



# ELEKTRIFIERING AV BUSSAR I VÄSTMANLAND – POTENTIAL OCH EFFEKTER

*Utredning om förnyelsebara energislager och fordon till  
myndighetens kollektivtrafik*

Reviderad version: 2016-11-25

# ELEKTRIFIERING AV BUSSAR I VÄSTMANLAND – POTENTIAL OCH EFFEKTER

Utredning om förnyelsebara energislag och  
fordon till myndighetens kollektivtrafik

Reviderad version 2016-11-25

## KUND

**Landstinget Västmanland Kollektivtrafikförvaltningen**

## KONSULT

**WSP Analys & Strategi**

121 88 Stockholm-Globen  
Besök: Arenavägen 7  
Tel: +46 10 7225000  
WSP Sverige AB  
Org nr: 556057-4880  
Styrelsens säte: Stockholm  
<http://www.wspgroup.se>

## KONTAKTPERSONER

**WSP Analys & Strategi:**

Maria Nilsson

**Landstinget Västmanland Kollektivtrafikförvaltningen:**

Mohammad Sabét

**FÖRFATTARE**  
Maria Nilsson

**DATUM**  
2016-11-25

# INNEHÅLL

<b>SAMMANFATTNING</b>	<b>7</b>
<b>1 INLEDNING</b>	<b>11</b>
1.1 BAKGRUND	11
1.2 RAPPORTENS FRÅGESTÄLLNINGAR	11
1.3 METOD OCH DISPOSITION	12
1.4 UTREDNINGSPROCESS OCH INTRESSEENTER	17
1.5 UPPRDAGSBEMANNING WSP	19
1.6 HUR SKA UTREDNINGEN LÄSAS?	19
<b>2 ELBUSSAR OCH DESS INFRASTRUKTUR</b>	<b>20</b>
2.1 DAGENS BUSSAR OCH LADDNINGSFRASTRUKTUR	20
Helelektrisk buss – depå respektive ändhållplatsladdad batteridrift	20
Helelektrisk buss – induktiv laddning (buss på elväg)	21
Laddhybridbuss	22
Trådbuss	23
Bränslecellsbus	24
2.2 EGENSKAPER ATT BEAKTA VID VAL AV ELBUSSTEKNIK	25
2.3 TILLGÄNGLIGHETSASPEKTER	31
2.4 PÅGÅENDE FORSKNING OCH UTVECKLING	31
Elbussar	31
Laddningsinfrastruktur – utveckling och standarder	32
<b>3 ERFARENHETER FRÅN INFÖRANDE I ANDRA STÄDER</b>	<b>34</b>
3.1 ERFARENHETER FRÅN ANDRA STÄDER	35
Helelektrisk buss – depåladdning	35
Helelektrisk buss – ändhållplatsladdning	35
Helelektrisk buss – induktiv laddning (buss på elväg)	38
Laddhybrider	39
Trådbuss	42
Bränsleceller	43
3.2 SVENSKA EXEMPEL KRING ROLLFÖRDELNING OCH ÄGANDE	45
Erfarenheter av rollfördelning och samarbete från Umeå	45
<b>4 GEOGRAFI OCH RESANDE I VÄSTMANLANDS LÄN</b>	<b>46</b>
4.1 GEOGRAFI	46
4.2 DEMOGRAFI	47
4.3 BUSSTRAFIK OCH RESANDE I LÄNET	47
4.4 BUSSTRAFIK OCH RESANDE I VÄSTERÅS	51

<b>5</b>	<b>SAMMANFATTNING AV FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR ELEKTRIFIERING</b>	<b>54</b>
5.1	ELEKTRIFIERAD TRAFIK ÄR RENT TEKNISKT ETT MÖJLIGT ALTERNATIV I VÄSTERÅS STAD	54
5.2	LÅNGSIKTIG POTENTIAL	54
5.3	SLUTSATS OCH REKOMMENDATION	55
<b>6</b>	<b>AVGRÄNSNING SOM GRUND FÖR KONSEKVENSANALYSER</b>	<b>56</b>
6.1	GRUND FÖR UTFORMNING AV SCENARION	57
6.2	HUVUDSCENARIO - ÄNDHÅLLPLATSLADDNING	57
6.3	TRÅDBUSS MED SLIDEIN ÄR ETT ALTERNATIVT SCENARIO	58
	Scenario för etablering av trådnät i Västerås	59
6.4	BEHOV AV TYDLIGA AVGRÄNSNINGAR I FORTSATT PROCESS	60
	Illustrerande exempel – hållplatsladdning vid Centralstationen	61
6.5	FRAMTIDSSCENARIO – BRT	63
6.6	FRAMTIDSSCENARIO – SPÅRVÄG	63
6.7	SLUTSATS OCH REKOMMENDATION	63
<b>7</b>	<b>KONSEKVENSANALYS FÖR BIOGASSYSTEMET I LÄNET</b>	<b>64</b>
7.1	SYSTEM OCH MARKNAD I LÄNET IDAG	65
	Produktion och marknad i Västeråsområdet	65
	Kollektivtrafiken står för en stor del av dagens avsättning	66
	Dagens priser och ekonomi	67
7.2	EN MINSKAD EFTERFRÅGAN VÄNTAS SLÅ MOT NATURGASEN FÖRE BIOGASEN	68
7.3	POTENTIAL FÖR ALTERNATIVA AVSÄTTNINGAR OCH NYA KUNDER	69
	Publik efterfrågan	69
	Närliggande länstrafik	69
	Andra avsättningsformer:	70
7.4	KONSEKVENSER FÖR CENTRALA AKTÖRER	71
	Konsekvenser för VafabMiljö	71
	Konsekvenser för Mälarenergi och reningsverket	72
	Konsekvenser för lokala näringslivet	72
	Andra konsekvenser för dagens samhällsnyttor	72
7.5	VIKT AV VIDARE UTREDNING OCH FORTSÄTTA STUDIER	73
7.6	SLUTSATS OCH REKOMMENDATION	73
<b>8</b>	<b>BEHOV AV FÖRSTÄRKNING AV ELNÄTET</b>	<b>75</b>
8.1	ÄNDHÅLLPLATSLADDNING	75
	Förstärkning till följd av snabbbladdningsstationer	75
	Förstärkning för långsamladdning vid depå	76
	Platser för snabbbladdning - stadsbussar	76
	Platser för snabbbladdning - förortsbussar	78
	Snabbbladdning vid depå	78

8.2	TRÅDBUSS	78
	Behov av matningsanläggningar	78
	Anslutning mot elnätet	79
8.3	SLUTSATS OCH REKOMMENDATION	80
<b>9</b>	<b>ENERGIEFFEKTIVITET OCH MILJÖ</b>	<b>81</b>
9.1	ENERGIFÖRBRUKNING	81
9.2	KOLDIOXID	82
9.3	KVÄVEOXIDER OCH PARTIKLAR	83
9.4	BULLERSTÖRNING	85
9.5	SAMHÄLLSEKONOMISK KOSTNAD FÖR MILJÖEFFEKTER	87
9.6	HUR HAR VI RÄKNAT?	88
9.7	MER FORSKNING KRÄVS FÖR EN JÄMFÖRELSE SOM INKLUDERAR ETT LIVSCYKELPERSPEKTIV PÅ FORDON OCH BATTERIER	89
9.8	SLUTSATS OCH REKOMMENDATION	90
<b>10</b>	<b>KOSTNAD OCH INVESTERINGAR</b>	<b>92</b>
10.1	KOSTNADJÄMFÖRELSE KOSTNAD PER KILOMETER	92
	Antaganden som indata i kalkylen för kilometerkostnad	92
	Resultat kilometerkostnad	93
10.2	VÄSTERÅSSPECIFIKA ANGATANDEN SOM INDATA I KALKYLEN	94
	Antaganden som indata i utgifts- och lönsamhetsjämförelse	94
10.3	INITIALA INVESTERINGSKOSTNADER	95
10.4	LÖNSAMHETSKALKYL	96
	Avgränsning och syfte	96
	Resultat 96	
	Känslighetsanalys	97
	Finansieringsfrågan viktig	98
10.5	VÄLJ RÄTT BRÄNSLE FÖR RÄTT TYP AV TRAFIK	99
10.6	SLUTSATS OCH REKOMMENDATION	100
<b>11</b>	<b>MÖJLIGHETER TILL STÖD OCH BIDRAG</b>	<b>101</b>
11.1	ELBUSSPREMIEN (ENERGIMYNDIGHETEN)	101
11.2	KLIMATKLIVET (NATURVÅRDSVERKET)	102
11.3	STADSMILJÖAVTAL (TRAFIKVERKET)	103
11.4	DEMONSTRATIONSPROGRAM FÖR ELFORDON (ENERGIMYNDIGHETEN)	103
11.5	SLUTSATS OCH REKOMMENDATION	104
<b>12</b>	<b>ROLLER – ANSVAR, ÄGANDE OCH AFFÄRSMODELL</b>	<b>105</b>
12.1	FORDON	105
12.2	DEPÅ, NATTLADDNING OCH SERVICE	106
12.3	LADDNINGSFRASTRUKTUR UTANFÖR DEPÅ	107
12.4	UTBYGGNAD OCH INVESTERING I ELNÄTET	109
12.5	SLUTSATS OCH REKOMMENDATION	110

<b>13 STADSMILJÖ OCH SAMRÅD</b>	<b>111</b>
13.1 GENERELLA KRAV OCH BEHOV AV SAMRÅD	111
13.2 SPECIFIKA BEHOV AV SAMRÅD, BYGGLOV OCH DETALJPLAN FÖR HUVUDSCENARIOT - ÄNDHÅLLPLATSLADDNING	112
13.3 SPECIFIKA BEHOV AV SAMRÅD, BYGGLOV OCH DETALJPLAN FÖR ALTERNATIVT SCENARIOT - TRÅD	113
13.4 BEHOV AV BYGGLOV OCH DETALJPLAN VID EVENTUELL OMLOKALISERING AV DEPÅ	113
13.5 SLUTSATS OCH REKOMMENDATION	114
<b>14 KONFLIKTER OCH SYNERGIER MED MÖJLIG FRAMTIDA KAPACITETSSTARK KOLLEKTIVTRAFIK</b>	<b>115</b>
14.1 SPÅRVÄG	115
Vanligt förekommande typer av spårväg	115
Spårvägens styrkor och svagheter	116
Spårvägens kompatibilitet med elbussar	117
14.2 HÖGKVALITATIVT BUSS-SYTEM (BRT)	118
BRT-systemets styrkor och svagheter	119
BRT-kompatibilitet med elbussar	119
14.3 SLUTSATS OCH REKOMMENDATION	121
<b>15 ÖVRIGA SYNERGIER</b>	<b>122</b>
15.1 POTENTIELLA SYNERGIER AV SAMARBETE MED ÖREBRO LÄN	122
15.2 SYNERGIER MED SATSNING PÅ SOLCELLSPARK	122
15.3 SLUTSATS OCH REKOMMENDATION	122
<b>16 SAMLAD ANALYS, SLUTSATS OCH REKOMMENDATION</b>	<b>123</b>
16.1 ÄR DET RÄTT TIDPUNKT FÖR EN FORTSATT PROCESS MOT ELEKTRIFIERING I LÄNET?	123
16.2 VAR OCH MED VILKA TEKNIKER ÄR EL ETT REALISTISKT ALTERNATIV TILL BIOGASDRIFT?	125
16.3 VIKTIGA ASPEKTER ATT TYDLIGGÖRA OCH BELYSA I FORTSATT PROCESS	126
16.4 SAMMANFATTNING AV UTREDNINGEN UTIFRÅN DIMENSIONERNA EKONOMI, SOCIAL OCH MILJÖ	128
16.5 IDENTIFIERADE RISKER ATT BEAKTA	129
16.6 SAMMANTAGEN BEDÖMNING	131
16.7 REKOMMENDATION	132
<b>BILAGA 1 REFERENSER</b>	<b>135</b>
SKRIFTLIGA KÄLLOR	135
ELEKTRONISKA KÄLLOR	135
<b>BILAGA 2 REVIDERING 20161125</b>	<b>138</b>

# SAMMANFATTNING

I samband med att delar av bussflottan i Västmanlands län behöver förnyas har landstinget beslutat att utreda förutsättningarna för övergång till eldrift. Av särskild betydelse är att utreda eventuella effekter på det biogassystem som idag är väl utvecklat i regionen.

I denna utredning, av förstudiekaraktär, presenteras fakta, kalkyler och resonemang som utifrån olika perspektiv syftar till att underlätta för Kollektivtrafikförvaltningen och Landstingsstyrelsen att fatta beslut om en eventuell fördjupning kring elektrifiering. En övergripande frågeställning är om det, i dagsläget, är en väl vald tidpunkt att gå vidare med en process mot elektrifiering av busstrafik i länet. Utifrån utredningens resultat ges även ett antal rekommendationer för hur det fortsatta arbetet bör bedrivas om landstinget väljer att gå vidare mot en elektrifiering av trafiken.

Utredningen har närmare sig frågan om elektrifiering utifrån en rad olika perspektiv. Vart och ett av perspektiven har tilldelats ett kapitel i utredningsrapporten.

De primära perspektiv utredningen använder är; Teknikmognad, Geografi och resande i länet, Konsekvenser för biogassystemet, Behov av förstärkning av elnätet, Energieffektivitet och miljö, Kostnad och investeringar, Möjlighet till stöd och bidrag, Roller - ansvar och ägande, Stadsmiljö och samråd, Konflikter och synergier med eventuell framtida kapacitetsstark kollektivtrafik samt Övriga synergier.

Utredningen har belyst förutsättningarna för elektrifiering av linjeburen busstrafik i hela länet. Således har förutsättningarna för elektrifiering av den anropsstyrda flextrafiken inte omfattats av analysen.

Rapporten avslutas med en samlad analys med slutsatser och rekommendationer. Den samlade analysen är genomförd utifrån följande frågeställningar:

- Är det rätt tidpunkt att gå vidare med en process mot elektrifiering?
- På vilka platser och med vilka tekniker är en elektrifiering ett möjligt alternativ till dagens biogasdrift?
- Vilka viktiga frågor måste tydliggöras eller utredas vidare och vilka samarbetsparter bör vara en del av en fortsatt process?

## SAMMANFATTADE SLUTSATSER

Utredningen finner att frågan om elektrifiering av busstrafik är komplex och att svaret på om och hur förvaltningen och landstingsstyrelsen bör arbeta vidare mot en elektrifiering av trafik i länet inte är entydigt. Utifrån de flesta perspektiv som utredningen genomlyst är svaret kortfattat att utredningen inte identifierat något absolut hinder som omöjliggör en fortsatt process. Däremot konstaterar utredningen att det finns ekonomiska konsekvenser som bör tas i beaktande, både i termer av ökade kostnader för kollektivtrafiken och avsevärt större utgifter för landstinget. Dessutom kommer en elektrifiering med stor sannolikhet innebära minskade intäkter för länets biogasaktörer, även med hänsyn

tagen till de alternativa avsättningsformerna för biogas som utredningen identifierat.

Till en elektrifierings fördel talar framförallt hälsoeffekter i termer av minskat buller i tätbefolkade områden samt minskade utsläpp av koldioxid, givet inköp av en miljövänlig elmix. Ökade kostnader för kollektivtrafiken samt markant ökade utgifter bedöms vara de aspekter som i detta tidiga skede tydligast talar emot en omfattande elektrifiering.

Minskad efterfrågan på biogas kommer med största sannolikhet ha en negativ ekonomisk påverkan för VafabMiljö och andra aktörer i länet, även om alternativa avsättningsformer tas i bruk. Detta bland annat eftersom dagens elpriser är för låga för att en investering i ett system där biogas omvandlas till och säljs som el ska vara lönsamt. Vilken alternativ avsättningsform som än väljs är bedömningen att intäkter kommer behöva genereras även från annat håll, eventuellt från avfalls- och VA-taxor i regionen. Det bedöms som osannolikt att en elektrifiering helt ska slå ut biogasproduktionen.

