

Vid en elektrifiering av busstrafiken kommer det att ställas ytterligare kapacitets- och effektkrav på lokalnäten för att hantera laddning. Generellt laddas en elbuss snabbt eller långsamt, där snabbbladdning innebär en hög energiöverföring under en kort tidsperiod, vilket är vanligt vid tilläggsbladdning, men kan även förekomma i depå (Energimyndigheten, 2019 A). En långsam laddning innebär en låg energiöverföring under en lång tidsperiod och är vanligast i depå. Huruvida effekten är hög eller låg, om laddningen sker under en kort eller lång tidsperiod samt hur många fordon som laddas samtidigt belastar elnätet på olika sätt (Energimyndigheten, 2019 A; Steen, 2017).

En representant för Energimyndigheten (2019 G) uppger att begränsningen för elbussar framförallt kan komma att märkas på lokalnätets potentiella kapacitetsbrist. Vidare uppger (2019 G) att det nationella transmissionsnätverket för närvarande inte står inför några utmaningar kopplat till en ökad elanvändning från bussar. En möjlighet har även belysts där omställningen till elbussar kan bidra till att det skapas nya elektricitets- och energisystem genom olika samarbeten mellan aktörerna. Genom detta kan elbussar komma att bli en viktig energibärare eller lagringsform för energi (Energimyndigheten, 2019 F).

3.2. Organisering och finansiering

I detta avsnitt beskrivs kollektivtrafikens organisering och finansiering med fokus på elbussar. Inledningsvis beskrivs upphandlingsprocessen och avtalsstrukturer. Därefter lyfts ansvarsgränssnitt utifrån satsning på elbussar, och slutligen beskrivs elbussens potentiella kostnadsposter och samhällsekonomiska effekter.

3.2.1. Upphandling och avtal

Avtal och avtalsstrukturer inom kollektivtrafiken

För kollektivtrafiken finns olika avtalsområden som RKM ansvarar för, och för dessa avtalsområden sker upphandlingar mot bussoperatörerna för bedrivande av kollektivtrafik. Löptiden för avtal om allmän trafik ska enligt EU vara tidsbegränsad, och för busstransporter får löptiden inte överstiga tio år (Europaparlamentet och Rådet, 2007). Olika typer av upphandlingsformer finns, men *Partnersamverkan för en förbättrad*

kollektivtrafik föreslog år 2013 tjänstekoncessionsavtal, resandeincitamentsavtal eller produktionsavtal (Svensk kollektivtrafik, 2013).

Tjänstekoncessionsavtal innebär att den som tilldelats koncessionen ansvarar för huvuddelen av berörd verksamhet (Trafikförvaltningen, 2019 A). För ett tjänstekoncessionsavtal finns underlag för kommersiell trafik, och bussoperatören tar även ett betydande affärsansvar och affärsmässig risk (Trafikanalys, 2015). Incitamentsavtal bygger på att operatören får en del rörliga intäkter från upphandlande myndighet. Det är i Sverige vanligt med tre olika typer av incitamentsavtal: baserat på kvalitetsvariabler, en större andel grundersättning och rörlig ersättning baserat på antalet påstigande resenärer, eller helt baserat på antalet påstigande resenärer (Konkurrensverket, 2015).

I de fall då beställaren får ta ansvaret för det mesta som rör trafik och där RKM tar den ekonomiska risken, anses istället produktionsavtal vara lämpligt. Produktionsavtal är en avtalsform där RKM får biljettintäkterna och där bussoperatören erhåller ersättning för kostnader enligt avtalet, för uppdraget de har fått (Trafikanalys, 2015).

Ansvarsfördelningen mellan parter i ett avtal är olika. Exempelvis har en RKM generellt sett större ansvar i ett produktionsavtal jämfört med i ett incitamentsavtal (Trafikförvaltningen, 2019 A). I rapporten *Partnersamverkan för en förbättrad kollektivtrafik* föreslås att vald typ av avtal ska kompletteras med ett särskilt Samverkansavtal mellan intressenterna, för att hantera vilket arbetssätt som är bäst för att nå målen (Svensk kollektivtrafik, 2013).

Funktionskrav och detaljkrav

Upphandlingar kan antingen innehålla funktions- eller detaljkrav, där funktionskrav uttalar vad målsättningen är, antingen vilka funktioner som efterfrågas eller de effekter och resultat som eftersöks. Detaljkrav anger istället hur målsättningen ska uppnås och är det traditionella sättet att kravställa. Upphandlingsmyndigheten förespråkar generellt funktionskrav då det kan medverka till att nya innovativa lösningar uppkommer, eftersom utföraren inte är låst till specifika teknikval, produkter eller arbetsmetoder (Upphandlingsmyndigheten, 2019). Exempel på funktionskrav för kollektivtrafik i en tätort kan vara att förkorta restider, att reducera kostnader eller att effektivisera trafiken (Upphandlingsmyndigheten, 2018). En upphandling kan både innehålla funktions- och detaljkrav (Upphandlingsmyndigheten, 2019).

Optionsklausul

Ett trafikavtal kan även innefatta en optionsklausul, vilket innebär att ett kontrakt eller ramavtal får ändras i enlighet med klausulen om avtalets övergripande karaktär inte ändras och utifrån vissa villkor. Optioner brukar avse tillkommande leveranser som den upphandlande myndigheten eller enheten kan, men inte har skyldighet att beställa. En option utgör ofta ett färdigt tillägg, som kan ingå i ett avtal. I det fall en myndighet eller upphandlare väljer att använda en option, innebär detta strikt sett att de därför inte gör en förändring av avtalet, utan att snarare väljer att använda sig av ett möjligt tillägg till avtalet (Upphandlingsmyndigheten, 2017). Elbussar kan implementeras genom att en RKM använder en optionsklausul i gällande avtal, vilket exempelvis Västtrafik har gjort (Västtrafik, 2019 A).

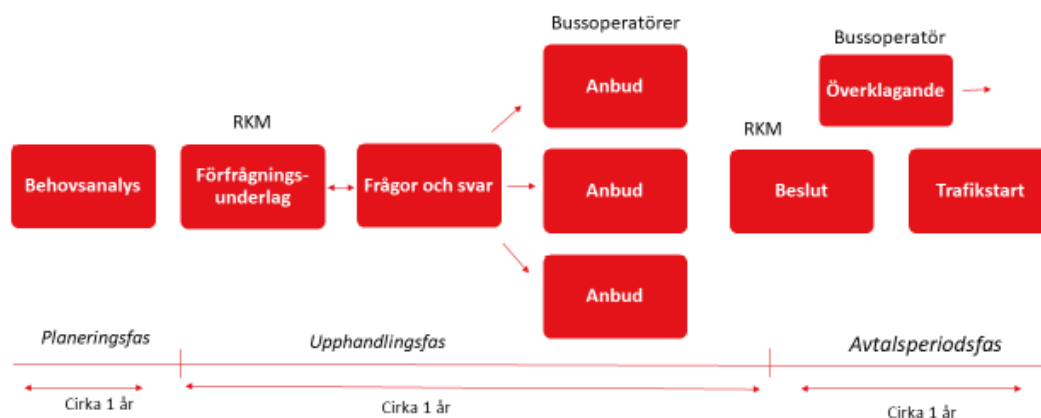
Införande av elbussar

Införande av elbussar kan ske både inom ramen för ordinarie avtal samt i nya trafikavtal, och i Sverige går det att se exempel på båda (Trafikförvaltningen, 2019 A). Exempelvis infördes elbussar inom befintligt avtal i Norrtälje år 2018, och i Helsingborg har det skett inför ny upphandling av avtal (Skånetrafiken, 2019 A). Fram till nyligen har introduktion av elbussar ofta skett som demonstrations- eller testprojekt i Sverige, vilket innebär att införandet har skett utanför ordinarie avtalsstruktur och upphandlingsprocess (Energimyndigheten, 2019 A).

Gällande införande av elbussar inom ett pågående avtal finns det en rad olika faktorer som kan påverka möjligheten till detta. Större förändringar inom ett pågående avtal är inte alltid tillåtet, och kan även medföra ytterligare kostnader och risker för involverade partner. Exempelvis kan det dels introduceras nya kostnader, dels kan förutsättningar för avskrivningar för tidigare fordonen och investeringar påverkas. Beroende på ägare till fordon och avtalens miljö- och fordonskrav är möjligheten att byta ut fordon mer eller mindre begränsad. Möjligheten är större i det fall en kommun eller RKM äger fordonet, än om bussoperatören gör det. Införande av elbussar som en del av en upphandling av nya trafikavtal kan vara fördelaktigt, eftersom offererade priser kan konkurrensutsättas, krav anpassas för avtalet samt att riskerna för involverade parter kan minska (Energimyndigheten, 2019 A).

Upphandlingsprocessen

Upphandlingsprocessen för ett trafikavtal kan delas upp i en planeringsfas, en upphandlingsfas och en avtalsperiodsfas (Konkurrensverket, 2019). En generell beskrivning av upphandlingsprocessen för kollektivtrafik visas i figur 2 (Lidestam, Johansson, & Pyddoke, 2016).



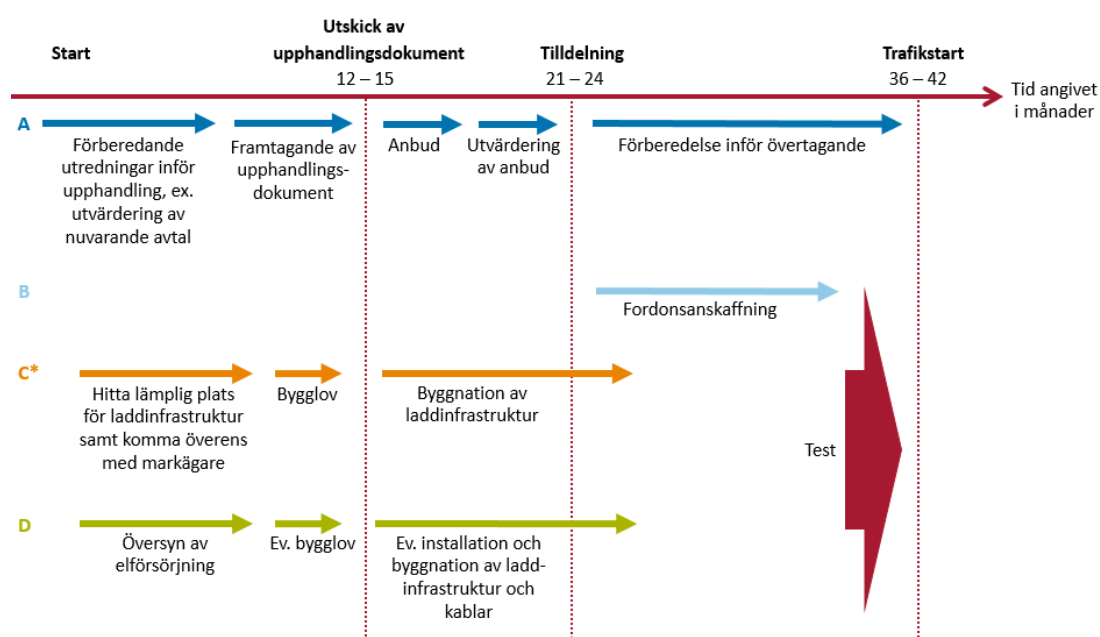
Figur 2 Upphandlingsprocessen. Modifierad från Lidestam, Johansson & Pydeko (2016, s. 9).

Upphandlingsprocessen för kollektivtrafik är en lång process, som initieras av en större behovsanalys för trafikavtalet. RKM brukar därefter presentera ett förfrågningsunderlag, som beskriver förutsättningar och villkor för trafikavtalet. Detta kan även ha föregåtts av en dialog med intresserade operatörer, som ges chans att ge synpunkter på upphandlingen kopplat till innehåll och utformning av förfrågningsunderlaget.

Efter presentation av förfrågningsunderlaget finns ytterligare en period där operatörer ges möjlighet att ställa frågor och få svar kring förfrågningsunderlaget, för att även belysa och klargöra eventuella oklarheter. Dessa frågor och svar är öppna för alla intressenter, så att alla får ta del av samma information. Efter anbudsperiodens slut, vilket kan vara cirka ett år efter att förfrågningsunderlaget skickats ut, sker utvärdering av samtliga anbud för att besluta om vilken operatör som får avtalet, se figur 2 (Lidestam, Johansson, & Pyddoke, 2016).

Upphandlingsprocessen för elbussar

Upphandlingsprocessen för elbussar inom kollektivtrafiken kan beskrivas som i figur 3 nedan. I beskrivningen går det att se att ordinarie upphandling av busskollektivtrafiken kompletteras av parallella processer för att möjliggöra införandet av elfordon.



Figur 3 Olika processer vid införande av elbussar i kollektivtrafik. Modifierad från Energimyndigheten 2019 A, sida 58.

Process A ger en generell beskrivning av ordinarie upphandling för busskollektivtrafik, liknande den som beskrivs i figur 3. Process B illustrerar införskaffande av fordon, som även kan initieras innan tilldelning av kontrakt om ett RKM eller kommun ska äga fordonen. Anskaffningstiden för elbussar bedöms utifrån nuvarande branschförutsättningar vara cirka 14-18 månader, vilket är längre än för vanliga bussar. (Energimyndigheten, 2019 A).

Om elbussar inom avtalet ska laddas i gaturummet, visar Process C, att det kommer krävas en dialog med markägare och elnätsägare/elleverantör för att välja ut platser för laddinfrastruktur. Tillstånd för laddinfrastrukturen beror på vald teknisk lösning och placeringen. För laddning längs linje, vid ändhållplats eller annan plats som terminal och reglerplats krävs vanligtvis bygglov.

I de fall bussoperatören ansvarar för att besluta om var laddinfrastrukturen ska placeras i gaturummet kan inte denna process starta före tilldelningsbeslut har skett för avtalet. Det kan då bli en stor utmaning för bussoperatören att hinna förbereda detta innan trafikstart. Om elbussar endast ska laddas på depå, behövs inte Process C, eftersom laddning inte sker i gaturummet (Energimyndigheten, 2019 A). Dock kan bygglov ändå krävas för depåladdning.

Process D, avser laddning i depå. Detta kräver säkerställande av en tillräcklig strömförsörjning till depån. Därtill kan det behövas bygglov för laddinfrastrukturen i depån, exempelvis i de fall det behövs en ny- eller ombyggd transformatorstation (Energimyndigheten, 2019 A).

3.2.2. Ansvarsfördelning

Ansvarsfördelningen mellan aktörerna i ett trafikavtal skiljer sig mycket från fall till fall. Aspekter som kan skilja sig åt mellan olika RKM är exempelvis äganderätt och ansvar för bussfordon, depåer och hållplatser, trafikutbud, tidtabeller och trafikinformation. Därtill behöver inte heller ansvarsfördelningen vara lika inom samma RKM för dess olika avtalsområden. Trafikavtalens storlek för en RKM kan även variera i omfattning, från en linje till ett helt läns storlek. Detta betyder att fördelningen av risk och kostnader kan variera: Riskerna kan också vara fördelade mellan få eller flera aktörer (Energimyndigheten, 2019 A).

Gällande elbussar, varierar ansvar och ägande för både bussar och laddinfrastruktur med det gränssnitt som definieras inför en upphandling. Elbussar kan både ägas av RKM, kommun eller bussoperatör. För drift och underhåll av laddinfrastruktur finns flera möjliga varianter på uppdelning av roller och ansvar mellan parter (Energimyndigheten, 2019 A). Ansvarsgränssnittet och tydliggörandet av detta är för elbussar en central del av trafikavtalet (Trafikförvaltningen, 2019 A).

Generellt sett varierar aktörers åsikter rörande ansvarsområden och gränssnitt. Olika företag inom samma aktörsgrupp kan dels ha olika åsikt om vilka åtaganden som bör ingå i ansvarsområdet. Dels vill vissa företag ta sig an flera roller, medan andra endast vill ägna sig åt sin traditionella kärnverksamhet (Trafikförvaltningen, 2019 A).

Olika aktörer har varit mer eller mindre involverade i de satsningar som tidigare gjorts, framförallt inom ramen för demonstrationsprojekt. Framförallt har RKM och kommuner varit aktivt involverade och initiativtagande till införandet av elbussar, men även busstillverkare, elbolag, och teknikföretag, har i viss mån varit drivande för vissa satsningar. Bussoperatörer har varit delaktiga genom att utföra trafiken, dock har de haft ett mindre ansvar för andra frågor, som teknikval och organisering (Aldenius, Forsström, Khan, & Nikoleris, 2016).

3.2.3. Kostnadsposter och allokering

Kostnader för elbuss och laddinfrastruktur

Med elbussar förändras kostnaderna och dessas fördelning jämfört med traditionella bussar i totalkalkylen, vilket kan komma att ge en förändrad totalkostnad för RKM. En utmaning med elbussar är att även om den totala ägandekostnaden, TCO, kan vara fördelaktig, medför ofta elbussar högre initiala kostnader än traditionella bussar (Bloomberg New Energy Finance, 2018).

Totalkostnaden för en elbuss varierar beroende på en rad olika faktorer; dels kan kostnaden skilja sig mellan stad samt land, dels påverkas kostnaden av exempelvis elpris, årlig körsträcka, laddkoncept, batteri samt livslängd samt eventuella bidrag och subventioner (Transport & Environment, 2018). Se även avsnitt 2.4 Svenska stödformer och styrmedel, för olika stödincitament som påverkar kostnadsbilden.

Energimyndigheten (2019 A) skriver i en rapport att den totala kostnaden för en elbuss utgörs till stor del av fordonsinköp och kostnader för batteri samt underhåll. Kostnader för drivmedel minskar betydligt i jämförelse mot konventionella bussar. Samma rapport gör en jämförelse av årliga kostnader mellan elbuss och traditionella bussar, där man väljer att dela upp kostnadsposter på fordonspris exklusive batterier, batterier, laddinfrastruktur, underhåll och energi (Energimyndigheten, 2019 A).

Inköpspriset för en elbuss baseras på ett antal olika faktorer, som antalet beställda fordon. Se tabell 1 för en sammanställning av inköpspriset för bussar med olika drivlinor. Det bör observeras att kostnaderna kommer från år 2016 och 2017, samt att det har skett en teknikutveckling och en möjlig kostnadsreduktion sedan dess. Tabellen visar att schablonpriset för elbussar och HVO hybriderna varierar kraftigt. Dock kan det urskiljas att elektriska elbussar är dyrare än de andra tillgängliga drivlinorna, med undantag för en av uppskattningarna för en HVO-laddhybrid som ligger inom samma prisintervall som elbussar.

Det kan noteras att stora delar av den svenska kollektivtrafiken använder idag förnybara drivmedel (Bussmagasinet, 2018). Exempelvis används endast förnybara drivmedel för busstrafiken i studiens tre regioner, varför fossildriven buss inte inkluderats i tabellen nedan.

Tabell 1 Antaganden av två utredningar gällande inköpspris för bussar med olika drivlinor. Samtliga kostnader anges i miljoner kronor och berör ett fordon på 15 meter (Sweco, 2017; Trivektor, 2016).

	Helt elektrisk	Gas	HVO-hybrid	HVO-laddhybrid	HVO	Etanol
Trivektor (2016)	4,9	2,7	3,7	4,9	-	2,53
Sweco (2017)	4,0	2,8	3,0	3,3	2,6	-

Investeringar i laddinfrastrukturen kan även vara finansiellt betungande (Energimyndigheten, 2019 A). Uppskattningar baserade på erfarenheter från demonstrationsprojekt, publicerade av Sweco (2017), har visat att laddinfrastruktur för snabbladdning, motsvarande 150, 300 eller 450 kW, kostar mellan 1,5 – 3 miljoner kronor. Långsamladdning i depå uppskattas laddinfrastrukturen kosta 250 000 kronor (Sweco, 2017).

Förarkostnader inkluderas inte i Energimyndighetens kostnadsjämförelse, men förarkostnaden är en stor kostnadspost för kollektivtrafiken, vilket innebär att elbussens körning och eventuella laddning, där extra förartid krävs, till stor del påverkar totalkostnaden för elbussen. Bussoperatörerna belyste under intervjuer att det finns en risk att kostnaden för förarna kommer att öka, framförallt vid tilläggsaddning, eftersom bussen blir stillastående i ett antal minuter (Nobina, 2019; Transdev, 2019 A). Ungefär 60 % av kostnaden per körd kilometer är från förarens lön (Nobina, 2019), vilket gör att totalkostnaden kan öka betydligt om förartiden ökar.

Samtidigt har elbussar en kostnadsfördel i det att elbussens har lägre energikostnader, tack vare effektivare energianvändning och lägre pris på el än konventionella drivmedel, än konventionella bussar. Detta kan göra att elbussen kan vara mer lönsam än andra alternativ (Energimyndigheten, 2019 A).

Batteriet är ytterligare en stor kostnadspost. Dock har inköpspriset för ett litium-jon batteri reducerats med 84 % på åtta år. Den framtida prisutvecklingen uppskattas komma att plana ut, dock med en fortsatt total reduktion på 18 % till år 2030 (Goldie-Scot, 2019).

Avskrivningstid och elbussens livslängd

Avskrivningstiden för en buss är vanligtvis mellan 10-12 år, och baseras på krav från RKM om maxålder för ett fordon och ibland snittålder i fordonsflottan. Om avskrivningstiden kan höjas för elbussar hade detta inneburit en kraftig kostnadssänkning under den tid ett normalt trafikavtal löper, vilket hade varit positivt i och med att elbussar är dyrare att köpa in än konventionella bussar (Sveriges Bussföretag, 2019). Det finns en möjlighet att renovera fordonet för att upprätthålla en tillräcklig standard genom hela avtalstiden, och därmed inte behöva byta ut hela fordonet (Partnersamverkan för en förbättrad kollektivtrafik, 2018). Detta skulle kunna vara möjligt eftersom elbussar antas ha längre livslängd än diesel eller biogasbussar, då det antas att en elmotor inte slits lika mycket (RT-Forum, 2019).

Andrahandsmarknaden för elbussar är i princip obefintlig (Energimyndigheten, 2019 A), vilket i kombination med korta avskrivningstider och de stora osäkerheter som en ny teknik medför bidrar till höga kostnader (Sveriges Bussföretag, 2019).

Samhällsekonomiska effekter

De samhällsekonomiska kostnaderna och intäkterna inkluderar andra aspekter som elbussar medför, samt effekter på det omgivande samhället. Framförallt medför elbussar bättre lokal luftkvalité med mindre utsläpp av partiklar, kväveoxider och växthusgaser. Vidare medför elbussar även mindre buller och vibrationer (Sweco, 2017).

Genom att inkludera samhällsekonomiska effekterna kan elbussar bli samhällsekonomiskt lönsamma även om den företagsekonomiska lönsamheten initialt är utmanande (Energimyndigheten, 2019 A). Samhällsekonomiska vinster, som luftkvalité, bullernivå och minskad klimatpåverkan, har också framkommit som vanliga drivkrafter i både nuvarande och tidigare implementering av elbussar (Bloomberg New Energy Finance, 2018).

Finansiering av elbussar

För tidigare projekt i Sverige har finansiering ibland hanterats annorlunda än i traditionella upphandlingar och avtal. Särskilda avtal har skrivits med operatören där kommun eller

region tagit på sig de extra finansiella riskerna som kan uppstå vid satsning på elbuss (Aldenius, Forsström, Khan, & Nikoleris, 2016). Umeå, tog exempelvis kostanden för både bussar och laddstationer år 2014/2015 i och med genomförandet av en större satsning med nya elbussar (Umeå Kommun, u.d.).

Idag ägs en del av elbussarna i Sverige av RKM, kommun eller fordonsleverantör, men i takt med att elbussar blir allt vanligare, kan riskerna kopplade till elbussar eventuellt minska, och därigenom kan andelen elbussar som ägs av bussoperatörer komma att bli högre (Energimyndigheten, 2019 A).

3.3. Bredare samhällsperspektiv

I detta avsnitt beskrivs elbussar ur ett bredare samhällsperspektiv. Med ett bredare samhällsperspektiv avses hur elbussar kan samordnas med andra elektrifieringsprocesser i samhället, och hur samhällsplanering med avseende på bebyggelsemiljö och infrastruktur påverkar och påverkas av elbussar. Dessutom beskrivs kollektivtrafiken och satsningen på elbussar utifrån ett samverkansbehov mellan olika aktörer i samhället.

3.3.1. Elektrifieringsprocesser

Samordning av elbussar med andra transportslag

Under 2018 ökade antalet laddbara vägfordon i trafik med 52 % jämfört med 2017. Till laddbara fordon räknas i detta fall elbilar, laddhybrider, lätta ellastbilar och fyrhjuliga elmotorcyklar (Power Circle, 2019). Därtill märks ett ökat intresse för elektrifiering av den tunga lastbilsflottan, där bland annat Trafikverket arbetar med elvägar.

Elektrifiering av busstrafiken skulle i viss mån kunna samordnas med annan elektrifiering av transportsektorn. Samordning och delning av infrastruktur för e-mobilitet, kan bland annat göra att nyttjande av kollektivtrafikens elnät blir mer effektivt, ge högre kostnadseffektivitet och innebära att mindre utrymme behöver tas i anspråk i stadsrummet. Förutom att infrastruktur skulle kunna delas mellan olika transportsätt inom kollektivtrafiken, finns det även potential att i framtiden integrera kollektivtrafikens laddinfrastruktur med andra eldrivna transportmedel (Eliptic, 2018 A).

Idag bedrivs visst arbete som syftar till att koppla elbussar och andra elfordon till redan existerande kollektivtrafikinfrastruktur. Utbyggnad av elbussystem och dess infrastruktur kan bidra till elektrifiering av andra transporttyper, men också samordnas mot redan elektrifierade system. För tilläggladdning finns exempelvis en samordningspotential kring förstärkningsarbeten i det lokala elnätet, där andra typer av laddstationer skulle kunna etableras när elnätet förstärks för att förbereda för laddinfrastrukturen (Eliptic, 2018 A).

Privata elbilar laddas vanligtvis antingen hemma eller vid arbetsplatser (Energimyndigheten, 2019 G). För elbussar sker laddning ofta vid särskilda laddplatser för elbussar, vilket dock innebär att elbilar och elbussars laddplatser inte nödvändigtvis är placerade nära varandra.

Att samnyttja laddinfrastruktur för tilläggladdning kan innebära utmaningar när det gäller ägande över laddinfrastrukturen. och prioritetsordning mellan bussar och annat fordon (Trafikförvaltningen, 2019 B). För depåladdade elbussar är möjligheterna till samordning än mindre, eftersom den elektriska infrastrukturen då finns i depån. Vid depåladdning kan förstärkning av det lokala elnätet dock nyttjas för att etablera närliggande publika laddstationer om området bedöms som passande för detta.

Om åkeri- eller terminalverksamhet bedrivs i närheten, kan förstärkning av lokalnätet till följd av depåladdning exempelvis innebära att även heelelektriska lastbilar kan dra nytta av detta. Detta gäller även elektriska lastbilar, i det fall åkeri- eller terminalverksamhet finns etablerad nära bussdepåer (Trafikförvaltningen, 2019 B).

Även trådinfrastruktur, i det fall trådbuss används, skulle kunna nyttjas av andra tunga fordon (Trafikförvaltningen, 2019 B). Trådinfrastruktur skulle kunna samordnas med spårvagnstrafik främst kanske när det gäller kontaktledningsstolpar och matarstationer, dock kan detta behöva involvera anpassning av systemets delar (Trafikförvaltningen, 2019 B).

Exempel på samnyttjande av infrastruktur och laddstationer

Det finns exempel där elbussar har samnyttjat existerande infrastruktur för spårvagnar och andra transportsätt, vilket visar på möjligheten att dela infrastruktur för olika eldrivna transportsätt (Eliptic, 2018 A).

Flera exempel finns kring samnyttjande mellan spårvagn och elbuss. 2012 introducerade Wien tolv stycken elbussar, som laddar under färd genom att nyttja spårvagnens kontaktledning (European Commission, 2013). I Oberhausen, Tyskland, finns ett projekt där spårvagnens infrastruktur nyttjats för att ladda elbussar via två lösningar; genom spårvagnens kontaktledning eller genom en redan existerande kopplingsstation för en spårvagnsstation. Projektet visade att det var tekniskt och operationellt möjligt att göra detta, samtidigt som projektet även mötte en del hinder kopplade till organisatorisk mognad och rättsliga aspekter. I Oberhausen byggdes även laddstationer för elfordonen, vilka matas med el ifrån spårvagnens likströmsinfrastruktur (Eliptic, 2018 B).

I Warszawa har ett liknande projekt genomförts utifrån möjligheten att använda spårvagnens existerande infrastruktur för tilläggladdning av elbussar, genom att leda energi från spårvagnens kraftnät till elbussens laddare. Projektet visade att spårvagnens infrastruktur kan användas för laddning av elbussar inför Warszawas fortsatta satsning på en elektrifierad bussflotta. Dock var slutsatsen att det framstod som enklare att använda det vanliga elnätet för laddning (Eliptic, 2018 C).

Även användning av tunnelbanans elnätsinfrastruktur har studerats för att se om denna kan användas för att ladda elbussar. I Bryssel har projekt genomförts för att pröva om existerande elnätsinfrastruktur för både spårvagn och tunnelbanan kan nyttjas för att tilläggladda bussar, genom att existerande elnät används för eltillförsel till elbussarnas laddstationer. Projektet visade att det finns en hög potential att integrera elbussars laddinfrastruktur med existerande nät för spårvagn eller tunnelbana, samtidigt som det kan finnas utmaningar som finansiering och utrymmesbrist. Det finns också en risk att det leder till en inlåsningseffekt mot en viss tekniklösning vid en sådan integration (Eliptic, 2018 D).

I Nederländerna förbereds just nu ett pilotprojekt vid en tågstation, där bromsenergi från tåg ska användas för att ladda elbussar (Railtech, 2019). I London har samnyttjande av tunnelbanans elnät undersökts, där studien visar att tunnelbanans elnät ur ett tekniskt perspektiv skulle kunna tillföra el till delar av bussflottan beroende på val av laddstation.

Samtidigt visar studien att rättsliga utmaningar finns om aspekter rörande energi och elnät, och även att tekniken för laddningsintegrationen inte var helt teknisk mogen. Studien i London tar även upp att det kan finnas en utmaning gällande prioritering, mellan tunnelbana och elbussar, av elnätsinfrastrukturen när en brist i kapaciteten uppstår. Detta kan komma att påverka möjligheten att ladda elbussarna (Eliptic, 2018 E).

Samnyttjande av laddstationer mellan olika transportmedel har även undersökts, och i Szeged i Ungern finns ett projekt där en gemensam laddstation för både hybrida trådbussar, elcyklar och elbilar studerats. Laddaren har testats för att vara en flerfunktionell laddare för de olika transportmedlen. 2018 beslutades det att testerna för projektet ska fortsätta, dock konstaterades det under projektets första del en del svårigheter. Exempelvis finns oklarheter om teknikens mognad för ”multi-charging”, finansiering långsiktigt och rättsliga oklarheter angående användning av elnätet (Eliptic, 2018 F).

Sammantaget går det att se att det har bedrivits flera projekt där försök har gjorts att samordna elbussar med andra transportmedel. Även om det i flera fall har framstått som tekniskt möjligt, har det uppdagats flera utmaningar rörande exempelvis finansiering, rättslig- och teknisk mognad. Men även frågor kring organisatorisk mognad, inlåsningseffekter och hur olika transportsätt ska samsas samt prioriteras emellan varandra om samnyttjande sker. Här är det dock angeläget att fortsätta följa utvecklingen.

3.3.2. Samhällsplanering bebyggelsemiljö och infrastruktur

Möjligheten till satsningar på elbussar och vilka teknikval som görs påverkas av de förutsättningar som finns i regionens och kommunernas bebyggelsemiljö och infrastruktur. Elbussar i sig påverkar likaså staden, och kan även bära med sig nya möjligheter som kan påverka hur städer planeras.

Tilläggs-laddning

Stadsplaneringen kan vara en begränsning för tilläggs-laddning, vilket i sig påverkar potentialen att etablera sådan (McKinsey, 2018). Möjligheten att hitta passande platser för tilläggs-laddning kan vara en sådan utmaning, när elbussar och laddningspunkter ska samsas med redan existerande strukturer (Bloomberg New Energy Finance, 2018).

Etablering av tilläggs-laddning i sådana miljöer skulle ytterligare kunna skärpa områdets konkurrens om gaturummet. Därtill kan valet av laddkoncept bygga på en mer eller mindre synlig laddinfrastruktur, vilket gör att det kan finnas en visuell påverkan på stadsmiljön (Energimyndigheten, 2019 A).

Kommunernas uppfattning av det visuella intrycket vid installation av laddutrustning i gaturummet skulle kunna vara ett hinder mot införandet av elbussar. Brist på utrymme för

laddning utanför depån skulle kunna lösas av att busshållplatser omplaceras, dock brukar dessa vara placerade för att optimera ruttplaneringen, varför byten av linje kan vara mindre lämpligt (Bloomberg New Energy Finance, 2018).

Depåplanering

Depåers placering och hur centrala dessa är påverkar hur kostnadseffektiv depåladdning är. Depåer i mer perifera lägen skulle kunna bidra till längre tomkörningssträckor om bussar behöver åka tillbaka till depå och ladda. Depåernas placering blir därför extra viktig (Trafikförvaltningen, 2019 C), men samtidigt är detta inte unikt för elbussar, utan bussdepåernas placering påverkar sträckor för tomkörning för busskollektivtrafiken i stort (Mahadikar, Mulangi, & Sitharam, 2015).

Depåer för elbussar skulle dock kunna omlokaliseras till ytor under mark, på grund av att elbussar inte har samma ventilationsbehov som diesel- och naturgasbussar. Detta skulle kunna frigöra värdefull markyta till annan användning (Bloomberg New Energy Finance, 2018). Vidare förklarar en representant från Västra Götalandsregionen (2019 A) vid intervju att en elektrifierad, och därmed en renare och tystare depå, skulle kunna möjliggöra bostadsbyggande på depån, kallad integrerad depå, vilket resulterar i en mer platseffektiv stad.

Företrädaren för Västra Götalandsregionen (2019 A) påpekar dock samtidigt att fördelarna som gör att en depå potentiellt kan byggas tystare, renare och mer kompakt inte endast bör ses som en följd av införandet av elbussar utan även automatiserade bussar. Integrerade depåer finns redan som koncept men skulle kunna bli enklare att förverkliga med automatiserade och elektrifierade bussar.

Existerande depåer, men även terminaler eller busshållplatser, kan vara placerade på platser där lokalnätet inte är anpassat efter det effektuttag som många elbussar kan kräva, och begränsningar i lokalnätet kan även påverka hur nya busslinjer dras. Tidig kontakt med elnätsbolag och andra intressenter är därför viktigt inför planering och införande av elbussar (Bloomberg New Energy Finance, 2018).

Potential för utformandet av busshållplatser, terminaler och städer

Det finns även exempel där införande av elbuss har inneburit en förändring i tankesätt kring lokalisering av hållplatser. Elbussar skapar nya möjligheter för kollektivtrafiken, genom att de är tysta och avgasfria. Dessa egenskaper förändrar förutsättningarna för var bussarna kan köra, och det går att köra närmare platser där människor rör sig (Volvo, 2015).

I Göteborg har busstationer lokaliserats inomhus i demonstrationsprojektet ElectriCity med elbussar. På lång sikt skulle elbussar kunna förändra sättet som städer planeras och byggs, där projektet i Göteborg visar att det är möjligt att använda elbussar i inomhusmiljöer (Svergies Radio, 2015).

Elbussar kan även kopplas ihop med andra samhällsfunktioner som kan ge ytterligare tillgänglighet för resenärer. Exempel på detta, som nämns i Bussmagasinet (2015) finns i Göteborg, där en inomhushållplats utformades som ett riktigt bibliotek, vilket i sig visar att elbussar kan skapa nya möjligheter för kollektivtrafiken och olika samhällsfunktioner.

Samtidigt finns det en säkerhetsaspekt med elbussar som också påverkar dessas funktion i stadsmiljön. Genom att elbussar är tystare än traditionella bussar uppstår en utmaning i det att bussen kan vara så pass tyst att trafikanter inte hör bussen när den kommer. När Umeå i juni invigde 25 nya elbussar, var exempelvis dessa utformade med en ”skrämselknapp”, som ska användas för att väcka uppmärksamhet i trafiken (Granath, 2019). Knappen gör att fordonet skramlar för att fånga uppmärksamhet från gående och cyklister (Transdev, u.d).

3.3.3. Samverkan

Som lyfts i tidigare avsnitt finns det flera aktörer som berörs inför en satsning på elbussar, vilket ställer nya krav på samarbeten. Vidare påverkar regionens bebyggelse och infrastruktur möjligheten till införande av elbussar gällande exempelvis teknikval, laddinfrastruktur och omfattning på satsning.

Kollektivtrafiken har ett stort behov av samverkan mellan offentliga planeringsorganisationer på både nationell, regional och lokal nivå, samt även mellan offentliga och privata aktörer (Paulsson, o.a., 2018). Samverkan kan ses som en förutsättning för att skapa en kollektivtrafik som fungerar, och i skapandet av en effektiv kollektivtrafik krävs samordning mellan organisationer med olika budgetar och ansvarsområden, vilka tillsammans behöver arbeta över organisationsgränser (Hrelja, Pettersson, & Westerdahl, 2016).

Exempelvis behövs en nära koppling mellan bebyggelseplanering och planering av samt utveckling av kollektivtrafik. I det att kommuner ofta har rådighet över markanvändningen blir de centrala aktörer att samverka med eftersom planeringen för denna påverkar kollektivtrafikens framtida förutsättningar.

Kommuner behöver aktivt bedriva en bebyggelseplanering som bidrar till en god kollektivtrafik, exempelvis rörande kollektivtrafikens framkomlighet. Men också för att skapa ett sammanhängande system för kollektivtrafiken rörande hållplatser, bytespunkter och lokalisering. Utan samverkan blir detta svårt. Om berörda aktörer inte är villiga att röra sig åt samma håll vid samma tidpunkt, kan det vara utmanande att möjliggöra ett hållbart transportsystem med kollektivtrafik och integrerad bebyggelseplanering (Paulsson, o.a., 2018).

Ett lokalt elnätsbolag (Göteborg Energi, 2019) uppger vid intervju att de ser att en dialog mellan involverande aktörer som avgörande för att bedöma det framtida effektbehovet. Dock finns det två utmaningar gällande dialogen. För det första efterfrågar intressenter oftast flera olika alternativa platser gällande exploatering, vilket gör det svårt för ett specifikt lokalelnätsbolag att planera det reella framtida effektuttaget. För det andra, kan börsnoterade bolag inte alltid hålla en öppen dialog, då informationen kan anses skapa ojämn konkurrens på aktiemarknaden. Det kan medföra att elnätsbolagen får informationen sent i processens gång, då det redan finns ett beslut från intressenten om att de ska exploatera ett specifikt område (Göteborg Energi, 2019).

3.4. Digitalisering

I följande kapitel beskrivs digitaliseringens roll i en allt mer elektrifierad bussektor. Digitalisering är ett brett begrepp och har en påverkan genom att göra bussbranschen smartare på många olika sätt. Smartare kollektivtrafik inkluderar att bussbranschen kan bli mer integrerad med andra branscher, utrusta själva bussen med mer digitala funktioner och gör den uppkopplad för att även möjliggöra att bussen kan kommunicera med infrastrukturen. Men också att utveckla smarta system som gör att bland annat att laddinfrastrukturen kan optimeras för elbussar. Mycket av digitaliseringens påverkan är inte endast koppla till elbussar specifikt utan gäller för samtliga bussar. En del av digitaliseringen har att göra med att bussarna blir mer autonoma och självkörande, därför innefattar det även en del visionära aspekter.

3.4.1. Effektivare kapacitetsnyttjande

Transportsektorn kan bli mer hållbar på ett mer kostnadseffektivt sätt och resursanvändandet kan optimeras genom att nyttja digitala lösningar (Näringsdepartementet, 2017). Det krävs bl.a. att kollektivtrafiken blir smartare för att utmaningarna som en ökad urbanisering resulterar i ska kunna mötas (Öberg, Glaumann, Gjelstrup, & Leifland Berntsson, 2017).

Tidigare har transportsektorn betraktats och behandlats som fristående från andra samhällsystem med separat infrastruktur gällande energiförbrukning och drivmedel. I rapporten *Så klarar Sveriges transporter klimatmålen* (2019) betonas vikten av att transportsystemet ses som en del av det omgivande samhället. I och med att elektrifierade fordon introduceras börjar energisektorn och transportsektorn växa samman (Breakit, 2018).

Digitaliseringen kan främja att system kan integreras med varandra, energisystemet kan bli mer flexibelt och gränser mellan energisektorer kan suddas ut (International Energy Agency, 2017). Elsystemet och transportsektorn är ett exempel på hur olika delar av energisystemet kan sammankopplas (Löfblad, Unger, Holmström, Lewan, & Montin, 2018). Forskning och olika projekt där man undersöker detta pågår, bland annat EU-projektet SEEV4-City, där det utreds hur elfordon kan sammanlänkas in i samhället (InterregNorthSeaRegion, u.d.).