Ett sätt att grovt illustrera några av de identifierade för- och nackdelarna med en övergång till eldrift är att kvantifiera betydelsen av miljöeffekterna utifrån en samhällsekonomisk värdering. För eldrift har kilometerkostnaden för drift och investeringar beräknats till cirka 15,5 kr vilket kan jämföras med 12,5 kr per kilometer för fortsatt biogasdrift. Den samhällsekonomiska värderingen av miljöeffekter vid eldrift är beräknad till cirka 1 kr per kilometer att jämföra med cirka 4 kr per kilometer för fortsatt biogasdrift (där minskat buller ger upphov till en stor del av skillnaden). Skillnaden mellan fortsatt biogasdrift och övergång till eldrift är därmed i samma storleksordning i de båda jämförelserna, till eldriftens fördel vad gäller miljö och till biogasdriftens fördel vad gäller landstingsekonomi. Här ska dock poängteras att flera av de samhällsekonomiska värderingarna av miljöeffekter är omstridda samt att de samhällsekonomiska konsekvenserna för biogassystemet och dess cirkulära ekonomi av minskad efterfrågan på biogas helt saknas i sammanvägningen. Inte heller de miljömässiga och sociala konsekvenserna som uppstår i samband med produktion av olika typer av fordon, batterier och infrastruktur ingår i våra avvägningar och rekommendationer.

## SAMMANFATTAD REKOMMENDATION

Beslutet om och hur landstinget bör fortsätta en process mot elektrifiering är en politisk fråga. Av samtliga utredda perspektiv är det aspekterna energieffektivitet och miljö, ekonomi samt effekter för biogassystemet som främst behöver vägas mot varandra. Utredningen rekommenderar att berörda politiker och tjänstemän sätter sig in i frågan och bildar sig en uppfattning om möjligheter och konsekvenser kopplat till en eventuell elektrifiering. Som beslutsstöd i denna avvägning rekommenderas främst den sammanfattande analysen i rapportens sista kapitel (kapitel 16) samt respektive kapitel som berör de ovan nämnda aspekterna (kapitel 7, 9 och 10).

Utredningen ser att det kan finnas fog för minst tre möjliga vägval. Ett möjligt vägval är att fortsätta processen mot elektrifiering. Med hänsyn till de risker och osäkerheter som denna utredning lyft fram kopplat till en omfattande elektrifiering kan en sådan väg framåt med fördel utformas



under devisen "skynda långsamt". Ett av ingångsvärdena till en sådan fortsatt utredning kan då vara att identifiera möjligheter att påbörja en elektrifiering i liten skala på ett sådant sätt att processen kan avbrytas eller begränsas om kostnader skenar eller andra oväntade komplikationer uppstår. Ett andra möjligt vägval är att lägga processen på is under en period och avvakta kostnadsutvecklingen för fordon och batterier för en omprövning av beslutet om ett par år. En tredje möjlig väg är att tillsvidare avfärda eldrift som alternativ i länet.

Oavsett vilken väg landstinget väljer framåt är det viktigt att den långsiktiga strategiska kollektivtrafikplaneringen sker i samförstånd mellan landstinget och berörda kommuner.

Förväntade konsekvenser av drivmedelsval i kollektivtrafiken tydliggör att kollektivtrafiken är intimt sammankopplad med andra system, exempelvis stads- och bebyggelseplanering samt avfallshantering. Landstinget och förvaltningar bör därför, oavsett vilket beslut som fattas om elektrifiering, överväga att integrera den långsiktiga planeringen för avfallshantering med det långsiktiga strategiska arbete som sker kopplat till kollektivtrafiken, bland annat i den regionala utvecklingsplanen.

**Om** förvaltningen och landstingsstyrelsen väljer att gå vidare i processen (nu eller på ett par år sikt) har utredningen tagit fram och sammanfattat ett antal rekommendationer. Dessa omfattar bland annat följande:

- Överväg möjligheten att fortsätta processen mot elektrifiering enligt en "skynda långsamt"-devis där elektrifiering sker stegvis och börja i liten skala.
- Avgränsa den fortsatta utredningsprocessen till elektrifiering i Västerås innerstad, med en eventuell utökningsmöjlighet till tätortens förorter. Utöver stadens linjetrafik (som utretts här) kan med fördel även det mindre systemet med flextrafik ingå i framtida utredningar.
- Landstinget och staden bör enas om formerna för en process där önskemål och planer för elektrifiering kontinuerligt stäms av mellan parterna. Det behöver också klargöras hur landstinget och staden prioriterar mellan viktiga värden som kostnadseffektivitet, miljö och tillgänglighet.
- Tillsätt en fördjupad utredning för att bedöma vilken del av trafiken i Västerås som lämpar sig bäst som ett första steg i en process av stegvis elektrifiering. Här bör den teknik som föreslås för elektrifiering vara kompatibel med den utvalda trafiken, samtidigt som den inte ska utgöra något hinder för en framtida utökad elektrifiering med eventuellt andra teknikval.
- Initiera en intern process inom landstinget där landstingets inställning till stora utgifter belyses och frågan om fördelning av ansvar och ägande mellan olika förvaltningar ses över. Uppstår framtida planer på kommersialisering av driften av trafik i länet bör även denna fråga lyftas här eftersom det i så fall skulle ha stor betydelse för ansvarsfördelningen.
- Tillsätt en utredning kring framtida hantering av överskott av biogas i syfte att ta fram ett konkret förslag för hur biogasanläggningen ska ställas om mot nya avsättningsformer. Förslagsvis kan även de samhällsekonomiska effekterna av påverkan på biogassystemet ingå som en del i utredningen.



# 1 INLEDNING

## 1.1 BAKGRUND

Landstinget i Västmanland utgör länets regionala kollektivtrafikmyndighet. För genomförandet av myndighetens uppdrag har Landstinget en Kollektivtrafikförvaltning (KTF). KTFs uppdrag är att identifiera och möta invånarnas behov av kollektivtrafik inom ramen för en långsiktigt hållbar miljö, kostnadseffektivitet samt socialt välbefinnande. Kraven på kostnadseffektivitet och hållbar miljö innebär bland annat att effektivisering av fordon och trafikplanering samt introducering av nya koncept för fordon och infrastruktur även fortsättningsvis kommer att vara en betydande drivkraft i förvaltningens verksamhetsutveckling.

I samband med att delar av bussflottan i Västmanlands län behöver förnyas har Landstinget beslutat att övergripande utreda förutsättningarna för en eventuell och delvis övergång till eldrift. Utifrån ett sådant kunskapsunderlag kan Landstinget avgöra om det är meningsfullt att gå vidare med en mer detaljerad utredning avseende var och hur elektriska bussar införs i länet.

Av särskild vikt är att studera eventuella effekter på det biogassystem som idag är väl utvecklat i regionen. Västmanland har idag en kollektivtrafik som i stor omfattning drivs av fordonsgas med en hög inblandning av biogas. Biogasen produceras gemensamt av kommunerna i Västmanlands län, Heby och Enköping. I biogasanläggningen (Växtkraft) rötas matavfall från hushåll och restauranger tillsammans med vallgrödor från lantbrukare och fettavskiljarslam från storkök.

Mot bakgrund av detta har Kollektivtrafikförvaltningen i Västmanlands län (KTF) gett WSP i uppdrag att, utifrån en övergripande ansats av förstudiekaraktär, utreda frågan om elektrifiering av bussar med hänsyn till tekniska, organisatoriska, miljömässiga och samhällsekonomiska perspektiv.

## 1.2 RAPPORTENS FRÅGESTÄLLNINGAR

Denna rapport belyser förutsättningarna för en övergång till eldrift av bussar i kollektivtrafiken i Västmanlands län. Avsikten med rapporten är att utgöra ett kunskapsunderlag till Landstinget inför beslut om förändringar och modernisering av fordon med tillhörande infrastruktur.

Utredningen är av förstudiekaraktär och avser följaktligen att ge en övergripande bild av förutsättningarna för elektrifiering av bussar. Detta innebär att rapporten exempelvis innehåller överslagsberäkningar med syfte att visa på storleksordningar snarare än exakta resultat.

Rapporten syftar till att besvara följande tre huvudfrågor:

- 1. Är nu är rätt tidpunkt att gå vidare med en process mot elektrifiering?**
- 2. Var och med vilka tekniker är en elektrifiering ett möjligt alternativ till dagens biogasdrift?**
- 3. Vilka viktiga aspekter måste i så fall tydliggöras eller utredas vidare i en sådan process?**

I rapportens samlade analys (sista kapitlet), som omfattar både slutsatser och rekommendationer, presenteras bedömningarna för dessa huvudfrågor. Vidare berörs i den samlade analysen även kopplingen till de för KTF viktiga dimensionerna ekonomi, social och miljö samt ett antal identifierade risker.

För att närma sig huvudfrågorna ovan har rapporten i övrigt strukturerats utifrån följande delar med underliggande frågeställningar;

- **Förutsättningarna för elektrifiering av bussflottan i Västmanland.** Hur ser marknaden ut? Vad har Västmanland för specifika förutsättningar i termer av geografi och sett till resandemönster?
- **Effekter av eventuell elektrifiering.** Hur påverkas biogassystemet av en eventuell övergång till eldrift? Hur bör eventuella negativa effekter på biogassystemet mötas? Behöver elnätet förstärkas? Hur påverkas miljö och ekonomi av eventuell elektrifiering? Hur påverkas kostnader av en övergång till eldrift? Vilka aspekter är viktiga att ta med i en lönsamhetskalkyl?
- **Viktiga aspekter inför eventuell elektrifiering.** Vilka nya roller och ansvarsområden uppstår med en elektrifiering? Hur kan ansvaret fördelas? Hur påverkas dagens samarbetsytor? Vilka intressenter behöver höras inför en elektrifiering? Finns det ytterligare frågor som behöver utredas vidare inför en eventuell elektrifiering?

Rapporten har reviderats 2016-11-25, se bilaga 2 för information om ändringar.

## 1.3 METOD OCH DISPOSITION

### **Kapitel 2 – 5: Förutsättningar för elektrifiering av bussflottan i Västmanland**

Förutsättningarna för elektrifiering av den kollektiva busstrafiken i Västmanland kartläggs i tre steg.

**I kapitel 2 - Elbussar och dess infrastruktur** görs en detaljerad sammanställning av vilka olika tekniker för elektrifiering som finns tillgängliga idag. Här listas även hur olika tekniker svarar mot ett stort antal viktiga faktorer som är viktiga att beakta vid val av teknisk lösning.

*Metod och underlag:* Sammanställningen bygger på tidigare WSP-studier. De tidigare insikterna har uppdaterats utifrån kontakter med fordonstillverkare samt vetenskapliga sammanställningar från bland annat Nationellt kunskapscentrum för kollektivtrafik.

**I kapitel 3 - Erfarenheter från införande i andra städer** presenteras ett stort urval av exempel på pågående och genomförda elbussprojekt med ett centraleuropeiskt fokus.

*Metod och underlag:* Sammanställningen bygger på tidigare WSP-studier som uppdaterats och förstärkts med ytterligare exempel.

**I kapitel 4 - Geografi och resande i Västmanland** ges en överblick över Västmanlands specifika förutsättningar utifrån resmönster och geografi.

*Metod och underlag:* Sammanställningen bygger på uppgifter från kollektivtrafikförvaltningen och ABVL (AB Västerås Lokaltrafik) som är det landstingsägda bolag som står för driften av busstrafiken i länet idag.

**I kapitel 5 - Sammanfattning av förutsättningar för elektrifiering** ställs befintlig teknik i relation till Västmanlands specifika förutsättningar i form av linjetyper och resmönster. Här presenteras också utredningens rekommendationer om vilka tekniker som utifrån genomgången av befintlig teknik och Västmanlands förutsättningar bör vara fortsatt intressanta att utreda för länet.

*Metod och underlag:* Rekommendationerna har tagits fram av utredningens experter på basis av de förutsättningar som presenteras i kapitel 2 – 4.

## **Kapitel 6-10: Konsekvenser av eventuell elektrifiering**

Konsekvenser av en eventuell elektrifiering diskuteras med utgångspunkt i framtaget scenario och utifrån en rad perspektiv. Samtliga perspektiv är viktiga för beslutsfattare att ha med sig inför beslutet om, och i så fall hur, fortsatta steg mot en elektrifiering av busstrafik i länet bör tas.

**I kapitel 6 - Avgränsning som grund för konsekvensanalyser** presenteras de avgränsningar som ligger till grund för konsekvensberäkningar och de resonemang som följer därefter. Som en del i avgränsningen presenteras ett huvudscenario för hur en eventuell elektrifiering av kollektivtrafiken i länet kan tänkas ta form. Vidare diskuteras ett par alternativa scenarier för hur en elektrifiering kan ta sig uttryck. Det ska poängteras att utredningens ambition är att presentera ett av flera möjliga sätt på vilket trafiken i länet kan tänkas elektrifieras. Syftet är att illustrera hur en elektrifiering skulle kunna te sig, för att sedan möjliggöra resonemang kring potentiella konsekvenser av en elektrifiering. Vi anser att det redan på ett tidigt stadium behöver föras resonemang kring tänkbara konsekvenser av en elektrifiering. Syftet i utredningen är därmed inte att presentera ett färdigt förslag till elektrifieringslösning.

*Metod och underlag:* Huvudscenariot är framtaget med utgångspunkt i de genomgångar av förutsättningar, erfarenheter och viktiga faktorer att ta hänsyn till som presenteras i kapitel 2-4 samt antaganden och resultat ur en utredning som genomförts av ABVL under 2015.<sup>1</sup>

**I kapitel 7 - Konsekvensanalys för biogassystemet i länet** presenteras effekterna hur en elektrifiering av busstrafik i

---

<sup>1</sup> Förstudierapport elbuss 2015. En tidigare, mer tekniskt inriktad, utredning om eventuell elektrifiering av kollektivtrafiken i Västerås som genomförts av ABVL 2015

Västerås stad kan väntas påverka biogassystemet i länet. Här beskrivs översiktligt hur fordonsgasmarknaden ser ut i länet idag samt VafabMiljös roll som biogasproducent i sammanhanget. Utredningen presenterar stegvis och bedömer olika alternativa avsättningsformer för biogasen. Kapitlet avslutas med en bedömning av hur en minskad efterfrågan på fordonsgas kan förväntas påverka den framtida tillgången för kollektivtrafiken samt en lista med förslag på frågor att ta vidare i eventuella kommande utredningar.

*Metod och underlag:* Konsekvensanalysen bygger på uppgifter om anläggning och marknad från VafabMiljö, statistik från SCB och WSP-specialisternas kunskap om branschen. WSP har också kommunicerat med och intervjuat ett stort antal aktörer på marknaden kring deras roller, planer och behov idag och i framtiden.

**I kapitel 8 - Behov av förstärkning av elnät redovisas** effekterna för elnätet i termer av investeringsbehov i nät och terminaler som kan bli aktuella i samband med en övergång till eldrift. I samband med detta ges även en kostnadsuppskattning för de investeringar som kan komma att krävas.

*Metod och underlag:* Bedömningen baseras på underlag från- och diskussioner med Mälarenergi samt på WSP-specialisters kunskap om tekniken. En avgränsning har gjorts till hur nätet påverkas av elektrifiering enligt utredningens huvudscenario samt översiktligt om vilka krav som ställs vid en eventuell elektrifiering med ”tråd”.

**I kapitel 9 – Energieffektivitet och miljö** presenteras hur olika möjliga drivmedelsval kan väntas påverka miljö och klimat. Beräkningarna är baserade på förutsättningarna som idag råder i Västerås för den del av bussflottan som omfattas av en elektrifiering enligt huvudscenariot.

*Metod och underlag:* Jämförelsen utgår ifrån mängden tidtabellagd trafik på de linjer som berörs av en elektrifiering enligt framtaget huvudscenario. Drivmedelsförbrukningen för biogasfordon är baserad på uppmätta värden från ABVL. I slutet av kapitlet redovisas hur- och utifrån vilka- antaganden jämförda värden är beräknade.

**I kapitel 10 – Kostnad och investeringar** redovisas och diskuteras de kostnader per kilometer som är förknippade med olika drivmedelsval. Här sammanställs också de utgifter som behöver göras i samband med en elektrifiering. Vidare presenteras en lönsamhetskalkyl där utgifter kopplade till ett system med eldrift, jämförs med utgifter kopplade till dagens system med biogasdrift. I anslutning till denna görs sedan en känslighetsanalys som visar vilken betydelse olika kostnadsposter och antaganden har för lönsamheten.

*Metod och underlag:* Jämförelsen av kostnad per kilometer är baserad på tidigare erfarenheter. Övriga kalkyler är gjorda med utgångspunkt i det huvudscenario som tagits fram och presenteras i avsnitt 6.2. Antaganden om kostnader som

uppkommer och investeringar som behöver tas vid val av eldrift respektive vid fortsatt biogasdrift redovisas i kapitlet. Underlaget är baserat på kalkyldata från AB Västerås Lokaltrafik och WSP:s erfarenheter från tidigare studier.

## **Kapitel 11-15: Viktiga aspekter inför eventuell elektrifiering**

I rapportens tredje del diskuteras ett antal ytterligare frågor som förvaltningen och landstingsstyrelsen behöver ta ställning till och eller söka svar på, i samband med eventuellt beslut att gå vidare med en mer omfattande utredning om elektrifiering.

**I kapitel 11 - Möjligheter till stöd och bidrag** redovisas de stödformer, utifrån vilka utredningen bedömer att det finns störst möjlighet att få ekonomiskt bidrag från, vid eventuell elektrifiering av kollektivtrafik i länet

*Metod och underlag:* Redovisningen är baserad på en genomgång av olika ett antal möjliga stödformer som WSP har kännedom om sedan tidigare.

**I kapitel 12– Roller – ansvar, ägande och affärsmodell** listas ett antal viktiga faktorer att ta i beaktan i samband med att nya ansvarsområden fördelas på olika berörda förvaltningar och andra enheter i länet. Utredningen presenterar även en möjlig fördelning av viktiga ansvarsområden, i syfte att ge parterna ett material att utgå ifrån

*Metod och underlag:* Diskussionen i kapitlet tar sin utgångspunkt i WSP:s tidigare erfarenheter kring elektrifiering av busstrafik. De förslag utredningen har tagit fram har även stämts av mot de aktörer som deltagit vid utredningens fokustmöte på samma tema och reviderats utifrån synpunkter som inkommit.

**I kapitel 13 - Stadsmiljö och samråd** ges en bild av vilka samråd som måste, respektive bör, genomföras i samband med planering av elektrifiering samt vilka krav och hänsyn som kan behöva mötas ur statsmiljösynpunkt.

*Metod och underlag:* Diskussionen i kapitlet tar sin utgångspunkt i WSP:s tidigare erfarenheter i stadsplaneringsfrågor och kunskap om planprocessen.

**I kapitel 14 - Konflikter och synergier med möjlig framtida kapacitetsstark kollektivtrafik** diskuteras i vilken mån en eventuell framtida förstärkning av kollektivtrafiken i Västerås stad med ett så kallat BRT-system (Buss Rapid Transport, ett kapacitetsstarkt system för busstrafik) eller spårväg är kompatibelt med en eventuell elektrifiering av stadens bussar.

*Metod och underlag:* Diskussionen i kapitlet tar sin utgångspunkt i WSP:s tidigare erfarenheter i stadsplaneringsfrågor och kunskap om planprocessen. Redovisningen är också i del hämtad från en pågående utredningen om Framtida kollektivtrafik i länet som WSP utför för samma uppdragsgivare. Vidare har besvarade frågeställningarna stämts av mot synpunkter och

erfarenheter från andra städer med erfarenhet av elektrifierad busstrafik, BRT och eller spårväg.

**I kapitel 15 – Övriga synergier** diskuteras i korthet hur förvaltningen och landstingsstyrelsen kan se på potentiella synergier med Örebro län samt med en eventuellt utbyggd solkraftsatsning.

*Metod och underlag:* WSP gör här en egen bedömning av två potentiella synergier som uppdragsgivaren visat intresse för.

## **Kapitel 16:**

### **Samlad analys, slutsatser och rekommendationer**

Rapporten avslutas med en samlad analys, slutsatser och rekommendationer. Den samlade analysen är strukturerad utifrån utredningens övergripande huvudfrågor:

- Är det rätt tidpunkt att gå vidare med en process mot elektrifiering?
- Var och med vilka tekniker är en elektrifiering ett möjligt alternativ till dagens biogasdrift?
- Vilka viktiga aspekter måste tydliggöras eller utredas vidare i en fortsatt process?

Den slutgiltiga sammanställningen berör vidare kopplingen till dimensionerna ekonomi, social och miljö samt ett antal identifierade risker.

## **Bilagor:**

Slutligen redovisas två bilagor;

- 1) Referenser
- 2) Revidering 2016-11-25



## 1.4 UTREDNINGSPROCESS OCH INTRESSENTER

WSP påbörjade utredningen i början av maj 2016.

Västmanlands län och WSP har bjudit in ett antal intressenter till sammanlagt fyra fokusmöten. Syftet med dessa sammankomster var att förankra utredningen hos direkt berörda organisationer, samt för att på ett effektivt och dynamiskt sätt leda utredningen i en riktning som stämmer överens med landstingets utredningsbehov.

### Fokusmöten

WSP har organiserat och genomfört tre fokusmöten i KTF:s lokaler i Västerås enligt följande:

- 1 juni: Fokusmöte – Huvudscenario för elektrifiering
- 7 september: Fokusmöte – Ekonomi & roller
- 15 september: Fokusmöte – Konsekvenser för biogassystemet

### Aktivt deltagande och inbjudna intressenter

Följande intressenter har varit inbjudna till och aktivt deltagande vid utredningens fokusmöten:

- *ABVL (operatör)* En övergång till eldrift på ett antal linjer har en direkt påverkan på operatör och depåägare. AB Västerås Lokaltrafik (ABVL) har därför inbjudits att närvara vid fokusmöten. ABVL har också stöttat utredningen med underlag om dagens busstrafik och från den egna elbussutredning som genomfördes 2015.
- *Mälarenergi (nätägare samt kommunalt elbolag)* Producenter, elnätägare, elbolag och underhållsleverantörer är aktörer som potentiellt kan påverkas av en övergång till eldrift i den kommunala busstrafiken. Därför har Mälarenergi, som är ett kommunalt elbolag ägt av Västerås stad, bjudits in att närvara vid utredningens fokusmöten. Mälarenergi har också stöttat utredningen med underlag om dagens elnät.
- *VafabMiljö (regional biogasproducent)* De sakägare som är aktivt involverade i det system som förser dagens trafik med biogas är viktiga intressenter eftersom en eventuell övergång till eldrift har markant påverkan på deras verksamhet. VafabMiljö, som är ett Kommunalförbund bildat av kommunerna i Västmanlands län samt Heby och Enköpings kommun har därför varit inbjuden till och deltagit i de fokusmöten som anordnats i utredningsprocessen. VafabMiljö har stöttat utredningen med underlag om dagens biogassystem.

## Andra intressenter

Utöver de aktivt deltagande intressenterna, har ett antal andra viktiga grupper identifierats. Dessa har i olika utsträckning bidragit med underlag till utredningen.

- *Västerås stad (markägare och väghållare)* Laddningsstationer kan komma att påverka stadsbilden vid hållplatser. Väghållare för gatorna där busstrafiken sker är kommun eller Trafikverket. Kommunen har inte aktivt deltagit i processen kring utredningen men följt den indirekt, via KTF.
- *Busstillverkare* Busstillverkare som säljer och utvecklar elbussar är betydelsefulla aktörer vid en eventuell elektrifiering. Även de busstillverkare som tillverkar biogasbussar och som därmed riskerar en minskad efterfrågan vid en övergång, är aktörer som troligen påverkas på kort sikt av elektrifiering. I utredningen intervjuas ett antal elbusstillverkare om befintlig och kommande teknik.
- *Tillverkare av infrastruktur* Tillverkare av infrastruktur för eldriven busstrafik är ofta redan verksamma inom spårtrafikbranschen. I Västerås finns exempelvis ABB som utvecklar och tillverkar komponenter för pantografladdning. ABB har varit intresserade av att informera sig om den pågående utredningen. WSP har träffat representanter från företaget och berättat om utredningens förutsättningar samt tagit del av ABB:s bild av förutsättningarna för elektrifiering, både generellt sett och specifikt för staden.
- *Kommersiella elbolag* I och med att elektrifiering av fordonstrafik blir en alltmer aktuell fråga, har elbolag verksamma i landet i olika utsträckning börjat arbeta för att hitta affärsmodeller och erbjudanden om kringtjänster för försäljning av laddningstillfällen. Ett sådant bolag är statligt ägda Vattenfall, som aktivt arbetar för att utveckla affärer och erbjudanden kring elektrifiering. Vattenfall har varit intresserade av att informera sig om den pågående utredningen och WSP har träffat representanter från företaget. WSP har presenterat aktuella förutsättningar för utredningen och tagit del av Vattenfalls bild av förutsättningarna för elektrifiering generellt sett och specifikt för staden.
- *Biogas Öst* Intressenten utgörs av en regional plattform som arbetar för att påverka och förbättra förutsättningarna för biogas i regionen och bidra till att berörda miljömål uppnås.
- *Länets invånare och resenärer* Målsättningen med en eventuell omställning till eldrift att kostnader och miljöpåverkan ska hållas nere för länets invånare med en bibehållen standard och tillgänglighet i kollektivtrafiken. Därmed är länets invånare betydelsefulla intressenter inför en eventuell omställning.

## 1.5 UPPRDAGSBEMANNING WSP

Uppdragsledare: Maria Nilsson  
Ombud: Mattias Frithiof, Avdelningschef  
Rapport: Maria Nilsson

### *Specialister:*

Biogasmarknad	Stefan Dahlgren, Claes af Burén
Kostnader och lönsamhet	Peter Jörgensen
Elteknik	Bror Lundbergh
Energieffektivitet och miljö	Maria Nilsson
Roller – ansvar och ägande	Maria Nilsson
Kapacitetsstark kollektivtrafik	Karin Hassner
Geografi och resande	Helen Lindblom
Planärenden och stadsmiljö	Lisette Calleberg
Miljöfordon	Björn Hugosson

### Underkonsult:

Mats Andersson (Electrodriving Scandinavia), elbussar och dess infrastruktur

## 1.6 HUR SKA UTREDNINGEN LÄSAS?

Den läsare som primärt är intresserad av utredningens övergripande frågeställningar kan med fördel välja att läsa: Sammanfattningen samt Kapitel 16.

Från och med kapitel 6 avslutas varje kapitel med en sammanfattning av slutsatser och rekommendationer.

Utredningen genomförs i ett tidigt skede och närmar sig frågan utifrån ett översiktligt perspektiv. Men vi vill ändå framhålla att det övergripande resonemanget som förs är faktabaserat. Denna typ av tidiga diskussioner har dock mycket att vinna på ett förhållningsätt där frågor och meningsskiljaktigheter på detaljnivå lämnas därhän till fördel, för en diskussion om övergripande frågor som exempelvis: Vad är viktigt att ta ställning till för att kunna avgöra om det ligger i länets intresse att fortsätta en process mot en elektrifiering?

## 2 ELBUSSAR OCH DESS INFRASTRUKTUR

I beslutsprocessen inför att investera i en buss ingår två val – val av kaross och val av drivmedel. De flesta elbussar är uppbyggda av en kaross som är utvecklad också för andra drivmedel. Till karossen görs sedan val av motor och (för elbussar) val av laddningsteknik.

Nedan presenteras ett antal olika elbusstekniker som testas i demonstrationsprojekt eller som redan finns på marknaden idag. Det som skiljer teknikerna åt är framförallt hur batterierna laddas, något som får effekt på viktiga egenskaper hos bussen som exempelvis tyngd, räckvidd och behov av investeringar i extern infrastruktur.

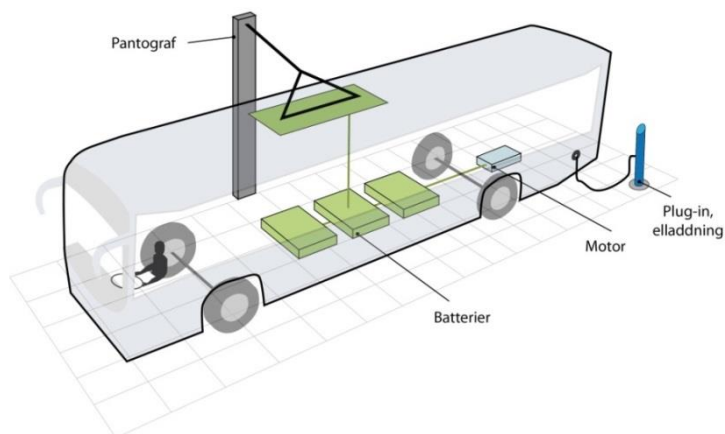
De olika teknikerna har även skilda systemegenskaper av relevans för den som bedriver kollektivtrafik. Viktiga aspekter att ta hänsyn till presenteras i avsnitt 2.2 där elbussteknikerna jämförs sinsemellan i syfte att illustrera olika teknikers styrkor och svagheter på ett överskådligt sätt.

### 2.1 DAGENS BUSSAR OCH LADDNINGSFRASTRUKTUR

#### **Helelektrisk buss – depå respektive ändhållplatsladdad batteridrift**

Helelektriska bussar (batteribussar) är på god väg in på marknaden och testas i flera länder i Europa. Som namnet antyder drivs bussarna enbart av el. Därför behöver batteripaketet vara väsentligt större än i laddhybrider för att ge den räckvidd och flexibilitet som trafikeringen kräver. Helelektriska bussar kan dock utrustas med en liten diesel/biogas/etanolgenerator, en s.k. *range extender* som kan ladda batterierna vid behov, till exempel vid extrema temperaturer eller vid förflyttning av bussarna en längre sträcka.

En distinktion görs mellan bussar som enbart normalladdas i depå över natten och bussar som dessutom snabbaddas på ändhållplatser. De förstnämnda måste ha ett mycket stort batteripaket för att klara hela dagens körning medan de sistnämnda (tilläggladdade elbussar) kan ha mindre batteri men kräver å andra sidan en laddningsinfrastruktur vid hållplatserna. Batteribussar kan enligt tillverkarens uppgifter gå upp till 25 mil på en laddning.



Figur 1 Illustration av helelektrisk buss. En helelektrisk buss har ett batteri anpassat för antingen depåladdning (laddas i depå, oftast över natt) eller för hållplatsladdning (snabbladdas vid hållplats, ofta ändhållplats)

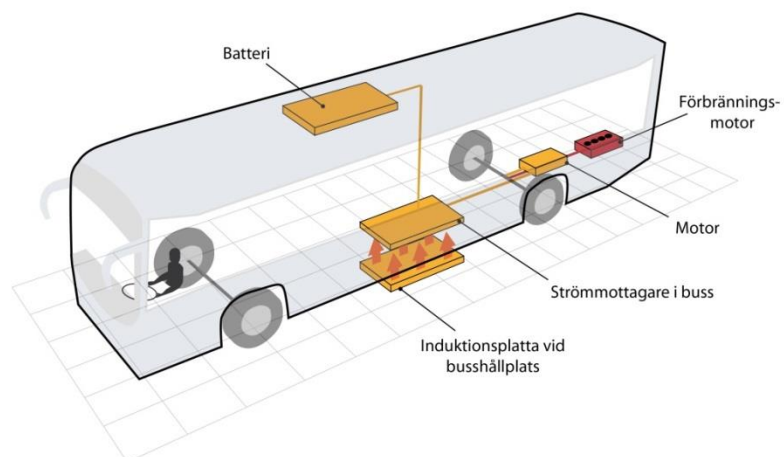
Något som bör beaktas är att det, i en elektriskt driven buss, genereras relativt lite överskottsvärme vilket innebär att en stor mängd elektricitet går åt till uppvärmning av bussen. Alternativt kan någon form av förbränningsdriven värmare användas. Detta innebär att åtgång av total energimängd ofta varierar kraftigt, beroende på årstid och väder.

### **Helelektrisk buss – induktiv laddning (buss på elväg)**

Bussar med induktiv laddning har batterier som energilager för eldrift. Ett induktivt laddningssystem består av plattor som grävs ner i vägbanan och utrustning som sitter under bussen, "pick-up". Laddning sker trådlöst med hjälp av magnetfält som skapas av ledningar i vägplattan. Magnetfältet skapar ström i "pick-up"-enheten under bussen, och batterier ombord laddas.

Bussarna laddas främst vid hållplatserna men kan även laddas utefter linjen. I det senare fallet blir infrastrukturen en "elväg" där el matas kontinuerligt till bussens elmotor. Detta är analogt med trådbuss fast

överföringen sker kontaktlöst, under bussen, istället.