En ökad användning av elbussar kan resultera i lokala nätproblem och effektbrist på vissa platser, vilket ställer krav på att en smart styrning av laddning implementeras (Power Circle, 2018). Enligt forskare på Chalmers kan lösningen vara att införa digitala system som fördelar och reglerar elektrisk effekt i realtid utifrån behovet och efterfrågan (Chalmers, 2019).

Vid intervju bedömde en representant för E.ON (2019 B) att elbussarnas laddning är förutsägbar, vilket gör att energibehovet kan förutses, både mängden och under vilka tidpunkter. Information om tillgänglig kapacitet och förbrukningsbehovet hos bussar kan således skapas, vilket i sin tur kan ge information om när kapacitet kan användas alternativt allokteras till andra delar av elnätet. Energiförbrukningen hos hushåll är också relativt förutsägbar uppger E.ON (2019 B), vilket skulle kunna skapa en fördelaktig kombination.

Batterier i kombination med solenergi och mikronät skapar konkurrens för de traditionella monopolen som elnäten har idag. I rapporten *Elnätets roll i framtidens energisystem* (Power Circle, 2018) beskrivs att kraven på mer digitala lösningar som möjliggör en ökad resurseffektivitet. Det råder oklarheter vilka regler som gäller energilager i form av batterier, och i rapporten rekommenderas det att nätbolag bör få tillåtelse att äga batterilager (Power Circle, 2018).

En representant för E.ON (2019 B) uppger i en intervju att fördelen med att kunna samnyttja effekt är att en bussdepå och till exempelvis en kontorsbyggnad kan nyttja energin tillsammans. Bussdepån laddas under natten då kontoret inte behöver energi och kontoret använder energin då bussarna är i drift under dagen. För att kunna samnyttja behöver kunskapen kring energianvändandet inom olika branscher och områden öka (E.ON, 2019 B). Då kan man mäta energibehovet som olika kunder och konsumenter behöver för att sedan kunna tillhandahålla nödvändig energimängd vid rätt tidpunkt. För att kunna möjliggöra en sådan samverkan och system krävs ett nytt synsätt och betalningssätt av energin (Åslund, 2017).

I en intervju med en representant för Volvo Bussar (Volvo AB, 2019) framhålls att när en elektrifiering sker blir systemsynen viktig, både för enskilda fordon men även för hur olika fordon sammankopplas för att kunna få en optimerad effekt vid laddning.

3.4.2. IT-standard i bussar, ITxPT

I en intervju med representant för Lindholmen Science Park (2019) beskrivs det att det finns en utmaning med att digitaliseringen och mängden IT-system ökar på bussarna. Busstillverkare, huvudmän, och bussoperatörer äger egna digitala system som inte alltid integreras med andras system. För att möjliggöra en effektiv introduktion av digitalisering krävs det att systemen standardiseras.

Den internationella organisationen för kollektivtrafik, UITP, grundade sammanslutningen ITxPT (Information Technology for Public Transport) år 2013 (NEC, 2018) vars format nu har blivit en IT-standard för effektivare datakommunikation (Dietl, T., 2018). ITxPT är en ideell organisation med medlemmar från hela Europa, alltifrån trafikhuvudmän, bussoperatörer till fordonstillverkare och IT-leverantörer (VerkstadsForum, 2018).

Organisationens uppdrag är att möjliggöra ett enklare införande av plug-and-play, standards och praxis av IT-lösningar för kollektivtrafik (ITxPT, u.d.). Standarden möjliggör en interoperabilitet mellan olika IT-system inom kollektivtrafiken, vilket innebär att systemen kan kommunicera med varandra. Representanten för Lindholmen Science Park (2019) förklarar att målsättningen är att standardisera bussar och system i framtiden vilket skulle möjliggöra att digitala funktioner kan installeras från olika leverantörer.

3.4.3. Digitala verktyg i elbussar

En ökad användning av smartphones och en ökad uppkoppling har skapat möjligheter för utveckling av en mängd nya transporttjänster hos bussar (Öberg, Glaumann, Gjelstrup, & Leifland Berntsson, 2017). I en undersökning som Keolis har gjort framgår det att

kollektivtrafikens resenärer i hög utsträckning är uppkopplade och använder smarta hjälpmedel (Bussmagasinet, 2019 B). Resenärerna ställer krav på digitala funktioner och att information ges i realtid (DynaMate, 2019). För att kunna erbjuda en attraktiv kollektivtrafik krävs det därför att den digitaliseras (Öberg, Glaumann, Gjelstrup, & Leifland Berntsson, 2017).

Dagens bussar är utrustade med en mängd olika digitala verktyg där de bland annat kan mäta energiförbrukningen, bussens position i realtid, mängden passagerare etc. De är även utrustade med funktioner som USB-uttag, talkommunikation, digitala informationsskärmar och wifi-uppkoppling (Bussmagasinet, 2019 C). Vid en intervju med en representant för Skånetrafiken (2019 B) framgår det som ett exempel på applikationer att en skillnad mellan elbussar och andra bussar är att digitala funktioner mäter statusen på batteriet på bussen, medan på en fossildriven buss kan statusen på motorn kontrolleras. Däremot skiljer det sig beroende på operatör och RKM, speciellt biljettsystemet då det ofta är ett lokalt system (Keolis, 2019).

Bussoperatörer väljer att implementera olika digitala verktyg beroende på olika faktorer. Vissa funktioner kräver huvudmännen i upphandling till exempel infotainment och trygghetskameror. Andra tjänster efterfrågas av passagerare, till exempel gratis internet ombord, vilket kan bidra till ökat resande. Vissa funktioner behöver bussoperatören ha för egen del, till exempel ha kontroll på hur många som faktiskt åker med bussen (Westergren, Saarikko, & Blomquist, 2017; Nobina, 2019).

3.4.4. Digitalt verktyg i upphandling

Energimyndigheten och RISE Viktoria har samarbetat inom ramen för projektet Energiförsörjning för elektrifierade bussystem, EAEB, som bland annat mynnade ut i ett digitalt kalkylverktyg (Energimyndigheten, 2018 A). Syftet med kalkylverktyget är att analysera, simulera och visualisera elbussystemet ur ett systemperspektiv, för att möjliggöra att goda förutsättningar skapas under upphandlingsprocessen av elbussar. Huvudmålet var att skapa en metodik med tillhörande analysverktyg som kan förutsäga den totala kostnaden med en fördelning av energiförsörjningssystemet för elbussar som både är robust och ekonomisk (Energimyndigheten, 2018 A).

Kostnaden kan både beräknas som en totalsumma, men den kan även fördelas på olika delsystem och aktörer, exempelvis med avseende på depå och tidtabeller. Vidare tar metodiken även hänsyn till busstrafikens linjer, omloppsplanering samt en variation i bussflödena (Energimyndigheten, 2018 A). Genom detta kan verktyget användas för att enklare ta beslut om var laddstationer bör lokaliseras samt hur stora batterier fordonen kräver. Därmed kan enklare och bättre förutsättningar skapas för RKM under kravställningen och upphandlingsprocessen av elektrifierade bussystem (Swedish Electromobility Centre, 2018).

Analysverktyget är webbaserat och detta kommer från tidigare utförda modeller inom ramen för FFI-projektet *Analys av energiförsörjning för elektrifierade bussystem*. Verktyget kan användas både på enstaka linjer som komplexa trafikområden innehållande flera linjer med olika mängd interaktioner. Resultatet möjliggör en jämförelse och förståelse mellan olika sätt att utforma ett system för elektrifierad busstrafik samt hur det påverkar turtäthet, stopptider, diverse fordonsparametrar och placeringen av laddinfrastruktur samt

depå. De delmoment som inkluderas är laddning, energiförbrukning, omloppsplanering och kostnadsberäkningar (Energimyndigheten, 2018 A).

I en intervju med en representant från RISE (2019) framgår det att det digitala analysverktyget tar hänsyn till data från flera olika aktörer, någonting som inte har varit möjligt tidigare. Det innebär en elbuss energimängd, antal bussar, tidtabeller etc. kan importeras in i verktyget. Representanten från RISE (2019) förklarar att analysverktyget visar vikten av en systemsyn och alternativ planering för att skapa en säkerhet emot oförutsägbara händelser, som strömavbrott eller väder.

3.4.5. Digitala plattformar- olika företagsexempel

Internet of Things, IoT, ger möjlighet att samla in, bearbeta och kommunicera data samt lokalisera och identifiera föremål, vilket kan realiseras genom molntjänster, mobil teknik och smarta sensorer (Westergren, Saarikko, & Blomquist, 2017). Analys av realtidsinformation kan utföras och användas för att utveckla nya tjänster. Flödet av data som skapas av flera uppkopplade fordon kan analyseras, vilket kan underlätta vid optimering av processer. IoT kommer att kunna göra transportsystemet smartare och ge en ökad innovationsgrad (Westergren, Saarikko, & Blomquist, 2017).

I och med att digitaliseringen förändrar kollektivtrafiken utvecklas en mängd aktörer olika molnlösningar och systemlösningar. Både operatörer, tillverkare och huvudmän utvecklar och samarbetar med olika IoT-företag för att utveckla sin digitalisering. Tillverkare kopplar upp sina produkter för att kunna direkt logga produktdata, vilka sedan kan användas för att utveckla produkter och skapa nya tjänster (Westergren, Saarikko, & Blomquist, 2017). Tillverkare som till exempelvis Scania har inlett samarbete med IoT-bolag som hjälper dem med digitaliseringen och elektrifieringen samt utvecklandet av bland annat självkörande bussar (Henricsson, 2018).

I en rapport från Umeå universitet, *IoTguiden*, framgår det att bussoperatören kopplar upp sina bussar för att få kontroll över sina processer samt för att skapa värde för sina kunder (Westergren, Saarikko, & Blomquist, 2017). Rapporten förklarar vidare att IoT-företagen tillhandahåller den fysiska hårdvaran, samt någon form av molnlösning, alternativt en lokal lösning, för att kunna distribuera och bearbeta data till sina partners (Westergren, Saarikko, & Blomquist, 2017).

Exempel på en digital plattform utvecklad av IoT-bolag och bussoperatör

Många aktörer satsar på IoT, Telia är bara ett exempel och de har valt att rikta in sig på kollektivtrafiken. Fältcom, dotterbolag till Telia, har utvecklat både Nobinas och Skånetrafikens digitala plattformar (BättreAffärer, 2017). I rapporten, *IoTguiden*, beskrivs Fältcoms plattform, vilken möjliggör digital kommunikation och som är en molnlösning (Westergren, Saarikko, & Blomquist, 2017). Plattformen består av två enheter, en stationär enhet som samlar in och bearbetar data som skickas från en mobil enhet som är installerad på bussen. I rapporten framgår det att komplexiteten ökar i och med att fler tekniker och digitala verktyg efterfrågas samt utvecklingen av olika standarder (Westergren, Saarikko, & Blomquist, 2017).

Rapporten, *IoTguiden*, beskriver även att Nobina har kontrakt med olika underleverantörer, till exempel Fältcom som tillhandahåller den öppna tekniska plattformen och som möjliggör en kommunikation mellan system och buss. I rapporten framgår det att Nobina såg en fördel med att ha en öppen teknisk plattform i jämförelse med en färdig systemlösning. En öppen plattform möjliggör en utökning av olika tjänster och funktioner utan ökad komplexitet eller kostnad (Westergren, Saarikko, & Blomquist, 2017).

Nobina och Telia har även utvecklat en IoT-teknik så att uppvärmningen av bussarna kan regleras, någonting som sparar energi (Björklund, 2019). Med hjälp av styrsystem och temperatursensorer kan uppvärmningen ske endast när det krävs. Temperaturen avläses och regleras med hjälp av mobilnätssamfund och takmonterade antenner på bussen.

Exempel på hur smartare laddlösningar utvecklas

Även smartare laddlösningar är något som utvecklas. En representant för Siemens (2019) beskriver i en intervju att deras mjukvara för laddpunkter vidareutvecklas för att kunna köras på deras molnbaserade IoT-plattform, MindSphere. Genom att samla data om exempelvis tillstånd på batteri, vilka bussar som är redo att köras, vilka laddare som är lediga och historik över fel kan driften optimeras (Siemens, 2019). Smarta lösningar kommer att bli allt viktigare när antalet elbussar ökar då detta kan öka risken för kapacitetsutmaningar i elnätet. Siemens beskriver vidare att även om det redan idag samlas in viss data från befintliga laddare finns det i framtiden stor potential att utveckla detta för att dra nytta av möjligheterna som elektrifieringen ger. Blockchain och hållbara batterier

Blockchain kan användas för att försäkra att batterierna i elbussarna produceras på ett hållbart sätt (Allt om elbil, 2019). Genom Blockchain-nätverket kan mineralerna spåras för att undersöka ursprung och minimera risken för barnarbete. Några aktörer har startat ett samarbete som ska spåra mineraler, som kobolt, från gruva till slutkonsument genom att använda blockchain-teknik. Tekniken erbjuder ett nätverk av deltagare som är validerade och där inblandade aktörer kan spåra data för att försäkra sig om mineralernas tillförlitlighet (IBM, 2019).

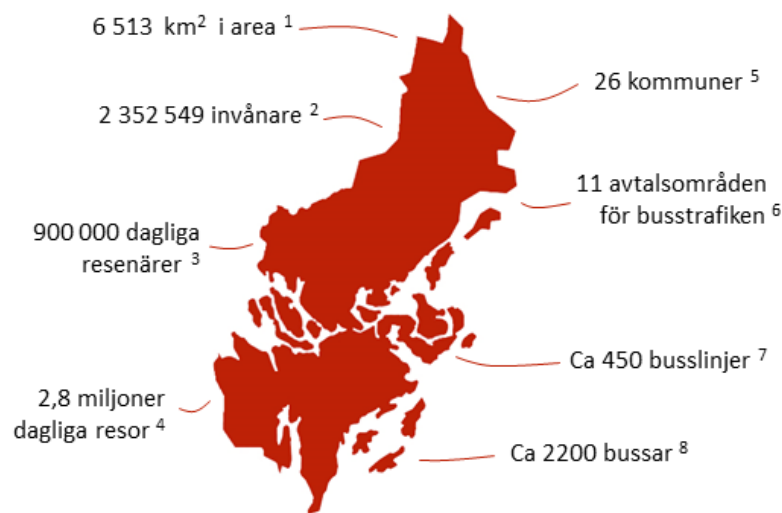
3.4.6. Självkörande elbussar

De tester som görs idag med självkörande bussar inkluderar framförallt elektrifierade bussar. I Trafikanalys rapport (2019) förklaras att elektrifieringen förenklar introduktionen av automatiserade fordon. Förutsättningarna är bättre för laddning som sker autonomt, via exempelvis induktion, än för tankning som sker automatiskt. En representant för Siemens (2019) förklarar i en intervju att när det handlar om mer automatiska och självkörande bussar är autonom laddning något som är viktigt då laddning ska kunna ske utan mänsklig hjälp. Vidare redogör Trafikanalys i sin rapport (2019) för att automatisering stöds av att fordonen samverkar och är uppkopplade. Alltså att elektrifiering förenklas av att bussar automatiseras och att fordon behöver vara uppkopplade och kunna samverka för att bli automatiserade.

4. Sammanfattning av fallstudierna och bussoperatörer

I detta kapitel presenteras sammanfattningar för de tre studerade RKM; Trafikförvaltningen Stockholm, Skånetrafiken och Västtrafik, gällande deras arbete med elbussar. Vidare beskrivs bussoperatörernas roll och arbete med omställningen till elbussar. Sammanställningen utgår från vardera RKM samt från de fyra perspektiven presenterade i kapitel 3. Digitaliseringsperspektivet presenteras dock i som en samlad bild för alla RKM i studien. Mer fullständiga beskrivningar av respektive RKM återfinns i Bilaga 1, 2 och 3.

4.1. Trafikförvaltningen Stockholm



Figur 4 Illustration över Region Stockholm samt Trafikförvaltningen i siffror. Källor: 1 Statistiska centralbyrån (2019 A), 2 Statistiska centralbyrån (2019), 3 Region Stockholm (u.d.), 4 Region Stockholm (2019), 5 Statistiska centralbyrån (2019), 6 Trafikförvaltningen (2019 C), 7 SL (u.d.) och 8 Trafikförvaltningen (2019 C).

4.1.1. Organisation, drivkrafter och nuläge

Trafikförvaltningen är en del av Region Stockholm, och är ansvarig för att upphandla all trafik under varumärket SL. Totalt elva trafikavtal finns för regionen. Hösten 2019 ska fyra stycken avtal upphandlas. I dagsläget äger Trafikförvaltningen bussdepåerna, medan bussoperatörerna äger bussarna, vilket även gäller för elbussar och tillhörande laddteknik. Busstrafiken innefattar cirka 2200 bussar, av blandade busstyper. Cirka 41 % av länets bussar var 2017 klass I bussar, och cirka 54 % var klass II bussar där även 1,5 klass bussar ingår.

SL busstrafik drivs idag helt på förnybara drivmedel, fördelat mellan biodiesel, biogas och etanol. Samtidigt kan ett ökat intresse för elektrifierade fordon noteras. Trafikförvaltningen

publicerade under 2019 en utredning rörande eldriven busstrafik i Stockholms län. Förvaltningens intresse för elbussar grundar sig bland annat på att Trafikförvaltningen ser att elbussar gör att man kan uppnå flera av målen rörande miljö, hälsa och energieffektivisering. Det saknas dock ett mål om nollemissionsfordon i busstrafiken i det regionala Trafikförsörjningsprogrammet, men detta är något som Trafikförvaltningens utredning föreslår ska införas, då detta skulle underlätta för framtida introduktion av elbussar.

4.1.2. Pilotprojekt och påbörjad introduktion av elbussar

Trafikförvaltningens utredning kring elbussar visar på att det finns en maxpotential för introduktion av cirka 1500 bussar till år 2030 i regionen, men lyfter samtidigt att en mer realistisk potential är en introduktion av cirka 700 elbussar. Denna uppskattning grundar sig på befintliga planer rörande kollektivtrafiken i stort, redan implementerade elbussar och när nya avtalsperioder ska initieras. Potentialerna motsvarar mellan 30-70 % av busstrafiken i regionen.

Inom senaste åren har Trafikförvaltningen haft elbussar i mindre pilotprojekt samt introducerat ett antal elbussar i pågående avtal. Sommaren 2019 introducerades elbussar för första gången i ordinarie upphandling, och Trafikförvaltningen avser fortsätta att introducera elbussar på detta vis. Detta är delvis drivet av att Trafikförvaltningen valt en inriktning där de förespråkar ett succesivt införande av elbussar, där införande av elbussar sker i ordinarie upphandling, och inte inom pågående avtal. Dock utesluter inte Trafikförvaltningen att införande av elbussar i framtiden kan komma att ske inom gällande avtal.

Nästa introduktion av elbussar sker därför i samband med de fyra avtal som ska upphandlas hösten 2019. Detta rör sig om omkring 65-70 stycken elbussar, av totalt 900 bussar som finns hos de fyra avtalsområdena tillsammans. Satsningen på elbussar avses i nuläget ske för klass I bussar, och nyttan anses vara störst i tätbebyggda områden.

Trafikförvaltningens satsning på elbussar kan beskrivas som en stegvis övergång till eldrift, där lågt risktagande förordas. Trafikförvaltningen har valt en strategi där elektrifiering av bussflottan ska ske successivt med heelelektriska fordon som ska ladda i depå. Depåladdning är enligt Trafikförvaltningens utredning kring elbussar enklaste alternativet att genomföra och kräver minst förändringar i nuvarande riktlinjer och interna processer.

4.1.3. Affärsmodeller, avtal och ansvarsfördelning

Ur ett affärsmodell- och avtalsperspektiv medför depåladdning som ovan nämnts minst förändring jämfört med hur Trafikförvaltningen arbetar idag. Allt eftersom teknik och kunskap om elbussar i Trafikförvaltningens busstrafik utvecklas, kan ytterligare steg mot elektrifieringen tas, enligt Trafikförvaltningens utredning kring elbussar. Satsningen på elbussar innebär en förändring för organisationen där kunskap anses behöva mogna, och därtill bidrar den successiva inriktningen till att Trafikförvaltningen kan fortsätta nyttja tidigare genomförda investeringar i biogas. För laddning av elbussarna, kommer redan etablerade depåer att användas.

I Trafikförvaltningens utredning framgår det att ansvarsfördelningen vid införande av eldriven busstrafik är en central fråga ur ett affärsmodell- och avtalsperspektiv. Beroende på

hur ansvarsgränssnittet ser ut, kan övergång till eldrift belasta både Trafikförvaltningens investeringsbudget och driftbudget.

För upphandlingarna som sker hösten 2019 har Trafikförvaltningen rollen att säkerställa att det finns tillräcklig elförsörjning till depåerna. Elförsörjning anses inte vara ett problem i nuläget, utifrån den mängd fordon som ska elektrifieras. Det är bussoperatörens ansvar att säkerställa att laddteknik finns i depåerna, samtidigt som de ansvarar för elbussarna, gällande finansiering, inköp, ägande och underhåll. Oavsett om elbussar introduceras i pågående avtal eller inom ordinarie upphandling har Trafikförvaltningen som riktlinje att inte köpa fordonen från operatör, efter att avtalet avslutats.

Det är inte avgjort om Trafikförvaltningen ska ha ansvar över laddinfrastrukturen, i det fall en annan lösning än depåladdning används i framtiden. De förberedelser av laddinfrastruktur som Trafikförvaltningen väljer att göra, styr i sin tur i hög grad vilken laddteknik och laddstrategi som bussoperatörerna kan välja. Dock har bussoperatörer frihet att välja om de vill ha annan laddinfrastruktur, än den som Trafikförvaltningen väljer att förbereda för.

I intervju med en representant för Trafikförvaltningen framkommer det att elbussar inte kommer medföra förändringar i avtalsstruktur sett till ersättningsmodeller. Idag arbetar Trafikförvaltningen med avtal som bygger på att bussoperatören får en del fast ersättning och en del rörlig ersättning, baserad på andelen resenärer. Beroende på risker som kan förknippas med ett avtal och ett visst område, kan andelen incitament öka eller minska. Utifrån rådande planer, anses dock inte elbussar vara en sådan riskfaktor som skulle medföra den förändringen i avtalen.

4.1.4. Upphandling

Tidigare har Trafikförvaltningen huvudsakligen arbetat med funktionskrav för bussarna i sina upphandlingar, men inför kommande upphandlingar har de bedömt att de till viss del behöver frånga detta. Därför kommer Trafikförvaltningen inför upphandlingar hösten 2019 att specificera ett detaljkrav om ett minimiantal för elbussar, men där vilka linjer som ska trafikeras av elbussar inte krävs. Under intervju med Trafikförvaltningen framkommer det att endast funktionskrav blev för otydligt, eftersom det skulle kunna öppna för alternativa CO₂-snåla tekniker och inte endast elfordon för att möta funktionskraven.

Ytterligare en skillnad gentemot tidigare är att Trafikförvaltningen inför kommande upphandlingar, öppnat för en marknadsdialog innan upphandlingsstart. Detta beror dock inte endast på elektrifieringen. Under våren 2019 gav Trafikförvaltningen ut preliminärt beslutsunderlag inför upphandlingarna som sker hösten 2019. Detta har de gjort för att i ett tidigt skede föra en dialog med olika bussoperatörer, och visa hur de exempelvis resonerar kring hur busstrafiken ska elektrifieras, sett till andel elbussar och fördelning av dessa sett till depåerna. Med tanke på att elektrifiering av busskollektivtrafiken är relativt nytt för både upphandlare och bussoperatörer, uppger representanter för Trafikförvaltningen att detta tillvägagångssätt har varit bra. Detta eftersom det öppnat för ytterligare diskussion och utbyte kring de strategiska inriktningar som man planerar för.

4.1.5. Samverkan och investeringar

Trafikförvaltningens satsning på elbussar innebär att de till stor del samverkar med bussoperatörer och elnätsägare, samtidigt som kommuner har varit och fortfarande är en viktig aktör att samverka med. Från tidigare satsningar på elbussar har Trafikförvaltningen även sett att en kritisk framgångsfaktor är god samverkan mellan involverade aktörer.

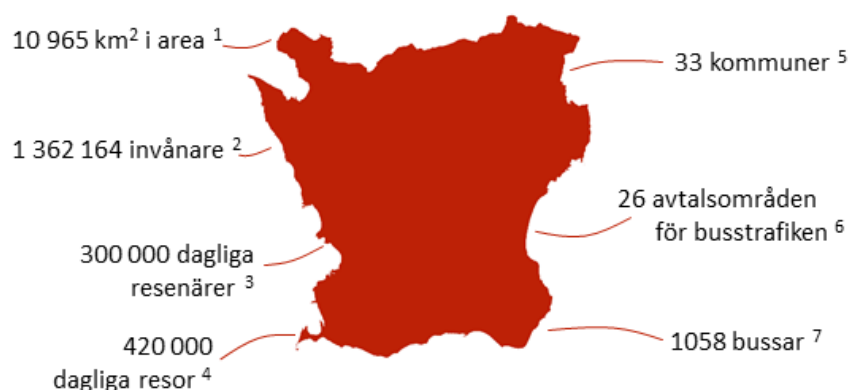
Inriktningen med depåladdning innebär att nya investeringar i infrastruktur primärt allokeras till depåer. Sett till de anpassningar som krävs på depåer på grund av satsning på elbussar, är denna varken planerad för sedan förut eller har finansiering. Anpassningarna kräver därför en hel del tillkommande resurser och investeringsmedel hos Trafikförvaltningen. Ebusspremien och andra stödincitament är inte något som Trafikförvaltningen ser som drivkraft för satsningen som görs.

4.1.6. Samordning med andra elektrifieringsprocesser och stadsplanering

Utifrån rådande planer är inte samordningsmöjligheterna med annan trafik något som Trafikförvaltningen arbetar med specifikt. Däremot lyfter Trafikförvaltningens utredning kring elbussar att det till viss del kan finnas möjlighet till samordning mellan elbussar och annan elektrifiering av transportsystemet. På grund av tekniska och juridiska skäl, bedöms dock samordning av laddinfrastruktur ha begränsad potential. Möjligheten till att gemensamt dra nytta av förstärkning av elnätet för förberedelse av laddinfrastruktur för olika transportmedel, tros däremot ha större potential.

Den satsning på elbussar som Trafikförvaltningen gör i dagsläget, bedöms inte ha påtaglig inverkan på stadsplanering eller existerande bebyggelse- och infrastrukturmiljö i regionen. Eftersom laddning sker på depå, berörs inte den fysiska gatumiljön. Enligt Trafikförvaltningen finns inte heller inomhusbusshållplatser inom ramen för rådande planer, och en större satsning på integrerade eller mer centrala depåer, är inte något som förväntas till följd av införandet av elbussar.

4.2. Skånetrafiken



Figur 5 Illustration över Region Skåne samt Skånetrafiken i siffror. Källor: 1 Statistiska centralbyrån (2019 B), 2 Statistiska centralbyrån (2019), 3 Skånetrafiken (2018), 4 Skånetrafiken (2019 J), 5 Skånetrafiken (2017 A), 6 Region Skåne (2018 A) och 7 Skånetrafiken (2019 A).

4.2.1. Organisation, drivkrafter och nuläge

Skånetrafiken är Sveriges tredje största kollektivtrafiksmyndighet, sett till antalet resor. Skånetrafiken har 26 stycken busstrafikområden och har upphandlat respektive bussområde från operatörerna Nobina, Transdev, Nettbuss och Arriva, Bergkvarabuss och Flexbuss. Bussoperatörerna äger bussarna, medan depåer och laddinfrastruktur har varierande ansvarsfördelning.

Skånetrafikens bussflotta är idag helt fossilfri och använder huvudsakligen biodrivmedel, där biogasen till kvantitet är det enskilt största drivmedlet. Av totalt 1100 bussar, drivs drygt 800 stycken av biogas och 250 stycken av biodiesel. Skånetrafiken har en framtidsbild om att stadsbusstrafiken ska vara helelektrisk och regionbusstrafiken ska drivas med en kombination av biogas-, hybrid-, el- och vätgasbussar. Skånetrafiken har beslutat om att elektriciteten ska vara producerad av förnyelsebara källor märkt med Bra miljöval. I Malmö finns det ett mål om att stadstrafiken ska vara elektrifierad 2031.

Viktiga drivkrafter för övergången till elbussar är ren luft, minimerat buller, trafikering i buller och avgaskänsliga områden. En annan viktig drivkraft är även möjligheten för trafik till sjukhus, entréer och köpcentrum.

4.2.2. Pilotprojekt och påbörjad introduktion av elbussar

Elektrifieringen är inte nytt för Skånetrafiken, då de har kört trådbussar i Landskrona sedan 2003. Från och med januari 2019 har Landskrona också en helt eldriven stadsbussflotta med depåladdning. Men redan 2015 var Ängelholm först ut med depåladdade bussar i Skåne. I Malmö och Helsingborg finns det elbussar med tilläggsaddning som laddas vid ändhållplatsen. Övergången till elbussar har inte varit helt problemfri. I Ängelholm har det exempelvis uppstått tekniska problem med batterierna, vilket kunde åtgärdas med tillfälliga biogasbussar.

Under hösten 2019 kommer både Ystad och Trelleborg att få stadsbussar med eldrift och depåladdning. Vid upphandling utvärderas lämplig teknik utifrån trafikområdets förutsättningar. Skånetrafiken upplever att implementeringen av elbussar i mindre städer inte är ett problem, vilket har medfört att Skånetrafiken fokuserar i större grad på större städer, som exempelvis Helsingborg och Malmö.

Skånetrafiken menar att trafikföretagen föredrar depåladdning, men påpekar att depåladdade bussar har större batterier, vilket ger större miljöpåverkan. Skånetrafiken planerar att införa tilläggsaddning på linjer med högfrekvent resande som kräver stora fordon och som har hög turtäthet. Med sådana linjer i Skåne avses tio stadsbusslinjer i Malmö samt tre i Helsingborg. Dessa linjer har egenskaperna av hög turtäthet, långa linjedragningar, en hög utnyttjandegrad av bussflottan under dygnet, samt att antal resenärer har ökat och kommer att öka (Skånetrafiken, 2019 C). Skånetrafiken (2019 B) påpekar att tilläggsaddning ökar räckvidden. Därmed behöver inte bussarna åka inom depån för laddning under trafiktid.

4.2.3. Affärsmodeller, avtal och ansvarsfördelning

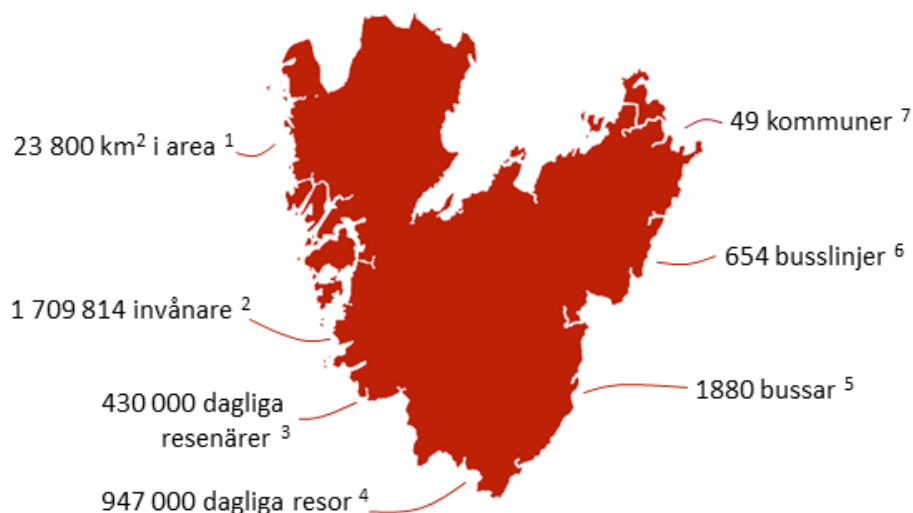
Skånetrafiken ställer konkreta krav på exempelvis drivmedel och miljöprestanda istället för funktionskrav. Det kan till exempel vara ett visst förnybart drivmedel eller förnybar energi som förnybart elektricitet eller förnybar biogas. Exempel på krav kan bland annat vara ett mål för minskad energiåtgång eller för minskade CO₂-utsläpp. Skånetrafiken uppger att upphandlingsprocessen på elbussar inte skiljer sig från tidigare upphandlingar med gas- och dieselbussar, förutom att eventuell laddinfrastruktur ska avtalas med bussoperatören. Skånetrafiken utgår alltid från att lägsta anbudspris vinner kontraktet.

Ansvarsfördelningen för elbussar inom Skånetrafiken varierar. Region Skåne genom regionfastigheter har som mål att äga vissa strategiska depåer som i Malmö och Lund. Motivet till detta är att Region Skåne vill reducera kostnaderna och skapa konkurrensneutralitet mellan anbudsgivare, samt att säkra centrala lägen för att undvika tomkörning. Tomkörningen är också speciellt viktig i samband med införandet av elbussar och depåladdning.

4.2.4. Samverkan

Skånetrafiken upplever i samband med elbussar att det har utvecklats ett närmare samarbete mellan kommuner samt privata aktörer. Exempelvis är batterier och elnät nya områden för Skånetrafiken som behöver studeras. Dessutom upplever Skånetrafiken att kommuner som har investerat i biogas är mindre positivt inställda till eldrift, vilket kan skapa intressekonflikter. I Helsingborg infördes dessutom elbussar som en del av ett BRT-system.

4.3. Västtrafik



Figur 6 Illustration över Västra Götalandsregionen samt Västtrafik i siffror. Källor: 1 Statistiska centralbyrån (2019 C), 2 Statistiska centralbyrån (2019), 3 Västtrafik (2017), 4 Västtrafik (u.d A), 5 Västtrafik (2017), 6 Västtrafik (u.d B) och 7 Statistiska centralbyrån (u.d).

4.3.1. Organisation, drivkrafter och nuläge

Västra Götalandsregion, förkortat VGR, är den regionala kollektivtrafikmyndigheten i Västra Götalands län. Aktören som upphandlar kollektivtrafiken i regionen heter Västtrafik. Västtrafik styrs övergripande och strategiskt av politiska beslut i regionfullmäktige. Västfastigheter äger och förvaltar ett fåtal depåer där Västtrafik hyr ut depåplatser till bussoperatörer. Bussoperatörer äger och förvaltar resterande depåer och även fordonen och laddinfrastrukturen med tillhörande kringutrustning.

Västtrafiks drivkrafter för att implementera elbussar är delvis de tre primära som tidigare har framförts, nämligen reducerat buller och reducerade utsläpp av koldioxid samt partiklar. Syftet är att mål som förbättrad hälsa och en attraktivare kollektivtrafik med fler resenärer ska uppnås. Ytterligare en drivkraft är en politisk vilja på både regional och kommunal nivå i Västra Götaland att använda en elektrifiering för att nå dessa mål.

Västtrafik har, utöver de tidigare nämnda, ett antal målsättningar som berör olika delar av verksamheten. Gällande utsläpp av koldioxid hade Västtrafik tidigare en målsättning om att 95 % av det totala trafikarbetet år 2025 skulle ske med fossilfria drivmedel. Ett mål som dock redan har uppnåtts, då Västtrafiks drifts nästan uteslutande av biodrivmedel. Målsättningen har därför blivit uppdaterad till att reducera utsläpp av koldioxid med 90 % till år 2035, där en elektrifiering av kollektivtrafiken är ett viktigt steg för att uppnå målet. Sammantaget har detta formulerats i en målsättning att 30 % av busstrafiken ska ske med elbussar år 2025.

Stadsmiljöavtal, Elbusspremien och Klimatklivet uppges inte ha varit avgörande i valet att påbörja elektrifieringen. Tre kommuner har dock på ett liknande sätt som tillämpas för dessa styrmedel tecknat avsiktsförklaringar med Västtrafik gällande implementering och drift av elbussar. Avtalen syftar till att skapa en gemensam väg framåt genom att påminna de involverade aktörerna om de gemensamma målsättningarna, och därmed verka för att elbussar implementeras.

4.3.2. Pilotprojekt och påbörjad introduktion av elbussar

År 2015 genomfördes ElectriCity som ett pilotprojekt i Göteborg vilket syftade till att demonstrera och utvärdera elbussar i stadsmiljö. Därtill var ambitionen att utveckla och testa nya lösningar för hållplatser, säkerhetskoncept, trafikledningssystem samt energiförsörjning. Vid en av ändhållplatserna skapades även en hållplats inomhus i anslutning till ett bibliotek.

Västtrafik har därefter valt att implementera elbussar både inom ramen för befintliga avtal, och vid nya upphandlingar. Totalt under 2019 och 2020 kommer 228 elbussar att sättas i trafik av de ungefär 1900 bussar år 2017 inom regionens kollektivtrafik. Vissa elbussar implementeras inom ramen för befintliga avtal och andra är upphandlade i nya avtal. Regionen kommer därefter nationellt sett vara den med flest elbussar.

När ett fordon byts ut under befintligt avtal kan det vara mellan 3-8 år kvar på avtalstiden och för att göra bytet ekonomiskt för bussoperatören garanterar Västtrafik elbussarnas

värde vid avtalets slut. Västtrafik köper därför fordonet av bussoperatören vid avtalets slut, och sedan kommer bussoperatören som får nästkommande upphandling att få använda dessa fordon.

Samtliga elbussar som Västtrafik satsar på är klass-I bussar för att dessa är mest marknadsmogna samt ger ett reducerat buller i tätorter. Tyngdpunkten för elektrifieringen har legat på tätorternas stomlinjer.

4.3.3. Affärsmodeller, avtal och ansvarsfördelning

Teknikvalen lämnar Västtrafik till respektive bussoperatör, därför överläts ett stort ansvar och ägandeskap gällande elbussar till bussoperatören. Inom ramen för befintliga avtal stödjer dock Västtrafik exempelvis bussoperatören genom att förbereda och ansöka om ett förhandsbesked på bygglov för transmissionsstationen som krävs vid tilläggs-laddning. Generellt kommer regionen både få tilläggs-laddning samt långsam och snabb depå-laddning. Västfastigheter ansvarar för några depåer i regionen, där arbetet inför elbussar inkluderar förberedelse och framdragning av elnätet, medan bussoperatören installerar och äger laddinfrastrukturen. I de depåer som ägs av bussoperatörer ansvarar de även för förberedelsen för laddinfrastrukturen.

Elbussar krävs i upphandling via funktionskrav. I ordinarie upphandlingar, oavsett transportslag, använder Västtrafik den så kallade "Västtrafikmodellen", vilken baseras på en utvecklad samverkan, transparens och gemensamt satta målsättningar mellan bussoperatörerna och Västtrafik. Också vid upphandling av elbussar appliceras Västtrafikmodellen, dock sker de initiala dialogerna i ett tidigare skede.

Västtrafik har hållit stormöten för bussoperatörer, elnätsägare och andra parter där de har presenterat översiktliga planer för elektrifieringen samt diskuterat frågor rörande elnätet, placering av depå och laddinfrastruktur, ruttoptimering etc. Fokus har legat på att förstå de olika parternas förutsättningar, organisationer, styrprocesser och tidsramar. Västtrafik har även haft ambitionen att inleda upphandlingen längre i förväg än vanligt, för att tillåta bussoperatören att införskaffa nya fordon samt laddinfrastruktur och kringutrustning.

4.3.4. Samverkan

De intervjuade aktörerna i regionen anser att elektrifieringen kräver en utvecklad samverkan från flera olika typer av aktörer, framförallt kollektivtrafiken, kommun och elnätsbolag. Dock kan implementering av ny teknik skapa osäkerhet, vilket Västtrafik anser är viktigt att bemöta t.ex. genom en utvecklad dialog för att upprätthålla momentum och viljan att genomföra omställningen.

4.4. Digitalisering

4.4.1. ITxPT standarden

Västtrafik är Strategic Member i ITxPT-samarbetet och arbetar operativt för att utveckla ITxPT-standard. Inom ramen av ElectricCity etableras nu en testbädd som ger möjlighet för Västtrafik och leverantörer att testa olika lösningar för att pröva om de följer de ITxPT-standarder som utvecklas. Enligt Västtrafik har operatörerna en utmaning i att kunna nyttja sina bussar mellan olika huvudmän i och med de olika teknikerna som olika huvudmän

innehär. Vidare förklarar Västtrafik att ansvaret mellan operatör och RKM kan hanteras på ett annat sätt än idag med hjälp av standarden.

Även Skånetrafiken är medlem i ITxPT-samarbetet och arbetar aktivt med att få sin kommunikationsplattform kompatibel med ITxPT-standard. Det finns en svårighet med att få de olika delarna i systemen att kommunicera med varandra, vilket underlättas genom ITxPT plattformen menar Skånetrafiken. Det krävs att informationen ombord på fordonet ska kunna utbytas mellan olika tjänster och leverantörer, vilket kan möjliggöras då plattformen är reserverad till användarstandard.