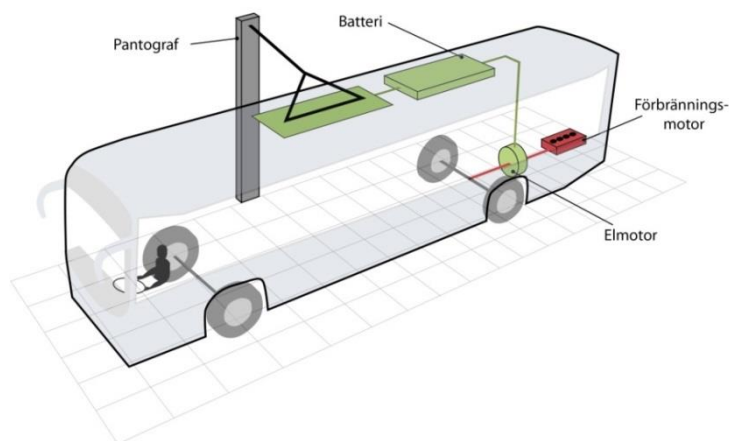


Figur 2: Illustration av induktivt laddad buss. Induktiv laddning sker utan fysisk kontakt

En fördel med induktiv laddning är att laddningsinfrastrukturen är nedgrävd i gatan och därför varken kräver utrymme eller potentiellt verkan störande i stadsbilden. En nackdel är att ett införande medför en relativt hög investering i teknik och grävarbete. Det är också relativt komplicerat och dyrt att flytta de nedgrävda vägplattorna. Bussarna långsamladdas också i depå, med fördel under natten. Långsamladdning är inte absolut nödvändig för framdriften men fyller en viktig funktion i termer av batteriutjämning.

### Laddhybridbuss

Laddhybridbussar är hybridbussar med ett större batteripaket som kan laddas utifrån, inte bara genom regenerering av bromsenergi. Laddhybridbussarna har också en förbränningsmotor som används då man inte kan eller vill köra på batteridrift.



Figur 3 Illustration av laddhybridbuss. En laddhybridbuss är en hybrid med förstorat batteri som kan laddas från elnätet

Infrastruktur vid ändhållplatser och/eller vid hållplatser där bussen stannar en lite längre stund behövs för bussens elektriska framdrift. Laddningsstationen består normalt av en laddningsstation (pantograf) och ett utrymme för transformator. Laddningsstationen kräver därmed en del utrymme vid hållplatsen, vilket kan påverka hållplatsutformningen och utgöra en begränsning vid centrala punkter, t ex i innerstaden. Laddningsstationen kräver elmatning med starkström.

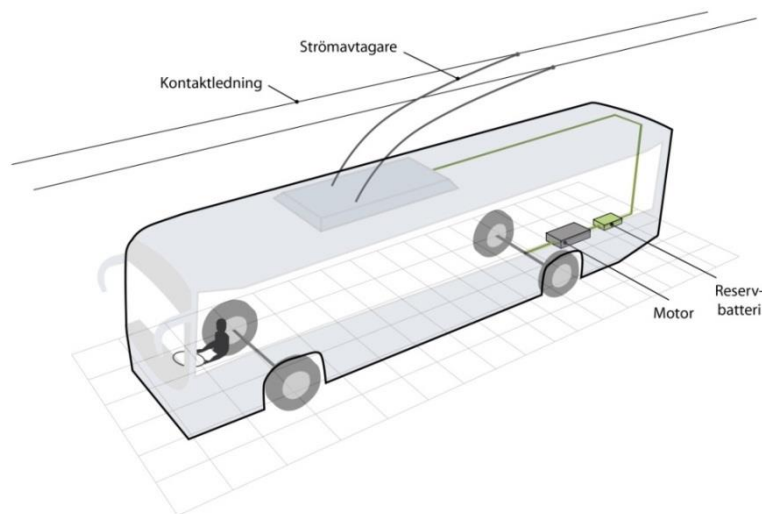
En tumregel är att bussen kan gå en kilometer på eldrift per minuts snabbaddning vid laddningspunkten, och maxlängd för sträckan för eldrift (räckvidden) är omkring en mil, beroende batteristorlek som monteras.

Det tekniska systemet är normalt placerat ovan mark. Det krävs uppgrävning av gatan eller hållplatsen för elmatningen och gjutning av fundament. Trafikplaneringsmässigt kan laddhybridbussar både gå på linje med laddningspunkter vid ändhållplatserna, men också om det skulle behövas gå på andra linjer eftersom de också har en förbränningsmotor. Bussarna långsamladdas med fördel under natt i depå, men det är inte nödvändigt.

### Trådbuss

En trådbuss är en eldriven buss som har en kontinuerlig överföring av el från trådar över vägbanan till bussens elmotor. Normalt finns även ett batteri så att bussen kan köra utanför trådnätet t ex till och från depån. Fördelen med trådbussar är att de laddas kontinuerligt. Trådbussar behöver därför inte lika tunga batteripaket som andra typer av elbussar. En nackdel är den infrastruktur med eltrådar som måste byggas ovanför bussen (likt spårvagn) något som riskerar att kan upplevas störande i stadsbilden. Trådbussar är kopplade till kontaktledningen med spröt och inte med pantograf som spårfordon. På grund av det rörelsetilläggsbatteri som finns i bussen innebär omkörningar förbi andra fordon i trafiken igen problem, vilket är en fördel gentemot spårvagnar, men, omkörningar av

andra trådbussar är mer komplicerat. Det rörelseutrymme som spröten ger innebär också att trådbussen kan köra åt sidan för att angöra en busshållplats.



Figur 4 Illustration av trådbuss. En trådbuss matas med el direkt från en kontaktledning över vägen

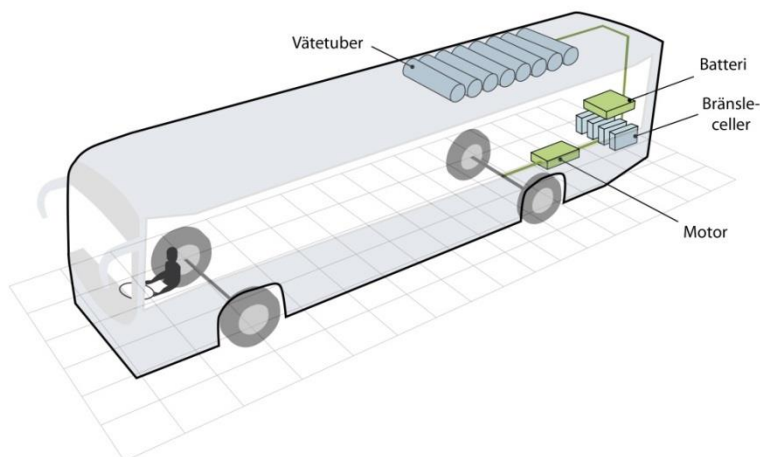
Tillskillnad mot andra elbusstekniker har trådbussen en lång historia. Därmed är teknikens livslängd väl dokumenterad. Elmotorer som används i trådbussar har lång livslängd, 30-40 år. Till skillnad mot bussar med förbränningsmotorer behöver bussarna därför inte bytas ut med 10-12 års mellanrum. Istället rekonditionerar man bussarna vilket innebär att inredning och ytskikt byts ut.

Trådbussar av "Slideln" typ är en utveckling av den traditionella trådbussen som har ett större batteri än vanliga trådbussar. Tack vare det extra batteriet kan de köra längre sträckor utan trådmattning (se vidare under rubriken Trådbuss i avsnitt 3.1).

### Bränslecellsbus

Att använda en bränslecell som strömkälla i en buss kan vara ett alternativ till batteri. Bränslecellen är en gammal uppfinning från början av 1800-talet och har sedan 1970-talet testats för framdrivning av fordon. Principen är att vätgas reagerar med syre och då bildas elektricitet och vattenånga. Vätgasen tankas i gastuber i bussen och syret tas från den omgivande luften. Fördelen jämfört med batteridrift är att räckvidden kan bli längre. Nackdelen är att det krävs vätgastankar i bussen och en tankstation för vätgas i depån. Priset på bränslecellsbusar är högt, men tekniken utvecklas kontinuerligt och det finns flera busstillverkare och städer i Europa som tror på bränslecellsbusens framtid.





Figur 5: Illustration av bränslecellsbus. I en bränslecellsbus lagras energin i form av vätgas som omvandlas till el i bränslecellen

## 2.2 EGENSKAPER ATT BEAKTA VID VAL AV ELBUSSTEKNIK

Elbussutvecklingen behöver inte nödvändigtvis ses konkurrera mellan olika tekniker. Inte heller behöver introduktion av elbussar betyda slutet för andra drivmedelsteknologier. På grund av teknikernas olikheter är det fullt möjligt att olika tekniker kommer att fylla olika funktioner i transportsystemet och existera parallellt. En fråga som redan idag är en realitet i kollektivtrafikplaneringen i många län är inte "vilket drivmedel ska vi ha?" utan "vilken typ av drivmedel ska användas på respektive linjer?". I förlängningen kan detta även leda till frågeställningen: "hur kan vi planera våra linjer ihop med val av drivmedel på ett sätt som fungerar så bra som möjligt ur resenärs-, ekonomi- och miljösynpunkt?".

Nedan listas ett antal aspekter som är viktiga att tänka på vid val av teknisk lösning för en viss linje. Hur de respektive teknikerna för eldrift svarar mot dessa aspekter presenteras sedan i fyra matriser

Tabell 1- Tabell 4.

### *Aspekter att beakta vid val av elbussteknik*

#### **Egenskaper**

- Teknikmognad – *när kan vi vänta att tekniken finns i serietillverkning*
- Räckvidd – *hur lång sträcka klarar bussen mellan varje laddning*
- Flexibilitet – *i vilken grad "låser tekniken fast" trafiken till specifika sträckningar*
- Skalbarhet – *kan systemet succesivt växa*
- Hastighet
- Storlek energibärare – *hur stora (och tunga) är batterierna?*
- Kapacitet antal resenärer – *påverkar teknikvalet maxantal passagerare i bussen?*

#### **Behov**

- Infrastrukturbehov – *i vilken grad behöver kringinvesteringar göras?*
- Krav på depå – *i vilken grad behöver ombyggnationer ske i depå?*
- Krav på ström/elkraft – *behövs nätförstärkningar?*
- Service/garanti – *ställer tekniken extra krav på service? Finns garantier?*

#### **Externa effekter**

- Buller – *hur påverkas omgivningen av störande buller?*
- Påverkan stadsbild – *hur påverkas stadsbilden?*

#### **System- och trafikegenskaper**

- Kompatibilitet med *regiontrafik* – *fungerar tekniken för regionbussar?*
- Påverkan på bussflottans storlek – *ställer tekniken krav på fler bussar per linje?*
- Tekniken passar särskilt bra...
- Faktorer som påverkar kostnad

Tabell 1 Elbussteknikernas respektive egenskaper

	Depåladdad	Pantografladdad (ändhållplats laddning)	Induktiv (laddning varje 500 m)	Laddhybrid	Bränslecell	Trådbuss
Räckvidd	ca 30 mil per dag	Obegränsad, förutsatt laddstationer Lämpliga sträckor är ca 15 km mellan laddningsstationer	Obegränsad, förutsatt laddningsstationer Ca 500 meter mellan varje laddningspunkt	Obegränsad, förutsatt laddningsstationer och/eller tankstationer Lämpliga sträckor är ca 15 km mellan laddningsstationer men bussarna klarar sig även utan el	Obegränsad, förutsatt tankstation(er) för vätgas Möjlighet finns att köra ända upp till 500 km eller mer beroende på tankstorlek	I normalfallet begränsad till tråd, förutom korta sträckor, t ex till depå. <i>Slideln</i> -drift (kombinerad tråd- och batteridrift) tillåter bussarna fri rörlighet. 20min laddning under tråd ger ca 20 km utanför nät
Flexibilitet	Mycket god flexibilitet	Begränsad flexibilitet. Begränsas av tillgång på laddningsinfrastruktur	Begränsad flexibilitet Begränsas av tillgång på laddningsinfrastruktur	God flexibilitet	Mycket god flexibilitet	Liten flexibilitet. Bättre flexibilitet med <i>Slideln</i> . Går att kombinera med spårväg.
Skalbarhet	God. Strömföröring i depå begränsande faktor	Ökad trafikering eller längre rutter kan kräva nyinvesteringar	Ökad trafikering eller längre rutter kan kräva nyinvesteringar	Ökad trafikering eller längre rutter kan kräva nyinvesteringar om bibehållen andel eldrift önskas	God. Tillgång på vätgas begränsande faktor	Skalbarheten är obegränsad men kräver infrastrukturinvesteringar
Hastighet	De flesta elbussar har en topphastighet av ca 80 km/h					
Energibärare	Större och tyngre än i andra bussar av motsvarande storlek	Måttlig tung	Måttlig tung	Måttligt stor och måttligt tung	Inte skrymmande	Liten energibärare, i normalfallet beroende av tråden. Större vid <i>Slideln</i> -drift.
Teknikmognad	Testas i stor skala. Tekniken finns men begränsad räckvidd gör den lämpad även för linjer med korta dygnssträckor. Serietillverkning i Kina.	Testas i stor skala Förserier går att köpa på marknaden idag. Serietillverkning beräknad ca 2018	Känsligt system vid snö och is Förserier går att köpa på marknaden idag.	Testas i stor skala Serietillverkning från 2016.	Mycket höga investeringskostnader Dålig tillgång på Vätgas utgör begränsning Serietillverkning bortom 5 år i tiden	Tekniken används i stor skala och har funnits länge. Erfarenheterna av <i>Slideln</i> från t ex Landskrona är goda.

Tabell 2 Elbussteknikernas respektive behov

	Depåladdad	Pantografladdad (ändhållplats laddning)	Induktiv (laddning varje 500 m)	Laddhybrid	Bränslecell	Trådbuss
Infrastruktur-behov	Mindre behov. Infrastruktur för långsamladdning i depå krävs	Stora behov Laddningsstationer vid ändhållplats á 2 – 4 Mkr	Mycket stora behov Mycket hög investeringskostnad	Stora behov Laddningsstationer vid ändhållplats á 2 – 4 Mkr	Stora behov Vätgasproduktion måste utökas och tankstationer byggas	Stora investeringar i tråd och strömförsörjning ca 10 Mkr km inkl. aggregat
Krav på depå	Höga krav på strömförsörjning. Depåer med många bussar behöver mycket kraftig eltillgång	Begränsade krav Mindre laddare behöver installeras för nattladdning			Höga. Vätgashantering ställer krav på säkerhet och infrastruktur	Inga stora krav
Krav på ström/ekraft	Kräver god strömförsörjning men låg spänning i depå	Högspänning Pantografladdning kräver en infrastruktur med laddningsstationer vid ändhållplatserna. Detta kräver att det finns god tillgång av el.	Högspänning Induktiv laddning kräver en infrastruktur med laddningsstationer vid hållplatser. Detta kräver att det finns god tillgång av el.	Högspänning	Inga krav	Kräver investeringar i matningsanläggningar. Normalt finns tillräcklig kapacitet vid anslutning till högspänningsnät. Möjligt för innehavaren av trådbussanläggningen att anlägga eget elnät med "centraliserad matning" och sköta distributionen i nätet själv.
Service/garanti	Garantier och service samt en fungerande eftermarknad är av mycket stor betydelse. Bussoperatörerna är helt beroende av god service och här har de ledande tillverkarna redan en god och beprövad organisation  Service sker som för konventionella bussar när det gäller säkerhet och normalt slitage, däremot väntas servicekostnaderna att bli lägre när det gäller oljebyten och liknande.				Här saknas ännu referenser gällande service och garantier då denna teknikgren fortfarande befinner sig på ett försöksstadium	Service och garantier finns redan i dag

Tabell 3 Elbussteknikernas respektive externa effekter

	Depåladad	Pantografladdad (ändhållplats laddning)	Induktiv (laddning varje 500 m)	Laddhybrid	Bränslecell	Trådbuss
Kapacitet antal resenärer	Begränsas av stort och tungt batteri och maxvikt	Mindre begränsning	Mindre begränsning	Mindre begränsning	Viss begränsning pga. maxvikt	I praktiken nästan ingen begränsning som har betydelse för Västmanland. Det finns dubbelledade trådbussar.
Buller	Låga bulleremissioner	Låga bulleremissioner	Låga bulleremissioner	Zone management möjliggör låga bulleremissioner där miljön är känsligast	Låga bulleremissioner	Låga bulleremissioner
Påverkan stadsbild	Ingen påverkan	Påverkan genom Laddningsstationer vid ändhållplatser	Låg påverkan. Induktiv laddning har fördelen av att inte störa bebyggelsen med stora störande Laddningsstationer	Påverkan genom Laddningsstationer vid ändhållplatser	Ingen påverkan	Påverkan i form av trådar, hur stor beror på platsen. Om inte fasad eller belysningsstolpar kan användas för tråden blir det även fler stolpar.
Klimat/-miljö	Samtliga tekniker medför minskad klimatpåverkan och minskat buller jämfört med förbränningsmotorer (se vidare kapitel 9)					

Tabell 4 Elbussteknikernas respektive System- och trafikegenskaper

	Depåladdad	Pantografladdad (ändhållplats laddning)	Induktiv (laddning varje 500 m)	Laddhybrid	Bränsle-cell	Trådbuss
Komfortabilitet med regiontrafik	Kan fungera på vissa regionala sträckor om det finns tid att underhållsladda t.ex. mellan peak-tider	Svårt att implementera för regionbussar Pantografladdade bussar har ofta ett mindre batteri som kräver laddning efter relativt kort körsträcka varvid det inte är ekonomiskt försvarbart på långa sträckor	Svårt att implementera för regionbussar Omöjligt pga. att denna teknik kräver laddning varje ungefär var 500 meter	Flexibelt mellan stads- och regionbussar Laddhybridbussar kan köra längre sträckor pga. den bränsle drivna motorn som kan driva bussen utan eltilförsel. En begränsning är dock att laddhybridbussens bränsle drivna motor är mindre än motor i konventionella bussar och är inte anpassade för landsvägstrafik	Begränsad räckvidd En bränsle cell buss kan ha så stora tankar att den kan klara regiontrafik sträckor men kräver stora investering skostnader	Kan fungera längs stråk med hög efterfrågan (BRT) framförallt med Slideln-teknik. Men är främst lämpligt i stadsmiljö.
Påverkan på bussflottans storlek	Trolig påverkan. Beror på trafikering, kan krävas fler bussar	Trolig påverkan. Beror på trafikering, kan krävas fler bussar	Trolig påverkan. Beror på trafikering, kan krävas fler bussar	Trolig mindre påverkan. Beror på trafikering, kan krävas fler bussar. Laddhybrider kan gå utanför elektrifierad linje och är i princip likvärdig en konventionell buss vid drift utanför elektrifierad linje	Begränsad påverkan	Begränsad påverkan
Tekniken passar särskilt bra...	I mindre städer med ett mindre antal eldrivna bussar, i mindre samhällen där det finns tid att mellanladda eller för linjer med korta dagssträckor och begränsade trafikdygn	I tätortstrafik med hög trafiktäthet och där bussarna kan användas upp till 24 timmar/dygn	I tätortstrafik med låga hastigheter och mycket hög turtäthet	I tätortstrafik och nära tätortstrafik med vissa sträckor med låga hastigheter	I tätortstrafik men även utmärkt i trafik mellan centrum och förort	I städer, på platser där det finns etablerat spårvagnsnät och längs stråk med stort antal resande.
Faktorer som påverkar kostnad	Dessa bussar har lägsta investeringskostnaderna, de stora kostnaderna uppstår när det krävs nya kraftigare elmatning till depåerna	För att öka kostnads-effektiviteten krävs en översyn av linjenät så att fler bussar kan nyttja samma laddningsstationer.	Induktiv laddning har stora kostnader för investeringen, dessutom uppstår stora förluster under själva laddningen vilket ökar energikostnaden. Varje buss kräver dessutom en relativt dyr och tung utrustning	I likhet med pantografladdade bussar krävs investeringar av laddningsstationer. Synergieffekter uppstår om man kan använda pantografladdade bussar i innerstad och laddhybrider mellan city och förort och använda samma laddningsstationer	De stora kostnaderna är bussarnas anskaffningspris och begränsad priset på vätgas, samt höga kostnader för investeringar i depåer mm.	Stora investeringskostnader för att anlägga tråd, ca 10 Mkr/ km Etablerad produktion och konkurrens ger fördelaktiga priser. Med större batteri (Slideln) tillkommer kostnad för batteriet.

## 2.3 TILLGÄNGLIGHETSASPEKTER

Elbussar byggs generellt sett enligt de normer som gäller för alla bussar som används i kollektivtrafik. Detta medför att det inte finns några problem ur ett tillgänglighetsperspektiv för personer med funktionsnedsättningar kopplat till karossen i en eldriven buss jämfört med konventionella bussar. En upphandlare har således möjlighet att ställa befintliga tillgänglighetskrav även på elektriska bussar.

Elektriskt drivna bilar och bussar har genererat en oro då fordonen ofta upplevs som mycket tystgående. Därmed utsätts personer med synnedsättning/blindhet för potentiell livsfara vid förflyttning i det offentliga rummet. Synskadades riksförbund (SRF) har därför beslutat att arbeta för att el- och andra tystgående fordon ska höras i trafiken lika väl som den övriga trafiken. Frågan har enligt SRF drivits såväl inom World Blind Union som av Européen Blind Union. I april 2014 antog EU-parlamentet ett förslag som innebär att samtliga biltillverkare från och med 2021 måste förse nya "tysta fordon" med akustiskt ljud. Förslaget är dock ännu inte fastställt av ministerrådet.<sup>2</sup>

## 2.4 PÅGÅENDE FORSKNING OCH UTVECKLING

### Elbussar

Ny teknik för elbussar utvecklas främst av producenter och i operativa tester i fält, både i Sverige, i Europa och internationellt. Både kostnadsbilden och teknikmognaden kring eldrivna bussar och dess laddningsinfrastruktur är idag oklar, men under de närmaste åren väntas en tydligare bild över situationen.

De aspekter som producenterna idag lägger mest resurser på är dels fordonstekniska i form av arbete med att trimma energieffektiviteten i fordonet och få så lång räckvidd som möjligt. Dels ligger fokus på att öka känslan av trygghet och säkerhet hos köparen. Detta kan bland annat uppnås genom lyckade demonstrationsprojekt men också med utvecklade paket kring service och graniter.

Det finns pågående forskning om batterier. Ett viktigt mål för bussbranschen är att få tillgång till batterier med största möjliga lagringskapacitet, utan att detta påverkar batteriets vikt. Vidare efterfrågas materiel som har längre livstid. Idag har ingen producent lyckats bygga en normalstor buss med ett batteri som klarar hela dagen utan tilläggladdning och därmed endast laddar under natten. Såvitt utredningen har kunnat bedöma, efter att ha talat med ett antal producenter, ligger en sådan lösning långt fram i tiden.

Akademins roll i teknikutvecklingen av elbussar utgörs idag främst av att stå som garant för noggrant genomförda utvärderingar av tekniken samt att bedöma elbussens miljö- och systemeffekter. Akademien har även en kartläggande och sammanställande roll. Vid Nationellt kunskapscentrum

---

<sup>2</sup> <http://www.srf.nu/> juni 2016

för kollektivtrafik (K2) har forskare från Lunds tekniska högskola gjort en kartläggning av elbussatsningar i svenska och europeiska städer.

Även offentliga organisationer har en viktig roll i elbussutvecklingen. Enligt kartläggningar utförda av K2 är kollektivtrafikmyndigheter, kommuner, operatörer, tillverkare och elbolag aktörer som deltar aktivt i demonstrationsförsök av elbussar.<sup>3 4</sup>

### Laddningsinfrastruktur – utveckling och standarder

En standardisering av gränssnittet mellan buss och laddningsinfrastruktur är en av de viktigaste frågorna när det gäller att skapa förutsättningar för en bred introduktion och spridning av elbussar, både i Sverige och i Europa. Städer och kollektivtrafikhuvudmän behöver vara trygga med att de inte låser in sig mot en leverantör i samband med utbyggnad av infrastrukturen och vice versa, att köp av bussar inte begränsar möjligheten att upphandla laddningsinfrastruktur från ett antal olika aktörer. Detta gäller både för ändhållplatsladdning (pantograf) och depåladdning över natt.<sup>5</sup>

Zeeus har i samarbete med VDV<sup>6</sup> och UTIP<sup>7</sup> tagit fram ett antal *guidelines* som i förlängningen ska leda mot en standardisering av gränssnitten både för övernattladdning i depå och för ändhållplatsladdning (pantograf). Denna typ av standarder förväntas vara klara till 2019 på europeisk nivå och till 2020 internationellt. I väntan på detta har ett antal producenter gått samman och enats kring en standard. Förhoppningen är att den i förväg överenskomna standarden, som nu samlar allt fler aktörer, i förlängningen till stor del ska övergå i den allmänna standarden. Exempelvis har busstillverkarna Irizar, Solaris, VDL och Volvo kommit överens om en europeisk standard för detta gränssnitt tillsammans med infrastruktur-tillverkarna ABB, Heliox och Siemens.<sup>8</sup>

Genom öppna gränssnitt och protokoll har alla busstillverkare möjlighet att delta i alla allmänna upphandlingar, även i städer där tekniken finns sedan tidigare med bussar från annan leverantör. Detta ger även kollektivtrafikmyndigheter och operatörer en ökad möjlighet att upphandla de fordon som passar bäst för sina trafikområden.

För trådbussar är laddningstekniken att betrakta som mogen.<sup>9</sup>

Den största frågan kring laddningsinfrastrukturen idag är dock inte av teknisk karaktär, utan handlar om modellen för hur den ska ägas och drivas. Enligt den logik som varit gällande i bränslebussar har operatören så gott som alltid stått för drivmedelstillförseln till bussarna. För vissa elbusstekniker – framför allt ändhållplatsladdning, orsakar detta problem

---

<sup>3</sup> Elbussprojekt i Sverige och Europa, Nationellt kunskapscentrum för kollektivtrafik, 2016

<sup>4</sup> Elektrifiering av stadsbussar – En genomgång av erfarenheter i Sverige och Europa, Nationellt kunskapscentrum för kollektivtrafik, 2016

<sup>5</sup> <http://zeeus.eu/news/establish-a-common-european-standard-for-e-bus-systems>, juni 2016

<sup>6</sup> Verband Deutscher Verkehrsunternehmen = Association of German Transport Companies

<sup>7</sup> En samling av 1,400 medlemsorganisationer med medlemmar som transportmyndigheter, operatörer, forskningsinstitut m.fl.

<sup>8</sup> Group of European electric bus manufacturers agrees on an open interface for charging, Press release March 15 2016

<sup>9</sup> Intervju med tillverkare juni 2016



kring frågor om ägande och affärsmodell då laddningsinfrastrukturen kan ha en längre livslängd än avtalen med operatörer i län med upphandlad trafik. För vidare diskussion om affärsmodell och roller se avsnitt 3.2 samt kapitel12.

### 3 ERFARENHETER FRÅN INFÖRANDE I ANDRA STÄDER



Figur 6 Karta över pågående Zeeusprojektet, maj 2016

På ett europeiskt plan pågår demonstrationsprojekt runt om på kontinenten, från brittiska öarna i väst till Istanbul och Tel Aviv i öst och från Umeå i norr till Lissabon och Cagliari i söder. Flera EU-projekt pågår för att stötta, uppmuntra och följa upp introduktionen av elbussar. Ett sådant är the Zero Emission Urban Bus System (ZEEUS), som syftar till att föra in helelektriska bussar i Europas urbana bussystem, att utvärdera hur elbussar bär sig ekonomiskt, miljömässigt och socialt, att underlätta spridning och stötta beslutsfattare med *guidelines* och verktyg för implementering.<sup>10</sup>

Nedan följer en sammanställd *benchmarking*-studie där ett antal demonstrationsförsök som genomförts i Sverige och Europa studerats. I sammanställningen igår även exempel på städer där eldriven busstrafik har en mer permanent karaktär.

Den teknik som testas i demonstrationsprojekt runt om i Europa är primärt europeisk. Endast 1 av 20 busstillverkare som levererat bussar till 53 pågående projekt i Europa är icke-europeisk (BYD från Kina).<sup>11</sup>

En komplikation av att teknikutvecklingen går snabbt, är att de försök som är mest relevanta i många fall ännu inte har fått mätbara resultat och kan utvärderas. I sammanställningen nedan ryms därför både en sammanfattning av pågående projekt som testar nyare teknik men som

<sup>10</sup> <http://zeeus.eu/>, 2016

<sup>11</sup> Elbussprojekt i Sverige och Europa, Kunskapscentrum för kollektivtrafik, 2016

saknar resultat och tidigare projekt som hunnit avslutas och utvärderas, men som riskerar att snart bli inaktuella.

### 3.1 ERFARENHETER FRÅN ANDRA STÄDER

#### Helelektrisk buss – depåladdning

Bonn, Tyskland (pågående)

I Bonn finns en ambition att i stort sett hela bussflottan ska vara elektrifierad år 2030. Som ett viktigt steg mot detta pågår nu ett demonstrationsförsök med 6 helelektriska 12-metersbussar (Bozankaya) och långsamladdning i depå. Syftet med försöket, som är ett EU-stött Zeeus-projekt, är både att testa tekniken och att få förståelse för de steg som behöver tas när staden planerar för en omfattande elektrifiering. Fordonen ska både gå på centrala innerstadslinjer (linje 606/607) och testas på andra linjer.

##### *Utfall*

Utvärderingen av Zeeus-försöken pågår till och med 2017

Eskilstuna, Sverige (pågående)

I Eskilstuna har två depåladdade elbussar (kinesiska BYD K9) testats under första halvåret 2016. Bussarna laddas nattetid i depå och kör kan efter laddning köra upp till 30 mil under ett dygn beroende på väder, last och vägegenskaper. Kapaciteten per buss är 70 personer varav 29 sittande.<sup>12</sup> Bussarna kös av Transdev på uppdrag av Sörmlandstrafiken.

Testet har genomförts som ett samarbete mellan Sörmlands Kollektivtrafikmyndighet, Transdev och Eskilstuna kommun.

##### *Utfall*

Testet upplevs som lyckat och har resulterat i storsatsning i form av inköp av ytterligare 10 bussar av samma märke. Enligt kommunen har chaufförerna som kört elbussarna under piloten bara gott att säga om bussarna som fungerat mycket bra i både vinterkyla och sommarvärme. Även bussresenärerna verkar enligt kommunen nöjda med elbussarna.<sup>13</sup> Med tillskottet av de nya bussarna som beräknas tas i drift omkring halvårsskiftet 2017 kommer totalt 12 elektriska bussar trafikera linjer i Eskilstuna.

#### Helelektrisk buss – ändhållplatsladdning

Umeå (i drift sedan 2010/2011)

I Umeå har elbussar sakta växt till att bli ett vanligt inslag i den kommunala trafiken. Sedan 2010/2011, då elbussar infördes som ett pilotprojekt på sträckan mellan centrum och flygplatsen, har Nobina kört

<sup>12</sup> <http://www.eskilstuna.se/sv/Trafik-och-infrastruktur/Buss-flyg-och-tag/Busstrafik-i-Eskilstuna/Elbussar-i-Eskilstuna/>

<sup>13</sup> <http://www.eskilstuna.se/sv/Trafik-och-infrastruktur/Buss-flyg-och-tag/Busstrafik-i-Eskilstuna/Elbussar-i-Eskilstuna/>

bussarna för ULTRA:s räkning som sköter Umeås lokaltrafik. Driften tas under sommaren 2016 över av Transdev.

Sedan starten under tidigt 2010-tal har Umeå kommun i omgångar beslutat att utöka satsningen på elbussar. Satsningen började som ett pilotprojekt med en buss och en laddningsstation på linjen till flygplatsen. Satsningen har succesivt växt. År 2014 beslutades om inköp av åtta nya helelektriska bussar, två nya laddningsstationer och en uppgradering av den befintliga laddningsstationen. När implementeringen är klar 2016 innebär detta att Umeå kommuns hela flygbusstrafik samt två stadsbusslinjer (linje 6 och 9) till 100 procent utgörs av helelektriska bussar och att 600 000 km dieseldrift ersätts av eldrift.<sup>14</sup> På fem års sikt finns planer på att ersätta samtliga dieselfordon i kommunen med eldrift. Därför har kommunen gått ut med en offertförfrågan omfattande inköp av 24 helelektriska bussar.

Linje 9 är omkring 15 km lång enkel väg och linjen får en laddningsstation i varje ände. En laddning omfattar 650 kW och tar 3 minuter. Detta ger bussarna tillräckligt med energi för att klara inte bara en- utan två gånger linjesträckningen- en säkerhetsåtgärd för att minska risken för bussarna att bli stående om en av laddningsstationerna faller bort.<sup>15</sup>

#### *Utfall*

*Tekniskt utfall:* I stort kan konstateras att elbussarna fungerat bra, men tillgängligheten är betydligt lägre än för en konventionell dieselbuss.<sup>16</sup> Hybricon själva uppger att det är framförallt är dörrar som krånglar.

Komplikationer har också uppstått vid det kraftiga intermittenta strömuttaget ifrån laddningsstationerna då bussarna laddar och påverkan på angränsande elnätet. Närboende har vid olika tillfällen upplevt strömlöshet (troligtvis kraftig spänningssänkning) i samband med laddning av bussar. Problemet kunde lösas med hjälp av ett batterilager i anslutning till laddningsstationen som fortlöpande laddades upp ifrån elnätet och laddas ur då bussladdning sker. Därmed reduceras det kraftiga intermittenta strömuttaget som sker då bussarna laddar och uttagen ström ur elnätet jämnas ut.