Trafikförvaltningen är inte Strategic Member i ITxPT-samarbetet men planerar att bli det i framtiden. Däremot arbetar de succesivt med att införa ITxPT-standard och anser att digitaliseringen innebär många möjligheter.

4.4.2. Digitala funktioner och plattformar

På samtliga av de tre huvudmännens digitala plattformar appliceras funktioner som passagerarräkning, positionering av fordon, realtidsinformation, olika förarstöd, talradiofunktioner, bussarnas status, antalet mobila enheter som är uppkopplade till wifi etc. Bussarna är uppkopplade till både huvudmännens och bussoperatörernas kommunikationsplattformar. Skånetrafiken, Västtrafik och Trafikförvaltningen ser inte någon specifik skillnad på behovet av eller användningen av digitala funktioner på elbussar i jämförelse med andra bussar.

Västtrafik menar att digitaliseringen kan utvecklas även utan elektrifieringen. Det väsentliga är att utrustningen på bussen är så energisnål och miljövänlig som möjligt, oavsett drivmedel på bussen.

Trafikförvaltningen anser att implementeringen av digitala funktioner snarare sammanlänkas med hur ny bussen är. Skånetrafiken förklarar att den största skillnaden mellan elbussar och andra bussar istället är att istället för att förutspå haveri på en dieselmotor övervakar man nu istället drifttiden på batterierna.

Trafikförvaltningen förklarar att laddarna till elbussarna är uppkopplade till bussoperatörernas system, operatörerna redovisar sedan energianvändningen till Trafikförvaltningen. I de fall där användningen av tilläggsaddning sker krävs ytterligare system, men samtidigt har Trafikförvaltningen idag valt att fokusera på depåaddning inför kommande satsningar. Representanten för Trafikförvaltningen menar att Trafikförvaltningen inte planerar för att införa några nya digitala system i samband med att bussflottan elektrifieras.

I upphandlingen av olika digitala funktioner till bussoperatörerna har de olika huvudmännen olika tillvägagångssätt. Skånetrafiken testar sig fram och har en tydlig kravbild. Uppfyller inte bussoperatören det som Skånetrafiken efterfrågar väljer Skånetrafiken att tillhandahålla den digitala funktionen själva istället. Till exempel gjorde Skånetrafiken ett försök att ge operatörerna ansvar för de digitala skärmarna som finns

ombord på bussarna, men konstaterade att det fungerade bättre och blev mer kostnadseffektivt när de själva ansvarade för den funktionen.

Västtrafik lämnar över en del ansvar till bussoperatören gällande implementering av digitala funktioner, det varierar dock hur de väljer att kravställa. Västtrafik kravställer till exempel att det ska finnas en passageraräkning på bussen men ger sedan fritt ansvar till operatören hur de implementerar det i bussen. Västtrafik förtydligar också vid intervju att passageraräkning är en funktion som bussoperatören värdesätter eftersom att avtalet mellan operatör och RKM baseras på antalet resande. Passageraräkning möjliggör därför för operatören att ha kontroll över hur många som transporteras med bussen. Andra digitala funktioner väljer Västtrafik att i vissa fall att installera själva.

4.4.3. Drivkrafter bakom digitalisering

Det finns olika drivkrafter gällande olika digitala verktyg förklarar Västtrafik, vissa verktyg kravställer Västtrafik själva medan annat sker som en del av operatörens egen utveckling. Trafikförvaltningen beskriver att de lägger en del ansvar för utrustning i bussarna på bussoperatörerna. Trafikförvaltningen ställer dock krav enligt ITxPT-standarden. Det innebär att bussarna ska kunna utbyta information enligt ITxPT-standarden. Standarden ger Trafikförvaltningen möjlighet att inneha egna digitala applikationer som då kan köras på bussoperatörens utrustning.

Trafikförvaltningen förklarar att det är viktigt som beställare och ägare av varumärket att bland annat ha kontroll över kommunikationen med kunden för att kunna förbättra kundrelationen. Som ett exempel beskriver att trafikinformationsapplikationen ombord på bussarna kommer ägas av Trafikförvaltningen men använda bussoperatörens skärmar och högtalare.

4.4.4. Digitalisering i upphandling

Vid Västtrafiks senaste upphandling av elbussar använde de Energimyndighetens analysverktyg, EAEB, där de insåg vikten av att ha en alternativ planering för att skapa en säkerhet i det upphandlande systemet för att motverka oförutsägbara händelser som strömavbrott eller väderstörningar. Analysverktyget gjorde det tydligt att vid uppbyggandet av ett system med elbussar kan man inte räkna med att alla delfunktioner är ständigt tillgängliga, förklarar RISE. Faktorer som varierande laddningstid och fördröjningar i och med upptagna laddare, omvägar och uppförsbackar etc. måste inkluderas i systemet. Även Skånetrafiken har använt sig av analysverktyget vid analyser av olika busslinjer vid elektrifieringen av sin bussflotta.

4.4.5. Automatiserade fordon

Anledningen till att de självkörande bussarna i nuläget drivs med el är att de fordon som lanserats på marknaden är små bussar med eldrift, förklarar Trafikförvaltningen. Vidare kommer troligtvis självkörande bussar fortsätta utvecklas med eldrift eftersom det generellt ger en enklare konstruktion. I en intervju förklarar Trafikförvaltningen att det mesta tyder på att elektrifieringen och batterier kommer utvecklas och bli mer effektiva, men även bränslecellstekniken kommer utvecklas och kommer kunna användas till eldrift. Det skulle kunna möjliggöra att all trafik kan elektrifieras i framtiden förklarar Trafikförvaltningen.

Enligt Trafikförvaltningen förenklas en automatisering i elektrifierade fordonen då konstruktionen är enklare och färre funktioner behöver kontrolleras. Däremot finns det en begränsning när elbussar med batteri ska köra långa sträckor. Bussen kommer att behöva stanna och ladda, vilket innebär längre restid eller byte av fordon. Där menar Trafikförvaltningen att i en sådan situation hade även en självkörande teknik för bussar med andra energikällor än batterier varit intressant.

Västtrafik menar att självkörande elbussar troligtvis kommer att ändra på de krav som finns idag gällande till exempel busshållplatser. Västtrafik menar att i ett autonomt bussystem kommer det troligtvis krävas att elbussarna kan laddas under bussens körtid. För att självkörande elbussar ska kunna köras i en större skala och för att undvika att ta bussarna ur trafik för laddning kommer till exempelvis dynamisk laddning via elvägar krävas. Västtrafik menar att i utvecklingen och planeringen av en mer automatiserad bussektor kommer faktorer som laddning, uppställning och underhåll av elbussar att behöva ingå.

Skånetrafiken anser att det är intressant att kombinera digitalisering med annan teknik, som eldrift, och självkörande bussar. I den utvecklingen behöver kunderna sättas i fokus eftersom resenärerna behöver känna trygghet under bussfärden, betonar Skånetrafikens. När det handlar om självkörande bussar krävs det en förändring i lagstiftningen och en tydlig målbild med vad syftet är med tekniken, anser Skånetrafiken.

4.5. Bussoperatörer

I detta avsnitt beskrivs några områden av betydelse för införandet av elbussar från bussoperatörernas perspektiv.

4.5.1. Utmaningar och möjligheter

Under intervjuer med flera operatörer (Nobina, 2019; Transdev, 2019 A) framkommer ett antal olika utmaningar för bussoperatören. Elbussar är en ny teknik och påverkar därigenom sätt att genomföra den dagliga verksamheten. Det medför att lärandekurvan är brant. Dock belyser representant för Nobina (2019) att samtliga aktörer är intresserade av att delta i utvecklingen och bygga kunskap.

Ytterligare en aspekt kopplad till elbuss som ny teknik är att elbussar har andra förutsättningar än konventionella bussar. Det medför att operatörerna behöver planera busslinjer på ett nytt sätt kopplat till linjedragning, samt att det finns behov av att inkludera ytterligare bufferttid för eventuella förseningar, samt för laddning av fordon. En konventionell gas- eller dieselbuss kan drivas i 23 timmar per dygn och bränslepåfyllning tar enbart några minuter, i jämförelse med en eldriven buss som kräver längre och mer frekvent laddning. Det medför att linjedragningar behöver ses över (Nobina, 2019).

En representant för Transdev (2019 A) uppger att en utmaning är kompetensförsörjningen, att vidareutbilda nuvarande mekaniker som framförallt har erfarenheter och kunskaper om förbränningsmotorer. Vidare tillkommer nya kompetensområden, framförallt elteknik och kringliggande säkerhet, kopplat till energitillförsel och laddtekniker. En representant för

Nobina (2019) menar att kompetens kan byggas upp genom ett nära samarbete med busstillverkarna.

Enligt en representant för Keolis (2019) kan juridiska aspekter gällande elektricitet vara en utmaning, då den kräver en annan typ av kompetens och nya ansvarsområden för bussoperatören. En representant för Nobina (2019) uppger att utbildning av förare alltid krävs när de tar in en ny bussmodell. Representanten för Nobina ser därmed inte att införandet av elbussar kommer att medföra ytterligare utbildningar utöver vad som kan anses standard vid införandet av en ny bussmodell.

Kopplat till samhällsperspektivet ser en representant för Nobina (2019) en utmaning med att finna platser i städer för både laddinfrastruktur och depåer. En riskfaktor finns i det att bygglovsprocesser för laddinfrastrukturen och kringliggande komponenter tar tid och därmed försenar implementeringen (Transdev, 2019 A). Dock kvarstår risken oavsett vilken aktör som har ansvar för bygglovsprocessen (Transdev, 2019 A).

En representant för Transdev (2019 A) belyser även att elbussar är dyrare att köpa in, samtidigt som de är billigare att köra, i jämförelse med konventionella bussar. Detta innebär att elbussar kan komma att medföra en högre totalkostnad för RKM. Eftersom elbussar är dyrare, betyder detta att anbud som innehåller elbussar i allmänhet är dyrare än anbud, som inte innehåller elbussar. Det finns ett behov av att RKM kravställer elbussar i upphandlingarna, eftersom detta gör att bussoperatören kan inkludera elbussar i anbudet trots att de är dyrare (Transdev, 2019 A).

Det kan finnas en möjlighet att samordna underhåll, depåer och kompetenser med tågtrafiken, då elektrifierade tåg har liknande förutsättningar som elbussar. Elbussar kommer troligtvis att kräva betydligt mindre underhåll jämfört med en konventionell buss. Oljebyten i motorn är ett sådant exempel som skulle kunna uteslutas (Transdev, 2019 A). En representant för Transdev (2019 A) bedömer även att ju mer kunskapen om, samt arbetssättet med elbussar, mognar i organisationen, desto mer kan kostnaderna för underhåll reduceras.

Elbussarna är fortfarande i ett tidigt utvecklingsskede. Ett vanligt fenomen på en ny marknad är att exempelvis reservdelar kan vara dyrare än för etablerad teknik (Transdev, 2019 A). Vidare uppger en representant för Nobina (2019) att elbussar skulle kunna användas som ett lager av energi, genom att ladda när det finns effekt att tillgå i elnätet, och sedan ge tillbaka elektricitet när elnätet behöver extra effekt. Detta kan reducera batteriets livslängd. Dock är energilagring samtidigt en affärsmöjlighet och samtliga möjligheter och utmaningar får vägas in i en helhetsbedömning.

4.5.2. Ansvarsfördelning och ägandeskap

Bussoperatörerna agerar på uppdrag av beställarorganisationen, vilket innebär att de utför den trafik som handlas upp av RKM. En representant för Transdev (2019 A) uppger att de generellt sett köper in fordonen samt sköter leverans och drift, men att gränssnittet kring ägandeskap och ansvar kan variera mellan avtal.

Bussoperatörerna framförde olika resonemang gällande ansvarsfördelning och ägandeskap i samband med elbussar. En bussoperatör framförde det som positivt att RKM gav dem fullt ägandeskap i elbussfrågan gällande val av elbussteknik, laddinfrastruktur samt

linjedragning. Detta kan ge möjligheter att begränsa kostnaderna vid en övergång till elbussar eftersom bussoperatörerna ges valet att genomföra olika kostnadspåverkande bedömningar (Nobina, 2019).

En annan operatör resonerar att ägandet av laddinfrastrukturen skulle kunna ligga hos RKM, då livslängden för laddare inte är densamma som för varken elbussen eller batterier (Transdev, 2019 A). Laddinfrastrukturen har en längre livslängd, vilket gör att kommande teknikval kan försvåras genom att en inlåsningseffekt skapats.

Slutligen anser en representant för Transdev (2019 A) att elbussar kräver ett fördjupat samarbete med nya aktörer, både när elbussar införs inom ramen för befintliga avtal som när de införskaffas i samband med ordinarie upphandling. De nya kompetensområdena som elbussar tillför kräver ett fördjupat samarbete, exempelvis rörande elförsörjning och laddteknik (Transdev, 2019 A).

4.5.3. Teknikval

Elbussar medför nya tekniker och därför nya val som operatörerna behöver ta. Representanter för Transdev (2019 A) och Nobina (2019) lyfter båda att batterier medför en ny utmaning, framförallt kopplat till total kostnad och livslängden, som är kortare än övriga delar av fordonet. En representant för Nobina (2019) anser att valet mellan depå- och tilläggladdning inte alltid står emot varandra, utan snarare kan laddstrategierna komplettera varandra. Vidare lyfter en representant för Nobina (2019) möjligheten att snabbbladda bussar i depåer, vilket medför att fordonet kan köras in och laddas under 25 minuter. Man belyser att respektive lösning behöver baseras på trafiksystemets utformning.

En representant för Transdev (2019 A) menar på att det är mindre riskfyllt om busstillverkaren får ansvara för laddinfrastrukturen och dialog med tillverkare för laddlösningar, än om bussoperatör gör det. Detta eftersom det i värsta fall kan uppstå situationer där elbuss och laddteknik inte är kompatibla (2019 A).

4.5.4. Digitalisering

En uppkopplad bussflotta och digitala plattformar

En representant för Keolis (2019) menar att när bussflottan elektrifieras ställer det krav på digitala funktioner, som övervakning av energiförbrukning och kontroll av batteristatus. Keolis har därför utrustat sina bussar med mjukvara som möjliggör sådana funktioner. Transdev (2019 A) jämför i en intervju dagens bussar med ett kontor där föraren kopplar upp sig och kan få en stor mängd information och får tillgång till flera funktioner.

I en intervju med representanter för Nobina (2019) framgår det att det krävs en digital plattform för att upprätta en lyckad digital samverkan och mer än bara SIM-kort och antenner. Nobinas representant (2019) berättar att Nobina har utvecklat sin plattform tillsammans med ett IoT-bolag men anpassat den efter sina behov och verksamhet. Insamlingen av datainformation är en viktig del i utvecklandet av tjänster för att kunna fatta mer faktabaserade beslut. All data som genereras från fordon, sensorer och andra system kan analyseras och göra att resurser kan läggas på rätt saker.

Transdevs representant (2019 A) förklarar att funktioner som passagerarräkning är någonting som de alltid utrustar sina bussar med. Det är på grund av att avtalen baseras på antalet passagerare. Därför menar bussoperatörens representant (2019 A) att de inte kan förlita sig på att en annan aktör ansvarar för att mäta mängden resenärer. Vidare utrustas bussen med kameror och trygghetslarm om ordningsstörande situationer skulle uppstå på bussen.

Nobina använder sin IoT-plattform i syfte att göra bussarna smartare och för att få dem att kommunicera och plattformen är ITxPT-märkt (Telia, u.d.). Majoriteten av operatörens bussar är utrustade med plattformen och den möjliggör att bussarna kan kommunicera och följas via trafikledningen. En representant för Transdev (2019 A) uppger i intervju att alla deras elbussar är uppkopplade just för att ge tillgång till information om batteristatus och när laddning behöver genomföras.

En uppkopplad och automatiserad bussdepå

I intervjun med Nobina (2019) framgår det att Nobina ser ett behov av att ha mer uppkopplade bussdepåer och operatören har kopplat upp sina depåer till sin digitala plattform. Det möjliggör bland annat att varje buss kan värmas upp utifrån att det är tidsinställt i systemet. Vidare förklarar representanten (2019) att Nobina inte vill ladda alla sina bussar samtidigt, utan de vill fördela laddningen under nattens timmar vilket också möjliggörs genom det uppkopplade systemet. Systemet ger en automatisk dynamisk lösning och den utvecklas då nya behov identifieras och uppkommer.

Transdev (2019 A) beskriver i intervjun ett projekt där de tillsammans med Scania undersöker potentialen i att göra bussdepån mer automatisk. Cirka 50 % av skadorna på bussarna sker i depån och därmed ser de en stor drivkraft att automatisera bussdepån. Transdevs representant (2019 A) menar att i depån har de som operatör en hög rådhighet. Transdev anser också (2019 A) att dagens teknik skulle möjliggöra att automatisera depån och flytta hanteringen till trafikledningen.

Nobinas representant (2019) berättar att de inte aktivt deltar i något projekt kring utvecklingen av automatisering av bussdepåer, det finns funderingar kring det men inte något aktivt deltagande. Däremot förklarar Nobina (2019) i intervjun att behovet av automatiserade bussdepåer finns. Depåerna idag är onödigt stora och har en hög bullernivå.

Självkörande bussar

I intervjun framgår det att en representant för Transdev (2019 A) ser positivt på mer automatiserade bussar och är med i ett projekt i Linköping där självkörande bussar ska börja operera. Samtidigt som de bedömer att utvecklingen går mot en förarlös bussbransch så kommer det ta tid. Det kommer krävas acceptans och i nuläget är tekniken mycket kostsam. Även en representant för Nobina (2019) är mycket positiv till utveckling och införande av självkörande bussar. Bussoperatören är den första som kör självkörande skyttlar i en blandad trafikmiljö, vilket sker i Barkarby, och hösten 2019 planeras projektet utökas till självkörande fullängdbussar.

Samtidigt förklarar en representant för Nobina (2019) att det kommer dröja lång tid innan man kan se helt autonoma bussar i en blandad trafikmiljö. Då kommer det krävas att bussarna kan manövreras på distans och det innebär en helt annan nivå av information än den som idag är möjlig att hantera i fordonen och systemen. Det kommer krävas en större

samverkan med andra aktörer och en gemensam plattform, och där är man inte idag, menar en representant för Nobina (2019). Det krävs ett mer tvärfunktionellt arbetssätt och ett närmare samarbete med fler aktörer.

Tekniken i sig är och kommer inte vara problemet anser Nobinas representant (2019), utan det största problemet är reglerna och att kunna integrera självkörande bussar i samhället. En fråga som bör ställas enligt en representant för Nobina (2019) är hur det självkörande fordonet ska användas. Användningen kommer högst troligt inte se likadan ut som i dag där bussen idag kör enligt bestämda linjer.

Med självkörande bussar kan trafiken mer flexibel och behovsstyrd. En utmaning som identifieras är hur bussen ska få kännedom om en resenär väntar vid busshållplatsen och om denna resenär vill åka med just den bussen. I Barkarbyprojektet stannar bussen i dagsläget vid samtliga hållplatser oavsett om det står en passagerare och väntar eller inte.

Bättre positioneringsverktyg till telefonerna kommer krävas förklarar en representant för Nobina (2019), där passageraren kan ge information om önskan att åka med bussen. Ytterligare en utmaning som har identifierats i Barkarbyprojektet är att många i trafikmiljön inte har respekt för fordonet, vilket resulterar i att de går ut framför bussen som då stannar.

5. Jämförelse mellan fallstudierna

I detta kapitel jämförs regionernas arbete med elektrifiering av busstrafiken. Jämförelsen tar avstamp i studiens fyra perspektiv, och baseras på resultat från intervju- och litteraturstudierna.

5.1. Teknik

5.1.1. Laddstrategi och -teknik

Under intervjuer med studiens tre RKM framkom det att Trafikförvaltningen har en preferens för depåladdning, medan Västtrafik ger bussoperatören avgörandet i frågan om teknikval. Trafikförvaltningen förbereder enbart för depåladdning och användning av tilläggsaddning sker endast om bussoperatören tar initiativ till detta. Trafikförvaltningen menar att depåladdning liknar deras traditionella upplägg för och hantering av busskollektivtrafiken, och lyfter även att utrymmet i Stockholms gaturum ofta är konkurrensatt, varför installation av tilläggsaddning är utmanande.

Skånetrafiken utvärderar lämplig teknik utifrån trafikområdets förutsättningar. Depåladdning är tillräcklig i städer som kännetecknas av låg turtäthet, liten bussflotta och korta linjestäckor. Tilläggsaddning planeras på linjer med högfrekvent resande, som kräver stora fordon och som har hög turtäthet.

Västtrafik har ingen preferens för en laddstrategi, utan bussoperatören har ägandeskap i frågan. När elbussar införs inom befintliga avtal förbereder Västtrafik genom att ansöka om förhandsbesked på bygglov för att möjliggöra för bussoperatören att välja tilläggsaddning.

5.1.2. Elnätet

Studerade RKM berättar under intervjuer att kapacitetsbrist i elnätet inte är något som man uppfattar vara en begränsande faktor för införandet av elbussar, i nuläget. Även om detta skulle kunna vara en begränsande faktor till viss del, framstår andra faktorer som bussarnas räckvidd och kostnaden för elbussar som mer angelägna, utifrån det som RKM framför.

5.1.3. Elbussars batterier

Alla RKM belyser de utmaningar och frågetecken som kommer med batterier kring social hållbarhet, återvinning och materialets spårbarhet, och beskriver detta som en ny fråga för dem att hantera. Gemensamt är att de tre RKM fortfarande i mångt och mycket är i en inledande fas av arbetet rörande elbussars batterier och dess utmaningar.

Trafikförvaltningen väljer att närma sig batterifrågan bland annat genom att krävställa att bussoperatör ska använda en OECD-riktlinje eller motsvarande. Skånetrafiken har tagit upp dessa frågor i ett batteriprojekt tillsammans med Volvo, LTH och Rädda Barnen, där även Västtrafik och Trafikförvaltningen ingår i projektets referensgrupp.

5.2. Organisering och finansiering

5.2.1. Drivkrafter och målsättningar

Samtliga studerade regioner har liknande mål med satsningen på elbussar, nämligen en reduktion av buller, förbättrad luftkvalité, minskade utsläpp av växthusgaser, elmotorns ökade energieffektivitet, samt att elbussar medför en attraktivare kollektivtrafik för både resenärer och förare. Västtrafik uttryckte även att de nämnda fördelarna skapar synergieffekter gentemot flera målsättningar, som en förbättrad hälsa.

VGR/Västtrafik har även satt upp ett kvantitativt mål om att bussflottan ska bestå av 30 % elbussar år 2025. Region Skåne/Skånetrafiken uttrycker en ambition att elektrifiera, dock har respektive kommun inflytande över implementeringen inom deras område. Trafikförvaltningen utmålar en potential för att elektrifiera fordonsflottan, men har nuläget inte formellt fastställt ett kvantitativt mål rörande införandet av elbussar.

Vidare visade studien att de statliga stödincitament som finns för elbussar eller laddinfrastruktur, nämligen Elbusspremien, Stadsmiljöavtal och Klimatklivet, inte varit drivande för de satsningar som gjorts, även om de ses som positiva tillägg.

5.2.2. Samverkan, aktörer och ansvarsgränssnitt

Studien visar dels på att implementeringen och omställningen medför både ett deltagande från nya aktörer som tidigare inte har deltagit i planering och utförande av kollektivtrafiken, dels att nya aktörer tillkommer, medan redan etablerade aktörer deltar i nya typer av samtal och utför nya uppgifter.

Trafikförvaltningen, Västtrafik och Skånetrafiken har arbetat med fler dialoger tidigare i upphandlingsprocessen än för den konventionella trafiken. Trafikförvaltningen har initierat dialoger innan upphandlingen startar för att diskutera med bussoperatören huruvida Trafikförvaltningens planer är genomförbara, samt hur kravställningen i upphandlingen kan utformas för att inkludera rätt aspekter av elektrifieringen. Trafikförvaltningen har upplevt dialogerna positivt, dock uppger de även att införandet av tidigare dialoger troligtvis hade skett ändå, även om elektrifieringen inte inträffade.

Västtrafik har också dialoger tidigare i arbetet, där aktörer som förut inte har deltagit i diskussionen medverkar, exempelvis elnätsbolag. Västtrafik lägger ett stort fokus på att förstå alla aktörers respektive interna organisatoriska förutsättningar, samt att dela kunskaperna mellan de involverade aktörerna, för att samtliga deltagare ska förstå varandra. Vidare har en mer utvecklad samverkan skett med kommunerna. Skånetrafiken ser att elektrifieringen har inneburit en större samverkan med kommunerna, samt att fler aktörer är involverade i diskussionen.

Gällande nya ansvarsområden för RKM, sker i Västtrafiks fall ingen förändring i deras ansvarsområden inför kommande satsningar, utan bussoperatören har fortsatt ägandeskap i utformning av kollektivtrafiken.

Trafikförvaltningen har valt att, inför kommande avtal, ansvara för att säkerställa elförsörjningen fram till de depåer som ska ha elbussar. I det att Trafikförvaltningen äger depåerna och tagit på sig ansvaret för elförsörjning till depåerna, har de därför ett stort inflytande över de val som görs och över de förutsättningar som laddinfrastrukturen har. Sett till de satsningar som nu görs, äger varken Västtrafik eller Trafikförvaltningen elbussarna eller den laddteknik som ska installeras, utan detta är ett ansvar för bussoperatören.

Gränssnittet för Skånetrafiken framstår inte som lika tydlig, då det ofta är en fråga om samverkan mellan respektive kommun och Skånetrafiken. Frågor som diskuteras är var laddinfrastruktur ska placeras, vem som ska ansvara och förvalta den, samt till vilken utsträckning elbussar ska införas. För tidigare satsningar på elbussar har kommuner både ägt och förvaltat laddinfrastruktur i gatumiljö. Skånetrafikens ambition är att operatören ska förvalta laddinfrastruktur och depåer, samtidigt som kommuner och Skånetrafiken ska äga dem.

5.2.3. Upphandlingar, avtal och affärsmodeller

Som regel har Trafikförvaltningen och Västtrafik hittills arbetat med funktionskrav och således gett bussoperatörerna mer utrymme att utföra tjänsten, medan Skånetrafiken har varit mer detaljstyrande. Samtidigt har Trafikförvaltningen inför kommande upphandlingar frångått funktionskrav till viss del, i det att de kravställer införandet av elbussar specifikt.

RKM resonerar olika om elbussar ska införas inom befintliga eller nya ordinarie upphandlingar. Trafikförvaltningen har förut infört elbussar inom pågående avtal, men framöver ska de fokusera på elbussar inom ordinarie upphandling. Trafikförvaltningen menar att introduktion av elbussar i nya upphandlingar är minst riskfyllt, men utesluter inte möjligheten till att införa elbussar inom pågående avtal i framtiden. För Skånetrafikens och Västtrafiks del sker istället satsningar både inom ramen för befintliga avtal och ordinarie upphandling av nya avtal. Skånetrafiken har inte ändrat sitt arbetssätt kring upphandlingar nämnvärt, men menar på att vid införandet av ny teknik uppstår nya frågor kring kostnader, arbetssätt och ansvarsområden.

Trafikförvaltningen har valt att hålla en marknadsdialog med bussoperatörer i ett tidigare skede inför upphandling av elbussar. Dock motiveras inte denna marknadsdialog endast på satsningen på elbussar. Trafikförvaltningen anser att eftersom elbussar inom deras kollektivtrafik fortfarande är en relativt ny företeelse, dels för bussoperatörerna, dels för dem själva, så fanns det nytta av en tidig dialog med marknaden.

Västtrafik har sedan tidigare arbetat med en modell som bygger på djupare dialoger med bussoperatörer inför och efter upphandlingar. Inför satsningen på elbussar har Västtrafik hållit flera dialoger med många aktörer, samt genomfört marknadsundersökningar innan upphandling, för att motverka inlåsningen mot specifika teknikval.

Trafikförvaltningen menar på att depåladdning är den lösning som innebär minst förändring ur ett affärsmodell- och avtalsperspektiv jämfört med idag, och ser detta alternativ som minst riskfyllt. Förutom tillägg av ansvar för elförsäljning är skillnaden i arbetssättet inte stor. Västtrafik har inte genomfört några ändringar i affärsmodellen, dock kopplar de samman elbussar med nya gröna och innovativa affärsmodeller.

5.3. Bredare samhällsperspektiv

5.3.1. Samordning med andra elektrifieringsprocesser

Både Trafikförvaltningen och Västtrafik belyser att det kan finnas en potential i att samordna elektrifiering av bussar med andra elektrifieringsprocesser i transportsektorn. Dock är detta inget som studiens tre RKM arbetar med specifikt inför kommande satsningar på elbussar. De lyfter att tekniska och juridiska skäl kan göra samordningen svår.

I Stockholm undersöker även Trafikförvaltningen om tunnelbanans elnät skulle kunna användas för laddning av elbussar, men det kan vara så att detta på grund av bland annat juridiska skäl inte är möjligt. I Göteborg har det undersökts huruvida spårvagnens luftburna ledningar kunde nyttjas av elbussar, dock var dessa tekniska system inte kompatibla. Utöver det belyser Trafikförvaltningen att en eventuell samordning med laddinfrastruktur kräver att fler olika typer av fordon har liknande laddbehov, exempelvis kan ett lastbilsåkeris körmönster vara annorlunda än kollektivtrafikens rutter.

VGR har som uppdrag att arbeta med elektrifieringssamordning, det vill säga detta är inget som Västtrafik gör. Skånetrafiken har inte uttryckt några planer eller samarbeten gällande elektrifiering med andra transportsystem.

5.3.2. Samhällsplanering bebyggelsemiljö och infrastruktur

Studien visar att införandet av elbussar inte nämnvärt påverkar hur stadsplaneringen utformas inom de tre studerade regionerna. Samtliga regioner för dialoger med de enheter på kommunal nivå som ansvarar för stadsplaneringen och utformningen, dock ligger fokus på placering av stationer för tilläggladdning om detta är något som ska användas. Regionerna har olika förutsättningar beroende på hur den nuvarande stadsutformningen ser ut, exempelvis inom Stockholm är det ofta brist på gatuutrymme och det är därför också fördelaktigt med depåladdning. I Stockholm blir därför satsningen på elbussar något som inte har nämnvärd påverkan på regionens gaturum och hur den planeras. Skånetrafiken ser också en problematik gällande gatuutrymmet, då det kan påverka stadsmiljön.

5.3.3. Depåplacering och inomhusbusshållplatser

Elbussar skapar möjlighet att placera bussdepåer och hållplatser på nya ställen i anknytning till samhällsfunktioner eller inbäddade i staden, exempelvis demonstrerade ett projekt i Göteborg en inomhusbusshållplats i anknytning till ett bibliotek. I Trafikförvaltningens utredning om elbussar (2019 C) framgår det att funktionen av en inomhusbusshållplats kan uppnås även utan elbussar, genom att exempelvis bygga en vänthall vid anslutning till en busshållplats. Dock planerar ingen av de studerade regionerna för nya placeringar av varken depåer eller hållplatser som ett resultat av elbussar. Hos Trafikförvaltningen används ofta en depå av fordon med olika drivlinor, vilket innebär att även om elbussar är tystare och fria från direkta avgaser, kommer depån även husa konventionella fordon. Därför har inte elbussar förändrat hur de planeras för, eller placerar, depåer.

5.4. Digitalisering

Gemensamt för de tre huvudmännen är att de arbetar för att införa ITxPT-standarderna på sina digitala plattformar. Däremot skiljer det sig gällande medlemskap i ITxPT-samarbetet. Västtrafik och Skånetrafik är Strategic Members, med ett större inflytande på samarbetet, medan Trafikförvaltningen ännu inte är det, men uppger att de planerar att bli det i framtiden. Samtliga huvudmän har ungefär samma digitala funktioner på sina digitala plattformar och bussarna är uppkopplade till både plattformen ägd av RKM och till bussoperatörens plattform.

Det kan konstateras att det skiljer sig mellan huvudmännen, RKM, och bussoperatörernas drivkraft att implementera digitala funktioner. Huvudmännen vill skapa ett kundvärde och vill därför ansvara för de digitala funktioner som är nära resenären. Huvudmännen väljer dock ofta att föra över ansvaret för andra digitala funktioner som inte berör resenären i samma utsträckning till bussoperatören. I de fallen krävställer man via ITxPT för att möjliggöra att funktionerna och systemen kan kommunicera med varandra.

Bussoperatörerna har incitament att införa digitala funktioner och att koppla upp sina bussar för att genom data kunna optimera sina processer och verksamhet. Datainsamlingen kan hjälpa bussoperatörerna att fördela sina resurser på ett mer effektivt sätt. Eftersom ersättningen i avtalen ofta baseras på antalet resande blir digitala funktioner, som resenärsräkningar, viktigt.

En högre grad av automatisering, både av depåer och bussar skulle kunna ge operatörerna stor nytta och ha omfattande potential. En bussoperatör lyfter det som intressant på grund av att det sker mycket skador på bussarna inom depåer. En annan operatör ser behovet av en autonom elektrifierad bussdepå som en lösning på att dagens bussdepåer inte är platseffektiva och ofta bullriga. Däremot konstaterar samma operatör att tekniken är dyr och en balans måste finnas mot nyttan för att de ska finna incitament i investeringar.

Samtidigt innebär en självkörande teknik på elbussar en begränsning när det innebär att bussarna ska kunna köra längre sträckor. Bussen kommer att behöva stanna och ladda, vilket innebär längre restid eller byte av fordon. Där menar en RKM att även en självkörande teknik på bussar med andra energikällor än batterier hade varit av intresse.

Vidare lyfter en RKM att elvägar har potential att kunna möjliggöra en mer storskalig självkörande bussflotta. Självkörande teknik är alltså ett intressant alternativ på elbussar för många aktörer, men det finns en hel del återstående oklarheter. Skånetrafiken betonar att för dem är det viktigt att tekniken har ett tydligt syfte för att de ska finna incitament i att satsa på den. Det kommer även krävas en lagförändring för tekniken att få en ordentlig genomslagskraft. Bussoperatörer menar att självkörande bussar har potential men det kommer ta tid, tydliga målsättningar krävs och lagförändringar.

6. Analys och reflektion

Analysen nedan baseras på resultatet av intervju- och litteraturstudien. Analysen utgår delvis från teori gällande system, tekniska- och hållbara omställningar samt inlåsnings effekter, vilket beskrivs mer utförligt i bilaga 6 Teori om sociotekniska omställningar.

6.1. Inlåsnings effekter

Teknikval kan medföra inlåsnings effekter, eller ”path dependency”, genom att de val som tas idag medför en begränsning av framtida valmöjligheter, samt att det framstår som enklare och mer ekonomiskt försvarbart att fortsätta på samma väg framåt som hittills. Ett antal inlåsnings effekter har identifierats kopplat till studiens undersökta satsningar på elbussar, nämligen kapitalkostnader och avtalslängd, teknikval, tidigare investeringar samt invanda arbetssätt och beteenden. Inlåsnings effekterna verkar inte isolerat, utan påverkar och påverkas av varandra.

Inköpskostnaden för en elbuss är högre än för en konventionell diesel- eller gasbuss, och kostnaden skrivs av på det antal år som fordonet kan nyttjas, vilket definieras av RKM sätta maxålder på enskilda fordon, eller snittålder på fordonsflottan. Dock kan den sätta avskrivningstiden vara kortare än den reella tid som en elbuss kan brukas i trafik. Detta innebär att fordonets ekonomiska värde skrivs av på en tid som är kortare än dess verkliga (tekniska) livslängd. Den årliga avskrivningen blir därmed högre än vad den skulle behöva vara, eftersom den fördelas på färre antal år i relation till hur länge den potentiellt kan användas. Tidigare avtalsstrukturer med krav på max- och snittålder kan därmed potentiellt skapa en inlåsnings effekt som fördröjer ett införande av elbussar.

En aspekt som medverkar till att skapa en inlåsnings effekt är avtalsstrukturen. Ett avtal är idag maximalt tio år långt, vilket de tre intervjuade RKM generellt tillämpar. En stor del av Sveriges kollektivtrafik med buss kommer att upphandlas under de kommande åren, vilket medför att teknikval låses på hela avtalsperioden och eventuellt även därefter. Med den snabba teknikutveckling som sker, och den snabba teknikutveckling som förväntas ske, medför det att bussoperatörer köper in elbussar och laddinfrastruktur som kan komma att bli föråldrade under avtalens gång. Detta har exempelvis tidigare hänt i de biogassatsningar som gjorts.

Optioner eller förhandlingar inom ramen för befintliga avtal kan nyttjas för att byta teknik under avtalstiden, dock medför detta ökade kostnader gällande avskrivningen av gammal utrustning. Utöver att avtalstiden kan skapa en inlåsnings effektmot ett specifikt teknikval, kan även önskan och riktlinjer som begränsar möjligheten att införa nya bussar inom pågående avtal hos olika RKM skapa en inlåsnings effekt. I det fall en RKM förordar att inte föra in ny teknik i pågående avtal, innebär detta att exempelvis omfattningen av ett avtalsområdes elektrifiering låses till den mängd elbussar som infördes vid upphandlingen.

För att motverka att avtalstiden leder till en inlåsnings effekt kan eventuellt leasing vara ett alternativ, både för fordon och laddinfrastruktur. Västtrafik har även valt att, i de fall

elbussar införs inom befintliga avtal, garantera ett restvärde och köpa fordonet från bussoperatören vid avtalets slut. Dock kommer fordonet sedan nyttjas i kommande avtal, vilket i sig kan ge en viss inlåsningseffekt mot specifika teknikval.

Tidigare arbetssätt kan även inverka på vilka teknikval som görs då det kan finnas invanda, medvetna och omedvetna, beteendemönster och normer som främjar valet av denna tidigare använda teknik. Exempelvis föredras depåladdning av Trafikförvaltningen då det är den laddstrategi som mest liknar deras nuvarande sätt att arbeta och anses vara minst riskfyllt.

Eventuella gränsdragningsdiskussioner till följd av de nya gränssnitt som kan uppstå med elbussar också undvikas om införandet sker i enlighet med tidigare arbetssätt och ansvarsområden. Ytterligare en faktor som kan skapa en tröghet i införandet är huruvida riktlinjer och policys motverkar eller möjliggör införandet och en ändring i arbetssätt, vilket intervjuade RKM poängterar. Detta kan gälla för alla involverade aktörer, som bussoperatörer, RKM och elnätsbolag.

Trafikförvaltningen uppgav att deras tidigare investeringar i biodrivmedel medförde vissa inlåsningseffekter. T.ex. kapitalbindning i anläggningar för biogastankar vid depåer, som riskeras att inte användas under hela den tid som var planerad. För att undvika att skapa nya inlåsningseffekter har Trafikförvaltningen därför genomfört implementeringen av elbussar successivt.

Skånetrafiken och Västtrafik har tidigare investerat i biogas med tillhörande infrastruktur, dock upplever de inte att det har medfört inlåsning mot en bestämd teknik. Både Västtrafik och Trafikförvaltningen berättar att de ser en potential för biodrivmedel att allokeras till andra transportslag där elektrifiering inte ses som en möjlighet.

6.2. Införandets momentum

Vid introduktionen av ny teknik kan en dragkraft, eller momentum, skapas genom bland annat att aktörer visar ett intresse, politiskt stöd ges och att tekniken fyller ett tidigare outnyttjat utrymme i marknaden. Gällande elbussar uppger samtliga RKM att den politiska organisationen har gett ett stöd och uppvisat en vilja att genomföra omställningen till en elektrifierad bussflotta. Vidare görs även bedömningen att det lokala engagemanget återfinns i flera delar av landet, och även på ett internationellt plan. De statliga subventionerna som finns kan förstärka ett momentum för elbussintroduktionen. Samtidigt belyste de intervjuade regionerna att de tillgängliga subventionerna har varit uppskattade, men inte i sig utslagsgivande, i valet om att elektrifiera eller inte.

Under intervjuerna med respektive RKM framkom fem drivkrafter: reduktion av buller, utsläpp av partiklar samt växthusgaser, en mer attraktiv kollektivtrafik för resenärer och förare, och slutligen att elbussar bidrar till en mer energieffektiv transportsektor.

6.3. Omställningens skala och jämförelse mot Norden

6.3.1. Omfattning och skala i Sverige

Utifrån de studerade RKM kan det konstateras att takten på omställningen varierar mellan de tre studerade regionerna. Trafikförvaltningen angriper implementeringen av elbussar

successivt, vilket innebär att ett mindre antal elbussar implementeras vid nästkommande ordinarie upphandling, jämfört främst med Västtrafik. Som tidigare nämnts är detta delvis ett resultat av tidigare lärdomar gällande implementeringen av biogas och biodrivmedel inom regionen, men även för att det ses som minst riskfyllt samt tar hänsyn till tidigare investeringar i fordon och infrastruktur. Även Skånetrafiken ser elbussar som en potential för framtiden och tar införandet successivt.

Västtrafik tar sig an omställningen snabbare och pådrivande genom att upphandla en stor andel elbussar inom ordinarie upphandling under det kommande året. Västtrafik resonerar kring att en målsättning finns och den ska uppnås, det vill säga att de arbetar målfokuserat och -orienterat. Även beslutet om att genomföra omställningen från politisk nivå har varit viktigt för genomförande. Det har gett samtliga aktörer mandat att arbeta med frågan, samt minskat osäkerheten och riskerna förknippade med implementeringen av ny teknik.

De två tillvägagångssätten, successiv eller snabb pådrivande implementering, kan komma att definiera vilka val som görs, både gällande teknik, affärsmodeller samt andra kringliggande frågeställningar, samt hur omställningen tas emot. Genom att några regioner går före i omställningen kan andra regioner både dra lärdomar samt dra nytta av att en förankring skett gentemot förare, resenärer, invånare och andra personer som elbussar inverkar på.

6.3.2. Jämförelse av målsättningar inom Norden

Det är enbart Västtrafik som har satt upp ett kvantitativt mål för införandet av elbussar, nämligen att *30 % av fordonsflottan ska vara elbussar år 2025*. Trafikförvaltningen och Skånetrafiken anger att de ser en potential för att elektrifiera stadstrafiken, men har inte några definierade målsättningar. Inom Region Skåne kan det dock finnas kommuner som har satt mål gällande antalet elbussar. För att sätta de svenska målsättningarna i kontext kan en jämförelse mot några nordiska huvudstäder göras. För en sammanställning av några målsättningar, se tabell 2.

Tabell 2 Fastställda målsättningar för hur många elbussar som ska ingå i respektive region eller huvudstads bussflotta vid ett visst årtal.

Sverige	Norden
Trafikförvaltningen - inte fastställt	Köpenhamn 100 % elbussar till 2031 (Krogsgaard Niss, 2017)
Skånetrafiken - inte fastställt	Oslo 60 % elbussar till 2025 (OECD och IEA, 2018 B)
Västtrafik 30 % elbussar till 2025 (Västtrafik, 2018 A)	Helsingfors 30 % elbussar till 2025 (HSL, 2017)

Tabell 2 visar att de nordiska huvudstäderna generellt har högre målsättningar för införandet av elbussar än de svenska städer RKM. Den högsta målsättningen bland de städer svenska RKM är densamma som den lägsta bland de städer nordiska. Detta trots att Sverige har två ambitiösa nationella mål, inom ramen för det klimatpolitiska ramverket, om 70 % reduktion av växthusgasutsläppen från transportsektorn till år 2030, samt nationella netto-nollutsläpp till år 2045 (Regeringskansliet, 2017). Samtidigt bör det noteras att städer regioner i dagsläget huvudsakligen använder biodrivmedel och därigenom uppnår en CO₂-reduktion med andra medel än elektrifiering. En vidare analys bör således genomföras baserad på fler nordiska länder samt kopplingarna till respektive lands nationella målsättningar inom klimat, hållbarhet och elektrifiering vägas in.

Det bör också poängteras att trots att Trafikförvaltningen och Skånetrafiken inte har några specifika målsättningar arbetar de ändå med införande av elbussar. Samtidigt som Trafikförvaltningen inte har ett fastställt mål om elektrifieringen i sitt trafikförsörjningsprogram, finns det dock en målbild om att mellan 30 % och 70 % ska gå på elektricitet år 2030 i Stockholms Län.

Med tanke på det omfattande förberedelsearbete städer RKM har genomfört, kan en relevant frågeställning vara om RKM i praktiken arbetar med högre ambitionsnivå än vad respektive målsättning anger. Digitalisering

Generellt kan det konstateras att digitaliseringen inte är beroende av elektrifieringen, de kan ske oberoende av varandra. Digitala plattformar och funktioner är någonting som appliceras på samtliga bussar, oavsett drivmedel. Vilka digitala funktioner som bussarna utrustas med är mer baserat på hur ny bussen är, vilka krav som ställs och vad som är mest miljösmart. Däremot är det viktigt för bussoperatören att just elbussar är uppkopplade för att kunna identifiera elbussarnas räckvidd och få information om när laddning krävs.

Elbussarnas laddare är också av stor vikt att de är uppkopplade för bussoperatörerna, för att möjliggöra fördelning av laddningen under natten. En RKM menar att vid implementeringen av tilläggs-laddning innebär det att nya digitala system behövs. Däremot planerar de själva inte för att införa några nya system i och med elektrifieringen. Digitaliseringen förefaller alltså ur detta perspektiv vara en viktig faktor i elektrifieringen av bussflottan ur en bussoperatörs synvinkel men inte lika utmärkande för en RKM. Detta skulle delvis kunna förklaras av att bussoperatörerna är närmare den dagliga driften och därmed ser behovet av utökad data för att optimera driften än RKM gör.

Digitaliseringen kan även möjliggöra att elektrifieringen inom kollektivtrafiken sker på ett mer effektivt sätt. Den kan främja att system integreras med varandra och nätproblem skulle kunna undvikas genom olika digitala system. Det finns även ett samband mellan elektrifiering och digitalisering i form av automatisering.

Elektrifieringen förenklar att göra bussarna mer automatiserade. T.ex. uppges det vara enklare att automatisera elladdning än tankning av traditionella drivmedel. Trafikförvaltningen menar därtill att en automatisering förenklas i elektrifierade fordon då konstruktionen är enklare. Både huvudmän, bussoperatörer och andra aktörer bedömer att utvecklingen kommer gå mot en mer självkörande trafik, där är alltså elektrifieringen viktig då det kommer underlätta den utvecklingen.

7. Slutsats och rekommendation för fortsatt arbete

Studien visar att det finns ett stort intresse för en elektrifierad busstrafik bland de intervjuade aktörerna. På regional och lokal nivå går det att se ett politiskt intresse inom flera regioner, där målsättningar formulerats för elbussar. Samtidigt är de satsningar som görs inom de studerade regionerna relativt blygsamma gentemot de mål som finns för elbussar i andra nordiska länder, men här behöver jämförelsen fördjupas. Studiens RKM i fokus, förordar i dagsläget inte en fullständig övergång till elektrifierade bussar, som exempelvis Oslos kollektivtrafikmyndighet gör. En successiv övergång gör att RKM och operatörerna kan lära sig och undvika misstag.

Studien fokuserar på att kartlägga Trafikförvaltningen, Skånetrafikens och Västtrafiks arbete med att införa elbussar. Till följd av studiens avgränsningar har elbussar i kollektivtrafiken inom mindre regioner eller utifrån ett internationellt perspektiv inte studerats. Relevant för fortsatt arbete är därför att inkludera dessa två perspektiv, för att ge en mer nyanserad och heltäckande bild av elektrifiering av busstrafiken. De RKM som fallstudien fokuserade på är Sveriges största, och deras elektrifiering och förutsättningar för detta kan i mångt och mycket liknas vid varandra, varför ett finns ett behov av att ytterligare gestalta elektrifieringen utifrån flera aktörers perspektiv.

För de satsningar som görs på elbussar inom respektive region, är det tydligt det skett en övergång från de demo- och pilotprojekt som tidigare kännetecknat satsningar på elbussar, till att elbussar nu blir en del av den ordinarie kollektivtrafiken. Införande sker både inom pågående avtal och inom nya ordinarie upphandlingar. Införandet är dock i ett tidigt skede, och det är först om några år som resultatet av regionernas införande av elbussar i kollektivtrafiken kommer kunna utvärderas.

Noterbart i övergången till den större satsning på elbussar som görs, är bussoperatörens betydelse. Bussoperatörerna har stor betydelse i förverkligandet av omställningen och den ordinarie driften av elbussarna i den ordinarie kollektivtrafiken. Bussoperatörer har till stor del visat sig som både positiva och drivande i omställningen.

Gällande teknik har det framgått att bussoperatören har stort inflytande över de direkta teknikvalen kopplade till elbussen och laddtekniken. Även om bussoperatörens valmöjligheter är styrda av de kravställningar som RKM ställer inför respektive avtal, är det bussoperatören som har störst insikt och kännedom om de teknikval som görs samt om valen inverkar på den dagliga driften.

Studerade RKM för ett resonemang kring laddstrategin, och det varierar hur involverade de är i beslutet kring den laddstrategi som bussoperatör till slut tillämpar. Det framgår även hur batterifrågan tillhörande elbussar är ett relativt nytt område för kollektivtrafiken, och studien visar på att det sker en utveckling av arbetssätt och rutiner för att hantera den sociala hållbarheten.

För aspekten organisering och finansiering, har upphandlingsprocess, avtalsstrukturer, kostnader och gränssnitt studerats. Satsningar på elbussar vid ordinarie upphandling har

inte medfört några större skillnader i upphandlingsprocessen, förutom fler och tidigare dialoger initierade av RKM. Studien visar även att elektrifiering av busstrafiken innebär att etablerade aktörer inom kollektivtrafiken kan få nya ansvarsområden, exempelvis gällande ägandeskap av laddinfrastruktur eller elförsörjning.

Vidare noteras att nya aktörer närmar sig eller får större betydelse i kollektivtrafiken, exempelvis elnätsbolag. Införande av elbussar innebär därför att det är blivit viktigare att definiera gränssnitt och ansvarsområden, eftersom hantering av elbussar fortfarande är relativt nytt. Samverkans betydelse för kollektivtrafiken och för satsningen på elbussar har varit märkbart återkommande.

Det går att se att de studerade RKM arbetar på ett liknande sätt som tidigare, vilket dels kan bero på en inlåsning till gamla beteenden, dels att man undviker risktagande, varför etablerade arbetssätt och vanor kvarstår. En eventuell inlåsning på grund av gamla riktlinjer och policys kan även göra att upphandlingsprocessen, avtalsstrukturen och ansvarsområden inte ändras avsevärt.

Finansiering och kostnadsfördelning för fordonen med tillhörande utrustning är en central fråga vid införande av elbussar, eftersom elbussar innebär en större inköpskostnad än traditionella bussar. Krav för maximiålder för enskilt bussfordon eller snittålder för bussflottan, är ur ett kostnadsperspektiv mer avgörande vid införande av elbussar än vid användning av traditionell teknik.

Krav för bussflottans ålder skapar till viss mån en inlåsningseffekt sett till bussoperatörernas förmåga att skapa ekonomi i de satsningar som görs på elbussar. Både gamla och nya teknikval kan till viss del skapa inlåsningseffekter för nutida och framtida satsningar på elbussar, eftersom valen låses på tiden som avtalet gäller.

Studien visar också att regionerna har olika ekonomiska incitament för att införa elbussar, som kan förklaras av tidigare genomförda satsningar på biodrivmedel, som kan göra det rationellt att avvakta med införande av elbussar.

Gällande samhällsperspektivet visar studien att det på ett teoretiskt plan finns en potential för förändring av stadsplanering och utformning av staden, men att regionernas omställning till elbussar inte medför detta i nuläget. Till viss mån finns även potential i att knyta samman elektrifieringen av bussflottan med andra transportsätt, vilket även om vissa RKM påtalar som möjlighet. Dock framgår det att detta är svårt både av tekniska och juridiska skäl.

Gällande digitaliseringen och elektrifieringen, visar studien att dessa sker i anknytning till varandra men är inte fullt beroende av varandra. Snarare upplevs digitalisering av busstrafiken ske fristående från elektrifieringen, men att elektrifieringen till viss del stöttas av digitaliseringen. Tydligast går det att se ett samband med automatisering, som är en delmängd av digitalisering, då elektrifiering kan underlätta för introduktionen av autonoma fordon. Bussoperatörerna är den aktör som ser ett större behov av digitalisering i anslutning till elbussar, för att identifiera fordonens räckvidd och få information om när laddning krävs.

Bussoperatörernas syn på elektrifieringen av busstrafiken har berörts i studien, men bussoperatörernas omställning bör studeras mer ingående. Eftersom bussoperatörerna

sköter den vardagliga driften av busstrafiken kommer de att vara de aktörer som kommer närmast inpå elektrifiering och de förändringar som den medför. Detta ger bussoperatörerna en unik inblick i övergången till elbussar, som bör studeras närmare.

Därtill bör det noteras att den elektrifieringen av busstrafiken som beskrivs i rapporten, är fortsatt ny och att man än inte har resultatet av de större satsningar som nu görs. Fortsatt arbete bör därför lämpligen återkomma till respektive region och RKM för att kartlägga resultatet av de satsningar som nu görs.

8. Referenser

- ABB, Energi, G., Sweco, Vattenfall, Volvo, A., & Cars, V. (2018). *PussEl - Vad behövs för att elektrifiera transportsystemet i Göteborg?*
- ACEA. (2017). *Charging of Electric Buses - ACEA Recommendations*. European Automobile Manufacturers Association.
- Aldenius, M., Forsström, E., Khan, J., & Nikoleris, A. (2016). *Elektrifiering av stadsbussar: En genomgång av erfarenheter i Sverige och Europa*. Lund: K2 - Sveriges nationella centrum för forskning och utbildning om kollektivtrafik.
- Allt om elbil. (2019). *Så ska Volkswagen etik-säkra kobolt till batterierna i sina elbilar*. Hämtat från Allt om elbil: <https://alltomelbil.se/sa-ska-volkswagen-etik-sakra-kobolt-till-batterierna-i-sina-elbilar/> [2019-08-14]
- Björklund, F. (2019). *IoT-teknik sparar energi för bussbolaget*. Hämtat från <https://telekomidag.se/smart-iot-teknik-sparar-enorm-energi-bussbolaget/> [2019-08-02]
- Bloomberg New Energy Finance. (2018). *Electric buses in cities: Driving towards cleaner air and lower CO2*. 29 mars. På uppdrag av Financing Sustainable Cities Initiative, C40 cities, World Resources Institute och Citi Foundation.
- Borén, S., Nurhadi, L., Ny, H., Andersson, M., Nilsson, S., & Löf, J. (2015). *Green Charge - demotest i fält med elbuss*. Blekinge Tekniska Högskola. Slutlig utgåva 2015-09-04.
- Bransch Aktuell. (2019). *De rustar Stockholms elnät för framtiden*. Hämtat från <https://branschaktuellt.se/energi/eldistribution/25715-de-rustar-stockholms-elnat-for-framtiden> [2019-08-08]
- Breakit. (2018). *Fortum om att använda naturresurserna på bästa sätt: "Vi kanske inte ska bygga energisnåla hus i Spanien"*. Hämtat från <https://www.breakit.se/artikel/14327/fortum-om-att-anvanda-naturresurserna-pa-basta-satt-vi-kanske-inte-ska-bygga-energisnala-hus-i-spanien> [2019-08-13]
- Bus Nordic. (2018). *Gemensamma nordiska krav vid upphandling av bussar*. Version 1.0.
- Bussmagasinet. (2015). *Busshallplatsen flyttar in i biblioteket*. Hämtat från <https://www.bussmagasinet.se/2015/06/busshallplatsen-flyttar-in-i-biblioteket/> [2019-08-05]
- Bussmagasinet. (2018). Hämtat från Snabb ökning av förnybart i kollektivtrafiken: <https://www.bussmagasinet.se/2018/10/snabb-okning-av-fornybart-i-kollektivtrafiken/> [2019-08-21]
- Bussmagasinet. (2019 A). *Mer elbussar till Oslo - nordisk premiär för batteridrivna regionbussar*. Hämtat från <https://www.bussmagasinet.se/2019/04/mer-elbussar-till-oslo-nordisk-premiar-for-batteridrivna-regionbussar/> [2019-07-24]
- Bussmagasinet. (2019 B). *Världens resenärer allt mer digitala och uppkopplade*. Hämtat från Bussmagasinet: <https://www.bussmagasinet.se/2019/07/varldens-resenarer-allt-mer-digitala-och-uppkopplade/> [2019-08-07]

- Busmagasinet. (2019 C). *92 nya bussar norr om Stockholm*. Hämtat från <https://www.bussmagasinet.se/2019/05/92-nya-bussar-norr-om-stockholm/> [2019-08-07]
- BättreAffärer. (2017). *Så samarbetar Telia och Skånetrafiken för hållbara städer*. Hämtat från Bättre Affärer: <https://blogg.telia.se/battreaffarer/2017/08/25/sa-samarbetar-telia-och-skanetrafiken-for-hallbara-stader/>
- Chalmers. (2019). *Smartare laddning nyckeln till elektromobilitet*. Hämtat från <https://www.chalmers.se/sv/institutioner/e2/nyheter/Sidor/Smartare-laddning-nyckeln-till-elektromobilitet.aspx> [2019-08-06]
- Dietl, T. (2018). *Iveco först med ITxPT*. Hämtat från Res Trafik Forum: https://www.rt-forum.se/article/view/586680/iveco_forst_med_itxpt [2019-08-08]
- DynaMate. (2019). *Keolis - Bussar och samhälle under förvandling*. Hämtat från www.dynamate.se/sv/aktuellt/keolis-bussar-och-samhalle-under-forvandling/ [2019-08-13]
- ElectriCity. (u.d. A). *ElectriCity - samarbete kring framtidens elektrifierade transporter*. Hämtat från <https://www.electricitygoteborg.se/node/19499> [2019-07-10]
- ElectriCity. (u.d. B). *Elbussar - tystare, avgasfria och passagerarvänliga*. Hämtat från <https://www.electricitygoteborg.se/node/19499/om-elbussen> [2019-07-10]
- ElectriCity. (u.d. C). *Forskning för hållbara städer*. Hämtat från <https://www.electricitygoteborg.se/forskning> [2019-07-10]
- Eliptic. (2018 A). *ELIPTIC Policy Recommendations - Electrification of public transport*.
- Eliptic. (2018 B). *Oberhausen Final Use Case Report*.
- Eliptic. (2018 C). *Warsaw Final Use Case Report*.
- Eliptic. (2018 D). *Brussels Final Use Case Report*.
- Eliptic. (2018 E). *London Final Use Case Report*.
- Eliptic. (2018 F). *Szeged Final Use Case Report*.
- Eliptic. (u.d). *About Eliptic*. Hämtat från www.eliptic-project.eu/about-eliptic [2019-08-05]
- Ellevio. (2019). *Effektbrist eller kapacitetsbrist - eller både och? Vi reder ut begreppen*. Hämtat från <https://www.ellevio.se/privat/Pressrum/newsroom/2019/mars/effektbrist-eller-kapacitetsbrist--eller-bade-och-vi-reder-ut-begreppen/> [2019-07-29]
- Elzen, B., & Wieczorek, A. (2005). Transitions towards sustainability through system innovation. *Technological Forecasting and Social Change*, 72(6), 651-661.
- Energimyndigheten. (2017). *Fordonsstrategisk Forskning och Innovation (FFI)*. Hämtat från www.energimyndigheten.se/forskning-och-innovation/forskning/transporter/fordon/program/fordonsstrategisk-forskning-och-innovation-ffi/ [2019-07-08]

- Energimyndigheten. (2018 A). *Energiförsörjningsalternativ för elektrifierade bussystem*. Dnr 2015-007386.
- Energimyndigheten. (2018 B). *Indikatorer inom SOFT*. Hämtat från www.energimyndigheten.se/klimat--miljo/transporter/samordiningsuppdrag-for-omstallning-av-transportsektorn/indikatorer-inom-soft/ [2019-07-08]
- Energimyndigheten. (2019 A). *Informationsstöd om elbussupplägg till kollektivtrafikhuvudmän*. ER 2019:03. Eskilstuna: Energimyndigheten.
- Energimyndigheten. (2019 B). *Samordningsuppdrag för omställnings av transportsektorn till fossilfrihet*. Hämtat från www.energimyndigheten.se/klimat--miljo/transporter/samordiningsuppdrag-for-omstallning-av-transportsektorn/ [2019-07-08]
- Energimyndigheten. (2019 C). *Elbusspremie*. Hämtat från www.energimyndigheten.se/klimat--miljo/transporter/transporteffektivt-samhalle/elbusspremie/ [2019-06-12]
- Energimyndigheten. (2019 D). Skypeintervju den 19/6-19 med Peter Dädeby, Handläggare lokalt och regionalt stöd. Utförd av Anna-Cecilia Lundström, Matilda Ninasdötter Holmström och Erik Torstensson.
- Energimyndigheten. (2019 E). Mailkonversation den 15/08-19 med Peter Kashe, handläggare. Utförd av Matilda Ninasdötter Holmström.
- Energimyndigheten. (2019 F). Skypeintervju den 25/6-19 med Martin Johansson, Analytiker förnybar el. Utförd av Anna-Cecilia Lundström, Matilda Ninasdötter Holmström och Erik Torstensson.
- Energimyndigheten. (2019 G). Skypeintervju den 28/6-19 med Anders Lewald, Senior rådgivare. Utförd av Anna-Cecilia Lundström.
- Englund, K. (2019). *Elbusspremie hjälper Västtrafik att nå miljömål*. Hämtat från <https://www.energivarlden.se/artikel/elbusspremie-hjalper-vasttrafik-att-na-miljomal/> [2019-06-12]
- E.ON. (2019 A). Telefonintervju den 6/8-19 med Peter Andersson, Business Manager - eMobility Heavy Transports. Utförd av Anna-Cecilia Lundström och Matilda Ninasdötter Holmström.
- E.ON. (2019 B). Telefonintervju den 5/7-19 med Peter Andersson, Produktchef för laddinfrastruktur. Utförd av Matilda Eriksson.
- Europaparlamentet och Rådet. (2006). *Direktiv 2006/66/EG av den 6 september 2006 om batterier och ackumulatorer och förbrukade batterier och ackumulatorer och om upphävande av direktiv 91/157/EEG*. L 266/1, 26.9.2006, s. 1-14.
- Europaparlamentet och Rådet. (2007). *Förordning (EG) nr 1370/2007 av den 23 oktober 2007 om kollektivtrafik på järnväg och väg och om upphävande av rådets förordning (EEG) nr 1190/69 och (EEG) nr 1107/70*. OJ L 315, 3.12.2007, s. 1-13.
- Europaparlamentet och Rådet. (2009). *Direktiv 2009/33/EG av den 23 april 2009 om främjande av rena och energieffektiva vägtransportfordon*. L 120/5, 15.5.2009, s. 5-12.

- Europaparlamentet och Rådet. (2014). *Direktiv 2014/94/EU av den 22 oktober 2014 om utbyggnad av infrastrukturen för alternativa bränslen*. L 307/1, 28.10.2014, s. 1-20.
- Europaparlamentet och Rådet. (2019). *Direktiv (EU) 2019/1161 av den 20 juni 2019 om ändring av direktiv 2009/33/EG om främjande av rena och energieffektiva vägtransportfordon*. L 188/116, 12.7.2019, s. 116-130.
- European Commission. (2013). *Vienna shifts to electric buses*. Hämtat från <https://ec.europa.eu/environment/europeangreencapital/vienna-electric-buses/> [2019-08-01]
- European Commission. (2017). *Study on the review of the list of Critical Raw material*. Bryssel: Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs. Skrivet av Deloitte Sustainability, British Geological Survey, Bureau de Recherches Géologiques et Minières och Netherlands Organisation for Applied Scientific Research.
- European Commission. (2019). *Mobility and Transport, Clean transport, Urban transport, European Clean Bus deployment Initiative*. Hämtat från https://ec.europa.eu/transport/themes/urban/cleanbus_sv [2019-08-06]
- European Parliament. (2018). *Research for Tran Comitee - Charging infrastructure for electric road vehicles*. Bryssel: Policy Department for Structural and Cohesion Policies, Directorate General for Internal Policies of the Union, PE 617.470 - June 2018.
- Förenta nationernas ekonomiska kommission för Europa. (2015). Föreskrifter nr 107 från Förenta nationernas ekonomiska kommission för Europa (FN/ECE) – Enhetliga bestämmelser för typgodkännande av fordon i kategori M2 eller M3 vad gäller deras allmänna konstruktion [2015/922]. L 153/1, 18.6.2015, *Europeiska unionens officiella tidning*. Hämtat från OJ L 153, 18.6.2015, p. 1-115.
- Förordning 2015:579. *Stöd för att främja hållbara stadsmiljöer*. Stockholm: Miljö- och energidepartementet.
- Geels, F. W. (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multilevel perspective and a case-study. *Research Policy*, 31(8-9), 1257-1274.
- Geels, F. W. (2011). The multi-level perspective on sustainability transitions: Responses to seven criticisms. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 1(1), 24-40.
- Geels, F. W. (2012). A socio-technical analysis of low-carbon transitions: introducing the multilevel perspective into transport studies. *Journal of Transport Geography*, 24, 471-482.
- Goldie-Scot, L. (2019). A Behind the Scenes Take on Lithium-ion Battery Prices. *Bloomberg New Energy Finance*. Hämtat från <https://about.bnef.com/blog/behind-scenes-take-lithium-ion-battery-prices/> [2019-08-05]
- Granath, A. (2019). "Skrämselknapp" på elbussar ska väcka uppmärksamhet. Hämtat från <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/vasterbotten/skrämselknapp-pa-umeas-elbussar-ska-vacka-uppmarksamhet> [2019-08-05]

- Göteborg Energi. (2019). Skypeintervju den 1/8-19 med Lars Edström, VD Göteborg Energi Nät AB. Utförd av Matilda Ninasdotter Holmström.
- Göteborgs Spårvägar. (2017). *Test av elbuss på linje 60*. Hämtat från goteborgssparvagar.se/test-av-elbussar-pa-linje-60/ [2019-07-10]
- Göteborgs Spårvägar. (2018). *Linje 60 elektrifieras hösten 2019*. Hämtat från goteborgssparvagar.se/linje-60-elektrifieras-hosten-2019/ [2019-07-10]
- Hansson, P., Pettersson, F., Khan, J., & Hrelja, R. (2018). *Kommuner och kollektivtrafiken - En enkätundersökning om Sveriges kommuners arbete för att stödja*. K2 working papers 2018:6. Lunds universitet.
- Helsingborgs stad. (2018). *Helsingborgsexpressen - planering och genomförande av ett nytt busskoncept i Helsingborg*. Helsingborg: Helsingborgs stad.
- Henricsson, P. (2018). *Elektronik Tidningen*. Hämtat från Scania tar hjälp av Haylion för självkörning och elektrifiering: <http://etn.se/index.php/nyheter/64350-scania-tar-hjalp-av-haylion-for-sjalkvorkning-och-elektrifiering.html> [2019-08-13]
- Hrelja, R., Pettersson, F., & Westerdahl, S. (2016). *Dömd till samverkan! En kunskapsöversikt*. 2016:4. K2 OUTREACH. Lunds universitet.
- HSL. (2017). *Helsinki's first fully electric bus to hit the road in January*. Hämtat från <https://www.hsl.fi/en/news/2017/helsinkis-first-fully-electric-bus-hit-road-january-9590> [2019-07-30]
- Hughes, T. (1983). *Networks of power: electrification in Western society, 1880-1930*. 474 s. Baltimore: Johns Hopkins U.P.
- IBM. (2019). *Ford Motor Company, Huayou Cobalt, IBM, LG Chem and RCS Global Launch Blockchain Pilot to Address Concerns in Strategic Mineral Supply Chains*. Hämtat från <https://newsroom.ibm.com/2019-01-16-Ford-Motor-Company-Huayou-Cobalt-IBM-LG-Chem-and-RCS-Global-Launch-Blockchain-Pilot-to-Address-Concerns-in-Strategic-Mineral-Supply-Chains> [2019-08-19]
- IEA. (2019). *Electric Vehicles Initiative*. Hämtat från <https://www.iea.org/topics/transport/evi/> [2019-07-30]
- International Energy Agency. (2017). *Digitalization & Energy*. Frankrike: International Energy Agency .
- InterregNorthSeaRegion. (u.d.). *SEEV4-City, Smart clean Energy and Electric Vehicles for the City*. Hämtat från <https://northsearegion.eu/seev4-city/>
- ITxPT. (u.d.). *Benefits*. Hämtat från ITxPT: <https://itxpt.org/benefits/vehicle-manufacturers/> [2019-08-20]
- IVA. (2016). *Framtidens elanvändning - en delrapport IVA-projektet Vägval el*. IVA-M 461. ISBN: 978-91-7082-908-6.
- IVA. (2019). *Så klarar Sveriges transporter klimatmålen. En delrapport från IVA-projektet Vägval för klimatet*.
- Kemp, R., Rip, A., & Schot, J. (2001). Constructing Transition Paths Through the Management of Niches. i R. Garud, & P. Karnoe, *Path Dependence and Creation* (ss. 269-299). Mahwa (N.J.) och London: Lawrence Erlbaum.

- Keolis. (2019). Skypeintervju den 9/7-19 med Karl Orton, Ansvarig för flotta och kärnsystem. Utförd av Matilda Ninasdotter Holmström, Matilda Eriksson och Erik Torstensson.
- Kollektivtrafiknämnden. (2017). *Till Västtrafik: Kollektivtrafiknämndens uppdrag till Västtrafiks 2018-2019, Enligt beslut 2017-09-26.*
- Konkurrensverket. (2015). *Kontrakt och konkurrens i den regionala kollektiva busstrafiken*. Stockholm: Konkurrensverket.
- Konkurrensverket. (2019). *Upphandlingsreglerna - en introduktion. Information från Konkurrensverket*. ISBN 978-91-88566-33-1.
- Krogsgaard Niss, M. (2017). *Københavns ønske om elbusser*. Økonomiforvaltningen Københavns kommune.
- Lajunen, A., Kivekäs, K., Baldi, F., Vespäläinen, J., & Tammi, K. (2018). *Different approaches to improve energy consumptions of battery electric buses*. Chicago: IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference.
- Landskrona stad. (2019). *Elbussar i Landskrona*. Hämtat från <https://www.landskrona.se/invanare/stadsplanering-trafik/trafik/tagbatbuss/elbussar-i-landskrona/> [2019-08-01]
- Lekholm, K. (2019). Nu kommer elbussarna. *Strålkastaren belyser Västtrafik*. Nr 3, ss. 14 - 19.
- Lidestam, H., Johansson, A., & Pyddoke, R. (2016). *Kontraktsformer och deras inverkan på svensk kollektivtrafik*. Lund: K2 OUTREACH .
- Lindholmen Science Park. (2015). *Nu startar linje 55 med utsläppsfria bussar*. Hämtat från <https://www.lindholmen.se/nyheter/nu-startar-linje-55-med-utslappsfria-elbussar> [2019-07-10]
- Lindholmen Science Park. (2019). Telefonintervju den 20/6 19 med Gunnar Ohlin, Projektledare Lindholmen Science Park. Utförd av Matilda Eriksson.
- Löfblad, E., Unger, T., Holmström, D., Lewan, M., & Montin, S. (2018). *Digital utveckling och möjligheter för energisektorn*. Energiforsk. rapport 2018:501.
- Mahadikar, J., Mulangi, R., & Sitharam, T. (2015). Optimization of bus allocation to depots by minimizing dead kilometers. *Journal of advanced transportation* 49(8), 901-912.
- Malmö Stad. (2018). *Frågor och svar om elbussar*. Hämtat från <https://malmo.se/Sa-arbetar-vi-med.../Malmo-stads-miljoarbete/Elbuss/Fragor-och-svar-om-elbussar.html> [2019-08-01]
- McKinsey. (2018). *The European electric bus market is charging ahead, but how will it develop?* . Hämtat från <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/the-european-electric-bus-market-is-charging-ahead-but-how-will-it-develop> [2019-07-24]

Naturvårdsverket. (2019 A). *Återvinning av elutrustning, batterier, bilar och däck*. Hämtat från <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Mark/Avfall/elutrustning-batterier-bilar-dack/> [2019-07-30]

Naturvårdsverket. (2019 B). Mailkonversation den 8/7-19 med Nanna Wikholm, Projektledare Klimatklivet. Utförd av Matilda Ninasdotter Holmström.

Naturvårdsverket. (2019 C). *Om Klimatklivet*. Hämtat från <https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Klimat/Om-Klimatklivet/> [2019-07-08]

NE. (u.d). *Uppslagsverket. Starkströmsnät*. Hämtat från <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/starkstromsnat> [2019-08-16]

NEC. (2018). *NEC joins the ITxPT for promoting public transport technology standards*. Hämtat från https://www.nec.com/en/press/201809/global_20180921_03.html [2019-08-06]

Nobina. (2016). *Västtrafikmodellen leder till ökat resande och ökad kvalite*. Hämtat från <https://www.nobina.com/sv/sverige/nyheter/-vasttrafikmodellen-leder-till-okat-resande-och-okad-kvalitet-/> [2019-07-25]

Nobina. (2019). Fysisk intervju den 11/7-19 med Martin Atterhall, Buss Fleet Manager, och Mari Cascado, titel. Utförd av Matilda Ninasdotter Holmström, Matilda Eriksson och Erik Torstensson i Stockholm.

Näringsdepartementet. (2017). *För ett hållbart digitaliserat Sverige – en digitaliseringsstrategi*. Stockholm.

Näsström, A. (2018). Stororder på elbussar – här är linjerna som ska elektrifieras. *Göteborgs-Posten*, 2 juli. Hämtat från <https://www.gp.se/ekonomi/stororder-pa-elbussar-har-ar-linjerna-som-ska-elektrifieras-1.6888881> [2019-07-10]

OECD. (2013). *OECD Due Diligence Guidance for Responsible Supply Chains of Minerals from Conflict-Affected and High-Risk Areas: Second Edition*. OECD Publishing.

OECD och IEA. (2018 B). *Nordic EV Outlook 2018 - Insights from leaders in electric mobility*.

Partnersamverkan för en förbättrad kollektivtrafik. (2018). *Rekommendation gällande fordonsålder i upphandlingar*.

Paulsson, A., Isaksson, K., Hrelja, R., Rye, T., Lindkvist Scholten, C., & Hedegaard Sørensen, C. (2018). *Samverkan i kollektivtrafiken - Varför, hur och med vilka konsekvenser?* K2 OUTREACH 2018:1. Lunds universitet.

Power Circle. (2018). *Elnätets roll i framtidens energisystem*. Stockholm: Power Circle.

Power Circle. (2019). *Laddbara bilar ökade 52% 2018 - bonus minus har bidragit*. Hämtat från <https://www.mynewsdesk.com/se/power-circle-ab/pressreleases/laddbara-bilar-oekade-52-procent-2018-bonus-minus-har-bidragit-2824212> [2019-07-24]

Railtech. (2019). *Braking energi can be used to accelerate trains*. Hämtat från <https://www.railtech.com/digitalisation/2019/02/14/braking-energy-can-accelerate-trains/?gdpr=accept> [2019-07-23]

- Ramachandrana, S., & Stimming, U. (2015). Well to wheel analysis of low carbon alternatives for road traffic. *Energy & Environmental Science*, 8(11), 3313-3324.
- Regeringen. (2018). *Regeringen ger besked om miljözoner*. Hämtat från <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2018/03/regeringen-ger-besked-om-miljozoner/> [2019-07-29]
- Regeringskansliet. (2017). *Det klimatpolitiska ramverket*. Hämtat från <https://www.regeringen.se/artiklar/2017/06/det-klimatpolitiska-ramverket/> [2019-08-12]
- Region Skåne. (2016). *Avtal gällande HelsingborgsExpressen 2 och 3*. Utkast den 2016-12-05.
- Region Skåne. (2017 A). *Genomförandeavtal el-buss Malmö linje 3 och 7*.
- Region Skåne. (2017 B). *Genomförandeavtal Elbuss – Landskrona*. Utkast 2017-08-30, arbetsmaterial.
- Region Skåne. (2018 A). *Trafikförsörjningsprogram för Skåne 2020-2030, Bilaga 9 Trafikavtal Skånetrafiken*. Remissversion 2018-10-09.
- Region Skåne. (2018 B). *Trafikförsörjningsprogram för Skåne 2020-2030*. Remissversion 2018-10-09.
- Region Skåne. (2018 C). *Genomförandeavtal Elbuss – Ystad*. Dnr: 2233-2012 091. Slutversion 2018-04-27, arbetsmaterial.
- Region Stockholm. (2019). *Årsredovisning 2018 för Stockholms läns landsting*. Regionrådberedningen. Skrivelse 2019-03-27. RS 2018-1077.
- Region Stockholm. (u.d.). *SL:s allmänna kollektivtrafik i Stockholms län*. Hämtat från <https://www.sll.se/verksamhet/kollektivtrafik/sl-trafiken-stockholmsregionen/> [2019-08-08]
- RISE Research Institutes of Sweden. (2019). Telefonintervju den 8/8-19 med Johan Östling, Senior Project Manager. Utförd av Matilda Eriksson.
- Roadmap: Sweden. (u.d.). *En strategisk agenda för innovation och utveckling av E-Mobility i Sverige*.
- Romare, M., & Dahllöf, L. (2017). *The Life Cycle Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions from Lithium-Ion Batteries*. Stockholm: IVL Svenska Miljöinstitutet.
- RT-Forum. (2019). *Andra villkor när elbussarna blir fler*. Hämtat från https://www.rt-forum.se/article/view/669180/andra_villkor_nar_elbussarna_blir_fler [2019-08-20]
- SFS 2010:1065. *Lag om kollektivtrafik*. Stockholm: Infrastrukturdepartementet RTS TM.
- Siemens. (2019). Fysisk intervju den 10/7-19 med Josephine Zetterman, Säljingenjör på Siemens Smart Infrastructure. Utförd av Matilda Eriksson, Matilda Ninasdotter Holmström och Erik Torstensson.