*Användarreaktioner:* Batteribussarna i Umeå är tystgående, men ur ett resenärsperspektiv finns andra ljud som kan störa (dörrar, bromsar, bussningar, stötdämpning) vilket har föranlett leverantören att experimentera med artificiella ljudmattor genom högtalarsystemet. Ur ett operatörsperspektiv är en ökning av antalet batteribussar i flottan en förutsättning för att kostnaden för infrastruktur- och kapitalbindningsrisker ska kunna bäras.

#### Barcelona, Spanien (pågående)

I Barcelona pågår ett demonstrationsförsök inom ramen för Zeeus-projektet där 2 helelektriska 12-meterbussar och 2 helelektriska 18-metersbussar testas i innerstadsdrift på ojämna gator och i alla (katalanska) väder. 12-metersbussarna är av märket IRIZAR och har en

---

<sup>14</sup> Umeå Lokaltrafik (Ultra), 2016: <http://www.tabussen.nu/ultra/bra-att-veta/hybridbussar/>

<sup>15</sup> Intervju med representant för Umeå kommun maj 2016

<sup>16</sup> Intervju med Martin Atterhall, Nobina, 17 oktober 2014

batterikapacitet på 352kW vilket ger en räckvidd på 20-25 mil och en laddtid på 6 timmar i depå. 18-emertsbussarna är av märket SOLARIS. Dessa kommer istället snabb-laddas vid ändhållplatser samt långsamladdas i depå över natt. Utvärderingen av försöket kommer fokusera på räckvidd, operativa kostnader och miljöeffekter.

#### *Utfall*

Utvärderingen av Zeeus-försöken pågår till och med 2017

#### Plzen, Tjeckien (pågående)

Två helelektriska bussar (12-meter SKODA) testas i Plzen med finansiering från EU-projektet Zeeus. Bussarna kommer att snabbaddas vid ändhållplatserna och långsam-ladda i depå. Testet är helt operationellt och syftet är att underlätta och driva på marknadsintroduktionen av elbussar i Tjeckien. Målet är att den infrastruktur som byggs upp i samband med försöket, ska fortleva efter försökets slut. Linjen som ska trafikeras av de helelektriska bussarna går mellan innerstaden och en förort (7km).

#### *Utfall*

Utvärderingen av Zeeus-försöken pågår till och med 2017

#### Göteborg (pågående)

Inom ramen för samarbetet ElectriCity (ett samarbete med aktörer från industri, forskning och samhälle) utvecklas, testas, demonstreras och utvärderas lösningar som kan bidra till en hållbar, attraktiv kollektivtrafik, däribland laddhybridbussar och helelektriska bussar (se även avsnitt om Laddhybrid nedan). Den beslutade samarbetsperioden sträcker sig fram till 2018, men avsikten är att fortsätta in i 2020-talet.

En ny busslinje genom centrala Göteborg (linje 55) trafikeras sedan 2015 av tre helelektriska bussar och sju laddhybrider. Det finns två laddningsstationer för linje 55. En är placerad utomhus (Sven Hultins plats) och en inomhus (Tekniskgatan). Vid halvårsskiftet 2016 uppgick antalet resande på de båda busstyperna till totalt cirka 100 000 resenärer i månaden. Testhållplatser finns både utomhus och inomhus. Trafiken bedrivs med hög punktlighet och få inställda turer. De helelektriska bussarna är konceptfordon med centrerad förarplats och en extra bred dörröppning med lågt insteg mitt på bussen.<sup>17</sup>

#### *Utfall*

*Tekniskt utfall:* Den statusrapport som publicerats vid halvårsskiftet 2016 är svår att bryta ner på busstyp och den tycks främst sammanfatta resultat för laddhybriderna. Från trafikstarten och fram till maj 2016 ska dock totalt cirka 35 000 turer ha genomförts med bussarna på linje 55, medan cirka 120 turer har ställts in. Detta ger 99,68 procent utförd trafik för laddhybrider och helelektriska bussar totalt sett, vilket betyder att även de helelektriska bussarna bör ha haft ett gott tekniskt utfall.<sup>18</sup>

---

<sup>17</sup> ELECTRICITY Samarbete för en hållbar och attraktiv kollektivtrafik - STATUSRAPPORT, 2016

<sup>18</sup> ibid

*Miljö, energi och ekonomi:* De tre helelektriska demonstrationsbussarna drivs av förnyelsebar el och är extremt energieffektiva, tysta och helt emissionsfria.<sup>19</sup>

*Användarreaktioner:* Användarreaktionerna har varit positiva, både från resenärer och från busschaufförer.<sup>20</sup>

### Solna (i drift sedan 2014)

Adelsöbuss kör en depåladdad elbuss (Eurabus) mellan Solna Centrum och Hagalunds industriområde på uppdrag av fastighetsbolaget Humlegården. Bussen är gratis för resenärer och har tidigare gått två år i Tyskland.

#### *Utfall*

*Tekniskt utfall:* Enligt Eurabus har inga problem kopplade till eldriften noterats. Bussen är dock inte testad i vinterklimat. I sommarvärmen var det dock inga problem att kyla bussen till 16 grader.

*Miljö, energi och ekonomi:* Operatören uppger att det skiljer ca 30 procent i elförbrukning mellan förarna.

*Användarreaktioner:* Föraren uppger sig inte ha märkt av att batterikapaciteten avtagit under mars-okt 2014.

### Helelektrisk buss – induktiv laddning (buss på elväg)



Figur 7 – Induktivt laddad elbuss, Braunschweig, Tyskland Foto från solaribus.com

Tekniken är under utveckling, och demonstreras på några platser i Europa.

### Södertälje, Sverige (start 2016)

I Södertälje har landets första två induktivt laddade hybridbussar tagits i drift under sommaren 2016. Laddhybridbussarna laddas trådlöst vid en av hållplatserna på linjesträckningen genom en installation under vägbanan. En mottagare som monterats i golvet under bussen laddar batteriet. En laddning som räcker för att köra hela linjen tar 6-7 minuter.<sup>21</sup>

<sup>19</sup> [www.goteborgelectricity.se](http://www.goteborgelectricity.se), 2016

<sup>20</sup> ELECTRICITY Samarbete för en hållbar och attraktiv kollektivtrafik - STATUSRAPPORT, 2016

<sup>21</sup> Södertälje.se, 2016: <http://www.sodertalje.se/Stad-miljo--boende/Nyheter/Sodertalje-forst-i-Sverige-med-tradlos-laddning-av-elbuss/>

### Utfall

Då bussen just tagits i drift finns ännu inga utvärderingar att tillgå.

### Braunschweig, Tyskland (pågående pilotprojekt)

I Braunschweig i Tyskland trafikerar två Solaris-bussar en 12 km lång linje sedan 2013 i ett system för induktiv överföring som levereras av Bombardier och kallas Primove<sup>22</sup>. Tekniken testas även på fler ställen i Europa. Det finns tre laddningsstationer längs linjen, vid ändhållplatsen och vid två andra hållplatser där uppehållet är minst 30 sekunder.

### Utfall

*Tekniskt utfall:* Kollektivtrafikbolaget BV-AG uppger att trafiken fungerat utan problem. Det finns tre laddningsstationer längs linjen, vid ändhållplatsen och vid två andra hållplatser där uppehållet är minst 30 sekunder.

*Miljö, energi och ekonomi:* Kollektivtrafikbolaget BV-AG uppger också att de sparar 900 000 kr per buss under 10 år på drivmedel. Kostnaden för Primove-systemet är osäker, men en preliminär bedömning är att en statisk laddningsstation, som laddar vid hållplats uppges kosta ca fyra MSEK inklusive plattan i vägen och "pick-up"-en i bussen med tillhörande elektronik, men exklusive transformator och markarbeten

### Laddhybrider



Figur 8 - Dubbeldäckade laddhybrider i London

### London (pågående)

I London pågår ett demonstrationsprojekt med 3 laddhybridbussar (12-meters dubbeldäckare). Bussarna drivs dels av induktiv laddning vid ändhållplatserna, dels av långsamladdning i depå samt av diesel. Syftet med demonstrationsförsöket är att visa upp de möjligheter som laddhybrider erbjuder som potentiell lösning på stadens luftkvalitetsproblem. Bussarna ska gå på en innerstadslinje (Canning Town – Walthamstow Central Bus Station) som är 11 km lång och tar 40-50 minuter att köra. Utvärderingen kommer att fokusera på praktiska och driftsrelaterade krav som tekniken ställer samt på kvantifiering av bränsle och utsläppsminskningar.

### Utfall

Utvärderingen av Zeeus-försöken pågår till och med 2017

<sup>22</sup> <http://primove.bombardier.com/application/bus/>

## Stockholm (pågående)

Trafikförvaltningen testar under hösten 2014 till och med 2016 åtta laddhybridbussar inom ramen för demonstrationsprojektet Zeeus. Testet genomförs i samarbete med Vatten-fall och Volvo på linje 73 i SL-trafiken. Projektet finansieras bland annat med ekonomiskt stöd från EU. Bussarna har ett batteripaket som laddas på natten och vid ändhållplatserna och beräknas kunna köras på el huvuddelen av sträckan. En bränslemotor finns också som extra stöd. Bränslemotorn kommer att gå på 100 procent förnybar HVO-diesel. Bussarna snabb-laddas vid ändhållplats (159kW) och långsamladdas i depå (11kW). Linjens längd är 17km t/r.

### *Utfall*

*Tekniskt utfall:* Bussarna har fungerat väl.

*Miljö, energi och ekonomi:* Bussarna går 1km efter en minuts snabbaddning och drar 1,4kWh/km vid eldrift. Mätt i tid körs 70 procent av linjen på el. Mätt utifrån sträcka körs 40 procent av linjen på el.<sup>23</sup>

*Användarreaktioner:* Enligt en undersökning upplever resenärerna laddhybridbussen som tystare, mer komfortabel, mer miljövänlig och estetiskt tilltalande jämfört med de upplevelser av en konventionell buss som rapporterats för samma linje när motsvarande undersökning genomfördes 2014.<sup>24</sup>

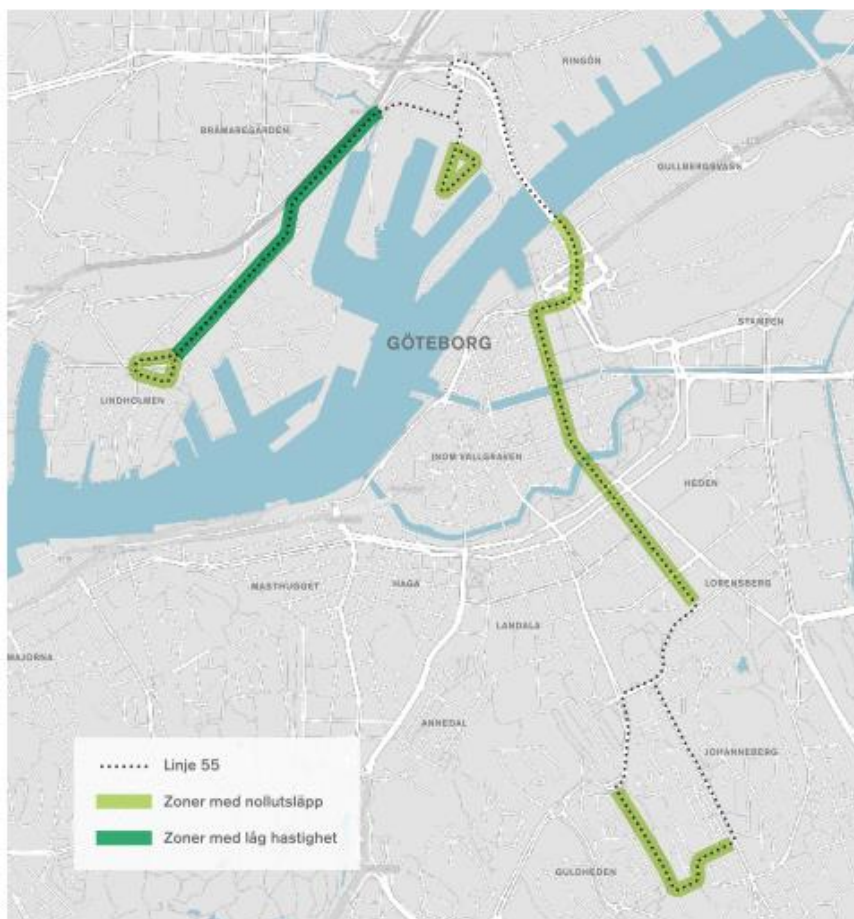
---

<sup>23</sup> Preliminära resultat. Trafikförvaltningen 2016-01-18.

<sup>24</sup> Preliminära resultat. Trafikförvaltningen 2016-01-18.



## Göteborg (pågående)



Figur 9 Karta över linjedragning för den elektrifierade linje 55 med markering av zoner för nollutsläpp (ljusgrön) samt zoner för låg hastighet (mörkgrön)

Inom ramen för ElectricCity utvecklas, testas, demonstreras och utvärderas lösningar som kan bidra till en hållbar, attraktiv kollektivtrafik, däribland 7 laddhybridbussar och 3 helelektriska bussar (se under Helelektrisk buss – ändhållplatsladdning ovan). Den beslutade samarbetsperioden sträcker sig fram till 2018, men avsikten är att fortsätta in i 2020-talet.

En ny busslinje genom centrala Göteborg (linje 55) trafikeras sedan 2015 av både helelektriska bussar och laddhybrider. Det finns två laddningsstationer för linje 55. En är placerad utomhus (Sven Hultins plats) och en inomhus (Teknikgatan). Vid halvårsskiftet 2016 var antalet resande på de båda busstyperna totalt cirka 100 000 resenärer i månaden. Testhållplatser finns både utomhus och inomhus. Trafiken bedrivs med hög punktlighet och få inställda turer. Elhybriderna som trafikerar linjen är idag fullt kommersiella produkter.<sup>25</sup>

### Utfall

*Tekniskt utfall:* Bussarna har kunnat köra med en med hög andel el även i perioder där endast en av två laddningsstationer har varit i bruk. Den prognostiserade tiden för att ladda var sex minuter. Det har visat sig att omkring tre till fyra minuter är tillräckligt för en sträcka på 7,6 km. Från

<sup>25</sup> ELECTRICITY Samarbete för en hållbar och attraktiv kollektivtrafik – STATUSRAPPORT, 2016

trafikstarten och fram till maj 2016 har cirka 35 000 turer genomförts med bussarna på linje 55, medan cirka 120 turer har ställts in. Detta motsvarar 99,68 procent utförd trafik vilket är mycket nära Västtrafiks mål på 99,85 procent.<sup>26</sup>

*Miljö, energi och ekonomi:* Elhybriderna har det första året 77 procent av tiden gått på el, resten på HVO-bränsle. Energieffektiviteten är hög, utsläppen till luft låga.<sup>27</sup>

*Användarreaktioner:* Användarreaktionerna har varit positiva, både från resenärer och från busschaufförer.<sup>28</sup>

## Trådbuss

Trådbussar finns i Landskrona i Sverige och i ett antal städer utomlands. Trådbussar har en lång historia. I Italien har trådbussar periodvis trafikerat gatorna i många städer under 1900-talet. I exempelvis Milano har trådbussar trafikerat gatorna sedan 1933. Sedan dess har linjer både tillkommit och dragits in. Idag är linjenätet, som till stor del utgörs av en ringled, totalt drygt fyra mil.

De exempel på trådbussar som beskrivs nedan har gemensamt att de utgör nya innovativa utvecklingar av trådbusstekniken där tekniken på ett eller annat sätt utvecklats i förhållande till de traditionella trådbusslösningarna.