- Skånetrafiken. (2017 A). *Skånes kollektivtrafik, årlig uppföljning till Transportstyrelsen*.
- Skånetrafiken. (2017 B). *Helsingborgsexpressen - Elbuss utredning [internt material]*. Malmö: Skånetrafiken.
- Skånetrafiken. (2018). *Hållbarhetsredovisning 2018*. Malmö: Skånetrafiken.
- Skånetrafiken. (2019 A). *Miljö- och hållbarhetsprogram för Skånetrafiken Tillsammans för en hållbar framtid 2016-2025 version 3, uppdaterad maj 2019*. Malmö: Skånetrafiken.
- Skånetrafiken. (2019 B). Telefonintervju den 31/7-19 med Björn Wallin, Chef Teknikutveckling inom Digitalisering & IT. Utförd av Matilda Eriksson.
- Skånetrafiken. (2019 C). *Elbussar i Skåne*. Hämtat från <https://www.skanetrafiken.se/aktuellt/elbuss/> [2019-08-01]
- Skånetrafiken. (2019 D). Fysisk intervju den 28/6-19 med Iris Rhenström, Miljö- och hållbarhetsansvarig. Utförd av Erik Torstensson.
- Skånetrafiken. (2019 E). Skypeintervju den 10/7 med Håkan Kristiansson, Affärschef på Skånetrafiken. Utförd av Erik Torstensson.
- Skånetrafiken. (2019 F). *RAPPORT – UTREDNING: FORTSÄTTNING AV INFÖRANDET AV ELEKTRISKA BUSSAR I MALMÖ [internt material]*. Malmö: Skånetrafiken.
- Skånetrafiken. (2019 G). *ELBUSSTRATEGI MALMÖ: 20190529 Strategi för införande av elbussartill 2031 [internt material]*. Malmö: Skånetrafiken.
- Skånetrafiken. (2019 H). Skypeintervju den 9/8-19 med Håkan Kristiansson, Affärschef på Skånetrafiken. Utförd av Erik Torstensson.
- Skånetrafiken. (2019 I). Telefonintervju den 2/8-19 med Jens Listrup, Chef Strategi och Affärsstöd. Utförd av Matilda Eriksson.
- Skånetrafiken. (2019 J). *Skånetrafikens budget fastställd för 2019, pressmeddelande*. Hämtat från <http://www.mynewsdesk.com/se/skanetrafiken/pressreleases/skaanetrafikens-budget-faststaellld-foer-2019-2853912> [2019-08-22]
- Skånetrafiken. (u.d A). *Vårt uppdrag*. Hämtat från <https://www.skanetrafiken.se/om-oss/vart-uppdrag1/> [2019-08-01]
- SL. (u.d.). *Bussarna*. Hämtat från <https://sl.se/sv/info/om-sl/bussar/> [2019-08-23]
- Statistiska centralbyrån. (2019 A). *Land- och vattenareal i kvadratkilometer efter region, arealtyp och år - Stockholms län*. Hämtat från <http://www.statistikdatabasen.scb.se/sq/74239> [2019-08-22]
- Statistiska centralbyrån. (2019 B). *Land- och vattenareal i kvadratkilometer efter region, arealtyp och år - Skåne län*. Hämtat från <http://www.statistikdatabasen.scb.se/sq/74240> [2019-08-22]
- Statistiska centralbyrån. (2019 C). *Land- och vattenareal i kvadratkilometer efter region, arealtyp och år - Västra Götalands län*. Hämtat från <http://www.statistikdatabasen.scb.se/sq/74137> [2019-08-22]

- Statistiska centralbyrån. (2019). *Folkmängd i riket, län och kommuner 31 december 2018 och befolkningsförändringar 2018*. Hämtat från <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/befolkning/befolkningens-sammansattning/befolkningsstatistik/pong/tabell-och-diagram/helarsstatistik--kommun-lan-och-riket/folkmangd-i-riket-lan-och-kommuner-sista-december-och-befolkni> [2019-08-22]
- Statistiska centralbyrån. (u.d). *Län och kommuner i kodnummerordning*. Hämtat från https://www.scb.se/hitta-statistik/regional-statistik-och-kartor/regionala-indelningar/lan-och-kommuner/lan-och-kommuner-i-kodnummerordning/#Vastra_Gotalands_lan [2019-08-28]
- Steen, D. (2017). *Snabbladdning av elbussar i distributionsnät*. Stockholm: Energiforsk.
- STEMFS 2018:3. (u.d.). *Statens energimyndighets föreskrifter om elbusspremie*. Eskilstuna: Statens Energimyndighet.
- Stockholm Stad. (2018). *Stockholm växer - Bussterminal i Katarinaberget*. Hämtat från <https://vaxer.stockholm/projekt/bussterminal-i-katarinaberget/> [2019-08-27]
- Stockholms stad Trafikkontoret. (2019). Telefon intervju den 13/7-19 med Mikael Rannhagen, titel. Utförd av Anna-Cecilia Lundström.
- Sweco. (2017). *Rapport, Västtrafik AB och Västra Götalandsregionen, VT Drivmedel % fordon i regiontrafik, Uppdragsnummer 7002423000. Version 1.0*.
- Swedish Electromobility Centre. (2018). Hämtat från Nytt verktyg hjälper kommuner i upphandling av elbusstrafik: Publicerad 29 maj. <http://emobilitycentre.se/nytt-verktyg-hjalper-kommuner-upphandling-av-elbusstrafik/> [2019-07-08]
- Svensk kollektivtrafik. (2013). *Avtalsprocessen för fördubblad kollektivtrafik*. Stockholm: Partnersamverkan för en fördubblad kollektivtrafik.
- Svenska Kraftnät. (2018). *Både kort- och långsiktiga lösningar behövs för att möta kapacitetsbristen*. Hämtat från <https://www.svk.se/om-oss/nyheter/allman-nyheter/2018/bade-kort--och-langsiktiga-losningar-behovs-for-att-mota-kapacitetsbristen/> [2019-07-28]
- Svergies Radio. (2015). *Gothenburg inaugurates its first electric bus line*. Hämtat från <https://sverigesradio.se/sida/artikel.aspx?programid=2054&artikel=6190635> [2019-07-24]
- Sveriges Bussföretag. (2019). Skypeintervju den 20/8-19 med Anna Grönlund, Branschchef och Lars Annerbeg, Branschutvecklare. Utförd av Anna-Cecilia Lundström och Matilda Ninasdotter Holmström.
- SVT. (2018). *Norrtälje först i Sverige med enbart elbussar i stadstrafik*. Hämtat från <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/stockholm/norrtalje-forst-i-sverige-med-enbart-elbussar-i-stadstrafik> [2019-07-30]
- SVT. (2019). *SL satsar på elbussar - Nya kravet: Eldrivna fordon i flottan för kontrakt*. Hämtat från <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/stockholm/sl-storsatsar-pa-elbussar> [2019-07-13]

- Telia. (u.d.). *Smarta bussar med uppkopplad kollektivtrafik*. Hämtat från Telia Connect2business: <http://c2b.telia.se/inspiration/smarta-bussar-med-uppkopplad-kollektivtrafik/> [2019-08-02]
- Trafikanalys. (2015). *Avtalen för den upphandlade kollektivtrafiken 2013*. Stockholm: Trafikanalys.
- Trafikanalys. (2019). *Regional linjetrafik 2019*. Stockholm: 2019:22. Trafikanalys statistik. Hämtat från Trafa.
- Trafikanalys. (2019). *Uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon, farkoster och system – ett kunskapsunderlag*. Stockholm: Brita Saxton.
- Trafikförordningen 1998:1276. Stockholm: Infrastrukturdepartementet RST TM.
- Trafikförvaltningen. (2017). *Information om utredning Övergång till eldriven busstrafik i Stockholms län*. Stockholm: Stockholms Läns Landsting.
- Trafikförvaltningen. (2019 A). *PM Affärsmodell och Trafikavtal*. Stockholm: Stockholms Läns Landsting.
- Trafikförvaltningen. (2019 B). *PM Tekniker och marknadsanalys*. Stockholm: Stockholms Läns Landsting.
- Trafikförvaltningen. (2019 C). *Beslut om affärsinriktning för trafikavtal avseende busstrafik respektive spårtrafik samt beslut om att inleda upphandling av aktuella områden och därtill beslut om inriktning för elektrifiering av busstrafik*. Stockholm: Stockholms Läns Landsting.
- Trafikförvaltningen. (2019 D). Fysisk intervju den 24/6 med Anna Telestam Forsmark, Projektledare, Maria Övergaard, Fordonsstrateg Buss, Johan Böhlin, Strateg Drivmedel och Energi. Utförd av Anna-Cecilia Lundström i Stockholm.
- Trafikförvaltningen. (2019 E). Mailkonversation den 26/6-19 med Maria Övergaard, Fordonsstrateg buss. Utförd av Anna-Cecilia Lundström.
- Trafikförvaltningen. (2019 F). Fysisk intervju den 3/7-19 med Maria Övergaard, Fordonsstrateg buss. Utförd av Anna-Cecilia Lundström.
- Trafikförvaltningen. (2019 G). Stockholm: Telefonintervju den 13/8-19 med Johan Böhlin, Strateg Drivmedel och Energi. Utförd av Anna-cecilia Lundström.
- Trafikförvaltningen. (2019 H). Fysisk intervju den 19/6-19 med Anna Telestam Forsmark, Projektledare, Maria Övergaard, Fordonsstrateg buss. Utförd av Anna-Cecilia Lundström.
- Trafikförvaltningen. (2019 I). *PM Elbuss Stockholm*. Stockholm: Stockholms Läns Landsting.
- Trafikförvaltningen. (2019 J). Mailkonversation den 16/8-19 med Johan Björling, Strategi Drivmedel och Energi, Anna Telestam Forsmark, Projektledare, Maria Övergaard, Fordonsstrateg Buss. Utförd av Anna-Cecilia Lundström .
- Trafikförvaltningen. (2019 K). *PM Ekonomi*. Stockholm: Stockholms Läns Landsting.
- Trafikförvaltningen. (2019 L). Telefonintervju den 5/7-19 med Fredrik Meurman, Samhällsplanerare. Utförd av Anna-Cecilia Lundström.

- Trafikförvaltningen. (2019 M). Telefonintervju den 8/8-19 med Magnus Johansson, Depåstrateg. Utförd av Anna-Cecilia Lundström.
- Trafikförvaltningen. (2019 N). *Utredningsbeslut Bussdepåförsörjning*. Stockholm: Stockholms Läns Landsting.
- Trafikförvaltningen. (2019 O). Mailkonversation den 12/8-19 med Maria Övergaard, Fordonsstrateg buss. Utförd Matilda Eriksson.
- Trafikförvaltningen. (2019 P). Mailkonversation den 20/8-19 med Magnus Almqvist, IT-arkitekt, IT-avdelning, Utveckling & Digitalisering. Utförd av Matilda Eriksson.
- Trafikförvaltningen. (2019 Q). Telefonintervju den 5/7-19 med Håkan Karlsson, projektledare vid Affärsutveckling under Strategisk utveckling. Utförd av Matilda Eriksson.
- Trafikverket. (2017). *Nationell färdplan för elvägar*. Borlänge: Trafikverket.
- Trafikverket. (2018). *Förslag till nationell plan för transportsystemet 2018–2029. Remissversion 2017-08-31*. 2018:058. Borlänge: Trafikverket.
- Trafikverket. (2019 A). *Ansök om bidrag för hållbara stadsmiljöer - stadsmiljöavtal*. Hämtat från <https://www.trafikverket.se/tjanster/ansok-om/ansok-om-bidrag/statligt-stod-for-hallbara-stadsmiljoer---stadsmiljoavtal/> [2019-06-26]
- Trafikverket. (2019 B). Skypeintervju den 19/6-19 med Malena Möller Samhällsplanerare, Gresa Veselaj Biträdande samhällsplanerare, båda på Nationell Samhällsplanering. Utförd av Anna-Cecilia Lundström, Matilda Ninasdotter Holmström, Erik Torstensson och Björn Hasselgren.
- Trafikverket. (2019 C). *Program Elvägar*. Hämtat från <https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/forskning-och-innovation/aktuell-forskning/transport-pa-vag/elvagar--ett-komplement-i-morgondagens-transportsystem/> [2019-08-06]
- Transdev. (2019 A). Fysisk intervju den 1/8-19 med Niclas Flodin, Teknisk direktör. Utförd av Anna-Cecilia Lundström, Matilda Eriksson och Erik Torstensson i Stockholm.
- Transdev. (2019 B). Mailkonversation den 27/6 med Fredrick Beckius, Affärschef. Utförd av Anna-Cecilia Lundström.
- Transdev. (u.d). *Umeå nu störst i Sverige på elbussar*. Hämtat från <https://www.transdev.se/var-resa/nummer-3-2019/umea-nu-storst-i-sverige-pa-elbussar> [2019-08-27]
- Transport & Environment. (2018). *Elcetric buses arrive on time*. Bryssel: Transport & Environment.
- Transportstyrelsen. (u.d A). *Bonus malus-system för personbilar, lätta lastbilar och lätta bussar*. Hämtat från <https://www.transportstyrelsen.se/bonusmalus> [2019-06-24]
- Transportstyrelsen. (u.d B). *Buss*. Hämtat från <https://www.transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/Fordon/Fordonsregler/Buss/> [2019-06-24]

- Transportstyrelsen. (u.d. C). *Personbil och lätt lastbil*. Hämtat från <https://www.transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/Korkort/ta-korkort/personbil-och-latt-lastbil/> [2019-06-24]
- Transportstyrelsen. (u.d. D). *Miljözoner*. Hämtat från <https://transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/Miljo/Miljozoner/> [2019-07-29]
- Trivektor. (2016). *Utredning om infrastruktur, drivmedel och fordon - Studie avseende ett urval busslinjer i Göteborgsområdet*. Projekt nr 16101. Serie nr: 2016:62.
- UITP. (2014). *Vision & mission*. Hämtat från <https://www.uitp.org/vision-mission> [2019-07-30]
- UITP. (2018). Electric busses and standardisation. *Eliptic Final Conference*. Bremen.
- UITP. (2019). *UITP Manages new platform under the European Clean Bus deployment Initiative facilitated by the European Commission*. Hämtat från <https://www.uitp.org/news/uitp-manages-new-platform-under-european-clean-bus-deployment-initiative-facilitated-european> [2019-08-06]
- Umeå Kommun. (u.d.). *Umeå kommun storsatsar på elbussar*. Hämtat från <https://www.umea.se/arkiv/pressmeddelanden/pressmeddelanden/umeakommun-storsatsar-paelbussar.5.1a5fea8a1437b3e6e52134fb.html> [2019-07-05]
- United Nations Economic and Social Council. (2011). *Consolidated Resolution on the Construction of Vehicles (R.E.3), Revision 2, ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.2*. Economic Commission for Europe, Inland Transport Committee, World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations.
- Upphandlingsmyndigheten. (2017). *Ändringar av kontrakt och ramavtal - möjligheterna i den nya upphandlingslagstiftningen*. Stockholm: Upphandlingsmyndigheten.
- Upphandlingsmyndigheten. (2018). *Metodblad - Funktionskrav, Formulera funktionskrav*.
- Upphandlingsmyndigheten. (2019). *Funktionskrav i upphandling*. Hämtat från <https://www.upphandlingsmyndigheten.se/omraden/dialog-och-innovation/funktion/> [2019-08-06]
- Walker, G. H., Stanton, N. A., Salmon, P. M., & Jenkins, D. P. (2008). A review of sociotechnical systems theory: a classic concept for new command and control paradigms'. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*. 9(6), 479–499.
- VerkstadsForum. (den 14 December 2018). *Teliaägda Fältcoms IoT-gateway MIIPS har fått ITxPT-märkning*. Hämtat från PLM & ERP NEWS: <http://plm-erpnews.se/faltcoms-iot-gateway-miips-har-fatt-itxpt-markning/>
- Westergren, U., Saarikko, T., & Blomquist, T. (2017). *IoTguiden*. Umeå: Umeå universitet.
- Vinnova. (2018). *Delprogram och strategiska satsningar*. Hämtat från <https://www.vinnova.se/m/fordonsstrategisk-forskning-och-innovation/delprogram-och-satsningar/> [2019-07-08]
- Volvo. (2015). *Ta elbussen till Frihamnen och kliv av i biblioteket*. Hämtat från <https://www.volvobuses.se/sv-se/news/2015/jun/news-150258.html> [2019-07-30]

- Volvo AB. (2019). Skypeintervju den 9/7-19 med Anders Berger, Director Public Affairs på AB Volvo. Utförd av Matilda Eriksson, Erik Torstensson och Matilda Ninasdotter Holmström.
- Västfastigheter. (2019 A). *Organisation och verksamhet*. Hämtat från <https://www.vastfastigheter.se/om-oss/organisation/> [2019-07-12]
- Västfastigheter. (2019 B). Skypeintervju den 18/7-19 med Jonas Nordin, TF Fastighetschef Infra. Utförd av Matilda Ninasdotter Holmström.
- Västra Götalandsregionen. (2016). *Regionalt trafikförsörjningsprogram Västra Götaland - Programperiod 2017-2020 med långsiktig utblick till 2035*. Västra Götalandsregionen: Vänersborg.
- Västra Götalandsregionen. (2017). *Samverkansformer kring kollektivtrafik i Västra Götaland*. Antagen av Västra Götalands 49 kommuners fullmäktige samt Västra Götalandsregionen 2011, reviderat 2016-05-31 samt 2017-12-13.
- Västra Götalandsregionen. (2018 A). *Årsredovisning 2018 - Västtrafik AB*.
- Västra Götalandsregionen. (2018 B). *Miljö- och klimatstrategi för kollektivtrafiken i Västra Götaland - Oktober 2018*.
- Västra Götalandsregionen. (2018 C). *Västtrafik - en del av Västra Götalandsregionen*. Hämtat från <https://www.vgregion.se/kollektivtrafik/vasttrafik--en-del-av-vastra-gotalandsregionen/> [2019-07-09]
- Västra Götalandsregionen. (2019 A). Telefonintervju den 1/7-19 med Jörn Engström, Strateg inom Kollektivtrafik och Infrastruktur. Utförd av Matilda Eriksson.
- Västra Götalandsregionen. (2019 B). *Kollektivtrafikmyndighet*. Hämtat från <https://www.vgregion.se/kollektivtrafik/kollektivtrafikmyndighet/> [2019-07-09]
- Västra Götalandsregionen. (2019 C). *Kollektivtrafiknämnden*. Hämtat från <https://www.vgregion.se/politik/politisk-organisation/namnder-och-styrelser/kollektivtrafiknamnden/> [2019-07-09]
- Västra Götalandsregionen. (2019 D). *Trafikförsörjningsprogrammet – så utvecklas kollektivtrafiken*. Hämtat från <https://www.vgregion.se/kollektivtrafik/trafikforsorjningsprogrammet--sa-utvecklas-kollektivtrafiken/> [2019-07-09]
- Västtrafik. (2013). *Verksamhetsutveckling och affärsrelationer – grunden skapas vid upphandlingen, Västtrafikmodellen, Från Beställar- Leverantörsroller till Partnerskap, upphandling i Göteborg 2013-11-28*.
- Västtrafik. (2017). *Västtrafiks årsrapport 2017*.
- Västtrafik. (2018 A). *Västtrafiks hållbarhetsrapport 2018*.
- Västtrafik. (2018 B). *Linje 50 blir elektrisk*. Hämtat från <https://www.vasttrafik.se/om-vasttrafik/nyhetsarkiv/vasttrafik-satter-in-tio-elbussar-pa-linje-60/> [2019-07-10]

- Västtrafik. (2018 C). *Trafikplan 2019, sammanställning av underlag och förslag 2018-05-24, Godkänd av Västtrafiks styrelse 2018-06-28.*
- Västtrafik. (2019 A). Fysisk intervju den 26/6-19 med Hanna Björk, Hållbarhetschef, och Marie Albihn, Projektledare. Utförd av Matilda Ninasdotter Holmström i Göteborg.
- Västtrafik. (2019 B). *160 nya elbussar nästa år.* Hämtat från <https://www.vasttrafik.se/om-vasttrafik/nyhetsarkiv/160-nya-elbussar-nar-vasttrafik-storsatsar/> [2019-07-10]
- Västtrafik. (2019 C). Mailkonversation den 8/6-19 med Marie Albihn, Projektledare. Utförd av Matilda Ninasdotter Holmström.
- Västtrafik. (2019 D). Mailkonversation den 15/8-19 med Michaela Shaw, Trafikhandläggare. Utförd av Matilda Ninasdotter Holmström.
- Västtrafik. (2019 E). Telefonintervju den 8/8-19 med Marketta Jurmu, Ledare digitalisering & innovation, koordinator ElectriCity. Utförd av Matilda Eriksson.
- Västtrafik. (2019 F). Telefonintervju 3/7-19 med Mikael Faleke. Strateg Trafikinformation. Utförd av Matilda Eriksson.
- Västtrafik. (u.d A). *Västtrafik AB - det här är vi.* Hämtat från <https://www.vasttrafik.se/om-vasttrafik/vasttrafik-ab/> [2019-08-28]
- Västtrafik. (u.d B). *Reseplanering - Tidtabeller.* Hämtat från <https://www.vasttrafik.se/reseplanering/tidtabeller/> [2019-08-28]
- Västtrafik. (u.d C). *Västtrafiks partnerföretag.* Hämtat från <https://www.vasttrafik.se/om-vasttrafik/partnerforetag/> [2019-07-11]
- X2AB. (2015). *Guidelines för attraktiv kollektivtrafik med fokus på BRT - Råd för utveckling av avancerad kollektivtrafiklösningar med hög kvalite och kapacitet.* 1:a utgåva januari. Energimyndigheten, Trafikverket och Sveriges Bussföretag.
- ZeEUS. (2014). *Vision.* Hämtat från <https://zeus.eu/about-zeeus/vision> [2019-07-30]
- Åslund, M. (2017). Alla är med i den digitala omvandlingen. *Energivärlden.* Hämtat från <https://www.energivarlden.se/artikel/alla-ar-med-i-den-digitala-omvandlingen/> [2019-08-08]
- Öberg, J., Glaumann, M., Gjelstrup, A., & Leifland Berntsson, G. (2017). *Smart Public Transport - New digital ecosystems unlock the growth potential of the smart city.* Connected things 2017. Arthur D Little och Telia.

9. Bilagor

Bilaga 1: Utförlig beskrivning av Trafikförvaltningen Stockholm

Detta kapitel beskriver den satsning på elbussar som sker i Region Stockholm via Trafikförvaltningen. Kapitlet baseras främst på intervjuer med Trafikförvaltningen och publicerat material. Kapitlet inleds med en bakgrund till regionen och Trafikförvaltningen, därefter följer ett antal avsnitt med rubriker utifrån studiens fyra perspektiv.

B.1.1. Inledning

B.1.1.1. Bakgrund

Trafikförvaltningen är en del av Region Stockholm, och är ansvarig för att upphandla all trafik under varumärket SL. Inom SL:s busstrafik finns cirka 500 linjer och med en tillämpning av stom-, direkt-, kommun-, landsbygds-, natt-, när- och ersättningstrafik. Av busslinjerna är cirka 20 stombusslinjer och det finns cirka 7 000 hållplatser. År 2019 finns det elva trafikavtal för busstrafiken, och trafiken upphandlas under olika tidsperioder. Varje avtal är cirka tio år. Busstrafiken innefattar cirka 2200 bussar, av blandade busstyper. Cirka 41 % av regionens bussar var 2017 klass I bussar, medan cirka 54 % var klass II bussar där även 1,5 klass bussar ingår, se avsnitt 3.1.4 Standarder för information om bussklasser. Antal bussdepåer i regionen är idag 21 stycken och därtill finns flera satelituppställningar (Trafikförvaltningen, 2019 C).

Idag används endast förnybara drivmedel inom SL:s busstrafik, fördelat mellan biodiesel, biogas och etanol. Stora investeringar har tidigare gjorts gällande infrastruktur och fordon för att möjliggöra övergång från fossil diesel till en bussflotta som använder förnybara drivmedel. Nu finns dock ett ökat intresse kring elektrifierade fordon och dess potential hos Trafikförvaltningen. Under 2019 publicerades en utredning som Trafikförvaltningen gjort rörande eldriven busstrafik i Region Stockholms. Denna har haft som syfte att beskriva möjligheter, nyttor, konsekvenser och risker med övergång till eldriven busstrafik inom regionen, och därtill ta fram affärsprinciper för en elektrifiering av fordonsflotta inför kommande upphandlingar av kollektivtrafiken. Utredningen rekommenderar att Trafikförvaltningen inför kommande upphandlingar löpande ska analysera möjligheten till eldrift (Trafikförvaltningen, 2019 C).

B.1.1.2. Drivkrafter och målsättningar

Satsning på eldriven busstrafik grundar sig i att Trafikförvaltningen har sett att detta kan bidra till minskad energianvändning och lokalt buller samt ge renare luft. Därtill anses elbussar ge en attraktivare och klimatneutral Stockholmsregion, samtidigt som det påverkar SL:s varumärke positivt (Trafikförvaltningen, 2019 C). Arbetsmiljön för chauffören anses även kunna förbättras. Trafikförvaltningen har sett att flera av deras mål rörande miljö,

hälsa och energieffektivisering gynnas av elektrifierade bussar, vilket är varför de ser potential i denna satsning (Trafikförvaltningen, 2019 D). Den största nyttan med elbussar bedöms främst finnas i tät stadsmiljö, där hälsoeffekter från buller och luftföroreningar anses vara betydande. Eftersom främst klass I bussar finns elektrifierade i dagsläget, så beskriver Trafikförvaltningen i sin elbussutredning (2019 C) att trafiken i tätbebyggda områden har störst potential att elektrifieras i närtid. Därtill lyfter representanter för Trafikförvaltningen (2019 D) att övergång till elbussar innebär att biodrivmedel frigörs till andra delar inom transportsektorn vilket är positivt.

Trafikregionrådet Kristoffer Tamsons säger till SVT att målet är att mellan 30 och 70 % av regionens busstrafik ska gå på el om tio år, vilket motsvarar mellan 700 och 1500 bussar (SVT, 2019). Trafikförvaltningens elbussutredning (2019 C) pekar på att det finns en maxpotential på introduktion av cirka 1500 bussar till år 2030 i regionen men skriver samtidigt att en mer realistisk potential är en introduktion av cirka 700 elbussar, utifrån beaktande av redan befintliga planer rörande kollektivtrafiken i stort, redan implementerade elbussar och när nya avtalsperioder ska initieras. I dagsläget saknas ett mål om nollemissionsfordon i busstrafiken i det regionala Trafikförsörjningsprogrammet, men detta är något som Trafikförvaltningens utredning föreslår ska införas då detta hade underlättat för framtida introduktion av elbussar (Trafikförvaltningen, 2019 C).

B.1.1.3. Pilotprojekt och tidigare satsningar

Tidigare har Trafikförvaltningen genomfört två pilotprojekt i Stockholm och Södertälje med laddhybrider och laddinfrastruktur, (Trafikförvaltningen, 2017). Från och med 2018 finns även fem elbussar i Norrtälje ordinarie stadstrafik, och Norrtälje blev med detta även först i Sverige med en helt elektrifierad stadstrafik (SVT, 2018). Därtill introducerades på hösten 2018 tre små autonoma elbussar i Barkabystaden, där det även finns planer på ytterligare elbussar. Under sommaren 2019 introducerades också av fem elbussar i Sigtuna/Märsta. Unikt för dessa är att de är de första elbussarna inom SL-trafiken som upphandlats från avtalsstart (Trafikförvaltningen, 2019 C).

B.1.1.4. Pågående och kommande satsningar

Hösten 2019 ska fyra stycken avtalsområden upphandlas, där Trafikförvaltningen för första gången kommer att kravställa en andel elektrifierade bussfordon. De fyra områden som upphandlas är Norrort, Nacka och Värmdö, Norrtälje samt Huddinge, Botkyrka och Söderort, med trafikstart 2021 (Trafikförvaltningen, 2019 C). Totalt ska cirka 900 bussar upphandlas för dessa avtalsområden, där cirka 65-70 ämnas vara elbussar (Trafikförvaltningen, 2019 D). För dessa avtalsområden uppger medarbetare på Trafikförvaltningen (2019 D) även hur stora andelar trafikeras av klass II bussar, vilket de anser begränsar möjligheten att införa elbussar.

Trafikförvaltningen anser att klass II bussar inte är tekniskt mogna för eldrift än, men har förhoppningar att de snart ska bli det, och då bli möjliga att introducera (Trafikförvaltningen, 2019 D). Potentialen för andelen elbussar för de fyra områdena påverkas av faktorer som andel klass II bussar och andra planer för kollektivtrafiken i respektive område (Trafikförvaltningen, 2019 C).

För nästkommande upphandlingar efter ovannämnda avtal avses elektrifieringen av busstrafiken fortgå, men fokus just nu är de avtal som upphandlas hösten 2019.

Trafikförvaltningen har valt en strategi där ett långsamt införande av elbussar förespråkas. Man beskriver det som fördelaktigt att börja stegvis för att allt eftersom öka andelen elektrifierade fordon i bussflottan totalt sett över avtalsområdena (Trafikförvaltningen, 2019 D).

B.1.2. Teknik

B.1.2.1. Elbussteknik och laddinfrastruktur

Trafikförvaltningen fokuserar på att elektrifiering av bussflottan primärt bör ske med helelektriska fordon som ska laddas med depåladdning. Detta betyder också att Trafikförvaltningen väljer att förbereda för en sådan laddinfrastruktur, där de säkerställer att depåerna i avtalsområden aktuella för eldrift kommer att ha elanslutning med tillräcklig effekt. Den förberedelse av infrastruktur som Trafikförvaltningen väljer att göra, styr i hög grad vilken laddteknik som bussoperatörerna kan välja, även om de själva får välja detta (Trafikförvaltningen, 2019 E). De ser att tiden från tilldelningsbeslut till trafikstart generellt sett är för kort för att bussoperatören själva ska hinna få tillstånd för och installera laddteknik utanför depån, och därför välja en annan laddstrategi än det som Trafikförvaltningen förbereder för (Trafikförvaltningen, 2019 E).

För de elbussar som i dagsläget finns i trafik, används exempelvis i Sigtuna/Märsta depåladdning där bussarna laddas med kabel, det vill säga plug-in, och bussarna laddas både på natten och på dagen. Det är mycket trafik på morgon och på eftermiddagen, och därför är det många bussar som står inne på depån under dagen (Transdev, 2019 B).

Valet av depåladdning grundar sig på en kombination av faktorer. Dels äger Trafikförvaltningen depåerna, vilket i sig underlättar eftersom de då har stor rådighet över den laddinfrastruktur de har valt. Dels är konkurrensen om gatuutrymmet i Stockholm ofta hög, varför det inte alltid är enkelt att installera tilläggs-laddning. Hos Trafikförvaltningen har vissa depåer sedan förut möjlighet till relativt stort effektuttag, även om detta kan behöva utökas, vilket gör det enklare att förbereda för elektrifiering (Trafikförvaltningen, 2019 D).

Med depåladdning blir dock att potentialen för elfordon styrd av depåernas belägningsgrad. I intervju uppger representant för Trafikförvaltningen (2019 F) att det idag finns en kapacitetsbrist sett till utrymme för bussar på vissa depåer, vilket påverkar andelen bussar som kan elektrifieras. För laddning av elbussar i depå, kommer redan etablerade depåer att användas, och i dagsläget planeras inte heller utbyggnation av depåerna endast på grund av en ökad elektrifiering. Trafikförvaltningen avser öka andelen elektrifierade fordon utifrån rådande kapacitetsförutsättningar och belägningsgrad sett till depåerna (Trafikförvaltningen, 2019 F).

B.1.2.2. Fordonets energiförbrukning

Angående uppvärmning och kylbehov hos elbussarna, påtalar Trafikförvaltningen att detta kommer påverka fordonens räckvidd. Vidare menar representant för Trafikförvaltningen

(2019 E) att bussoperatörerna behöver ta hänsyn till detta när bussarna köps in och kravställs mot busstillverkare. En tillsatsvärmare driven av biodiesel behövs på vintern om räckvidden riskerar att minskas allt för mycket. Trafikförvaltningen kommer därför att kravställa vid vilken temperatur en sådan lösning får brukas, vilket på grund av upphandlings-sekretess i nuläget inte kan anges. Trafikförvaltningen arbetar även för att bussarna ska isoleras bättre, och bedriver även ett arbete gällande kravställning för innetemperaturen bussen. Detta kan komma att minska energibehovet för uppvärmning och kylning (Trafikförvaltningen, 2019 E).

B.1.2.3. Batterier

I Trafikförvaltningens utredning (2019 C) beskrivs elbussarnas batterier gällande produktion och återvinning som ett riskområde. I det fall batterierna har stor social och/eller miljömässig påverkan så kan busstrafikens anseende påverkas negativt (Trafikförvaltningen, 2019 C). Utredningen som gjorts pekar på att Trafikförvaltningen inför framtida upphandlingar med elbussar, behöver ställa krav på social hållbarhet, exempelvis i att mineraler i leverantörskedjan ska vara spårbara (Trafikförvaltningen, 2019 C). Inför alla avtal ställer Trafikförvaltningen krav på social hållbarhet, men inför kommande upphandlingar med elbussar utökas detta därför även med krav rörande spårbarhet och återvinning (Trafikförvaltningen, 2019 G).

Att det idag inte är helt entydigt utifrån EU:s batteridirektiv hur elbussarnas batterier ska återvinnas, är en utmaning, men samtidigt ser Trafikförvaltningen hur detta är på gång att ändras. Inför avtalen har Trafikförvaltningen därför skrivit att bussoperatörerna ska iaktta vad som händer och säkerställa att batterierna har en säker hantering efter att brukbarheten har passerat, till dess att lagstiftningen har klargjorts. Rörande spårbarhet för bussarnas batterier avser Trafikförvaltningen att använda OECD-riktlinjen som nämns i avsnitt 3.1.5 Batterier. Denna riktlinje anses kunna hjälpa Trafikförvaltningen att få en spårbarhetskedja tillbaka i leveransledet, och kravställs mot bussoperatören att använda (Trafikförvaltningen, 2019 D).

Inför avtalen kommer Trafikförvaltningen att skriva hur denna riktlinje eller motsvarande ska användas. Med detta ämnar Trafikförvaltningen ge förutsättningar för att skapa en medvetenhet om var batterierna kommer ifrån och utifrån vilka förhållanden de tas fram (Trafikförvaltningen, 2019 D). Representanter för Trafikförvaltningen (2019 D) uppger att bussoperatörerna kommer ha hela avtalsperioden på sig att arbeta med detta, men att de ser att de ska ha initierat arbetet till viss del när elbussarna beställs. Trafikförvaltningen deltar även i en referensgrupp till det batteriprojekt som Skånetrafiken bland annat driver, se avsnitt 3.1.5 Batterier (Trafikförvaltningen, 2019 G).

B.1.2.4. Elnätets kapacitet

I Stockholm finns idag platser med kapacitetsbegränsningar i elnätet, med varierande möjlighet till utökningar eller nyanslutningar (Trafikförvaltningen, 2019 C). Idag görs även arbete för att förstärka och förnya regionens elnät, eftersom Stockholm växer kraftigt (Bransch Aktuellt, 2019). Representanter för Trafikförvaltningen (2019 D) uppger samtidigt att de i dialog med elnätsägare inför kommande upphandlingar och depålösningar, har fått beskedet om att de utökningar som de nu planerar för fungerar.

Trafikförvaltningen kommer sannolikt inte bli nekad för den effektutökning som kan behövas vid depåerna. Elförsörjning ses därför inte i nuläget som ett problem, men efter dialog med elnätsägare har man erfarit att om man hade valt att införa en större andel av bussflottan och på kortare tid, hade detta kunnat vara en utmaning (Trafikförvaltningen, 2019 D). Samtidigt framgår det av Trafikförvaltningens utredning att det finns en riskfaktor gällande elbussar och strömavbrott. Kortare strömavbrott skulle inte vara ett problem, men elbusstrafiken är känslig för längre strömavbrott (Trafikförvaltningen, 2019 C). I intervju med Trafikförvaltningen (2019 H) framgår det även att de bland annat anser att det är lämpligt att inte elektrifiera hela bussflottan direkt, utan att det är positivt att dra nytta av de tidigare satsningar som gjorts för biodrivmedel och ha en flotta som kombinerar dessa två alternativ.

B.1.3. Organisering och finansiering

B.1.3.1. Tidigare avtal och elbussar

Införandet av elbussarna i Sigtuna/Märsta, var första gången som Trafikförvaltningen upphandlade elbussar i samband med ett nytt avtal. I Norrtälje skedde införandet av elbussar inom rådande avtal, vilket berodde på att bussoperatören Nobina själva var initiativtagare till den satsningen, eftersom de hade sett att det fanns linjer som var lämpliga för elbussar.

För att det skulle vara ekonomiskt möjligt för Nobina höjde Trafikförvaltningen avtalets minimala snittålder för bussflottan med två år, från åtta till tio, vilket gav Nobina ökat ekonomiskt handlingsutrymme för satsningen på elbussar (Trafikförvaltningen, 2019 I). Nobina genomförde även en uppgradering av de äldsta bussarna avtalet så att resenärerna inte skulle uppleva dem som föråldrade. Denna livstidsförlängning av fordon är även i linje med tidigare fattade beslut inom Trafikförvaltningen (Trafikförvaltningen, 2019 J). Trafikförvaltningen bistod även i satsningen genom att säkerställa en tillräcklig elanslutning till depån (Trafikförvaltningen, 2019 I). Kommunen genomförde investeringar i elnätet utanför depån (Trafikförvaltningen, 2019 J).

B.1.3.2. Upphandling och avtal

Det som sker inför kommande upphandlingar hösten 2019, se avsnitt B1.1.4 Pågående och kommande elektrifiering, är att Trafikförvaltningen för första gången ställer detaljkrav på elbussar i sina upphandlingsunderlag och följande avtal. Samtidigt har Trafikförvaltningen valt att fokusera på införande av elbussar i nya avtal, och inte i pågående avtal som gäller i ett par år till. Detta eftersom de bland annat ser att det finns en osäkerhet för bussoperatören, gällande elfordonets andrahandsvärde utifrån nuvarande marknadsläge. Detta gör dock att Trafikförvaltningens möjlighet till elektrifiering av fordonsflottan till viss mån låses till de avtal som ska upphandlas på nytt (Trafikförvaltningen, 2019 F).

Samtidigt uppger representant för Trafikförvaltningen (2019 G) att elektrifieringen av bussar inom pågående avtal kan ske i framtiden, även om de inte valt den inriktningen utifrån rådande planer. Trafikförvaltningen kan i framtiden välja att införa elbussar inom

ramen för löpande avtal, exempelvis i samband med större förändringar i trafikutbudet (Trafikförvaltningen, 2019 G).

Tidigare har Trafikförvaltningen i största utsträckning arbetat med funktionskrav för bussarna i sina upphandlingar, men inför kommande upphandlingar har de sett att de till viss del behöver frångå detta arbetssätt för att säkerställa att bussoperatören anskaffar elfordon. Trafikförvaltningen kommer att i dessa avtal, specificera ett detaljkrav om ett minimiantal för elbussar, men de krävställer inte vilka linjer som ska trafikeras av elbussar (Trafikförvaltningen, 2019 H). Representanter för Trafikförvaltningen (2019 H) menar att de upplevde att endast funktionskrav blev för ottydligt och abstrakt, eftersom det skulle kunna öppna upp för alternativa tekniker och inte endast elfordon för att möta funktionskraven.

Upphandlingsprocessen för hösten 2019 skiljer sig från Trafikförvaltningens vanliga process. Man har öppnat upp för en markandsdialog innan upphandlingsstart, vilket dock inte endast beror på elektrifieringen utan var planerad att ske oavsett (Trafikförvaltningen, 2019 F).

Gällande marknadsdialogen innan upphandlingsstart, valde Trafikförvaltningen att under våren 2019 ge ut preliminärt beslutsunderlag inför upphandlingarna som sker i höst. Detta har de gjort för att i ett tidigt skede föra en dialog med olika bussoperatörer, och visa hur de exempelvis resonerar kring hur busstrafiken ska elektrifieras sett till andel elbussar och fördelning av dessa sett till depåerna (Trafikförvaltningen, 2019 H).

Eftersom elektrifiering av busstrafiken är nytt för både upphandlare och bussoperatörer, menar representanter för Trafikförvaltningen (2019 H) att detta tillvägagångssätt har varit bra för alla inblandade för att det har öppnat upp för ytterligare diskussion och utbyte kring de strategiska inriktningar som planerats för. Det har gett utrymme åt bussoperatörerna att yttra sig om det underlag som Trafikförvaltningen har tagit fram. Exempelvis uppger representanter för Trafikförvaltningen (2019 H) hur de i diskussion med en bussoperatör insåg att den prelimärt tänkta fördelningen av elbussar vid en viss depå, kunde höjas, eftersom dialogen visade att detta var möjligt.

Idag arbetar Trafikförvaltningen med avtal som bygger på att bussoperatören får en del fast ersättning och en del rörlig ersättning baserad på andelen resenärer. En representant för Trafikförvaltningen (2019 F) uppger att beroende på risker som kan associeras med ett avtal och ett visst område, så kan andelen incitament öka eller minska. Sker exempelvis förändringar inom ett avtalsområde som kan påverka driften av busstrafiken, så skulle risken för bussoperatören kunna ses som högre. Dock ser inte Trafikförvaltningen elbussar som en sådan typ av riskfaktor. Andelen fast ersättning kommer därför inte att bli högre för kommande avtal i nuläget (Trafikförvaltningen, 2019 F).

B.1.3.3. Ansvarsfördelning och affärsmodell

I Trafikförvaltningens utredning (2019 C) framgår det att ansvarsfördelningen vid införande av eldriven busstrafik är en central fråga ur ett affärsmodell- och avtalsperspektiv. Den tekniska lösningen påverkar vilka aktörer som involveras och vilka risker som följer med beroenden och gränssnitt mellan partner.

Depåladdning är den lösning som Trafikförvaltningen ser kunna innebära minst förändring ur ett affärsmodell- och avtalsperspektiv jämfört med idag, vilket därför anses ha minst risker. Lösning med laddinfrastruktur i gatumiljö, har enligt Trafikförvaltningens elbussutredning större risker, kopplat till ägande av fordon, drift, ägande, underhåll och placering av laddinfrastruktur samt framtida trafikplanering (Trafikförvaltningen, 2019 C).

Det är bussoperatörerna som äger bussarna i SL:s busstrafik, vilket även gäller för de elbussar som nu ska upphandlas och deras tillhörande laddteknik. Enligt Trafikförvaltningens riktlinjer är det också bussoperatören som ska ha ansvar för bussarna, och därför finansiera, köpa in, äga och underhålla fordonen (Trafikförvaltningen, 2019 C).

Som tidigare nämnt äger Trafikförvaltningen bussdepåerna sedan tidigare, och har därför rådighet över den laddinfrastrukturen som nu har valts. Det är även Trafikförvaltningen som ansvarar för att säkerställa tillräcklig eltillförsel till depåerna. Detta betyder att Trafikförvaltningen behöver ha en dialog med elnätsägare inför att avtalen startas, för att säkerställa att tillräcklig med kapacitet finns till depåerna. Därefter är det bussoperatörens ansvar att säkerställa att laddteknik finns i depåerna (Trafikförvaltningen, 2019 H). Samtidigt är det inte bestämt om Trafikförvaltningen ska ha ett ansvar över laddinfrastrukturen, om en annan strategi än depålösningar används i framtiden (Trafikförvaltningen, 2019 G).

B.1.3.4. Kostnader, styrmedel och stödformer

Kostnader och fördelning

Trafikförvaltningen ser att en förändring sker mellan kostnadsposter i och med införande av fler elfordon. Övergången till eldrift kan belasta både Trafikförvaltningens investeringsbudget och driftbudget, beroende på hur ansvarsgränssnittet ser ut. Trafikförvaltningen lyfter i sin elbussutredning (2019 C) att gränssnittet och riskfördelningen därför tidigt behöver fastställas som en utgångspunkt inför upphandlingar.

En kostnadspost som uppstår inför kommande avtal i och med elektrifieringen utifrån vald laddstrategi i depå, är anpassningen av depåerna. Dels uppstår kostnader för att säkerställa en tillräcklig elförsörjning till depån, vilket Trafikförvaltningen i nuläget ansvarar över. Dels uppstår kostnader för installation av laddinfrastruktur vilket bussoperatören ansvarar över.

Samtidigt är lönekostnaden för förare en stor kostnadspost, vilket gör att depåladdning blir kostnadsdrivande om det krävs en ökad förartid på grund av extra tomkörning till depå. Detta kan uppstå i det fall depån är ofördelaktigt placerad, där kostnaden dock allokeras till bussoperatörerna. För depåladdning, kan det bli en betydande kostnad, i det fall att flera fordon behövs om bussar behöver laddas på dagen (Trafikförvaltningen, 2019 K).

En representant för Trafikförvaltningen uppger (2019 E) att de även sett att anpassningar som krävs på depåer på grund av satsning på elbussar, varken är planerade sedan tidigare eller har finansiering. Detta eftersom elbusstrafik inte planerades för när tidigare bygg- och ombyggnadsprojekt initierades, exempelvis för en ny depå som ska byggas. Anpassningarna

kräver en hel del resurser och investeringsmedel hos Trafikförvaltningen, som inte är beslutade om än (Trafikförvaltningen, 2019 E).

Styrmedel och stödformer

Representanter för Trafikförvaltningen (2019 D) menar att de ser Elbusspremien som en bonus, och att denna inte har varit styrande för de satsningar som gjorts eller ska göras. Sett till annan typ av finansiering och elbussar, har Region Stockholms en gång deltagit i projekt med delfinansiering från Energimyndigheten. I detta fall Scania projektansvarig och Södertälje kommun medsökande. Stödet berörde genomförande av tester med laddhybridbuss och induktionsladdning på linje 755 i Södertälje under 2017 (Trafikförvaltningen, 2019 J). 2016 beviljades även Trafikförvaltningen tillsammans med Stockholm Stad, stöd ifrån Stadsmiljöavtal, där test med elbuss på linje 755 ingick som en av flera motprestationer (Trafikverket, 2019 A).

B.1.4. Bredare samhällsperspektiv

B.1.4.1. Samordning med andra elektrifieringsprocesser

Det finns möjlighet till samordning mellan elektrifiering av bussar och annan trafik till viss del (Trafikförvaltningen, 2019 C). Enligt Trafikförvaltningens utredning (2019 C) går det framförallt att dra nytta av en gemensam förstärkning av elnätet till följd av elektrifiering av kollektivtrafiken i Stockholm.

Samnyttjande av laddinfrastruktur anses ha mindre potential utifrån de tekniker som i dagsläget finns på marknaden, både sett till tekniska och juridiska aspekter. Samnyttjande av trådluftledning mellan flera olika fordonstyper bedöms som tekniskt möjligt, dock skriver Trafikförvaltningen i sin elbussutredning (2019 C) att behoven mellan olika aktörer kan vara olika och ha olika förutsättningar, vilket gör samordning utmanande. Exempelvis påtalas det att ett system som optimerats utifrån busstrafik kanske inte kommer täcka de behov som finns för godstrafik. Det finns även en problematik kring prioritering av trafiken, och exempelvis kan ett samnyttjande av tråd riskera att annan trafik konkurrerar med Stockholms busstrafik och dess utrymme i gaturummet (Trafikförvaltningen, 2019 C). Utifrån rådande planer är inte samordningsmöjligheter med annan trafik något som man arbetar med specifikt eller inom ramen för kommande satsning (Trafikförvaltningen, 2019 G).

Representanter för Trafikförvaltningen (2019 D) uppger att de har försökt se huruvida de skulle kunna samordna tunnelbanans elnät med terminaler, eftersom terminaler ofta ligger i anknytning till tunnelbanestationer. Terminaler är punkter där många bussar samlas, och har därför potential att i framtiden vara gemensamma laddningspunkter. Dock är denna samordning kanske inte tillåten på grund av olika juridiska skäl, och det framkommer att Trafikförvaltningen väntar på besked om huruvida samordningen är möjlig rent juridiskt (Trafikförvaltningen, 2019 D).

Förstärkning av det lokala elnätet inför förberedelse av depåladdning, skulle potentiellt kunna bidra till etablering av publika laddstationer, om området är lämpligt för detta. Dock var bedömningen av denna potential inte något som låg innanför ramen för Trafikförvaltningens elbussutredning (Trafikförvaltningen, 2019 B).

B.1.4.2. Samhällsplanering bebyggelsemiljö och infrastruktur

Inomhusbusshållplatser

Trafikförvaltningen lyfter fram i sin utredning (2019 C) att elbussar kan ge nya möjligheter i samhällsplaneringen, och skapa nya förutsättningar för kollektivtrafiken. Enligt Trafikförvaltningen hade syftet med hållplatser inomhus varit att bland annat göra kollektivtrafiken smidigare och mer attraktiv för resenärerna. Samtidigt framgår det i Trafikförvaltningens elbussutredning (2019 C) att flera av de kvalitéer som skulle kunna skapas med hjälp av inomhusbusshållplatser, kan skapas på andra sätt. Exempelvis kan resenärerna vänta i en vänthall, och att bussen avgår intill vänthallen. Förutsättningen att skapa inomhusbusshållplatser var inte heller en aspekt som studerades djupare i Trafikförvaltningens utredning. Detta inte är något som i nuläget är inom ramen för kommande satsning på elbussar (Trafikförvaltningen, 2019 G).

Framkomlighet och utrymme i gaturummet

Generellt har Trafikförvaltningen noterat en utmaning gällande det tillgängliga gaturummet i relation till elektrifiering av fordonsflottan. Exempelvis har det för tidigare projekt för elbussar, varit svårare än väntat att hitta lämpliga linjer att elektrifiera (Trafikförvaltningen, 2019 E). Representanter för Trafikförvaltningen (2019 D) menar att mark ofta är dyr i Stockholm och att gatumiljön därtill ofta är trång, vilket skapar en återkommande utmaning kring prioritet i gaturummet och framkomlighet. Detta minskar möjligheterna att använda tilläggladdning. Laddlösningen hade inneburit mer omfattande förberedelser än vad depåladdning medför, exempelvis sett till lokalisering av lämplig plats, bygglov, markförberedelse och säkerställande av elförsörjning (Trafikförvaltningen, 2019 C).

Därtill uppger representanter för Trafikförvaltningen (2019 H) att busstrafiken ofta är så optimerad, att det i dagsläget inte finns någon reglertid för bussarna, utan att dessa i stor utsträckning aldrig står still. Elektrifieringen hade därför kunnat kräva en utökning av bussflottan, för att täcka upp för stillastående fordon (Trafikförvaltningen, 2019 H).

Trafikförvaltningens representanter (2019 H) tillägger att en viktig aspekt för Stockholms kollektivtrafik är att bussarna är flexibla i sin användning mellan olika linjer under samma dag. Detta gör att om en lösning hade valts med ändhållsplatsladdning hade vissa bussar låsts till en viss linje, vilket inte fungerar med rådande användning av bussarna. Därtill nämner de att framkomligheten i Stockholm är en utmaning, och att bussarna kan bli försenade på grund av detta, vilket minskar möjligheterna och tidsfristen ytterligare för bussar att använda statisk tilläggladdning vid hållplats (Trafikförvaltningen, 2019 H).

Terminaler

Terminal kan beskrivas som en knypunkt för kollektivtrafiken, där det finns flera busshållplatser, exempelvis Slussen (Stockholm Stad, 2018). Representanter för Trafikförvaltningen (2019 H) uppger att när de har undersökt hur bussflottan potentiellt kan elektrifieras, identifierades ett behov av att finna platser i linjenätet som är stabila över tid gällande inflöde och utflöde av bussar, exempelvis terminaler, för att undvika investeringar i laddinfrastruktur som blir låsta mot en mindre del av flottan (Trafikförvaltningen, 2019 H). Samtidigt menar representanter för Trafikförvaltningen

(2019 D) att terminaler har visat sig vara utmanande att modifiera för att skapa laddinfrastruktur.

Generellt sett är existerande terminaler inte anpassade för en eventuell expansion av elbussar, och exempelvis kan det vara brist på utrymme för att dra nya elkablar till terminalerna. I intervju med medarbetare på Trafikförvaltningen (2019 D) framkommer det att Trafikförvaltningen inför de nya terminalerna i Barkarby, Gullmarsplan och Nacka, förbereder för mer dragningar av kabel fram till terminal, för att inte hamna i den utrymmesbrist som kan finnas vid de äldre terminalerna, som framgick ovan.

Ytterligare en utmaning med laddning på terminaler är att det kan vara flera bussoperatörer som delar dessa, vilket ställer krav på gemensamma laddkoncept på terminalerna, något som det inte finns riktlinjer om idag (Trafikförvaltningen, 2019 H). Därtill varierar det mellan terminalerna i regionen, gällande antalet reglerplatser och reglertid för bussarna. För de terminaler där inga eller få reglerplatser finns, eller att bussarna inte har någon ställtid, är det i dagsläget därför utmanande att införa en laddinfrastruktur som kräver att bussarna behöver stå och ladda under sin linjetur (Trafikförvaltningen, 2019 H).

Depåplanering

Potentialen hos depåladdning som lösning påverkas bland annat av depåernas placering och huruvida dessa innebär en lång tomkörningsträcka till linjetrafiken eller inte (Trafikförvaltningen, 2019 K). Trafikförvaltningen vill generellt sett ha depåernas placering centralt och nära det område som trafikeras, och detta blir inget undantag vid satsning för elektrifierade bussar. Samtidigt är depåns placering en förhandlingsfråga med kommun eller markägare (Trafikförvaltningen, 2019 L).

En representant för Trafikförvaltningen menar (2019 M) att det oavsett drivmedel svårt att placera depåer i tätbebyggda områden. Det är främst en utmaning att hitta tillräckligt med yta. Trafikförvaltningen har sedan tidigare en integrerad depå, vilken är en av flera av deras biogasdepåer, men denna var dyrare än vanligt att bygga, bland annat beroende på de säkerhetskrav som tillkom för den (Trafikförvaltningen, 2019 M).

Därtill resonerar Trafikförvaltningen vid intervju (2019 M) kring att även om elbussar skapar bättre lokal luftkvalité samt reduktion av buller, så kommer troligen inte hela fordonsflottan i en depå att bli elektrifierad. Men, samtidigt kan en ökad andel elektrifierade fordon i depåerna, medföra att det finns ett ökat intresse eller högre acceptans av att etablera bebyggelse närmare existerande depåer (Trafikförvaltningen, 2019 M).

Satsningen på elbussar i dagsläget kommer inte att innebära en helomvändning av var Trafikförvaltningens depåer kommer att placeras i framtiden, och Trafikförvaltningens representant (2019 M) menar istället att de redan idag arbetar utifrån att anpassa och bygga ut deras nuvarande och planerade depåer för att minimera tomkörning och öka robustheten i trafiken. Satsningen på elbussar kommer därför inte direkt medföra en mer omfattande andel depåer i stadsmiljö (Trafikförvaltningen, 2019 M).

Därtill påpekar Trafikförvaltningen (2019 M) att flera av de depåer de har idag, och planerar för, redan är relativt centralt belägna, och att existerande depåer har blivit allt mer centralt belägna i takt med att regionen har vuxit och blivit mer bebyggd.

Elbussar har en positiv inverkan på depåplanering genom att det leder till ett minskat behov av bränsle, olja och kylmedel till depåer. Samtidigt innebär elektrifiering att ny infrastruktur i form av elförsörjning och batterihantering uppstår, vilket påverkar depåers funktion och utformning (Trafikförvaltningen, 2019 N). Satsningen på elbussar påverkar tidigare planerade bygg- och ombyggnadsprojekt, som inte sedan tidigare har planerats utifrån elbussar. Anpassningar behövs därför, vilket även kräver en del resurser och investeringsmedel från Trafikförvaltningen som inte beslutats om än (Trafikförvaltningen, 2019 E).

Rörande planering om framtida depåer har Trafikförvaltningen nyligen tagit ett utredningsbeslut för bussdepåförsörjningen, där de ska göra en studie kring bussdepåbehovet till 2030 med utblick mot 2050. Studien kommer att analysera volymbehovet genom en analys av depåernas funktion och kapacitet, och även utarbeta en plan för framtida bussdepåförsörjning. Ökad andel elektrifierade bussar i fordonsflottan är av flera aspekter som kopplas till den beslutade utredningen (Trafikförvaltningen, 2019 N).

B.1.4.3. Samverkan med kommunala och privata aktörer

Som framgår i avsnitt B.1.3.3 Ansvarsfördelning och affärsmodell, innebär gränssnittet inför kommande upphandlingar av elbussar att Trafikförvaltningen till stor del samverkar med bussoperatörer och elnätsägare. Därtill är samverkan med kommun viktig (Trafikförvaltningen, 2019 G), vilket även lyfts i nästkommande avsnitt.

Utifrån tidigare arbete med elbussar har Trafikförvaltningen sett att en kritisk framgångsfaktor är god samverkan mellan involverade aktörer. Det är viktigt att gemensamma mål identifieras och att olikheter mellan aktörerna är kända. Exempelvis kan en privat aktör delvis ha andra mål än en offentlig, men även att det kan finnas gemensamma, och aktörernas olika drivkrafter som ligger till grund för elektrifieringen kan påverka (Trafikförvaltningen, 2019 E).

Under Trafikförvaltningens pilotprojekt med elbussar tog exempelvis definiering och överenskommelserna av ansvarsfördelningen mellan olika aktörer längre tid än väntat (Trafikförvaltningen, 2019 E). I Trafikförvaltningens elbussutredning (2019 C) beskrivs det även att tidig etablering av dialog med involverade aktörer som en riskreducerande åtgärd.

Samordning med kommun

Inom Trafikförvaltningen sker dialoger med kommuner på daglig basis och genom många olika kanaler, från strategisk nivå till detaljnivå (Trafikförvaltningen, 2019 L).

Trafikförvaltningen har ansvar över SL trafikens övergripande planering, men kommuner kan delta i processen gällande trafikutbud och lokalisering (Trafikförvaltningen, 2019 C).

Stadsplaneringen kompliceras inte i dagsläget eftersom de elbussar som finns idag och snart ska introduceras laddas på depå (Trafikförvaltningen, 2019 E). Samtidigt har Trafikförvaltningen inte rådighet över gaturummet, och lyfter i elbussutredningen (2019 C) att exempelvis framkomlighet och tillgänglighet till laddinfrastruktur är avgörande för

elfordon. Därför är samverkan med kommun och väghållare av stor vikt (Trafikförvaltningen, 2019 C).

I det fall annan lösning än depåladdning väljs i framtiden kan även mer förhandling och dialog med andra aktörer behövas (Trafikförvaltningen, 2019 L). En representant för Trafikkontoret i Stockholm tillägger i likhet med detta att Trafikförvaltningens lösning med depåladdning gör att kommunen i dagsläget inte blir eller behöver bli inblandad i planeringen för elbussar, eftersom laddinfrastrukturen inte inskränker på stad och dess gatumiljöer (Stockholms stad Trafikkontoret, 2019).

Elbusstrafiken ingår idag i ordinarie samordning för kollektivtrafiken gentemot kommunen. Samtidigt genomförs särskilda projektmöten inför specifika projekt, som exempelvis vid Barkabystaden eller vid om- och nybyggnationen av terminaler (Trafikförvaltningen, 2019 E). I intervju menar även Trafikförvaltningen (2019 L) att det finns ett beroende mellan kommunen och Trafikförvaltningen, i det att kommunerna kan ses ha ett intresse av samverkan om kollektivtrafiken.

På samma sätt har Trafikförvaltningen ett intresse av kommunerna eller väghållare för kollektivtrafikens framkomlighet (Trafikförvaltningen, 2019 L). Utredningen (Trafikförvaltningen, 2019 C) konstaterar att avsaknad av en gemensam målbild för elektrifiering som delas av trafikförvaltning och kommuner kan försvåra elektrifiering av busstrafiken i regionen.

Sett utifrån Stockholm Stads perspektiv, menar en representant för Trafikkontoret (2019) att deras ansvar för gatorna i Stockholm medför att de måste till bidra till busskollektivtrafikens förutsättningar. I stort påverkar Trafikkontoret och Trafikförvaltningens arbete varandra. När man bygger nytt kan bussens förutsättningar gällande framkomlighet och elektrifiering komma att bli allt viktigare.

Trafikkontoret (2019) påpekar också vid intervju att det är Trafikförvaltningens ansvar att lyfta vilka behov och långsiktiga utmaningar de har. Därtill säger representant för Trafikkontoret att om Trafikförvaltningen exempelvis vill elektrifiera stombussarna i Stockholm, eller bygga ut för tilläggs-laddning, kommer ett större projekt och mer samordning krävas, eftersom detta i större utsträckning påverkar stadsbilden och gatorna (Stockholms stad Trafikkontoret, 2019).

Trafikförvaltningens representant (2019 G) menar att kommuner i regionen ibland har varit drivande för införandet av elbussar, och nämner att kommuner som Norrtälje, Södertälje, Järfälla och Sigtuna/Märsta varit intresserade och lyft detta mot Trafikförvaltningen. Exempelvis uppfattade Trafikförvaltningen redan under föregående avtalsperiod att Sigtuna/Märsta var intresserade av elbussar. Slutligen ansåg dock Trafikförvaltningen att det var bättre att införa elbussar i det nya avtalet som snart skulle upphandlas, varför elbussar introducerades nu i somras (Trafikförvaltningen, 2019 D).

Behovet av samverkan kring elektrifiering av bussflottan påverkas av kommunernas trafikförutsättningar, där kommunernas behov av klass II bussar, avgör om Trafikförvaltningen anser att det finns anledning att föra mer dialog kring elbussar med respektive kommun. Trafikförvaltningen (2019 L) uppger vid intervju att de på avdelningen för strategisk utveckling, som arbetar mycket mot kommunerna, lyft och framfört Trafikförvaltningens utredning på ett generellt och övergripande plan för kommunerna, för

att förankra detta. Inför kommande upphandlingar har de även sagt att kommunerna får lyfta om de skulle ha ett ökat intresse för elektrifiering av busskollektivtrafiken i respektive område (Trafikförvaltningen, 2019 L).

B.1.4.4. Socio teknisk omställning och lärdomar

Trafikförvaltningen (2019 D) uppger att de efter sin utredning har samlat mycket kunskap, men att det nu även finns en utmaning i att säkerställa att den tas tillvara på. Rörande omställningen till en ny teknik, menar Trafikförvaltningen (2019 E) att de lärt sig ifrån förra omställningen till biodrivmedel, att det kan vara klokt att göra en successiv omställning och att inte låsa sig till endast en teknik, varför de även bland annat valt att inte ersätta all konventionell trafik med bara elbussar.

Trafikförvaltningens representant (2019 E) uppger att tidig övergång till förnybara drivmedel dels inneburit att de satsat på lösningar som idag kanske inte är det mest optimala, dels att de gjort investeringar som riskerar att inte användas under hela den tid som var planerad. Detta rör exempelvis investeringar för biogas i depåer (Trafikförvaltningen, 2019 E). Därtill menar Trafikförvaltningen (2019 D) att en utmaning finns i att den miljömässiga vinsten inte blir lika stor som om de hade övergått från fossil diesel till elbussar, jämfört med att som nu är aktuellt gå från biodrivmedel till elbussar, vilket även påverkar förutsättningar och incitamentet för satsningen på elbussar.

De två pilotprojekt som Trafikförvaltningen genomfört med elbussar har gett lärdomar. Bland annat var det för pilotprojekten en utmaning att administrera finansiering från EU vilket krävde stora resurser och kompetens vilken var ny för organisationen. Processerna i projekten kunde även ses ta längre tid än väntat. Tillståndprocessen för bygglov tog längre tid än vad de hade trott, och det blev även förseningar gällande leverans av fordon eftersom dessa inte serietillverkades utan var prototyper eller förseriefordon (Trafikförvaltningen, 2019 E).

Representant för Trafikförvaltningen menar (2019 E) även att en framgångsfaktor gällande elektrifiering av busskollektivtrafiken, är själva beslutet om satsningens genomförande. Detta har underlättat att införa planer med anknytning till elbussar både vid initieringen av utvecklingsprojektet, och även för nödvändiga utökningar av olika byggprojekt som Trafikförvaltningen har (Trafikförvaltningen, 2019 E).

B.1.5. Digitalisering

I detta avsnitt kartläggs Trafikförvaltningens synsätt och arbete med digitalisering. Sambandet mellan digitalisering och elektrifieringen enligt Trafikförvaltningen identifieras samt inställningen till en mer självkörande busstrafik.

B.1.5.1. IT-standard, ITxPT

I en intervju med Trafikförvaltningen (2019 O) förklarar de att de arbetar succesivt med att införa ITxPT-standard. Däremot är Trafikförvaltningen inte Strategic Member utan

endast Associated Member i organisationen i dagsläget. Trafikförvaltningen planerar dock att bli Strategic Member, då de nu inte har möjlighet att påverka standardens utformning.

I arbetet med att utveckla digitaliseringen berättar representanten från Trafikförvaltningen att de vill fortsätta med att införa ITxPT. Utöver det så innebär digitaliseringen många möjligheter förklarar Trafikförvaltningen (2019 O). Enligt en annan representant från Trafikförvaltningen (2019 P) används ITxPT-standarderna för att kravställa så att bussarna levererar realtidsinformation. Det innebär större kontroll för Trafikförvaltningen som beställare, samt genererar möjligheter till uppföljning och tjänster. Vidare försöker man genom ITxPT-standarderna åstadkomma en ändamålsenlig ansvarsfördelning mellan olika aktörer med avseende på funktion och utrustning (Trafikförvaltningen, 2019 P).

B.1.5.2. Digital plattform och digitala verktyg

Trafikförvaltningen (2019 O) förklarar i intervjun att bussarna är uppkopplade till både Trafikförvaltningens och bussoperatörernas kommunikationsplattform, där de digitala funktioner inte skiljs åt baserat på vilket sorts drivmedel bussen har. Istället är implementeringen av digitala funktioner snarare sammanlänkat med hur ny bussen är och det införs nya krav vid upphandling av avtalsområden med tiden. Vidare (2019 P) förklarar man att fällande elbussar är laddningsinformation sådan information som Trafikförvaltningen kommer vilja ha på liknande sätt som realtidsinformation om positioner, hastighet och passageraräkning etc.

Trafikförvaltningen (2019 O) förklarar vidare att laddarna till elbussarna är uppkopplade till bussoperatörernas system och att operatörerna redovisar energianvändningen till Trafikförvaltningen. I de fall där användningen av tilläggladdning sker krävs ytterligare system, men i dagsläget har Trafikförvaltningen valt att fokusera på depåladdning. Trafikförvaltningen planerar inte för att införa några nya digitala system i samband med att bussflottan elektrifieras (Trafikförvaltningen, 2019 O).

Trafikförvaltningens representant (2019 P) beskriver att de lyfter över en del ansvar för utrustning i bussarna till bussoperatörerna men där Trafikförvaltningen då ställer krav enligt ITxPT-standarderna. Det innebär att bussarna ska kunna utbyta information enligt ITxPT-standarderna. Trafikförvaltningen (2019 P) beskriver även att standarderna ger dem möjlighet att inneha egna digitala applikationer som då kan köras på bussoperatörens utrustning ombord via så kallad virtualisering.

Trafikförvaltningen (2019 P) förklarar att det är viktigt som beställare och ägare av varumärket att bland annat ha kontroll över kommunikationen till kunden för att kunna förbättra kundrelationen. Som ett exempel beskrivs att trafikinformationsapplikationen ombord på bussarna kommer ägas av Trafikförvaltningen men nyttja bussoperatörens skärmar och högtalare.

I intervjun med Trafikförvaltningen (2019 O) förklaras det att bussoperatörerna ansvarar för inköp av drivmedel, inklusive elektricitet. Som nämns i avsnitt B.1.3.3 Ansvarsfördelning och affärsmodeller, är det däremot Trafikförvaltningens ansvar att säkerställa att det finns nödvändig elkraft till avlämningspunkt på bussdepån. Vid byggnation och ombyggnation av bussterminaler och bussdepåer förbereds elektrifierad busstrafik genom kanalisation för utrustning som krävs för elektrifierade bussar.

B.1.5.3. Självkörande bussar

Anledningen till att de självkörande bussarna i nuläget drivs på el är att de fordon som lanserats på marknaden är små bussar med eldrift, förklarar en annan representant för Trafikförvaltningen (2019 Q). Vidare att självkörande bussar troligtvis kommer fortsätta utvecklas till att vara eldrivna eftersom det generellt ger en enklare konstruktion (Trafikförvaltningen, 2019 Q).

Representanten för Trafikförvaltningen (2019 Q) menar att han tror på elektrifieringen och att batterier kommer utvecklas och bli mer effektiva men även bränslecellsteknik utvecklas och kan användas till eldrift. Det skulle kunna möjliggöra att all trafik kan ersättas till att vara elektrifierad i framtiden.

Vid intervju framkommer vidare att en automatisering förenklas i elektrifierade fordonen då konstruktionen är enklare och färre uppgifter behöver kontrolleras (Trafikförvaltningen, 2019 Q). Däremot finns det en begränsning när elbussar med batteri ska köra långa sträckor förklarar representanten från Trafikförvaltningen (2019 Q). Bussen kommer behöva stanna och ladda, vilket innebär längre restid eller byte av fordon. Trafikförvaltningen (2019 Q) menar att i en sådan situation hade även en självkörande teknik på bussar med andra energikällor än batterier varit intressant.

Trafikförvaltningen (2019 Q) förklarar i intervjun att busstrafiken troligtvis kommer kunna bytas fullt ut mot en självkörande busstrafik. Utifrån de fordon som finns på marknaden nu skulle bussar som opererar lokalt i mindre områden och som innefattar ett lägre antal resenärer samt med mindre mängd annan trafik kunna ersättas. Det bedöms vara denna teknik för självkörande fordon som kommer att stabiliseras först, men också för att det är i detta segment som den relativa kostnaden att köra med en förare är störst (Trafikförvaltningen, 2019 Q).

Trafikförvaltningen (2019 Q) förklarar att Trafikförvaltningen inte har någon långsiktig målbild för självkörande bussar utifrån att det är för mycket oklart när det gäller teknik, kostnad och regelverk. Representanten (2019 Q) för Trafikförvaltningen förklarar att i dagsläget är Trafikförvaltningen med i olika projekt för att lära sig och se till att aktörer som utvecklar tekniken får möjlighet att testa den i verkliga miljöer.

Bilaga 2: Utförlig beskrivning av Skånetrafiken

Detta kapitel beskriver den satsning på elbussar som sker i Region Skåne. Kapitlet baseras främst på intervjuer med Skånetrafiken och publicerat material. Kapitlet inleds med en bakgrund till regionen och Skånetrafiken, därefter följer ett antal avsnitt med rubriker utifrån studiens fyra perspektiv.

B.2.1. Inledning

Skånetrafiken är Sveriges tredje största kollektivtrafikmyndighet, sett till antalet resor (Trafikanalys, 2019). Varje dag, reser 250 000 människor med någon av Skånetrafikens fordon. Skånetrafiken har kört trådbussar i Landskrona sedan 2003. Därefter stod Ängelholm på tur med den första helt batteridrivna elbussen i Skåne. I januari 2019 blev Landskrona första stad i Skåne att få en fullt eldriven stadsbussflotta. I Malmö och Helsingborg finns det ändhållplatsladdade elbussar och både Ystad och Trelleborg kommer få, elbussar under hösten 2019 (Skånetrafiken, 2019 C).

B.2.1.1. Bakgrund

Skånetrafiken är namnet på förvaltningen inom Region Skåne som tillsammans med kollektivtrafiknämnden ansvarar för kollektivtrafiken. De beslut som fattas inom kollektivtrafik utgår ifrån trafikförsörjningsprogrammet som är en grundläggande komponent vid upphandlingar av bussoperatör inom affärsområdena tåg, buss och serviceresor, och hållbarhet (Skånetrafiken, u.d A).

År 2018 genomförde 168,8 miljoner människor en resa med något av Skånetrafikens trafik, vilket placerar Skåne på en tredje plats över flest resor i Sverige efter Västra Götalands län och Stockholms län (Trafikanalys, 2019).

Skånetrafiken hade i slutet av 2018 huvudsakligen fyra bussoperatörer fördelat på 26 trafikområden och totalt 1058 bussar. Samtliga avtal kommer att avslutas någon gång under perioden 2020-2024. Under 2019 kommer områdena Österlen, Ven, Simrishamn och Helsingborg Stad att upphandlas (Region Skåne, 2018 A).

Sett till Skånes kollektivtrafik sker tvåtredjedelar av resorna med buss och majoriteten av resorna med buss sker i stadstrafik, vilket motsvarar över hälften av alla resor med kollektivtrafiken inom regionen (Skånetrafiken, 2017 A). Antal resor inom Region Skåne har ökat kontinuerligt under åren. Fram till 2025 väntas befolkningen öka med 12 % i tillväxtmotorerna Lund, Helsingborg och Malmö, där också den största kapacitetsbristen inom kollektivtrafik finns, framförallt i Malmö (Region Skåne, 2018 B). Med kapacitetsbrist avses att efterfrågan på resor inom kollektivtrafik som större än utbudet av kollektivtrafik.

B.2.1.2. Drivkrafter och målsättningar

Skånetrafiken fick i december 2018 en helt fossilfri bussflotta och lyckades halvera sina koldioxidutsläpp från 2014. Skånetrafiken har som mål att 2025 ska utsläppen från allmän kollektivtrafik minska med 20 % (Skånetrafiken, 2019 A). Energiförbrukningen per kilometer ska minska från 2018:s nivåer på 0,20 kWh/pkm till 0,18 kWh/pkm fram till 2024 och från och med 2025 ska energiförbrukningen vara 0,15 kWh/pkm. Allmän

kollektivtrafik innefattar tåg- och busstrafik som svarar för Skånetrafiken. En viktig första åtgärd i dessa mål är omställning till förnybar eldrift i stadsbusstrafik (Skånetrafiken, 2018). Skånetrafiken har en framtidsbild om att stadsbusstrafiken ska vara helelektrisk och regionsbusstrafiken ska drivas med en kombination av biogas-, hybrid-, el- och vätgasbussar (Skånetrafiken, 2019 A). Skånetrafiken har beslutat om att elektriciteten ska vara producerad av förnyelsebara källor märkt med Bra miljöval (Skånetrafiken, 2018). I Malmö finns det ett mål om att stadstrafiken ska vara elektrifierad 2031 (Skånetrafiken, 2019 D).

Viktiga drivkrafter för övergången till elbussar är ren luft, minimerat buller, trafikering i buller och avgaskänsliga områden. En annan viktig drivkraft är även möjligheten för trafik nära sjukhus, entréer och köpcentrum (Skånetrafiken, 2019 D).

B.2.1.3. Pilotprojekt och tidigare satsningar

Planerna på att elektrifiera stadsbusstrafiken i Malmö började redan 2015 med en rapport om möjliga teknikval. Linje 7 och 3 identifierades som möjliga linjer för eldrift. Ett genomförandeavtal skrevs under 2017 men på grund av ekonomiska begränsningar kunde endast linje 7 elektrifieras (Skånetrafiken, 2019 E). Från och med december 2018 är linje 7 i Malmö i drift med helelektriska 12-meters bussar med ändhållplatsladdning (Skånetrafiken, 2018). I Helsingborg driftsattes under 2019 en 12 km lång ny busslinje under namnet Helsingborgsexpressen. Bussarna är 24 meter långa och tillämpar ändhållplatsladdning med egenskaper av Bus Rapid Transit (Helsingborgs stad, 2018).

Bus Rapid Transit, BRT, är ett samlingsnamn på ett bussystem inom kollektivtrafik som är utformat för att förbättra kapaciteten och pålitligheten jämfört med ett konventionellt bussystem. BRT har egenskaper som hög turtäthet, synbarhet, prioriterade hållplatser, prioritet i korsningar, samspel med anslutningsvägar, ostörd färd mellan korsningarna och jämn körbana (X2AB, 2015). I Landskrona finns Sveriges enda trådbuss, som togs i drift 2003 och från och med januari 2019 kommer resten av bussflottan att vara helelektrisk med depåladdning (Landskrona stad, 2019). Ängelholm har totalt åtta stadsbussar i trafik varav fem är helelektriska med depåladdning (Skånetrafiken, 2018).

B.2.1.4. Pågående och kommande satsningar

Under 2019 kommer Trelleborg och Ystad få helelektriska elbussar. Ystad kommer få fem elbussar med trafikstart från augusti 2019 och Trelleborg får tio elbussar med trafikstart december 2019 (Skånetrafiken, 2019 A). I Lund har diskussioner om att införa elbussar pågått under tre år men då avtalet går ut först 2023 kommer det dröja ytterligare några år innan det blir verklighet (Skånetrafiken, 2019 D).

I Malmö upphandlas just nu minst 20 elbussar i ett treårigt avtal inom trafikområde Malmö central där depåladdning kommer tillämpas. De ska vara ledbussar och inte dedikerad till någon linje. Avsikten är att använda dessa elbussar på de fordonsomlopp, som bara kör under morgonens och eftermiddagens högtrafikperioder. Detta möjliggör att bussarna kan laddas på depån under dagen efter att de kommer tillbaka från utfört uppdrag på linjen (Skånetrafiken, 2019 E). Det har också beslutats om att elektrifiera linje 8 år 2021 med tilläggs-laddning inom befintligt avtal för trafikområde Malmö Södervärn (Skånetrafiken,

2019 D). Det planeras för en elektrifiering av linje 2 som kommer vara klar för trafik år 2027. Linje 4 och 5 kommer att elektrifieras vid start av nytt avtal år 2024-25 och planen är att tillämpa tilläggsaddning. Samtliga busslinjer som tillämpar eldrift använder endast depåaddning förutom Linje 7 i Malmö och Helsingborgsexpressen som båda tillämpar tilläggsaddning vid ändhållplatsen (Skånetrafiken, 2019 G).

B.2.2. Teknik

I detta kapitel beskrivs vilka laddtekniker som Skånetrafiken har implementerat och föredrar för elbussar. Skånetrafikens syn på energiförbrukning, batterier och kapacitetsbristen på elnätet presenteras också.

B.2.2.1. Elbussteknik och laddinfrastruktur

Vilken elbussteknik som ska användas beror enligt Skånetrafiken (2019 D) på förutsättningarna. Skånetrafiken har till största del fokuserat på Malmö och Helsingborg då dessa städer i dagsläget har en stor kapacitetsbrist inom kollektivtrafiken i kombination med ökad befolkningstillväxt och hög turtäthet (Skånetrafiken, 2019 D). Det är framförallt fokus på valet mellan depåaddning jämfört med tilläggsaddning men Skånetrafiken (2019 D) uppger att elvägar kan vara intressant i framtiden.

Depåaddning jämfört med tilläggsaddning

Vid upphandling utvärderas lämplig teknik utifrån trafikområdets förutsättningar. Skånetrafiken uppger (2019 D) att bussoperatören föredrar depåaddning, men påpekar att depåaddade bussar har större batterier, vilket ger större miljöpåverkan.

Skånetrafiken (2019 E) menar på att ett införande av elbussar i mindre städer inte medför större problem och att endast depåaddning är tillräcklig i städer som kännetecknas av låg turtäthet, liten bussflotta och korta linjestäckor. Under dagen är behovet av resor mindre, vilket ger en möjlighet att återvända till depån. Bussarna slutar också köra tillräckligt tidigt på kvällen, vilket ger möjlighet för att laddas under natten.

Dessa egenskaper resulterar, enligt Skånetrafiken (2019 E), i att bussflottan inte behöver utökas för att klara av de behov av resor som råder i mindre städer. Exempel på dessa städer är Landskrona, Ystad, Trelleborg och Ängelholm som kommer utrustas med eller är utrustade med depåaddning (Skånetrafiken, 2019 A). Skånetrafiken (2019 G) menar att en utökning av bussflottan, som kan krävas vid övergång till eldrift är kostnadskrävande, vilket Skånetrafiken (2019 B) försöker undvika om inte förutsättningarna ändras. De förutsättningar som kan förändras är framförallt att behovet av resor ökar. Skånetrafiken har också haft en nära kontakt med Chalmers som har förutspått depåaddning på sikt kan bli den dominerade tekniken (Skånetrafiken, 2019 D).

Det planeras att införa tilläggsaddning på Linjer med högfrekvent resande som kräver stora fordon och som har hög turtäthet. Med sådana linjer i Skåne avses tio stadsbusslinjer i Malmö samt tre i Helsingborg. Dessa linjer har egenskaperna av hög turtäthet, långa linjedragningar, en hög nyttjandegrad av bussflottan under dygnet, samt att antal resenärer har ökat och kommer att öka (Skånetrafiken, 2019 E). Skånetrafiken (2019 D) påpekar att tilläggsaddning ökar räckvidden. Därmed behöver inte bussarna åka inom depån för laddning och möjligheterna ökar (Skånetrafiken, 2019 E). Möjligheterna består bland annat

av att tidtabeller, bussflottor och linjedragningar inte nödvändigtvis behöver justeras nämnvärt.

Skånetrafiken (2019 D) uppger att det råder en optimism på marknaden om batteriernas fortsatta utveckling och utökade kapacitet. Skånetrafiken har en nära kontakt med en expert på Chalmers universitet som också bedömer att det finns en stor potential för utökad kapacitet inom batterier. Skånetrafiken (2019 D) menar på att det finns signaler om att eldriften utvecklas mot depåladdning i takt med att batterierna blir större och effektivare. Depåladdning innebär också en större frihet i trafiken men en begränsad räckvidd (Skånetrafiken, 2019 D).

Malmö

Skånetrafiken har sedan 2015 gjort utredningar (2019 G) med syftet att elektrifiera hela busstrafiken i Malmö. Resultaten har pekat på att det skulle krävas betydligt fler fordon vid endast helelektrisk depåladdning för att klara av räckvidden med rådandeförutsättningar på batterikapacitet. Utredningarna (2019 G) har istället rekommenderat en kombination av el- och biogasbussar för linjer vars sträckning kommer att förändras i framtiden. Där linjesträckning inte förändras är tilläggs-laddning och depåladdning ett alternativ. Där linjesträckning förändras är det inte meningsfullt att bygga tilläggs-laddning i gatumiljön och därför är depåladdning ett bättre alternativ om bussen klarar den räckvidden som behövs (Skånetrafiken, 2019 D).

Ett annat alternativ som analyserades var att använda tilläggs-laddning, vid exempelvis ändhållplatserna, som en övergångsteknik till batterierna blir mer kapacitetsstarka (Skånetrafiken, 2019 D). Skånetrafiken (2019 G) menar dock på att förutsättningar för respektive linje skiljer sig åt och det kommer behövas en fördjupad tidtabell- och omloppsanalys och eventuell anpassning av linjenät och depåplacering. Om tilläggs-laddning ska tillämpas på nuvarande linjer med dagens laddteknik krävs det eventuellt förändringar av omloppsplanen, extra antal fordon och ytterligare laddstationer utöver de vid ändhållplatserna (Skånetrafiken, 2019 F).

Linje 7, i sin nuvarande sträckning hade den mest fördelaktiga förutsättningen, och blev därmed elektrifierad med tilläggs-laddning vid ändhållplatsen. Enligt Malmö Stad (2018) valdes linje 7, eftersom att det inte planeras att flytta ändhållplatserna inom de närmaste åren. Dessutom var det ett lämpligt val utifrån ett växande resande på linjen och längden på fordonen (Malmö Stad, 2018). Den nuvarande bussoperatören i Malmö har också undersökt möjligheterna att elektrifiera linje 8 utan att öka antalet fordon, dock med justeringar i tidtabeller. Skulle detta bli verklighet är det en betydande framgång för Skånetrafiken, menar Skånetrafiken (2019 D) själva.

Helsingborg

I Helsingborg undersöktes redan 2016 möjliga teknikval för att elektrifiera linje 1 (Helsingborgs stad, 2018). De tekniker som undersöktes var depåladdning, tilläggs-laddning och Slide-in. Även här blev slutsatsen att tilläggs-laddning vid ändhållplatsen skulle tillämpas och linje 1 bytte namn till Helsingborgsexpressen. Valet av tilläggs-laddning grundades i att Skånetrafiken bedömde att depåladdning på grund av

räckviddsbegränsningar inte skulle klara omloppen (Skånetrafiken, 2019 D). Enligt Skånetrafikens utredning (2017 B) bedömdes Slide-in som en möjlighet med likartad omloppstid som gasbuss och antal bussar skulle också bli oförändrad. Dock bedömdes Slide-in-tekniken som mindre flexibel än depå- och tilläggsaddning och kostnaden för tekniken var inte ekonomiskt hållbart med dåvarande förutsättningar (Skånetrafiken, 2017 B).

Landskrona

Sedan januari 2019 körs samtliga elbussar med elektrisk drift i Landskrona varav fyra bussar är trådbuss och en är Slide-in (Skånetrafiken, 2019 D). Det har gjorts utredningar om att tillämpa Slide-in med tanke på den existerande trådbussen. Samtliga bussar skulle då behöva köra inom trådbussens linjenät och ladda under en period och därefter fortsätta i respektive riktning. Skånetrafiken (2019 E) menar att det endast behövs en liten utbyggnad av tråden för att detta ska bli verklighet. Dock avvaktar man med detta i nuläget, då det finns delade åsikter kring trådnätets nytta i förhållande till hur det estetiskt sett påverkar stadsbilden (Skånetrafiken, 2019 D).