Landskrona (trådbussar i drift sedan 2003, Slideln-test 2013-2016)



Figur 10 Trådbussarna i Landskrona. Foto: Jonas Lövendahl, slidein.se

I Landskrona har trådbussar gått i trafik sedan 2003. Totalt tre kilometer tråd och fem bussar berörs, varav en av dessa bussar är utrustad med räckviddsförlängare. En ny teknik i Landskrona så kallad Slideln- teknik medger att bussen kan lämna trådnätet och köras med batteridrift till depån eller på andra linjer. Batteriet laddas under körning längs trådbusslinjen, en sträcka som tar ca 20 minuter att tillryggalägga. För att koppla till- och från spröten parkeras bussen i position under tråden och föraren aktiverar spröten med en knapp.<sup>29</sup> En laddning om 20 minuter under tråd ger ca 20 km körning utanför tråd.<sup>30</sup>

<sup>26</sup> ELECTRICITY Samarbete för en hållbar och attraktiv kollektivtrafik – STATUSRAPPORT, 2016

<sup>27</sup> ibid

<sup>28</sup> ibid

<sup>29</sup> Lunds universitet 2016 <http://www.lu.se/article/batteridrivnen-tradbuss-till-landskrona-mer-eldrift-utan-mer-tradar>

<sup>30</sup> Uppgifter från trafikutvecklare vid Skånetrafiken, juni 2016

### *Utfall*

*Tekniskt utfall:* Driften av trådbussarna hade till en början ett negativt utfall, men operatören menar att det medförde en väsentlig förbättring när de själva tog över ansvar för underhåll. Trådbussarna bedöms idag fungera föredömligt och de beräknas ha en livstid på minst 20 år. SlidIn-bussen kan köras 68 km per dag under tråd och 106 km per dag på batteri samt har 10 battericykler per dag.<sup>31</sup> Trafikutvecklare vid Skånetrafiken anser att försöket med Slid-In-tekniken har slagit mycket väl ut och att det nu finns planer på att utöka antalet bussar.<sup>32</sup>

*Miljö, energi och ekonomi:* Driftskostnaderna för trådbussarna är relativt sett, mycket låga.<sup>33</sup> Det anses vara för tidigt att dra slutsatser om batterikostnaden, men denna utgör troligen en avgörande kostnadspost för om trådbussar. Energianvändningen är ungefär 1,5-2 kWh/km, vilket är mellan hälften och en tredjedel av energianvändningen en konventionell dieselbuss.

*Användarreaktioner:* Resenärsupplevelser är dock av olika karaktär. Bullervolymen på insidan upplevs ofta vara hög och körningen ojämn. Dessa faktorer är troligen relaterade till bussens konstruktion snarare än till energikällan. Vid vägbyggnationer fanns tidigare problem med flexibilitet, att hjälpbatteriet inte hade tillräckligt hög kapacitet för att ta bussen förbi sträckan utan extrabussar behövdes sättas in för att slussa passagerare. Hjälpbatterierna har dock bättre prestanda idag och klarar även längre sträckor.

### Wien, Österrike (i drift sedan 2012)

Sedan ett par år tillbaka trafikerar 12 tilläggsaddade helelektriska mikrobussar med snabbbladdning gatorna i Wien, i anslutning till trådbussnätet. Batterierna laddas i samband med av- och påstigning. Erfarenheterna visar på låga driftskostnader.

### *Utfall*

*Miljö, energi och ekonomi:* Bussarna rymmer 46 passagerare. Högsta hastighet är 62 km/h och räckvidden mellan laddningar uppgår till 150 km (120 km vintertid). Erfarenheterna visar på låga driftskostnader, bland annat på grund av att batteriet är litet och lätt samt att befintlig infrastruktur kunde byggas.<sup>34</sup>

## **Bränsleceller**

### Oslo, Norge (pågående)

I Oslo har fem bränslecellsbusar (van Hool) varit i trafik sedan 2013.<sup>35</sup> Bussarna ingår i ett samarbetsprojekt med åtta andra europeiska städer

---

<sup>31</sup> SlidIn 2016 <http://www.slidein.se/teknisk-beskrivning/summering-av-matvarden/>

<sup>32</sup> Uppgifter från trafikutvecklare vid Skånetrafiken, juni 2016

<sup>33</sup> Intervju med Martin Atterhall, 17 oktober 2014

<sup>34</sup> Clean Fleets 2014 [http://www.clean-fleets.eu/fileadmin/files/Clean\\_Fleets\\_case\\_study\\_\\_Vienna\\_-\\_Final.pdf](http://www.clean-fleets.eu/fileadmin/files/Clean_Fleets_case_study__Vienna_-_Final.pdf)

<sup>35</sup> CHIC-project.eu, Augusti 2016 <http://chic-project.eu/demonstration-sites/oslo>

(CHIC) som startade 2012<sup>36</sup>. Utöver bränslecellen, har bussarna ett batteri, vilket gör att de kan regenerera bromsenergi och på så sätt minska energianvändningen.

#### *Utfall*

*Tekniskt utfall:* Räckvidden är mellan 200 till 290 km vilket motsvarar ca 15 timmars körtid. Bussarna i Oslo har trafikerat relativt tunga och högratifierade linjer, men dock inte så långt som förväntat. Reservkapacitet, i form av konventionella dieselbussar, har satts in vid bristfällig tillgängligheten på bränslecellsbusar. Tillgängligheten för bränslecellsbusarna har varit cirka 64 procent vilket kan jämföras med 94-95 procent för en konventionell buss.<sup>37</sup> I andra städer inom projektet uppgår bränslecellsbusarnas tillgänglighet till mellan 40 och 80 procent. Bränslecellsbusarna tar längre tid att starta än konventionella busar.

*Miljö, energi och ekonomi:* Priset på bränslecellsbusarna från tillverkaren van Hool är ca 10 miljoner kronor. Bussarna reducerar energianvändningen med 39 procent jämfört med motsvarande dieselbuss. Vid låga hastigheter är bullernivån mycket låg. Ingen kostnadsanalys är genomförd, med noterbart är att värtgaspriset konstant legat över uppskattad nivå.<sup>38</sup>

*Användarreaktioner:* Projektet har krävt fler utbildningsinsatser än förväntat, både för förare, trafikledare och verkstadspersonal. Resenärernas reaktioner har hittills varit goda.

#### Whistler, Kanada (2011-2013)

I Whistler, Kanada, trafikerade 20 bränslecellsbusar linjer mellan 2011 och 2013.

#### *Utfall*

*Tekniskt utfall:* Tillgänglighetsgraden är cirka 67 procent. En stor utmaning för lokaltrafiken i Whistler har visat sig vara bussarnas höga vikt. Detta har inneburit högre underhållskostnader för dämpning etc. I genomsnitt var underhållskostnaderna 58 procent högre jämfört med konventionella dieselbussar.

#### Stockholm (2002-2004)

Mellan 2002 och 2004 bedrev SL (Stockholms Lokaltrafik) försök med såväl etanolhybridbussar som bränslecellsbusar (inom ramen för EU-projektet CUTE). Bussarna testades i ordinarie drift.

#### *Utfall*

*Tekniskt utfall:* Bussarna fungerade väl men undantag för sämre tillgänglighet än konventionella busar.

*Miljö, energi och ekonomi:* Bränslecellsbusarna bedömdes efter försöket ha många år kvar till kommersialisering på grund av höga kostnader.

---

<sup>36</sup> Commercialisation of hydrogen buses and the CHIC project; state of the market and project outline, Heinrich Klingenberg, HySolutions GmbH, maj 2014

<sup>37</sup> Intervju med Pernille Aga, 22 oktober 2014

<sup>38</sup> Vätgasen produceras i depån med hjälp av en så kallad elektrolysör som fungerar som en "omvänd bränslecell" och tillverkar väte och syre med hjälp av vatten och el. Stationen har haft en mycket hög tillgänglighet (98 procent)

## 3.2 SVENSKA EXEMPEL KRING ROLLFÖRDELNING OCH ÄGANDE

Utredningen visar att det finns långsiktiga planer för elbussar i fem kommuner i Sverige – i Umeå, Eskilstuna, Ängelholm, Karlstad och Jönköping. Därutöver finns det trådbussar i aktiv drift i Landskrona. Det finns också pågående demonstrationsprojekt i Göteborg, Stockholm och Södertälje. Mindre tester pågår också i Falun, Borås, Lerum/Orust, Kalmar, Karlskrona och Ale. I Sollefteå och Härnösand har operatörer, på eget initiativ, infört elbussar i trafiken.

### **Erfarenheter av rollfördelning och samarbete från Umeå**

Umeå har haft elbussar i drift sedan tidigt 2010-tal (se avsnitt 3.1 för närmare beskrivning av historik och teknik). Umeå kommun har sedan starten tagit på sig rollen som ägare av laddningsstationer och fordon. Trafiken utförs till och med månadsskiftet juni/juli 2016 av den upphandlade operatören Nobina och därefter av den nya operatören Transdev. Operatörerna äger i vanliga fall sina egna bussar men de elektriska bussar som trafikerar de linjer som kommunen beslutat elektrifiera utgör ett undantag. Det kommunala bolaget Umeå Energi står som ägare av laddningsstationerna. Underhåll och service för bussarna sköts av producenten Hybricon. Projektet har erhållit stöd från Energimyndigheten.

En representant för kollektivtrafikförvaltningen i Umeå erfar att ett nära samarbete mellan staden, energibolaget och bussoperatören är av stor betydelse vid en övergång till elbussar, både med avseende på projektering av laddningsstationer kring eventuella förändringar av linjedragningar. Utredningen har talat med Fredrik Forsell, kollektivtrafik chef på Umeå kommun, som erbjuder sig att dela erfarenheter från projektet och diskutera knäckfrågor med Västmanlands kommun.

## 4 GEOGRAFI OCH RESANDE I VÄSTMANLANDS LÄN

I detta kapitel beskrivs förutsättningarna för elektrifiering av busstrafik i länet i termer av geografi, demografi och resmönster. Trafiken i Västmanlands län idag beskrivs också utifrån vilken typ av linjetrafik som bedrivs, dagens prioriterade stråk, resmönster och trafik i Västerås tätort.

### 4.1 GEOGRAFI

Västmanland uppvisar många olika landskapstyper från bördig jordbruksbygd närmast Mälaren till skogklädda höjder som i nordväst når mer än 400 m ö h. Norrlandsgränsen. Den klimatologiska gränssonen går genom Västmanland och delar upp landskapet i två delar. Odlingsszonerna varierar från zon 2 (kring Mälaren) till zon 5 i den nordvästra delen. Klimatet varierar således påtagligt inom länet. Vid Mälaren ligger vanligtvis medeltemperaturen kring -4°C i januari och drygt 16°C i juli, medan motsvarande värden för klimatzon 5 är -6°C respektive knappt 15°C. Den uppmätta årsnederbörden är lägst vid Mälaren, som lokalt kan understiga 500 mm. Högst nederbörd återfinns på höglandet i nordväst, och kan överstiga 800 mm på sina håll.<sup>39</sup>



Figur 11 Karta över Västmanlands län Källa länsstyrelsen.se

<sup>39</sup> Uppgifter från SMHI

Sett till arbetsmarknad har Västmanland ett relativt gynnsamt geografiskt läge, med närheten till flera stora städer, bland annat Stockholm. Sett till infrastrukturen, har länet också strategisk placering med både E18 och Mäljarbanan (se karta ovan, Figur 11).

## 4.2 DEMOGRAFI

I Västmanland finns 10 tätorter, vars befolkning uppgår till cirka 75 procent av länets totala befolkning. Sedan 1970 har befolkningen varit relativt konstant runt 260 000 invånare. Befolkningsmässigt dominerar tätorten Västerås med drygt 110 000 invånare. De övriga tätorterna, har samtliga färre än 20 000 invånare, se Tabell 5. Befolkningen är i vissa fall relativt spridd även kring de mindre tätorterna. I exempelvis Sala bor endast 71 procent av arbetspendlarna i själva tätorten. Övriga är bosatta omkring de närliggande samhällena Broddbo, Möklinta och Jugansbo<sup>40</sup>.

Tabell 5. Tätorter i Västmanland med över 2000 invånare i tätorten samt i en utvidgad radie kring tätorterna på 500 meter. Källa: All Binary utifrån statistik från SCB.

Stationsort	Total befolkning tätort exp. 500 meter
Arboga	10 769
Fagersta	11 818
Hallstahammar	10 847
Kungsör	5 863
Köping	18 240
Norberg	4 680
Sala	13 073
Skinnskatteberg	2 374
Surahammar	6 204
Västerås	116 620

## 4.3 BUSSTRAFIK OCH RESANDE I LÄNET

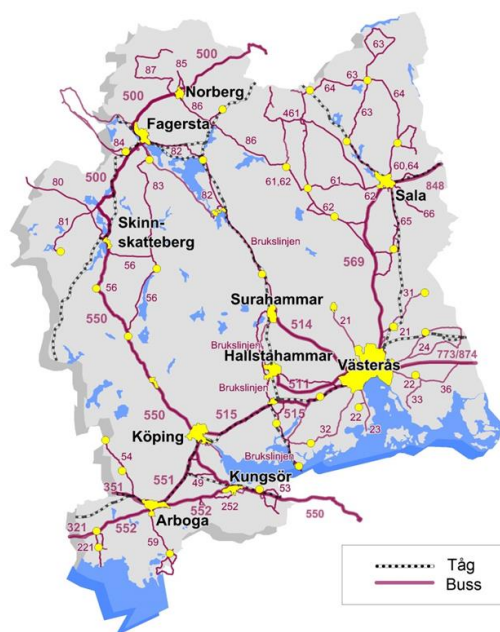
Linjetrafik för buss i Västmanland som beskrivs i Figur 12 nedan kan i dagsläget delas in utifrån fem kategorier:

- **Expressbussar:** Prioriterar restid och turtäthet, vilket innebär att linjerna trafikerar målpunkter som finns i mindre orter och på landsbygden.
- **Regionbussar:** Regionbussarna trafikerar i huvudsak samma stråk som regionaltåg och expressbussar, men gör fler stopp. För denna trafik prioriteras snarare geografisk täckning än restid.
- **Tätortstrafik:** I länet är det i första hand Västerås som är i behov av tätortstrafik. Även Fagersta, Köping, Sala i viss omfattning. Till flertalet tätorter hör vissa målpunkter som behöver vara

<sup>40</sup> Regional pendeltågstrafik med Upptåget på sträckan Uppsala-Sala, Trivector Traffic 2011.

tillgängliga boende utanför de centrala delarna. För tätortstrafiken är yttäckningen oftast viktigast, att bussen går där invånarna bor och att den trafikerar centrala målpunkter. I vissa stråk där resandeströmmarna är större finns ofta expressbussar med egen linjesträckning och bussprioritering.

- Stadslinjer
- Förortslinjer
- Servicelinjer
- **Inomkommunal landsbygdstrafik:** Denna trafik försörjer mindre orter inom kommunerna samt är samplanerade med skolskjutsuppdrag. Landsortstrafiken eftersträvar samtrafik med den regionala stomlinjetrafiken.
- **Länsöverskridande kollektivtrafik:** De viktigaste målpunkterna utanför länet när det gäller arbets- och studiependling finns längs stråken mot Örebro, Eskilstuna, Gävle, Ludvika, Uppsala, Arlanda och Stockholm. Det är längs dessa stråk som det i dag görs flest pendlingsresor över länsgränsen.



Figur 12. Buss och tåglinjenätet i Västmanland år 2016. Busslinjerna anges med lila siffror.

Ett antal linjer trafikerar idag vad som utsetts till prioriterade stråk för busstrafik i länet (se Figur 13).

Utöver linjetrafik finns även så kallade flexlinjer som erbjuder anropstyrd trafik under begränsade delar av dygnet.





Figur 13. Prioriterade stråk för buss. Linjernas tjocklek är proportionell mot antalet turer per vardag 2015. Källa: Trafikförsörjningsprogrammet Västmanland.

Det förekommer en omfattande arbetspendling inom länet, men också över länsgränsen. De största regionala pendlingsstråken inom Västmanland är Hallstahammar/Surahammar–Västerås, Sala- Västerås samt Köping–Västerås. Där sker arbetspendlingen framförallt in mot Västerås. Över länsgräns dominerar pendlingen mellan framförallt Västerås och Eskilstuna samt Västerås och Stockholm.