B.2.2.2. Energiförbrukning och batterier

Representant från Skånetrafiken (2019 D) lyfter fram att batteriernas kapacitet och räckvidd är en av de största utmaningarna med elbussar. Särskilt under kalla väderförhållanden finns det risk för minskad räckvidd, något som inträffade under vintern 2019 i Ängelholm. Bussarnas räckvidd minskade från 200 km till 160 km. I detta fall var det tekniska problem med batterierna som orsakade räckviddsbegränsningen, vilket kunde hanterat genom att sätta in tillfälliga gasbussar.

Eftersom energiförbrukningen ökar vid kalla väderförhållanden och leder till minskad batterikapacitet, tillåter Skånetrafiken tilläggsvärmare som ska värma bussen utan att batterikapaciteten påverkas. På detta sätt hoppas också Skånetrafiken bli oberoende av extra gasbussar. Skånetrafiken planerar även i framtiden att införa en buffert, där det ska ingå ett krav om att minst 40 % av kapaciteten i ett batteri ska vara kvar vid dagens slut. På så sätt hoppas Skånetrafiken att det ska finnas tillräckligt med batterikapacitet kvar som buffert vid oväntade händelser som exempelvis kalla väderförhållanden, olyckor, trafikstockningar etc. (Skånetrafiken, 2019 D).

För att få en bättre uppfattning om batteriets livscykel, inledde Skånetrafiken under 2018 tillsammans med LTH, IVL, Rädda Barnen och Volvo ett batteriprojekt. Genom projektet hoppas Skånetrafiken kunna specificera sina batterikrav vid kommande upphandlingar med avseende på batteriernas negativa påverkan på människor och miljö utifrån ett livscykelperspektiv (Skånetrafiken, 2018). Batteritillverkningens klimatpåverkan konsumeras av de CO₂utsläppsminskningar som elbussen åstadkommer i användningsfasen, även om fossil energi används i tillverkningsprocessen. Eftersom Skånetrafikens bussar är i trafik under mycket längre tid jämfört med exempelvis en bil. Dock efterfrågar Skånetrafiken en miljöanpassad och hållbar batteritillverkning som gör elbussens CO₂-prestanda betydligt bättre i framtiden (Skånetrafiken, 2019 D).

B.2.2.3. Elnätet och kapacitet

Skånes elnät är uppdelat mellan E.ON och Öresundskraft där E.ON är ansvariga för bland annat Malmös lokalnät. Under 2018 blev Skånetrafiken informerade om att Malmös lokalnät har en kommande kapacitetsbrist. Skånetrafiken (2019 D) uppger att E: on slog

larm och under 2018 har det hållits återkommande samtal för att säkerställa att elnätet kan tillgodose Malmös nuvarande och framtida behov. Skånetrafiken har av energibolagen fått informationen att kapacitetsbristen kan vara löst 2027. Skånetrafiken utreder potentialen för egenproduktion av förnybar energi i samband med depåverksamhet för att delvis eller helt kunna försörja en framtida elbussflotta och depåer (Skånetrafiken, 2019 D).

B.2.3. Organisering och finansiering

B.2.3.1. Inledande samtal och upphandlingsprocess

Skånetrafiken strävar efter att elektrifiera hela bussflottan och har det som utgångspunkt vid diskussionerna med kommuner. I samverkan med kommunen föreslår Skånetrafiken ett drivmedel i ett trafikavtal som därefter presenteras inför kommande upphandlingar. Drivmedel kan innebära förnybar el, biogas eller biodiesel. Skånetrafiken förbjuder palmolja och palmoljerester som råvara för biodiesel i sina trafikavtal. Skånetrafiken (2019 D) påpekar att kollektivtrafik är ett gemensamt projekt som inbegriper många parter. Har kommunen en annan inställning, måste Skånetrafiken förhålla sig till det men samtidigt utgå från sitt Miljö- och hållbarhetsprogram vid upphandling av avtal för nya drivmedel och busskoncept (Skånetrafiken, 2019 D).

Miljö- och hållbarhetsprogrammet är Skånetrafikens styrdokument och innehåller tre fokusområden utifrån tre perspektiv; klimatperspektivet, hälsoperspektivet och ett socialt perspektiv. Det innehåller mål för att minska vår trafiks klimat- och hälsopåverkan samt dess sociala påverkan. I miljö- och hållbarhetsprogrammet prioriteras förnybar elbussdrift. Miljö- och hållbarhetsprogrammet är Skånetrafikens styrdokument när det gäller elektrifieringen av busstrafiken (Skånetrafiken, 2019 A).

B.2.3.2. Upphandling

Skånetrafiken ställer konkreta krav på exempelvis drivmedel och miljöprestanda istället för funktionskrav. Det kan till exempel vara ett visst förnybart drivmedel eller förnybar energi som förnybart elektricitet eller förnybar biogas. Skånetrafiken (2019 H) uppger att upphandlingsprocessen på elbussar inte skiljer sig från tidigare upphandlingar med gas- och dieselbussar, förutom att eventuell laddinfrastruktur ska avtalas med bussoperatören. Skånetrafiken utgår alltid från att lägsta anbudspris vinner kontraktet (Skånetrafiken, 2019 D).

På Skånetrafiken kan ett trafikavtal slutas inom befintligt avtal, ett så kallat tilläggsavtal. Det kan göras när Skånetrafiken behöver reglera förändringar inom befintligt avtal. (Skånetrafiken, 2019 D). Det innebär att nuvarande trafikavtal endast får ett tillägg i form av exempelvis elbussar. I både Ängelholm och Malmö har elbussarna tillkommit på detta vis. I det nuvarande kontraktet i Malmö förhandlas det just nu om ett tillägg på att operatören ska tillhandhålla 15 elbussar på nästa expresslinje (Skånetrafiken, 2019 E).

Trafikområde Malmö central är under upphandling med en avtalstid på tre år, med syftet att synka med upphandling av Trafikområde Malmö Södervärn som avslutas 2024. Genom

detta hoppas Skånetrafiken att implementeringen av elbussar kommer underlättas genom gemensamma ladd-och depålösningar (Skånetrafiken, 2019 D).

B.2.3.3. Bidrag

I Malmö har kommunen sökt finansiella medel för laddinfrastrukturen i gatumiljön via Stadsmiljöavtal. Laddinfrastrukturen i depån samt fordon upphandlar Skånetrafiken i samband med trafiken och ansöker om statliga medel. Samtliga elbussar som är i drift och beslutade elbussar i Skåne har finansierats med hjälp av Elbusspremien. Elbusspremien söks av Skånetrafiken som sedan utbetalas till bussoperatören (Skånetrafiken, 2019 D; Skånetrafiken, 2019 E).

I Helsingborg ansvarar kommunen för kostnader för Stadens delåtgärder genom avtal med och medfinansiering från Sverigeförhandlingens storstadssatsning. Delåtgärder har bland annat varit att anpassa infrastrukturen till ett BRT-system. Vissa av Skånetrafikens delåtgärder har medfinansieras av medel från Sverigeförhandlingens storstadssatsning (Region Skåne, 2016).

B.2.3.4. Ägandefrågan och ansvarsfördelning

Ansvarsfördelning för elbussar på Skånetrafiken varierar. Region Skåne genom regionfastigheter har som mål att äga vissa strategiska depåer som i Malmö och Lund (Skånetrafiken, 2019 D; Skånetrafiken, 2019 C). Motivet till detta är att Region Skåne vill reducera kostnaderna och skapa konkurrensneutralitet mellan anbudsgivare samt att säkra centrala lägen för att undvika tomkörning. Tomkörningen är också speciellt viktig i samband med införandet av elbussar och depåladdning (Skånetrafiken, 2019 D).

Skånetrafiken har också som mål att operatören ska ta ansvar för drift och underhåll av depåer och laddinfrastruktur. De flesta bussdepåer ägs för tillfället av operatören och ibland via ett leasingavtal med kommunen, men det kan också variera från olika avtal (Skånetrafiken, 2019 H). Region Skåne är tillsammans med kommun och operatör delägare i två depåer för att underlätta för etablering av biogasproduktion och skapa ett lokalt kretslopp från produktionsanläggning till depåerna (Skånetrafiken, 2019 D).

Nedan redovisas hur ägandeskapet och ansvarsfördelningen ser ut i Malmö, Helsingborg, Landskrona och Ystad.

Malmö

När det beslutades att Malmö skulle införa ändhållplatsladdning blev det också en diskussion om vem som skulle äga och förvalta laddinfrastrukturen. Skånetrafiken förde diskussioner med operatören om att skulle äga och förvalta laddinfrastrukturen men Malmö Stad ville själva ta hand om frågan. Ett av motiven var att laddinfrastrukturen skulle etableras på kommunens mark och det underlättade om kommunen sökte bygglov (Skånetrafiken, 2019 E).

Skånetrafiken och kommunen kom överens om att kommunen ska äga laddstolpar samt införskaffa nödvändiga tillstånd och underlag. Kommunen ansvarar också för drift och underhåll av laddstolparna där det ingår elansvar (Region Skåne, 2017 A). Elansvar innebär ett ansvar för elsäkerheten vilket åligger anläggningsägaren. Avtal med nätägaren och

inkopplingsavgift ansvar trafikföretaget för. Skånetrafiken ersätter sedan trafikföretaget för dessa kostnader tillsammans med ersättningen för trafikutförandet (Skånetrafiken, 2019 E).

Kommunen tar också ansvar för uppsättning av laddstolpar på ändhållplatserna inklusive ledningsarbete och markarbete. Skånetrafiken i sin tur ansvarar för att genom upphandling införskaffa eldrivna bussar samt täcka kostnader för att starta och driva ändhållplatsladdad el-busstrafik. Skånetrafiken genom den upphandlade bussoperatören ansvarar för drift och underhåll av fordonen samt laddutrustning till depån (Skånetrafiken, 2019 D).

Helsingborg

I Helsingborg är det beslutat att bussoperatören ska ansvara för att anskaffa och driva laddutrustning för ändhållplatsladdningen. Skånetrafiken tillsammans med kommunen ansvarar för val laddplacering i gatumiljö, i detta fall vid ändhållplatserna (Region Skåne, 2016). Operatören i Helsingborg har, enligt Skånetrafiken (2019 E) valt att leasa laddinfrastrukturen och tar på så sätt huvudansvaret.

Landskrona

Sedan januari 2019 körs samtliga elbussar med elektrisk drift i Landskrona varav fyra bussar är trådbuss och en är Slide-in. Kommunen tar ansvar för uppsättning av nödvändiga elstationer på depå inklusive bygglov, samt för markarbete för eltillförsel fram till laddplatser för depåladdade bussar. Kommunen tar genom sitt energibolag Landskrona Energi AB (LEAB) ägandeskapet av elstationen samt införskaffar nödvändiga tillstånd och underlag. Skånetrafiken ansvarar för busstrafiken som i sin tur lägger ansvaret på upphandlat bussoperatör. Operatören ansvarar för underhåll av bussarna samt äger fordonen, laddstolpar och laddutrustning i depån (Region Skåne, 2017 B).

Ystad

Ystad har också depåladdade bussar och depån leasas av kommunen. Kommunen har här tagit ansvar uppsättning av elanläggning inklusive bygglov, samt för markarbete av eltillförsel fram till de laddstolpar som finns i den nuvarande depån. Bussoperatören tar ansvar för drift och underhåll av elstation och fordon samt tecknar avtal med nätägaren för strömförsörjning. Laddstolparna kommer ägas av kommunen fram till 2021 då bussoperatören tar över ägandeskapet och kostnader (Region Skåne, 2018 C).

B.2.4. Bredare samhällsperspektiv

B.2.4.1. Samhällsplanering, bebyggelsemiljö och infrastruktur

Skånetrafiken strävar efter att prioritera kollektivtrafik i gatu- och trafikmiljö. Det kan finnas en intressekonflikt med kommunen angående vad som ska etableras och prioriteras. Skånetrafiken uppger (2019 D) att det pågår diskussioner om att placera laddstationer på knutpunkter där en stor del av stadsbusstrafiken passerar. Laddstationer placeras på strategiska punkter ut med linjerna. Bussar från flera linjer kan på så sätt samnyttja laddaren och därefter även laddas under längre tid vid ändhållplatsen (Skånetrafiken, 2019 D).

Dagens Trafikplanering baseras på gasdrift och om elbussar ska införas behöver Skånetrafikens trafikplanering anpassas till eldriften förutsättningar. Snabbladdning utmed linjerna kan förkorta laddtiden och avvara tid från laddning vid ändhållplatsen och på så sätt spara tid och pengar.

I Malmö har Skånetrafiken gjort en utredning som visar att det skulle behövas 76 laddstationer för att tillgodose samtliga stadsbusslinjer i Malmö med nuvarande elbussteknik och batterier (Skånetrafiken, 2019 F). Skånetrafiken (2019 D) uppger att kommuner generellt föredrar laddning på depå då laddplatser i gatumiljön tar upp plats och påverkar stadsmiljön.

Som nämnts i avsnitt B.2.1.3, har Helsingborgsexpressen utrustats med BRT-standard och tilläggsaddning på ändhållplatserna. Standarden har bland annat inneburit ombyggnader av gator och hållplatser i Helsingborgsexpressens linjedragning. Det har bland annat varit egna körfält, röd asfalt i busskörfält, rak in- och utkörning vid hållplats, längre hållplatser, väderskyddade hållplatser. 30 000 helsingborgare kommer få max 5 min gångväg till en hållplats där Helsingborgsexpressen stannar. 50 % av sträckan blir egna körfält för Helsingborgsexpressen (Helsingborgs stad, 2018).

B.2.4.2. Samverkan

I samband med introduktionen av elbussar uppger Skånetrafiken (2019 D) att det skapas nya användargränssnitt rörande laddinfrastruktur, batterier och ruttplanering. Linjedragning och tidtabeller kanske behöver förändras vilket resulterar i ett större samarbetsbehov med bussoperatören. Laddinfrastrukturen involverar både elleverantören och busstillverkaren, dessutom är batterier ett helt nytt område för Skånetrafiken som kräver nya samarbeten. Sammantaget påverkas alla områden av varandra vilket påverkar den framtida busstrafiken (Skånetrafiken, 2019 D).

Biogas

Generellt upplever Skånetrafiken att kommuner som har investerat i biogas är mindre positivt inställda till eldrift. Skånetrafiken uppger att de är en av de största konsumenterna av biogas i Sverige och upplever en utbredd skepsis om införandet av elbussar i vissa kommuner (Skånetrafiken, 2019 D; Skånetrafiken, 2019 E).

För tillfället upphandlas Kristianstads stadsbusstrafik och där finns det en intressekonflikt mellan kommun och Skånetrafiken angående införandet av eldriften. . Kristianstads kommun har gjort stora investeringar i biogas under en lång period (Skånetrafiken, 2019 D). Skånetrafiken uppger (2019 E) att det förmodligen kommer bli fortsatt drift med biogasbussar men på sikt kan det bli aktuellt med eldrift om kommunen hittar andra köpare och användningsområden för biogasen.

Vid införandet av Helsingborgsexpressen var det också en intressekonflikt med Helsingborgs stad angående biogasen. Inledningsvis var Helsingborgs kommun mindre positivt inställda till elbussdrift. Sedan enades dock Skånetrafiken och kommunen om att elektrifiera Helsingborgsexpressen och alla framtida linjer som går under benämningen Helsingborgsexpressen. Resten av stadsbusstrafiken upphandlades med biogasdrift (Skånetrafiken, 2019 D). Helsingborgs stad och Skånetrafiken har också beslutat att etablera Helsingborgsexpressen 2 och 3 men det finns ännu inget beslut angående eldriften (Region

Skåne, 2016). Skånetrafiken (2019 E) bedömer dock att det finns en stor sannolikhet för att dessa linjer ska bli elektrifierade.

B.2.5. Digitalisering

I följande avsnitt beskrivs det hur Skånetrafiken arbetar med digitalisering samt vad de anser att elektrifiering resulterar i för krav på digitala funktioner. Skånetrafikens synsätt och planering inför en mer självkörande bussflotta kartläggs också.

B.2.5.1. IT-standard, ITxPT

I en intervju berättar Skånetrafiken (2019 B) varit aktiva i ITxPT-samarbetet för att kunna få ITxPT-standard på sin digitala kommunikationsplattform. Telia levererar plattformen och flera underleverantör levererar olika digitala funktioner. I intervju med Skånetrafiken (2019 B) förklaras det att det finns en svårighet i att få de olika delarna att kommunicera med varandra vilket underlättas genom ITxPT plattformen. Det krävs att informationen ombord på fordonet ska kunna utbytas mellan olika tjänster och leverantörer. Det kan möjliggöras då plattformen är reserverad till användarstandarden.

Representanten för Skånetrafiken (2019 B) berättar att de nu har tagit det steget vidare och i upphandlingar inte upphandlat digitala funktioner separat, utan bussoperatören får följa standarden. Det har varit fördelaktigt förklarar Skånetrafiken (2019 B) i intervjun, då ett leverantörsbyte inte har inneburit någon större skillnad, leverantören har bara kunnat koppla in sin funktion.

B.2.5.2. Digital plattform och digitala verktyg

Skånetrafikens representant (2019 B) berättar att samtliga bussar är uppkopplade och ger information gällande bussarnas status, position, antalet passagerare, antalet mobila enheter som är uppkopplade till wifi, om bussen följer rutten etc. Allting övervakas och det möjliggör att Skånetrafiken kan anpassa olika funktioner. Alla steg innefattande bland annat planering, leverans och trafikinformation till kund försöker Skånetrafiken automatisera.

Skånetrafiken har testat sig fram i sina upphandlingar gällande olika digitala funktioner, till exempel har operatörerna fått ansvar för passagerarräkningen. Representanten för Skånetrafiken (2019 B) förklarar att de även testade att ge operatörerna ansvar för de digitala skärmarna som finns ombord på bussarna. I intervjun framgår det att Skånetrafiken insåg att det fungerade bättre och blev mer kostnadseffektivt då de själva ansvarade för den funktionen.

Problematiken enligt representanten för Skånetrafiken (2019 B) är att data, varje sekund inkommer tusentals parametrar från samtliga bussar, måste kategoriseras för att göras användbar. Skillnaden mellan elbussar och andra bussar är att istället för att förutspå haveri på en faktisk motor övervakas istället drifttiden på batterierna. Skånetrafikens representant (2019 B) berättar också att då de får information om hur vägarna ser ut handlar det om framkomlighet. Data ger information som visar vilka kommuner som behöver åtgärda sina

vägar, bristfälliga vägar kan innebära en skakigare åktur för resenären och det sänker kvaliteten på kollektivtrafiken.

B.2.5.3. Självkörande bussar

Skånetrafiken (2019 I) förklarar i en annan intervju att Skånetrafiken strävar efter att kunna utveckla och förbättra sitt kunderbjudande och kunna minska produktionskostnaden.

Därför tycker de att det är intressant att kombinera digitalisering med annan teknik, exempelvis elektrifiering. Representanten (2019 I) berättar att Skånetrafiken tycker det är intressant med självkörande bussar. Däremot är det av vikt att kunderna sätts i fokus då resenärerna måste känna trygghet under bussfärden betonar Skånetrafikens representant (2019 I). Vidare förklarar representanten (2019 I) att när det handlar om självkörande bussar krävs det en förändring i lagstiftningen och en tydlig målbild med vad syftet är med tekniken.

Bilaga 3: Utförlig beskrivning av Västtrafik

Detta kapitel beskriver den satsning på elbussar som sker i Västra Götalandsregionen. Kapitlet baseras främst på intervjuer med Västtrafik och publicerat material. Kapitlet inleds med en bakgrund till regionen och Västtrafik, följer ett antal avsnitt med rubriker utifrån studiens fyra perspektiv.

B.3.1. Inledning

B.3.1.1. Bakgrund

Västra Götalandsregionen, förkortat VGR, är den regionala kollektivtrafikmyndigheten i Västra Götalands län (Västra Götalandsregionen, 2019 B). Aktören som planerar och upphandlar kollektivtrafiken i regionen heter Västtrafik, vilket styrs övergripande och strategiskt av politiska beslut i regionfullmäktige (Västra Götalandsregionen, 2019 C). Västtrafik planerar och bistår med kollektivtrafik i 49 kommuner med transportslagen buss, spårvagn, regionaltåg, pendeltåg samt färjor. Trafiken upphandlas och totalt fördelas årligen 947 000 resor på 900 linjer. Majoriteten av fordonsflottan ägs inte av Västtrafik, utan av de upphandlade bussoperatörerna. Färjorna är det transportslag som fullständigt ägs av Västtrafik.

VGRs Trafikförsörjningsprogram belyser att en stark trend är elektromobilitet, där större fordon som drivs på el utan spårdrift som innebär möjligheter för stadsutvecklingen, en minimering av buller samt utsläpp av partiklar och växthusgaser (Västra Götalandsregionen, 2016; Västra Götalandsregionen, 2019 D). Vidare uttrycker regionen och Västtrafik ett starkt intresse för en elektrifiering av bussflottan, vilket är tydligt i flera styrande dokument och publikationer, liksom i de genomförda intervjuerna.

Alla inblandade är nyfikna på elbussar; både kunderna som operatörerna (Lekholm, 2019). Även ABB, Göteborg Energi, Sweco, Vattenfall och Volvo skriver i en rapport att en elektrifiering av Göteborgs kollektivtrafik medför ett antal fördelar, som att invånarnas hälsa påverkas positivt samt att biodrivmedel frigörs till andra delar inom transportsektorn (ABB, o.a., 2018). Även Västtrafik (2018 A) skriver att elektrifiering kan möjliggöra för högre nyttjande av biogas och biodrivmedel av andra aktörer inom transportnäringen.

Stadstrafiken i Göteborg är organiserad med stomlinjer som utför snabba och frekventa transporter på de centrala vägarna. Omgivande linjer kopplar sedan in till stomnätet och täcker därför in staden i ett nät av kollektivtrafik (Västra Götalandsregionen, 2018 A). I ett initialt skede är det framförallt stombusslinjerna som är intressanta för en elektrifiering, då det är framförallt dessa fordon som är orsaken till buller och partikelutsläpp i centrum (Västtrafik, 2019 A).

B.3.1.2. Drivkrafter och målsättningar

En representant från Västtrafik (2019 A) menade på att de ser en stor potential för en elektrifiering av bussar i Klass 1 och därför satsar Västtrafik i dagens läge på att elektrifiera

dessas fordon. Anledningen till beslutet är att det är elbussar i Klass 1 som är tekniskt mogna samt att problemen de vill åtgärda framförallt återfinns i tätorter, se mer under 3.1 Teknik. Detta innebär att elbussar framförallt är aktuella för stadstrafiken, men samtidigt är Västtrafik öppna för att se en framtida utveckling även inom regiontrafiken. Eventuellt kommer en elektrifiering av regiontrafiken även ske i kombination med biodrivmedel, både flytande och gas (Västtrafik, 2019 A).

Den övergripande målsättningen för elbussar är att år 2025 ska 30 % av busstrafiken ske via elbussar (Lekholm, 2019; Västtrafik, 2019 A). Målsättningen är politiskt beslutad, och visar på en politisk vilja att elektrifiera. Tidigare var målsättningen att 95 % av det totala trafikarbetet år 2025 ska ske med fossilfria drivmedel. Målsättningen har uppnåtts i förtid, och därför har nya målsättningar formulerats. Det huvudsakliga målet är att minska utsläppen av koldioxid med 90 % till år 2035, och elektrifiering av hela kollektivtrafiken är ett viktigt steg för att uppnå målet. Även ekologisk, social och ekonomisk hållbarhet behöver genomsyra arbetet för att uppnå de satta målsättningarna (Västra Götalandsregionen, 2018 B).

En representant från Västtrafik (2019 A) uppgav under intervju att det finns flera drivkrafter till beslutet att elektrifiera bussflottan. Först, miljö kvalitetsnormerna för partikelutsläpp, PM_{2,5} och PM₁₀, uppnås inte i delar av Göteborg vilket stoppar stadsutvecklingen. Elbussar är därmed en åtgärd för att motverka lokala partikelutsläpp och Västtrafik har satt upp en målsättning gällande detta (Västtrafik, 2018 A).

Sedan, dagens bussar med förbränningsmotorer skapar höga ljud som i kombination med stadsbebyggelsens utformning och material ger upphov till buller och vibrationer (Västtrafik, 2019 A). Representanten från Västtrafik (2019 A) uppger vidare att de har mottagit klagomål på buller från deras fordon och det är mer ekonomiskt att motverka buller genom att reducera vid källan, det vill säga fordonet. Det är kostsamt samt svårt att implementera åtgärder för att minimera buller från stadens sida, då detta involverar byte av fasader och fönster samt implementering av bullerskydd. Vidare finns det flera kulturmärkta byggnader inom region, vilket försvårar insatser på fastigheterna för att reducera buller (Västtrafik, 2019 A). Västtrafik har även uppsatta målsättningar gällande en reduktion av buller (Västtrafik, 2018 A).

Utöver detta är en drivkraft att eliminera kollektivtrafikens koldioxidutsläpp i syfte att motverka klimatförändringarna (Västtrafik, 2019 A). Västtrafik har en målsättning om att reducera kollektivtrafikens bidrag av växthusgaser (Västtrafik, 2018 A), och Västtrafik ser elbussar som en essentiell åtgärd för att uppnå detta (Lekholm, 2019). Ytterligare två drivkrafter är att reducera energianvändningen samt förbättra hälsan inom regionen, vilket även avspeglas i två målsättningar (Västtrafik, 2018 A). Slutligen, en stark drivkraft har varit att elbussar gör kollektivtrafiken mer attraktiv både för resenärer som förare (Västtrafik, 2019 A).

B.3.1.3. Pilotprojekt och tidigare satsningar

Mellan år 2013 och 2014 demonstrerades två laddhybridbussar på linje 60 i Göteborg (Västtrafik, 2018 B). År 2017 påbörjades även demonstrationer av en helt elektrisk buss och en elhybrid, inlånade från ElectriCity, på samma linje (Göteborgs Spårvägar, 2017). Linje 60 är en av de tyngst trafikerade stomlinjerna i staden och har i högr trafik en avgång per fjärde

minut, vilket motsvarande i 6,2 miljoner enskilda resor under år 2017 på den 8,5 km långa rutten (Göteborgs Spårvägar, 2018; Näsström, 2018).

Västtrafik startade år 2015 pilotprojektet ElectriCity tillsammans med 15 andra aktörer från akademien, samhället och industrin. Initialt omfattades projektet av elbussar på linje 55 mellan Chalmers campusområden lokaliserade i Johannesburg och Lindholmen, båda i Göteborg. Projektet demonstrerade och utvärderade elbussar i en stadsmiljö (ElectriCity, u.d. A) samt till att utveckla och testa nya lösningar för hållplatser, säkerhetskoncept, trafikledningssystem samt energiförsörjning (Lindholmen Science Park, 2015). Bussarna som trafikerar linje 55 inkluderar tre helt elektriska bussar samt sju elhybrider (ElectriCity, u.d. B). Vid ändhållplatsen Teknikgatan på Lindholmen skapades även en hållplats inomhus i anslutning till biblioteket, vilket möjliggör för passagerare att vänta inomhus på nästa tur (Lindholmen Science Park, 2015), läs mer under avsnitt 3.3.2 Samhällsplanering bebyggelsemiljö och infrastruktur.

Under år 2018 utvidgades projektet till att elbussar på linje 16 vilket omfattar två helt elektriska bussar (ElectriCity, u.d. B; Näsström, 2018). Projektet fortgår och under projektets tid har ett antal publikationer offentliggjorts, både rörande elbussar och dess kringliggande system, men även kopplat till användarperspektivet samt samhällsplanering för hållbara städer (ElectriCity, u.d. C).

B.3.1.4. Pågående och kommande satsningar

Under de kommande åren kommer ungefär 228 elbussar sättas i drift i Västra Sverige fördelat på Ale, Uddevalla, Lidköping, Borås, Göteborg, Kungsbacka och Öckerö (Lekholm, 2019; Västtrafik, 2019 B). För jämförelse finns år 2017 ungefär 1900 bussar inom regionen (Västtrafik, 2017). Trafikstart varierar mellan åren 2019 till 2020, och när samtliga bussar körs kommer VGR vara den regionen i Sverige med flest elektrifierade bussar i trafik (Västtrafik, 2019 B). Majoriteten av bussflottan, 160 elbussar, kommer att ägas och opereras av Transdev på stombusslinjer i Göteborg, expressbussar och samtlig trafik i Mölndal och Partille (Västtrafik, 2019 B). Västtrafik har försökt att fördela elbussarna till samtliga tätorter som Västtrafik har ansvar för och inte enbart Göteborg (Västtrafik, 2019 A).

30 av de 228 elbussarna beställdes år 2018 inom ramen för befintligt avtal som under hösten 2019 kommer att tas i drift på linje 60. Bussarna utrustas med ett batteri på 200 kWh och laddning sker vid både ändhållplatsen och depån. Laddstationerna ska placeras utmed rutten i Masthugget och vid Redbergsplatsen, därtill kommer depåladdningen att ske via en snabbaddning i depån vid Kruthusgatan. Bussarna kommer även delvis att köras på linje 59 och 62 då dessa ligger i nära anslutning till linje 60 (Göteborgs Spårvägar, 2018). En drivande orsak till att linje 60 valdes för elektrifiering är klagomål gällande buller längsmed rutten (Näsström, 2018; Västtrafik, 2019 A).

För två år sedan fick Västtrafik i uppdrag av den politiska organisationen att undersöka möjligheten för att byta ut biodieselbussar i förtid till elbussar inom ramen för befintliga avtal i Göteborgs stad. En projektledare har arbetet med förberedelserna och för en aktiv dialogen med bland annat Trafikkontoret, Stadsbyggnadskontoret samt bussoperatörerna.

En orsak till att påbörja en elektrifiering inom befintliga avtal var att skapa lärdomar inför de kommande upphandlingarna i Göteborgs stad (Västtrafik, 2019 A).

År 2020 – 2023 upphandlas samtlig busstrafik inom Göteborgs stad på kontrakt som gäller 10 år, därför ville politikerna säkerställa att kunskapen fanns innan kravställning och upphandling sker (Västra Götalandsregionen, 2018 A). Arbetet med att förbereda övergången inom befintliga avtal innefattade att ansöka om förhandsbesked på bygglov för transformatorerna och hålla kontinuerliga dialoger med involverade aktörer, både kommunala och privata. I Göteborgs stad krävs enbart bygglov för transformatorerna, vilket medför att laddinfrastrukturen inte kräver ett bygglov. De bussbolag som var intresserade av att delta i projektet tog över processen och stod för den slutliga ansökan om bygglov (Västtrafik, 2019 A).

Då införandet av elbussarna sker inom befintliga avtal kvarstår ett antal år på avtalslängden, mellan 3 och 8 år, innan en ny upphandling ska ske. Det medför att bussoperatörerna behöver investera i en ny fordonsflotta och laddinfrastruktur där avskrivningstiden blir kort, vilket ger höga initiala kostnader och därmed en hög risk. För att motverka detta uppger en representant från Västtrafik (2019 A) att de garanterar restvärdet av elbussarna och att Västtrafik köper ut bussen till ett förbestämt pris vid avtalstidens slut. Dock trycker representanten på att detta var en engångsföreteelse, och att detta inte kommer ske i kommande ordinarie avtal. Bussarna finns därefter i Västtrafik ägo och framtida bussoperatörer kommer att behöva använda dem för fortsatt trafik (Västtrafik, 2019 A).

Representanten från Västtrafik (2019 A) anser att bussoperatörerna är intresserade av att delta i projektet och att den största anledningen är att det ger bussoperatörerna en framtida konkurrensfördel. Elbussar blir ett alltmer dominant inslag i stadstrafiken och därigenom kommer bussoperatörerna erhålla en specialiserad kunskap likt få andra aktörer. Vidare uppgav representanten från Västtrafik (2019 A) att förändringar och effektiviseringar av trafiksystemet och dess flöden inte ingår vid införandet av elbussar i befintliga avtal då detta ger andra följdverkningar. De överlämnar istället effektiviseringen till bussoperatörerna under den kommande anbudsprocessen på framtida upphandlingar.

B.3.2. Teknik

B.3.2.1. Elbussteknik och laddinfrastruktur

Västtrafik definierar en elbuss som ett helt elektriskt drivet fordon med ett batteri, dock får ytterligare komponenter ombord drivas av andra drivmedel än el, vanligtvis biodrivmedel (Västtrafik, 2019 A). Västtrafik krävställer inte gentemot bussoperatör vilken specifik elbuss eller laddinfrastruktur som ska användas. De vill ge bussoperatören full rådighet och ägandeskap i frågan då de är experterna inom området (Västtrafik, 2019 A). En representant från Västtrafik (2019 A) uppgav under en intervju att de regelbundet genomför marknadsundersökningar för att ta reda på vilka typer av fordon som finns på marknaden samt deras respektive möjligheter och utmaningar. Dock sker teknikutvecklingen snabbt, vilket medför att undersökningarna snabbt blir föråldrad. Detta för att undvika inläsningseffekter i upphandlingsförfarandet till specifika busstekniker.

Gällande laddinfrastruktur påpekade representanten för Västtrafik (2019 A) att om depåladdning ska vara genomförbar krävs det att depån ligger geografiskt nära där

busslinjen är dragen för att minimera tomkörning och maximera batteriers räckvidd. I tätorter inom Västtrafik, framförallt Göteborg, finns det brist på utrymme för att bygga depåer då marken är högt åtråvärd i centrala delar av städer. Genom detta kan depåladdning vara ett mindre åtråvärd alternativ (Västtrafik, 2019 A). Om laddning sker i depå i Göteborg kan det ske med en maximal effekt på 80-160 kW per laddplats. Det är även antalet laddplatser som är den huvudsakliga kostnadsposten snarare än laddplatsens effektuttag (ABB, o.a., 2018). Vidare anser Västtrafik att Bus Nordics standardisering även bör inkludera laddinfrastrukturen för att möjliggöra en fullgod förflyttning av bussar mellan olika geografiska områden (Västtrafik, 2019 A).

År 2016 genomförde Trivector en undersökning på uppdrag av Västtrafik för att kartlägga alternativa drivmedel till ett antal busslinjer (Trivector, 2016). Året därpå, 2017, genomförde Sweco en liknande undersökning på uppdrag av Västtrafik, dock fanns ett större fokus på de företagsekonomiska- och samhällsekonomiska kostnaderna (Sweco, 2017). Då den tekniska utvecklingen har skett expansivt de senaste åren, både gällande elbussen och laddning (Energimyndigheten, 2019 A), kan resultatet från år 2016 respektive 2017 anses vara något föråldrat i dagens läge.

B.3.2.2. Fordonets energiförbrukning

En representant för Västtrafik (2019 A) uppger under intervju att de är villiga att se över huruvida krav på olika delsystem på bussarna kan anpassas för att minska elbussarnas energianvändning och därmed öka fordonets totala räckvidd. Exempelvis lyftes det om inomhustemperaturen behöver vara 22 grader då kravet på en jämn inomhustemperatur medför en hög energiförbrukning (Västtrafik, 2019 A). En representant från Västtrafik (2019 A) uppgav att när bussen stannar och öppnar dörrarna sker en temperaturförändring i bussen och det kräver energi för att antingen värma upp eller kyla ner bussen. Under vintertid drar bussen stora mängder energi för att värmas upp, och där är Västtrafik öppna för att eventuellt reducera kravet på en konstant temperatur ombord på 22 grader.

B.3.2.3. Elnätets kapacitet

En representant för Göteborg Energi (2019) uppger att det inte råder en generell effektbrist inom deras lokalnät i Göteborg, dock tryckte de på två utmaningar. Den första är att specifika punkter i elnätet kan sakna effekt där det krävs byggnation av nytt elnät för att kompensera. Oftast räcker det med att bygga nya lokalnät, vilket tar ungefär 12 månader. I framtiden kommer det dock bli trångt att överföra effekt från de regionala- till de lokala näten vilket delvis kommer kräva nya regionnät och andra insatser som laststyrning. År 2022 kommer en ny transformeringsstation bli färdigställd vilket kommer att säkra effektuttaget från stamnätet till region- och lokalnätet i Göteborg.

Dock ser representanten för Göteborg Energi (2019) att om 5-7 år kan de komma att hamna i en situation där de behöver bygga mer nät. Där krävs framförhållning, då byggnationen av regionnät tar ungefär 5-10 år. Ytterligare en utmaning presenteras i en rapport av ABB m.fl. (2018), nämligen att laddningsmönster kan vara svåröversägbare och därmed är det en utmaning att förebygga en överbelastning av nätet. Den andra utmaningen är att desto fler aktörer som är inkopplade på elnätet, desto mer effektuttag krävs.

För att motverka en framtida effektbrist arbetar Göteborg energi med att träffa och informera ett 20-tal kunder och intressenter från näringslivet, förvaltning, myndigheter och kommuner. Fokus är att förstå begreppet effekt samt att dela prognoser för framtida utveckling. De för även diskussioner med den stora regionnäsägaren i området (Göteborg Energi, 2019).

B.3.2.4. Batterier

Behovet av olika batterityper kommer att variera beroende på vilken laddstrategi som används, se mer i avsnitt 3.1.3 Laddinfrastruktur för elbussdrift samt 3.1.5 Batterier. Representanten från Västtrafik (2019 A) instämmer i bilden och uppger att de lämnar valet av laddstrategi till bussoperatören och just nu används både tilläggsaddning vid ändhållplats och laddning vid depå. Vidare uppger representanten för Västtrafik (2019 A) att de inte har några riktlinjer för batteriers miljö- eller sociala påverkan.

Dock ingår Västtrafik i referensgruppen för projektet som bland annat drivs av Trafikförvaltningen Stockholm, Skånetrafiken och IVL gällande hur kravställning av batterier kan ske. Projektet syftar till att koppla samman standards för att möjliggöra en bättre redovisning av de miljömässiga och sociala aspekterna för batterier. Västtrafik anser att bussoperatörerna är intresserade av att arbeta med frågan, dock vet de inte hur de ska gå tillväga. Västtrafik hänvisar till riktlinjen för ursprungsspårning (Västtrafik, 2019 A).

B.3.3. Organisering och finansiering

B.3.3.1. Ansvar, organisering och styrning

Västra Götalandsregionen sätter upp politiskt styrande målsättningar och prioriterande utvecklingsområden som publiceras i Trafikförsörjningsprogrammet. Innan de strategiska besluten tas i regionfullmäktige har dessa förberetts av kollektivtrafiknämnden med underlag från tjänstemännen inom avdelningen för kollektivtrafik och infrastruktur (Västra Götalandsregionen, 2019 B).

Västtrafik genomför det operativa arbetet och omsätter detta till bland annat en vision, affärsidé, affärsplan och verksamhetsstrategi samt ett antal prioriterade områden (Västtrafik, 2018 A). Det operativa arbetet inkluderar även dragning av linjer, placering av hållplatser samt bussturernas frekvens (Västra Götalandsregionen, 2018 C). Dessa realiserar genom strategier som styr prioriteringar som inverkar på hela organisationens och verksamhetens områden (Västtrafik, 2018 C).

Arbetet med att konkretisera målsättningarna sker i dialog och samverkan med samtliga kommuner med representanter från Västtrafik och andra partners. Dessa återfinns i Västtrafiks Affärsplan som innehåller fem prioriterade områden. Tillsammans med Affärsplanen styr Affärsutvecklingsplaner trafikplaneringen och dessa skapas i samverkan med deras partnerföretag (Västtrafik, 2018 C). Därefter tar partnerbolagen över, vilka innefattar bussoperatörerna, Västfastigheter och andra partners (Västtrafik, 2018 A).

B.3.3.2. Upphandling och avtal

Västtrafik har skrivit avtal med nio olika bussoperatörer som utför den dagliga busstrafiken samt anställer den personal som är nödvändig för att utföra uppdraget (Västtrafik, u.d C).

Varje avtal har en fixerad längd på 10 år (Västtrafik, 2019 A). Västtrafik har inte ett antal förbestämda avtalsområden, utan uppdelningen justeras inför varje upphandling om det finns synergier i de kommande avtalen (Västtrafik, 2019 D).

Västtrafikmodellen

Sedan år 2012 genomför Västtrafik upphandlingar av kollektivtrafik genom Västtrafikmodellen som baseras på en djup samverkan och partnerskap mellan involverade aktörer (Västra Götalandsregionen, 2018 A; Nobina, 2016). Modellen syftar till att upphandla en funktion, via funktionskrav, och undvika detaljstyrning av verksamheten, via detaljkravställning. Grundtanken med modellen är att flytta ansvaret, befogenheterna och arbetsuppgifterna från Västtrafik till bussoperatörerna gällande den dagliga driften och underhåll av trafiken. Efter att modellen introducerades flyttades ansvaret för kundfokus till bussoperatörerna, som arbetar genom målstyrning och incitamentavtal samt funktionskrav på fordonen.

Modellen medför ett fördjupat samarbete mellan Västtrafik och bussoperatörerna som präglas av transparens. Diskussioner förs gällande affärsutvecklingen samt trafikförsörjningen där affärsplanen är utgångspunkten samt trafik- och produktutvecklingsfrågor diskuteras. Kollektivtrafikens mål sätts gemensamt och strategier samt aktiviteter utvecklas för att styra mot målen. Andelen resenärer är en av grundstenarna i modellen och ska nyttjas för att öka andelen resande med regionens kollektivtrafik. Incitamentet är kopplat till "Det Goda Kundmötet", vilket är Västtrafiks arbete för att skapa en resa tillgänglig för alla (Västtrafik, 2013).

Representanten från Västtrafik (2019 A) och representanten från Göteborg Energi (2019) uppgav under respektive intervju att flera dialoger har skett mellan Västtrafik och andra aktörer, utöver de som vanligtvis ingår i modellen. Dialogerna har haft fokus på implementeringen av elbussar och att förstå varandras förutsättningar, styrprocesser och tidsramar.

Upphandlingsprocessen

Representanten från Västtrafik (2019 A) uppgav att de följer den ordinarie processen för upphandling, beskriven i avsnitt 3.2.1 Upphandling och Avtal samt Västtrafikmodellen ovan. Specifikt för upphandlingar av elbusstrafik är att Västtrafik är mån om att genomföra upphandlingen innan trafikstart än vanligt, så att bussoperatören får möjlighet att införskaffa både nya fordon och laddinfrastruktur med tillhörande kringutrustning (Västtrafik, 2019 A).

Utöver detta fokuserar Västtrafik på att hålla båda öppna och enskilda samråd under förberedelserna inför upphandlingen för att öka kvalitén på underlaget. Samråden skapar gemensamma målbilder som övergripande beskriver vart parterna vill nå. Tillsammans bryter de sedan ner målbilderna och tydliggör processen framåt (Västra Götalandsregionen, 2018 A). Vidare genomför bussoperatörerna investeringar i fordon och kringliggande infrastruktur. Därigenom är det angeläget att planera i förväg och hålla goda samråd (Västra Götalandsregionen, 2018 A).

Kravställning inom upphandlingen

Som tidigare nämnts i avsnitt 3.1.3 Laddinfrastruktur för elbussdrift genomför Västtrafik regelbundna marknadsundersökningar för att ta reda på vilka fordonsmodeller och laddtekniker som finns på marknaden samt deras respektive möjligheter och utmaningar. Genom detta man undvika att kravställningen i upphandlingen skapar inlåsning mot en specifik leverantör eller teknikval (Västtrafik, 2019 A). Västtrafik arbetar med funktionskrav för att överlåta teknikvalen, både gällande fordon och laddtekniken, till bussoperatören. Detta ligger i linje med hur Västtrafikmodellen är utformad (Västtrafik, 2013).

Funktionskraven har en rad olika parametrar, som fordonsstorlek samt huruvida bussarna ska drivas av el eller biodrivmedel. Vidare pågår ett arbete med att uppdatera kravställningen för att inkludera krav som är sociala, etiska och miljömässiga, för att uppnå en effektiv och hållbar resursanvändning (Västtrafik, 2018 A). Under upphandlingen identifierar bussoperatören en lösning och i anbudet anger man vad kostnaden för lösningen bedöms bli (Västtrafik, 2019 A). Ett argument för att låta bussoperatörerna själva välja de tekniska lösningarna är att det ger bussoperatörerna en viss flexibilitet då de inte låses till en specifik teknik eller laddning (Västtrafik, 2019 A).

B.3.3.3. Ansvarsfördelning och affärsmodell

Västtrafik ger bussoperatörerna ansvaret över teknikvalen, ägandeskap av elbussar samt laddinfrastruktur med tillhörande laddkoncept och laddstrategi (Västtrafik, 2019 A). En dialog förs, i enlighet med västtrafikmodellen, dock menar representant för Västtrafik (2019 A) på att ett fullt ägandeskap av frågan gör det delvis lättare för bussoperatören att hantera frågan på ett fullgott sätt, och delvis skapar det en konkurrensfördel för operatören (Västtrafik, 2019 A).

Depåerna inom regionen har olika ägare, där ett fåtal ägs av Västfastigheter, som i sin tur ägs av VGR och styrs politiskt. Västfastigheter tog över ansvaret för deras depåer från Västtrafik vid årsskiftet 2018-2019 (Västfastigheter, 2019 A). De depåer som Västfastigheter äger och förvaltar hyrs av Västtrafik som sedan hyr ut platser till bussoperatörerna (Västfastigheter, 2019 B). Bussoperatörerna har rådighet över de depåer som ägs och förvaltas av dem, vilket är en majoritet av depåerna (Västtrafik, 2019 A).

I Västtrafiks senaste uppdrag från Kollektivtrafiknämnden (2017) framgår det att cirkulära affärsmodeller bör undersökas för att minska miljöpåverkan och öka innovation. Västtrafik ska vara en drivande aktör på det nationella och internationella planet gällande nya affärsmodeller för att stödja en snabb omställning till en fossiloberoende fordonsflotta. Prioriterade områden är elektromobilitet, autonoma delade fordon samt affärsmodeller för en hållbar omställning. Vidare skriver Kollektivtrafiknämnden (2017) i uppdragsbeskrivningen att elektriska och biogasbussar kräver särskild infrastruktur och uppdrar åt Västtrafik att undersöka hur branschens affärsmodeller kan utvecklas för att stödja utvecklingen av det hållbara transportsystemet samt möjliggöra introduktionen av kostnadseffektiv och miljövänlig teknik.

B.3.4. Bredare samhällsperspektiv

B.3.4.2. Samhällsplanering bebyggelsemiljö och infrastruktur

Depåer och depåplanering

Som tidigare nämnt ägs majoriteten av depåerna inom regionen av bussoperatörerna, dock äger Västfastigheter ett fåtal. Representant för Västfastigheter (2019 B) uppger att de förbereder frågor i anslutning till depåhanteringen, men framförallt kopplat till elbussar. I dagens läge äger och förvaltar Västfastigheter två bussdepåer, vid Partille och Hönö, som framförallt består av hårdgjorda ytor för bussar att parkera. De arbetar med att planera för nya depåer där samtliga ska vara förberedda för laddning av elbuss.

Det planeras för en depå i Frölunda, Göteborg, där processen hade gått till programhandling innan den gjordes om för att inkludera laddning av elbuss. Västfastigheter för en i dagens läge en dialog om laddinfrastruktur i depåerna med bussoperatörerna, elnätsbolag och Västtrafik. De förbereder för laddinfrastrukturen genom att lägga kablar och koppla till elnätet, dock kommer respektive bussoperatör stå ansvarig för att installera laddinfrastrukturen (Västfastigheter, 2019 B). Representanten för Västfastigheter (2019 B) konstaterar att förberedelsen för laddning av elbuss medför en relativt stor kostnadsökning.

Representanten från Västtrafik (2019 A) lyfte att depåplaceringen är en utmaning för dem, både generellt men framförallt gällande elektriska bussar eftersom dem har en kortare räckvidd som konsumeras snabbt av tomkörning. Västtrafik ser att en utvecklad samverkan gällande depåplanering och placering kan behövas för att möjliggöra en elektrifierad busstrafik. För att undvika att samtalet stannar vid överenskommelser och avsiktsförklaringar anser Västtrafik att det bör bli ett krav för markägare att bistå kollektivtrafiken med markytor, på samma sätt som med parkeringar enligt normen (Västtrafik, 2019 A).

Ruttplanering och laddning

Möjligheter uppkommer genom att stämma av ruttplaneringen med elektrifieringen av bussflottan (Västtrafik, 2019 A). Gällande Göteborg anses trafikkapaciteten i princip vara maximalt nådd och fler bussar kan inte trafikera stadens gator, samtidigt som bussarna inom stadsområdet är välfyllda. Därför undersöker Västtrafik möjligheten att kombinera en omstrukturering av linjerna i samband med omställningen till elbussar. Stomnätet kan agera pulsåder och områdestrafik kan slussa resenärer till stomnätet, dock belyser representanten från Västtrafik (2019 A) att stomnätet kräver ändhållplatsladdning då fordonen rullar kontinuerligt, därmed kommer en depåladdad buss inte klara hela dagen i trafiken.

B.3.4.3. Samverkan med kommunala och privata aktörer

Västra Götalandsregionen skiljer på samråd och dialog, där samråd betyder att samtliga parter ska enas angående ett förslag vilket medför att respektive aktör behöver lägga kraft och resurser på samverkan. Dialog däremot är ett lösare forum som innebär att en öppen

diskussion förs mellan aktörerna utan krav på att de ska enas (Västra Götalandsregionen, 2017). En kontinuerlig dialog skapar en helhetssyn över alla aktörers förväntningar.

Västtrafik genomför inom ramen för ordinarie verksamhet en samverkan med kunder, partnerföretag, politiken och samhälle samt andra trafikhuvudmän i Sverige och Norden (Västtrafik, 2018 A). Dialogerna berör frågor som hanterar kollektivtrafiken brett, men även elektrifieringen specifikt (Västtrafik, 2019 A). Representanten från Göteborg Energi (2019) uppgav under intervjun också att tidiga och tydliga dialoger är viktigt för att göra en omställning till elbussar. Även Västtrafik uppgav detta (Västtrafik, 2019 A). Dessutom uppgav representanten för Göteborg Energi (2019) att Västtrafik hållit ett antal stormöten där tidiga planer uppvisades och initierade en dialog. Detta uppskattades hos aktörerna och bidrog till att skapa en förståelse för respektive aktörs och deras förutsättningar, tankar och idéer (Göteborg Energi, 2019).

Vidare uttrycker Västtrafik att elektrifieringen är en process som behöver involvera flera olika typer av aktörer i stark samverkan, framförallt kollektivtrafiken, kommun och elnätsbolag (Energimyndigheten, 2018 A). Representanten från Västtrafik (2019 A) uppger att samtliga involverade aktörer behöver erhålla modet och viljan att öppet delta i arbetet och att bemöta den ängslighet och osäkerhet som uppstår vid implementering av ny teknik. Dessutom uppger representanten för Västtrafik (2019 A) att samtliga aktörer behöver genomgå en process för att förstå varandras organisationer och verksamheter tidigt i arbetes gång, framförallt kopplat till beslutsprocesser och tidsramar.

Representanten för Göteborg Energi (2019) har en liknande bild gällande vikten att förstå varandras förutsättningar och tryckte på att detta var nyckeln för att uppnå en omställning då den sker i samverkan mellan olika aktörer. Både representanten från Göteborg Energi (2019) och representanterna från Västtrafik (2019 A) uttrycker att det är viktigt att påbörja processen tidigt för att möjliggöra en fullgod samverkan.

Angående depåer ingår Västtrafik i ett formellt forum där frågor rörande depåer diskuteras, nämligen Depåstyrgruppen med en tillhörande arbetsgrupp. Samtliga kontor inom Göteborgs stad som hanterar depåer ingår i gruppen och syftet är att skapa ett utbyte om frågorna på direktörsnivå (Västtrafik, 2019 A).

Västtrafik och regionen undertecknade vid årsskiftet 2017/2018 avsiktsförklaringar med Göteborgs Stad, Mölndals kommun samt Partille kommun gällande implementering och drift av elbussar. Avtalet förbinder parterna att verka gemensamt för införandet av eldrivna bussar inklusive den infrastruktur som behövs inom respektive kommuns stadstrafik. För att uppnå detta ska genomförandeplaner upprättas, som utreder frågor rörande teknikval, ägandeskap, etapputbyggnad samt fördelningen av kostnader och roller. Avtalen anger att arbetet behöver påbörjas snarast för att möjliggöra att ett resultat finns när nästkommande omgång av upphandlingar sker (Västtrafik, 2019 C).

Vidare belyser representanten för Västtrafik (2019 A) att förhållandena mellan de nordiska länderna är relativt lika i jämförelse med andra europeiska länder. Representanten fortsatte med att de har deltagit i kontinuerliga dialoger med andra nordiska parter gällande elbussar och att detta har gett nya kunskaper och insikter som har varit värdefulla i arbetet. Även inom Svensk kollektivtrafik finns ett samarbete där de arbetar tätt, dock baseras det på individuella initiativ och kontaktytor (Västtrafik, 2019 A).

B.3.4.4. Kostnader, styrmedel och stödformer

En representant för Västtrafik (2019 A) uppgav på att elbusslösningar kan bli dyra, men Västtrafik och VGR är villiga att investera i en elektriskt driven busstrafik. Vidare försöker Västtrafik återanvända befintlig infrastruktur, som biogasanläggningar vid depåer, dock prioriteras elektrifieringen främst (Västtrafik, 2019 A).

Västtrafik har fått stöd via ett Stadsmiljöavtal från en ansökan tillsammans med Kungälv kommun år 2016. Dock drogs ansökan senare tillbaka och satsningen genomfördes inte. Representanter från Västtrafik (2019 A) uppger i intervjun att utöver ansökan med Kungälv har inte Stadsmiljöavtal använts, dock är de medvetna om att möjligheten finns.

Representant från Naturvårdsverket (2019 B) skrev i en mailkonversation att Västtrafik och andra aktörer inom regionen har ansökt om stöd från Klimatklivet. De ansökningar som beviljades inkom under år 2016 samt 2018 från Göteborg Energi AB samt GS Buss AB, vilka båda avsåg laddinfrastruktur för elbussar. De två ansökningarna beviljades stöd motsvarande 18,5 miljoner kronor (Naturvårdsverket, 2019 B).

Västtrafik har även sökt och beviljats Elbusspremie. Dock menar de på att den totala summan som premien disponerar på nationell nivå, 80 miljoner kronor, inte är tillräckligt för att stödja explosionen av elbussar Västtrafik står inför (Västtrafik, 2019 A). Representanterna från Västtrafik (2019 A) menar att styrmedel och stöd till elbussar är bra. Dock skulle omställningen skett även om styrmedlen inte existerade då Västtrafik har ett antal politiskt satta målsättningar som enbart kan nås av en elektrifierad bussflotta, se avsnitt B.3.1.2 Drivkrafter och målsättningar.

B.3.4.5. Socioteknisk omställning och lärdomar

En representant från Västtrafik (2019 A) menar på att omställningen kräver mod från politiker och tjänstemän att ta beslutet att genomgå en omställning, vilket likar det som (Geels, 2012) menar är typiskt för sociotekniska omställningar. Representanten från Västtrafik (2019 A) fortsätter med att besluten har kommit successivt då det först implementerades genom övergripande målsättningar i form av reduktioner av koldioxidutsläpp, partikelutsläpp samt buller, och sedan konkretiserades dessa genom att fokuseras på elbussar.

Utifrån styrdokumentet framgår det att målsättningarna har funnits länge och varit diffusa under en längre period, dock konkretiserades och ramades arbetet in mot elbussar relativt fort.

Vidare skriver Energimyndigheten (2019 A) i en rapport att Västtrafik anser att elektrifieringen är en process som behöver involvera flera olika typer av aktörer i stark samverkan, framförallt kollektivtrafiken, kommun och elnätsbolag. En representant från Västtrafik (2019 A) uppgav att samtliga involverade aktörer behöver erhålla modet och viljan att öppna sig i arbetet och att bemöta den ångslighet och osäkerhet som uppstår vid implementering av ny teknik.

Lärdomar från arbetet har varit att resenärerna uppskattar att åka med elbussar, då de är tystare och behagligare. Resenärer har till och med valt att vänta en extra avgång för att istället åka med en elbuss (Västtrafik, 2019 A).

B.3.5. Digitaliseringen

I detta avsnitt framgår Västtrafiks synsätt och arbete med digitalisering. Sambandet mellan digitalisering och elektrifieringen identifieras, samt Västtrafiks synsätt på en mer självkörande busstrafik.

B.3.5.1. IT-standard, ITxPT

I en intervju med Västtrafik (2019 E) berättar representanten att de har en intern arbetsgrupp som operativt arbetar med utvecklingen av ITxPT standarden, se avsnitt 3.4.2 IT-standard i bussar, ITxPT, för mer information om standarden. De ingår även i en strategisk styrgrupp inom ITxPT-samarbetet, där de leder en av arbetsgrupperna kring virtualisering av den tekniska plattformen ombord.

Inom ramen av ElectriCity etableras nu en testbädd som ger möjlighet för Västtrafik och leverantörer att testa olika lösningar för att se om de följer de ITxPT-standarder som utvecklas. Västtrafiks representant (2019 E) uppger att Västtrafik kommer fortsätta med arbetet att utveckla ITxPT-standarden, då det öppnar upp möjligheter för fordonen att levereras med rätt typ av plattform. Vidare förklarar representanten (2019 E) att ansvaret mellan operatör och RKM kan hanteras på ett annat sätt än idag med hjälp av standarden.

Med ITxPT-standarden vill man standardisera hela fordonsplattformen förklarar Västtrafik (2019 E) i intervjun. Västtrafik var föregångare med att försöka standardisera tekniken på bussarna för cirka 10-15 år sedan, då fordonen var utrustade med antenner och andra fysiska nätverk ombord. Då var IT-tekniken på fordonen olik annan IT, men nu har den successivt standardiserats att likna mer vanlig IT. Det finns fortfarande mycket kvar att göra i utvecklandet av en mer standardiserad IT-plattform ombord på bussarna förtydligar Västtrafiks representant (2019 E). Målet är att skapa en plattform som möjliggör att en bussleverantör kan från början leverera den digitala infrastruktur som krävs för att bussen ska fungera i kollektivtrafiken.

I nuläget monterar Västtrafik den tekniska plattformen efter en bussleverans. Västtrafik (2019 E) berättar i intervjun att det innebär en tidskrävande omställning vid byte av leverantörer och onödigt arbete med att behöva ta bort paneler för att kunna få den tekniska utrustningen på plats. Västtrafiks representant (2019 E) förklarar även att operatörerna har en utmaning i att kunna nyttja sina bussar mellan olika huvudmän i och med de olika teknikerna som olika huvudmän innehar. Representanten för Västtrafik (2019 E) menar att i och med detta finns det många vinster med att standardisera de digitala systemen.

B.3.5.2. Digital plattform och digitala verktyg

På Västtrafiks digitala plattform appliceras funktioner som passagerarräkning, positionering av fordon, realtidsinformation, olika förarstöd, talradiofunktioner etc. Västtrafik (2019 E) förklarar i intervjun att de var med och utvecklade plattformen som de har idag för cirka 10 år sedan, samt att plattformen fungerar som en bas för alla digitala tjänster och funktioner som utvecklas.

Västtrafiks representant (2019 E) förklarar att det varierar hur de kravställer olika digitala funktioner till bussoperatören. Västtrafik kravställer till exempel att det ska finnas en passagerarräkning på bussen men ger sedan fritt ansvar till operatören hur de implementerar det i bussen. Västtrafik förtydligar också i intervjun att passagerarräkning är en funktion som bussoperatören värdesätter eftersom att avtalet mellan operatör och RKM baseras på antalet resande. Passagerar-räkning möjliggör därför för operatören att ha kontroll över hur många som transporterar sig med bussen. Andra digitala funktioner väljer Västtrafik att i vissa fall installera själva. Det finns olika drivkrafter gällande olika digitala verktyg förklarar Västtrafik representant (2019 E), både från vad Västtrafik själva kravställer och operatörens egen utveckling.

Enligt representanten (2019 E) för Västtrafik är det ingen specifik skillnad på behovet eller användandet av digitala funktioner på elbussar i jämförelse med andra bussar. Digitaliseringen hade kunnat utvecklas även utan elektrifieringen förklarar Västtrafiks representant (2019 E). Det väsentliga är att utrustningen på bussen är så energisnål och miljövänlig som möjligt, oavsett drivmedel på bussen. Mindre mängd digital utrustning resulterar i mindre påverkan på miljön, både när det gäller tillverkning och under själva körningen förklarar Västtrafik i intervjun (2019 E).

B.3.5.3. Samverkan med elbolag och digital kompetens

Det är nödvändigt med samverkan mellan olika parter, det har konstaterats i ElectriCity-samarbetet förklarar Västtrafik i intervjun (2019 E). Olika aktörer innefattande bland annat kommuner, energibolag och huvudmän måste samverka för att elektrifieringen ska fungera. Omställningen mot elektrifiering och digitalisering kräver ny kompetens, både gällande utvecklingen och underhållet av fordonen. Västtrafiks representant (2019 E) menar att det inte handlar så mycket om mekanik längre, utan det är kunskap om digital teknik som måste förvärvas. Även förare behöver ny kunskap, elbussarna i ElectriCity har endast kunnat köras av vissa förare i och med all teknik som inte alla personer har kunnat hantera.

B.3.5.4. Digitalt verktyg i upphandling

I en intervju med RISE (2019) framgår det att RISE har haft diskussioner med Västtrafik i upphandlingen av de 160 nya elbussarna. Med hjälp av det digitala analysverktyget som RISE varit med och utvecklat insåg Västtrafik vikten av att ha en alternativ planering för att skapa en säkerhet emot oförutsägbara händelser, som strömavbrott eller väder. Analysverktyget gjorde det tydligt att vid uppbyggandet av ett system med elbussar kan man inte räkna med att allting är hundra procent tillgängligt hela tiden förklarar representanten för RISE (2019). Faktorer som varierande laddningstid och fördröjningar i och med upptagna laddare, omvägar och uppförsbackar etc. måste inkluderas i systemet. Representanten för RISE (2019) uppger även att planeringen behöver inkludera någon tur i reserv för att undvika att batteriet tar slut mitt i en bussrutt.

B.3.5.5. Självkörande bussar

De självkörande elbussar som körs i dagsläget inom S3-projektet, som är en del av Drive Sweden, laddas i bussdepå. En strateg på Västtrafik (2019 F) menar dock att i ett autonomt

bussystem kommer det troligtvis krävas att elbussarna kan laddas under bussens körtid. Ett automatiserat bussystem skulle antagligen behöva anpassade hållplatser förklarar representanten för Västtrafik (2019 F). I utvecklandet och planeringen av en mer automatiserad bussektor kommer alltså faktorer som laddning, förvaring och underhåll av elbussarna behöva inkluderas menar representanten (2019 F).

I ElectriCity laddas bussarna vid ändhållplatsen, där laddningen är inbyggd i hållplatsen, förklarar Västtrafiks representant (2019 F). I nuläget finns det krav på utformningen och utseendet av en busshållplats. Med självkörande mindre elbussar kan de kraven komma att förändras, så att det blir enklare flytta en hållplats efter behoven, menar representanten (2019 F). Den självkörande bussen i S3-projektet laddas under natten i depå och den tas ur trafik en timme under dagen för laddning i samband med bussvärdens lunchrast. Västtrafik (2019 F) förklarar i intervjun att elvägar troligtvis kommer krävas för att självkörande bussar ska kunna köras i en större skala och för att undvika att ta bussarna ur trafik.

Vidare är automatisering av bussdepåer något som har potential enligt Västtrafik representant (2019 F). Tanken är då att möjliggöra att bussarna åker automatiskt till parkering och tvätt förklarar Västtrafik (2019 F) i intervjun. Även en representant för Västra Götalandsregionen (2019 A) ser en potential i en mer uppkopplad och automatiserad bussbransch, där kollektivtrafiken kan både effektiviseras och förbättras. Utvecklingen som identifieras i ElectriCity projektet ses som något positivt där elektrifierade bussar nu blir mer automatiserade menar representanten (2019 A). Ett mer automatiserat och uppkopplat bussystem kan bidra med bussdepåer som är tystare och mer platseffektiva då depåerna i dagsläget består av stora onyttjade asfaltsytor förklarar representanten för Västra Götalandsregionen (2019 A).

Bilaga 4: Internationellt

B.4.1. Direktiv från Europeiska unionen

Direktivet om utbyggnad av infrastrukturen för alternativa bränslen EU

(Europaparlamentet och Rådet, 2014) hanterar alternativa energikällor för transporter, exempelvis elektricitet och vätgas. Direktivet belyser att elektricitet är ett drivmedel som ger flera fördelar, som bättre luftkvalité och reduktion av buller i städer. Direktivet fokuserar på handlingsplaner som respektive medlemsstat bör upprätta, och dessa ska bland annat innehålla åtgärder som kan nyttjas för att främja konstruktionen av nödvändig infrastruktur för exempelvis eldriven kollektivtrafik.

Vidare belyser direktivet att laddstationer bör inrättas i samband med stationer för kollektivtrafik så att privatpersoner också kan ladda elbilar vid dessa. Direktivet beskriver att marknadsintroduktioner av alternativa bränslen inom unionen bör samordnas, då den inre marknaden kan splittras om introduktion sker utan samordning. Detta inkluderar privata och offentliga investeringar i nödvändig infrastruktur samt utveckling av fordons- och bränsletekniken. Genom att samordna utbyggnationen av infrastruktur kan stordriftsfördelar uppnås. Slutligen beskriver direktivet att unionen ska verka för att en standardisering sker gällande tekniska specifikationer för laddstationer och byte av batterier för bland annat elbussar.

Direktivet om främjande av rena och energieffektiva vägtransportfordon

(Europaparlamentet och Rådet, 2019) syftar till att addera hållbarhetskriterier för upphandlande myndigheter gällande vägtransporters energi- och miljöpåverkan under hela livscykeln, exempelvis gällande energianvändningen, utsläpp av koldioxid och andra föroreningar. Elbussar faller in under definitionen för rena fordon.

Direktivet syftar till att stimulera en marknad för fordon som är energieffektiva och rena. Direktivet pekar bland annat ut att busstrafiken har en stor potential att reducera sin energi- och miljöpåverkan. Eftersom bussar ofta upphandlas i stora kvantiteter skapas incitament för tillverkare att utveckla och kommersialisera dessa fordon. Gällande kollektivtrafik anger direktivet att medlemsstaterna har ett ansvar att förmedla kunskaper till de myndigheter som utför upphandlingen samt bussoperatörer som utför uppdragen, om beslutet gällande rena och energieffektiva fordon (Europaparlamentet och Rådet, 2019).

Under 2015 genomförde Kommissionen en utvärdering av direktivet och ansåg att det inte hade bidragit till något större genomslag på marknaden för rena fordon inom EU. Därmed har effekterna varit begränsade gällande reduktion av växthusgaser samt luftföroreningar, samt den eftersökta ökade konkurrenskraften för Europas industri. Orsakerna uppgavs vara brister gällande hur det skulle tillämpas och om det genererades några regler eller bestämmelser för fordonsinköp (Europaparlamentet och Rådet, 2019).

Under 2019 publicerade Europaparlamentet och Rådet *Direktivet om främjande av rena och energieffektiva vägtransportfordon* samt en revidering av delar i direktivet, där delar som explicit benämner elbussar adderades. Direktivet anger att EU är en ledande aktör

inom grön forskning och innovation, dock återfinns de största tillverkarna av elbussar och batterier i Asien och Stilla-havsområdet. Marknaden för elfordon drivs i mångt och mycket av marknaderna i Kina och USA. Vidare konstaterade utvärderingen att det finns fler utsläppssnåla stadsbussar på marknaden. Slutligen fastställdes minimimål för antalet upphandlade rena fordon till 2030 inom respektive medlemsstat, där Sveriges målsättning för år 2025 är att 45 % av bussar i kategori M3 är rena, samt 65 % till år 2030 (Europaparlamentet och Rådet, 2019).

B.4.2. European Clean Bus deployment Initiative

European Clean Bus deployment Initiative står på tre pelare: en offentlig deklaration, skapandet av en plattform samt skapande av en expertgrupp. Deklarationen signeras av städer och tillverkare för att visa på den gemensamma ambitionen för att implementera rena bussar. Vilka aktörer som har signerat den finns öppet. Ett antal svenska städer har undertecknat initiativet, nämligen Göteborg, Kungsbacka och Umeå, samt ett stort antal svenska och europeiska tillverkare. Plattformen ska agera som ett forum för offentliga myndigheter, kollektivtrafikmyndigheter, tillverkare samt finansiärer att samtala och utbyta information för att organisera aktörerna, öka potentiella investeringar samt publicera rekommendationer gällande specifika ämnen (European Commission, 2019).

Plattformen hanteras av UITP och ska möjliggöra för städer som har en politisk vilja men saknar kunskap om omställningen till rena fordon, att inhämta kunskap om teknik, procedurer och operativa sakfrågor (UITP, 2019). Expertgruppen för samman aktörer inom områdena teknik, finanser och organisatoriska frågor, och som representerar både efterfrågan och tillgången på rena fordon (European Commission, 2019).

B.4.3. Electric Vehicles Initiative

International Energy Agency, IEA, håller i ett samarbete vid namn Electric Vehicles Initiative, EVI, där Sverige deltar. Ytterligare medlemsländer är Kanada, Kina, Finland, Frankrike, Tyskland, Indien, Japan, México, Nederländerna och Norge. EVI är ett forum på statlig nivå där kunskapsdelning om policyer är i fokus genom ett utbyte mellan olika statliga organisationer för att stödja implementeringen av eldrivna fordon (IEA, 2019).

Under 2018 publicerade IEA och OECD en rapport gällande läget för implementering av elektriska fordon, med fokus på länderna inom EVI. Rapporten fastställde att mängden elfordon som införskaffas är starkt driven av policymiljön, där de länder med högst andel inköpta elektriska fordon har ett antal policyer som främjar valet av elektriska fordon. Genom detta görs elektriska fordon, både personbilar och större fordon som bussar, mer attraktiva för kunderna, vilket medför en reducerad risk hos investerare och uppmuntrar samtidigt tillverkare att skala upp produktionen. Exempel på styrmedel som har blivit satta av kommunala och statliga organisationer är upphandlingsprogram, bränsleekonomiska standarder, miljözoner samt finansiella incitament som stödjer införskaffandet av fordonet samt reducerar kostnaderna under livstiden (IEA, 2019).

B.4.4. Europeiska demonstrations- och eMobility projekt

År 2016 skedde ett stort antal utvecklings- och demonstrationsprojekt i EU. De aktörer som framförallt var drivande i projekten var städer, kommuner och RKM, liksom vilka

drivande aktörer som agerade i Sverige, se avsnitt 2.3.1 Aktörer inom svensk kollektivtrafik och elbussar. Drivkrafterna för att implementera elbussar är densamma som inom Sverige: eliminering av lokala problem i städer med partiklar i luften och bullernivåer samt globala problem med utsläpp av växthusgaser (Aldenius, Forsström, Khan, & Nikoleris, 2016).

Gällande de totala utsläppen av växthusgaser skiljer sig detta från Sverige, då elproduktionen i Europa vanligtvis innebär mer utsläpp av växthusgaser än den svenska produktionen av el. Den Europeiska elproduktionen baseras till stor del på fossila källor, dock kan en klimatvinst ändå uppnås genom att elmotorn har en högre energieffektivitet och därmed kräver mindre total mängd energi per personkm (Ramachandran & Stimming, 2015).

År 2016 var den vanligaste elbusstekniken i Europa helt elektriska normalstora bussar på 12 meter. Valet av laddteknik erhöll en större bredd där både konduktiva och induktiva tekniker användes, både vid depå, ändhållplats samt laddning utmed rutten. Dock skedde den vanligaste laddningen genom en konduktiv överföring vid ändhållplatsen. Induktiv laddning var mer frekvent förekommande i Europa än i Sverige (Aldenius, Forsström, Khan, & Nikoleris, 2016).

Europiska unionen har deltagit, initierat och stöttat flera olika projekt rörande eMobility, framförallt med fokus på personbilar. Exempel är plattformen European Green Vehicles Initiative, EGVI, som finansiellt stöttade 51 projekt och var involverad i tre Europeiska tekniska plattformar; ERTRAC, EPoSS och SmartGrids. EGVI är en del av Horizon 2020 och inkluderar även bussar, dock har fokus legat på enskilda persontransporter och inte publik kollektivtrafik.

Ytterligare exempel är projektet Eliptic som arbetar med att skapa nya koncept och affärsmodeller gällande elektrifiering av kollektivtrafiken i städer. Projektet fokuserade huvudsakligen på hur existerande kollektivtrafiksystem kan nyttjas för en multimodal mobilitet i urbana städer (Eliptic, u.d). Ytterligare ett projekt är ZeEUS där Sverige deltog tillsammans med Storbritannien, Polen, Österrike, Tyskland, Belgien, Nederländerna, Frankrike, Spanien och Italien. Projektet att demonstrera elbussar och dess kringliggande system i städer och urbana miljöer (ZeEUS, 2014). Demonstrationerna var klara vid år 2018 och koordinerades av International Association of Public Transport, förkortat UITP (UITP, 2014; ZeEUS, 2014).

Bilaga 5: Bonus malus-systemet och miljözoner

B.5.1. Bonus malus-systemet

Bonus malus-systemet är ett statligt stöd som administreras av Transportstyrelsen på uppdrag av regering och riksdag. Systemet gäller bland annat för lätta bussar samt lätta lastbilar, vilket inkluderar fordon med en maximal vikt på 3,5 ton (Transportstyrelsen, u.d A; Transportstyrelsen, u.d B; Transportstyrelsen, u.d. C). Systemet går ut på att en bonus på maximalt 60 000 kr ges vid inköp av fordon med låga utsläpp av koldioxid. Malus-momentet innebär att fordon som drivs med bensin och diesel får en förhöjd fordonsskatt under de tre första åren. Genom detta premieras miljövänliga fordon (Transportstyrelsen, u.d A).

Sambandet mellan fordonsvikten och antal passagerare är inte entydig, dock är bussar som avser att transportera mer än 22 passagerare utöver föraren benämnda som Klass I, II eller III (Förenta nationernas ekonomiska kommission för Europa, 2015). Gällande elektrifiering av busstrafiken är bussar av klass I framförallt intressanta i dagens läge, då det är dessa som huvudsakligen kör stadstrafiken. Dock kan de bussar som är relevanta för elektrifiering, klass I-bussar, vara större än 3,5 ton, och därför kan bonus malus-systemet vara aktuellt för enskilda fall, dock inte i majoriteten av dem.

B.5.2. Miljözoner

Trafikförordningen (Trafikförordningen 1998:1276) anger i kapitel 4 § 22 att miljözoner kan användas för att begränsa vilka utsläppsklasser fordon får tillhöra för att framföras inom specifika geografiska områden i städer som är särskilt miljö känsliga. Det huvudsakliga målet med miljözoner är att förbättra den lokala luftkvaliteten genom att minska utsläppen av kväveoxider (Regeringen, 2018; Transportstyrelsen, u.d. D).

Det är kommuner som kan välja att införa miljözoner och idag finns miljözoner ibland annat i Stockholm, Göteborg, Mölndal, Malmö, Uppsala och Helsingborg (Transportstyrelsen, u.d. D). Miljözoner förekommer även i andra städer i Europa (Regeringen, 2018). Tidigare har enbart en miljözon funnits, men från och med år 2020 uppdateras regleringen till att omfatta tre olika klasser. De nya miljözonerna skapar möjlighet för kommuner att begränsa framkomligheten för andra typer av fordon än tung trafik i stadsmiljö (Trafikförordningen 1998:1276):

- Miljözon klass 1 kommer att omfatta de fordon som i dagens läge kan omfattas av miljözoner (Trafikförordningen 1998:1276; Transportstyrelsen, u.d. D). Zonen reglerar därmed tunga fordon (Regeringen, 2018), vilket omfattar elbussar i Klass I, se mer om fordonsklasser under avsnitt 3.1.4 Standarder.
- Miljözon klass 2 ställer krav på personbilar, lätta bussar och lätta lastbilar (Trafikförordningen 1998:1276).
- Miljözon klass 3 är den zon som har högst krav, och enbart renodlade el-, gas- och bränslecellsbilar får framföras. Klassen omfattar fler typer av fordon, där tunga fordon inkluderas (Regeringen, 2018; Trafikförordningen 1998:1276).

Utöver en förbättrad luftkvalité skapar miljözonerna synergieffekter, där en av dessa kan vara ett främjande av användandet av elbussar. De bussar som framförallt är intressant för elektrifiering är tunga bussar av klass I, se avsnitt 3.1.4 Standarder, därmed placeras elbussar i miljözon klass 1 och klass 3. Lätta bussar kan vara intressanta för en framtida elektrifiering, dock är detta oftast inte i fokus vid omställningen. Miljözoner skapar möjlighet för kommuner att säkerställa att elbussar körs inom specifika stadsområden.

Bilaga 6: Teori om sociotekniska omställningar

B.6.1 Socioteknisk omställning

I detta avsnitt beskrivs den sociotekniska omställningen, till följd av införandet av elbussar, ur ett teoretiskperspektiv.

B.6.1.1. System och omställningar

Ett tekniskt system är uppbyggt av komponenter som kopplas samman i en struktur, och när en förändring sker i en komponent kommer detta att påverka resterande komponenter i systemet. En komponent kan antingen vara av fysisk eller social karaktär, där fysiska komponenter kan vara elnätet, kraftstationer eller fordon, medan sociala komponenter kan vara organisationer, böcker samt forskning och utveckling inom akademien (Hughes, 1983).

Sociotekniska system hanterar en interaktion mellan komponenter som antingen är tekniska, sociala eller en kombination (Walker, Stanton, Salmon, & Jenkins, 2008). Stora sociotekniska system är ofta komplext som påverkas av sociala konstruktioner, de aktörer som verkar inom systemet, samt extern påverkan från det omgivande samhället (Hughes, 1983). En förändring av ett teknologiskt system som busskollektivtrafiken påverkar och påverkas av flera andra samhällssystem, därmed sker en växelverkan mellan olika delsystem i samhället.

Definitionen av omställningar varierar något beroende på författare. Elzen och Wieczorek (2005) beskriver dem som långsiktiga sociotekniska förändringar inom stora system som tillhandahåller basala samhällsfunktioner, exempelvis mobilitet samt produktion och konsumtion av mat och energi. Omställningar är komplexa icke-linjära processer (Geels, 2012), som kan vara röriga och det är inte heller självklart att vägen som konstrueras framåt är den som faktiskt skapar en omställning (Kemp, Rip, & Schot, 2001).

Hållbara omställningar syftar till att uppnå specifika målsättningar. Marknaders uppbyggnad påverkas av dessa målsättningar, till skillnad mot många historiska omställningar vars huvudsakliga syfte ofta har varit att skapa kommersiella lösningar efter marknadens behov. För att säkerställa att en hållbar omställning blir permanent menar Geels (2011) att en förändring behöver ske i samhällets ekonomiska, sociala och tekniska ramvillkor. Införandet av elbussar är en teknisk omställning då det är en ny teknologisk innovation som implementeras. Samtidigt, i grunden, har denna omställning drag av hållbara omställningar eftersom ramvillkoren behöver ändras för att underlätta omställningen, exempelvis skatter, ramverk, subventioner, beteenden och värderingar.

B.6.1.2. Omställningsprocessen

Geels (2012) beskriver att en teknisk omställning vanligtvis börjar med att en radikal teknisk innovation, kallad "nisch", utvecklas i en skyddad sfär, som akademien, demonstrationsprojekt eller labb för forskning och utveckling. Författaren beskriver vidare att nischer är avgörande för omställningar då de skapar en möjlighet till systematisk förändring och nya tankebanor. Nischer agerar inom ramen för en "regim". En "regim" består av de djupa strukturer som skapar stabilitet i ett sociotekniskt system och inverkar på hur aktörer agerar, exempelvis normer, standardiserade sätt att utföra tjänster och

gemensamma övertygelser (Geels, 2012). Den nuvarande tekniska regimen kan dock skapa inlåsningseffekter, eller "path dependency", för de rådande transportsätten (Kemp, Rip, & Schot, 2001). Exempelvis om biogas är det dominerande drivmedlet finns stora ekonomiska investeringar i infrastrukturen, fordonsflottan och utbildad personal. Vidare har samtliga aktörer, nämligen bussoperatörerna, förarna, RKM och annan personal, ett invariant beteende gällande bussens egenskaper som räckvidd, hur de är att köra, när och hur tankning sker etc. Detta skapar både ekonomiska, tekniska och sociala inlåsningar i befintlig regimen.

Det finns flera olika sätt att kategorisera inlåsningseffekter. Kemp m.fl. (2001) beskriver tre vanliga kategorier, som har olika grad av extern inverkan på systemet. Den första varianten är att handlingskraftigt planera ett nytt system genom att eliminera hindren som motverkar implementeringen. Det andra sättet är att forma utvecklingsprocessen genom att applicera ekonomiska eller sociala incitament. Det tredje sättet är att följa med evolutionen och påverka den under tiden utan att applicera styrmedel, även kallat strategisk nisch management, SNM. Olika tillvägagångssätt är lämpliga beroende på situationen men även vem initiativtagaren är, exempelvis staten, publika-privata konsortier, företag eller ideella föreningar. Det vanligaste sättet inom fysisk infrastruktur och komplexa system, vilket inkluderar elbussar och kollektivtrafik, är det förstnämnda (Kemp, Rip, & Schot, 2001).



TRAFIKVERKET

Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 020-600 650

www.trafikverket.se