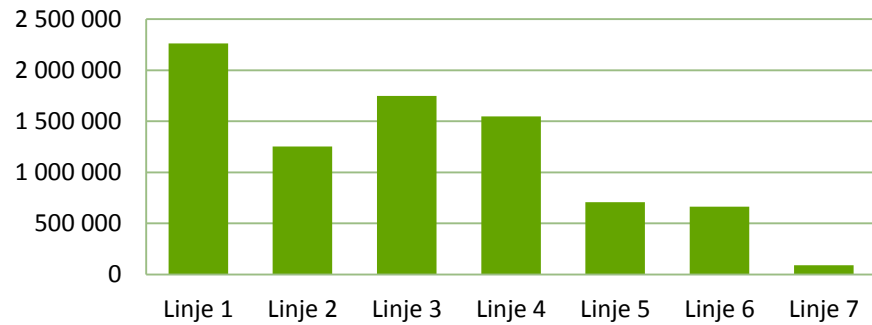
I Figur 14 nedan visas de olika orternas dragningskraft på arbetspendling från omkringliggande områden. Uppgifterna bygger på SCB:s statistik om sysselsättning, boende och arbetsplatser. Figuren gör skillnad på områden i fyra klasser utifrån hur stor del av arbetspendlingen som sker utifrån markerade områden. Den mörkaste nyansen i figuren (brun) markerar områden med högre än 60 procent inpendling till centralorter, den näst mörkaste nyansen (orange) markerar områden med 40-59 procent inpendling till centralorten, den mörkare gula nyansen markerar områden med 20-39 procent inpendling till centralort medan den ljusa gula nyansen markerar områden med inpendling till centralort på 10-19 procent.<sup>41</sup>

<sup>41</sup> Trafikförsörjningsprogrammet Västmanland



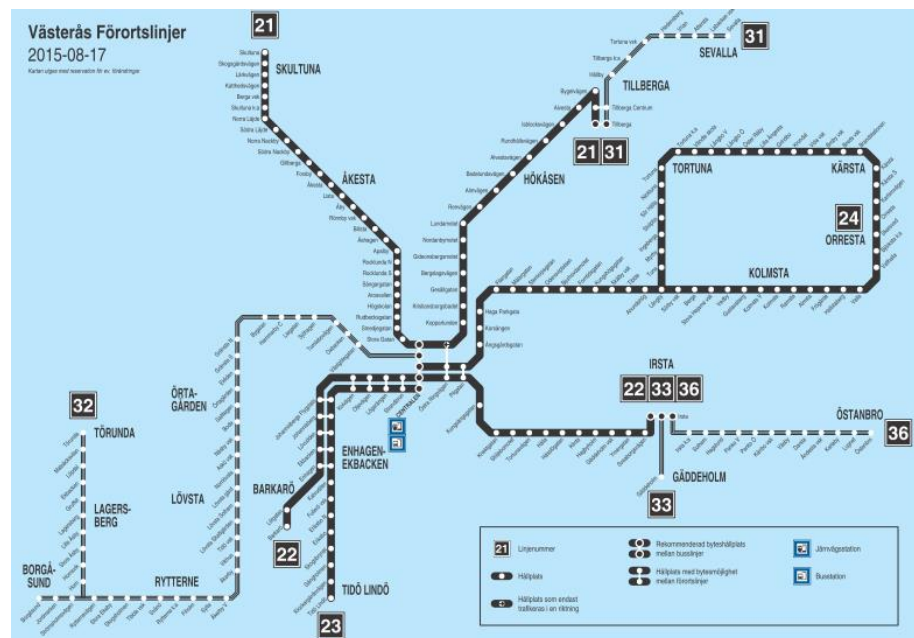


## Påstigande per år - tätort



Figur 17 Antal påstigande per år, tätortslinjer 2015

Det totala antalet påstigande under ett ligger på omkring 8,3 miljoner för tätortsbussarna vilket motsvarar ca 250 000 påstigande totalt en vanlig vintervecka.<sup>43</sup>



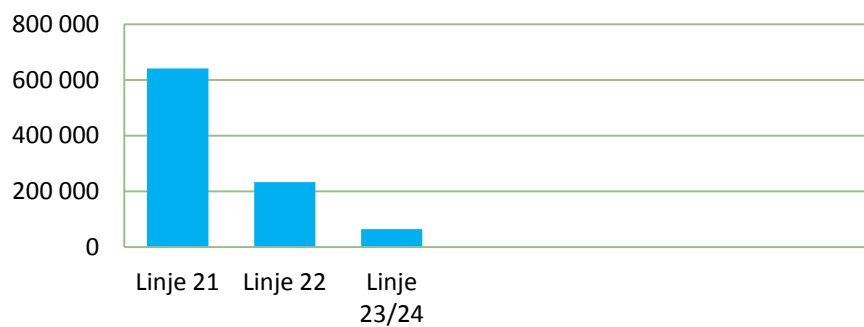
Figur 18 Linjeschema förtortsbussar Västerås (statistik från ABVL)

Förtortstrafiken (Figur 18) utgörs till stor del av de tre/fyra största linjerna 21-23/24 (Linje 23 bröts i två delar i aug 2015, till L23 och L24). Linje 21 som trafikerar Skultuna-Hökåsen-Tillberga (och omvänt) dominerar med drygt 600 000 påstigande per år vilket motsvarar knappt 19 000 påstigande en vanlig vintervecka.<sup>44</sup>

<sup>43</sup> Statistik från VL för v 49 respektive hela 2015 aggregerat

<sup>44</sup> Statistik från VL för v 49 respektive hela 2015 aggregerat

### Påstigande per år - större förortslinjer



Figur 19 Antal påstigande per år, större förortslinjer 2015 (statistik från ABVL)

Det totala antalet påstigande för förortsbussarna under ett år ligger på omkring 940 000 vilket motsvarar ca 27 000 påstigande en vanlig vintervecka (se Figur 18).<sup>45</sup>

<sup>45</sup> Statistik från VL för v 49 respektive hela 2015 aggregerat

## 5 SAMMANFATTNING AV FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR ELEKTRIFIERING

### 5.1 ELEKTRIFIERAD TRAFIK ÄR RENT TEKNISKT ETT MÖJLIGT ALTERNATIV I VÄSTERÅS STAD

Baserat på kartläggningen av tillgänglig teknik på elbusmarknaden och Västmanlands specifika förutsättningar gör utredningen följande bedömning:

*Elektrifierad busstrafik är tekniskt sett ett möjligt alternativ till dagens biogasbussar på Västerås stads- och servicelinjer samt för stadens förortslinjer.*

De tekniker som utredningen idag ser uppfyller de tekniska krav som ställs för stads- och servicetrafiken är ändhållplatsladdning, depåladdning, trådbuss och bränslecell (se Tabell 6 nedan). Kostnaden för bränslecellsbusar är i dagsläget så pass hög att utredningen anser att dessa inte bör vara aktuella för fortsatt utredning. Utredningen föreslår därmed att en eventuell fortsatt process mot elektrifiering begränsas till teknikvalen: ändhållplatsladdning, depåladdning och trådbuss med Slideln samt laddhybridversioner av dessa tre tekniker. Vidare förespråkar utredningen att en fortsatt process mot elektrifiering i närtid begränsas till elektrifiering av trafik i Västerås stad, primärt mot stadstrafik med en eventuell utvidgning till de mest trafikerade förortslinjerna. De senare bör i så fall primärt övervägas som laddhybridlinjer.

Tabell 6 Översikt över bedömning av vilka tekniker för elektrisk bussdrift som passar för respektive typ av linjetrafik.

	Ändhållplats/ Depåladdning	Tråd- buss	Ladd- hybrid	Bränsle cell	Bioga s	HVO
Stads- och servicelinjer (Västerås)	x	x	x	(x)	x	x
Förortslinjer (Västerås)			x	(x)	x	x
Region/expressl injer				(x)	x	x
Övrig trafik				(x)	x	x

### 5.2 LÅNGSIKTIG POTENTIAL

Sett till de tekniska egenskaperna kommer elbussar fortsätta att ha goda förutsättningar för busstrafik i stad- och förortstrafik i Västerås, även på lång sikt.

När det gäller trafiken utanför tätort, ute i länet, är elbussar inte ett realistiskt alternativ för regiontrafiken i dagsläget. Utredningens bedömer att elbussar inte kommer att bli konkurrenskraftiga i regiontrafik inom en idag överskådlig framtid.

Oavsett teknisk utveckling på sikt anser utredningen att stadstrafiken är den del av länets trafik som har bäst förutsättningar för elektrifiering och därmed bör vara den plats där en eventuell elektrifieringsprocess påbörjas.

Eftersom teknikutvecklingen kan gå snabbt när den väl sätter igång kan det på ca 10 års sikt vara värt att ompröva en bedömning av förutsättningarna för elektrifiering i regional trafik, som komplement till en eventuell påbörjad elektrifiering av stadstrafiken, givet att det finns ett intresse från landstingets politiker och förvaltningar.

### 5.3 SLUTSATS OCH REKOMMENDATION

- Elektrifierad busstrafik är ett tekniskt möjligt alternativ till dagens biogasbussar på Västerås stads- och servicelinjer samt för stadens förortslinjer.
- Utredningen föreslår därför att en eventuell fortsatt process mot elektrifiering begränsas till teknikvalen: ändhållplatsladdning, depåladdning och trådbuss med Slideln samt laddhybridversioner av dessa tre tekniker.
- Vidare förespråkar utredningen att en fortsatt process mot elektrifiering i närtid begränsas till elektrifiering av trafik i Västerås stad och då primärt i stadstrafiken.
- De mer trafikerade förortsbussarna ska betraktas som en eventuell möjlighet om viljan till utvidgning av en elektrifiering i staden finns och då primärt som laddhybrider.
- När det gäller trafiken utanför tätort ute i länet är elbussar inte ett realistiskt alternativ för regiontrafiken idag. Utredningens bedömer att elbussar inte kommer att bli konkurrenskraftiga i regiontrafik inom en överskådlig tid.
- Eftersom teknikutvecklingen kan gå snabbt när den väl sätter igång, kan på ca 10 års sikt vara värt att ompröva bedömningen av förutsättningarna för elektrifiering i regional trafik som komplement till en eventuell påbörjad elektrifiering av stadstrafiken. Detta förutsätter ett intresse från landstingets politiker och förvaltningar.

## 6 AVGRÄNSNING SOM GRUND FÖR KONSEKVENSANALYSER

Hittills har utredningen kartlagt hur tekniker för elektrisk drift av buss svarar mot dagens behov och förutsättningar ur en rad olika aspekter. Kartläggningen har resulterat i en dokumentation i matrisform där ett antal tekniker lyfts fram som möjliga alternativ att gå vidare med i en eventuell fortsatt utredning av elektrifiering av kollektivtrafiken i länet. Vidare utfärdas rekommendation om att främst fokusera på ändhållplatsladdning, depåladdning, trådbuss för elektrifiering i Västerås stad (Tabell 6).

### AVGRÄNSNING:

Utredningens fokus ligger på frågorna:

- **OM** det är meningsfullt för förvaltningen och landstingsstyrelsen att gå vidare med en mer omfattande utredning av hur en närtida övergång till elektrifierad busstrafik bäst kan genomföras
- vilka **MÖJLIGA KONSEKVENSER** övervägandet om att gå vidare med en sådan utredning bör känna till och ta hänsyn till
- vilka **VIKTIGA YTTERLIGARE FRÅGOR OCH ASPEKTER** som bör belysas av en eventuell mer omfattande utredning.

Det ska poängteras att utredningens rekommendationer kring valbara tekniker för olika typer av trafik INTE är baserad på djupare analyser av trafikmiljön än abstraktionsnivå som anges i Tabell 6. Utredningen har heller **inte** haft någon ambition att kartlägga hur en elektrifiering genomförs på ett optimalt sätt, varken sett till linjedragning, möjliga tidtabellsjusteringar eller sett till olika former av organisering.

För att möjliggöra resonemang kring möjliga konsekvenser en eventuell elektrifiering har utredningen ansett det nödvändigt att göra ett antal antaganden om hur en eventuell elektrifiering skulle kunna tänkas ta form, på en mer detaljerad nivå än vad som utretts i utredningens första del. Dessa antaganden har under processens gång stämts av med uppdragsgivaren och de intressenter som varit kopplade till processen.

De resonemang och konsekvensanalyser som redovisas i utredningens senare delar (kapitel 7-15) tar avstamp i **möjliga, men helt hypotetiska, scenarion** för med vilken teknik och under vilka förutsättningar en sådan elektrifiering kan tänkas ske.

Följande hypotetiska antaganden om kollektivtrafiken i Västerås stad ligger till grund för resonemang i den resterande delen av utredningen.

- **Ändhållplatsladdning** – I detta scenario ersätts tätortstrafikens sex största linjer (1-6) succesivt av helelektriska bussar medan ett antal förortslinjer ersätts av laddhybridbussar. Detta scenario är det huvudspår som ligger till grund för kalkyler och konsekvensanalyser. Scenariot är i del och för viss indata baserat på en tidigare utredning genomförd av ABVL (2015), en utredning som omfattar stadstrafiken i Västerås. De antaganden scenariot rymmer beskrivs i närmare detalj i avsnitt 6.2.



- **Trådbuss** – I detta scenario har utredningen översiktligt tittat på hur en trådbusslösning med Slideln-teknik kan tänkas utformas om landstinget och staden förordar en sådan lösning. Scenariot ligger till grund för diskussioner om vad en elektrifiering med trådbussteknik skulle ställa för krav i termer av investeringar i elnät, stadsmiljö, samråd med mera. Antaganden om hur en sådan lösning skulle kunna te sig presenteras i närmare detalj på i avsnitt 6.3.
- **Spårväg** – En diskussion har förts inom Västerås stad om förutsättningar för att komplettera trafiken med spårväg på ca 10-20 års sikt. En diskussion kring vilken roll elbussar kan få i ett sådant scenario i termer av synergier/konflikter med eventuella planer på spårväg i Västerås stad förs i avsnitt 14.1.
- **BRT**– På samma sätt som spårvägar, har BRT diskuterats som ett sätt att på sikt förstärka kollektivtrafiken i Västerås stad. En diskussion kring vilken roll elbussar kan få i ett sådant scenario i termer av kompatibilitet med planer på BRT i Västerås stad förs i också i avsnitt 14.2.

## 6.1 GRUND FÖR UTFORMNING AV SCENARION

De hypotetiska scenarion som utredningen tagit fram för hur en elektrifiering kan tänkas ta form bottnar dels i den genomgång av förutsättningar i länet och egenskaper hos teknikerna på marknaden som utredningen gjort, dels i befintliga och pågående utredningar från olika aktörer kring hur den framtida kollektivtrafiken i länet och staden kan komma att se ut.

I följande avsnitt beskrivs i korthet hur ett scenario med ändhållplatsladdning i Västerås stad skulle kunna tänkas se ut.

## 6.2 HUVUDSCENARIO - ÄNDHÅLLPLATSLADDNING

Som bas för konsekvensanalys av biogassystemet, elnät, roller, miljöeffekter och investeringsplan med mera ligger ett hypotetiskt scenario med en kombination av ändhållplatsladdning och laddhybrider. Sex stadstrafiklinjer (ändhållplatsladdning) och fyra förortslinjer (laddhybrid) elektrifieras succesivt under en period på tio år (se Tabell 7).

Tabell 7 Antaganden Ändhållplatsladdningsscenario

	Tätortstrafik Västerås	Förortstrafik Västerås
Elektrifierade linjer	Linje 1-6	21-23 (24)
Typ av fordon	Helelektrisk	Laddhybrid
Antal fordon	47st 18m bussar 12st 12m bussar	11st 15m bussar
Laddning utanför depå	11 laddningsstationer vid ändhållplats (en gemensam mellan 4 och 6)	4 laddningsstationer vid ändhållplats (en för varje linje)
Uppskattad minskad efterfrågan på fordonsgas per år (i 10 år) <sup>46</sup>	ca 3 M Nm <sup>3</sup> /år	0,7 M Nm <sup>3</sup> /år
Motsvarar andel av befintlig gasförbrukning (efter 10 år)	50%	11%

Som grund till scenariot ligger dels utredningens breda bedömning av vilka tekniker som har potential givet dagens förutsättningar, dels ett förslag till elektrifiering som tidigare utretts av ABVL (2015).

Till ABVL:s förslag har utredningen inkluderat elektrifiering av fyra förortslinjer i syfte att lyfta eventuella frågeställningar som är unika vid elektrifiering av förortstrafik. Det ska återigen poängteras att detta på intet sätt läggs fram som det "bästa möjliga" scenariot för elektrifiering av busstrafik i länet, utan mer som en möjlighet som bör studeras närmare i syfte att kunna föra resonemang kring elektrifieringens förutsättningar och konsekvenser.

Huvudscenariots konsekvenser belyses ur en rad olika aspekter i följande kapitel:

- Konsekvenser för biogassystemet diskuteras i kapitel 7
- Vilka krav huvudscenariot ställer på elnät diskuteras i kap 7
- Miljöeffekter diskuteras i kapitel 9
- En kalkyl för huvudscenariot presenteras i kapitel 10
- Möjlighet att söka statligt stöd och bidrag presenteras i kapitel 11
- Vilka nya roller för ansvar och ägande som uppstår och som behöver besättas diskuteras i kapitel 12
- Konsekvenser för stadsmiljön och behov av samråd diskuteras i kap 13
- Hur ett system med ändhållplatsladdning och andra elbussar är kompatibelt med BRT eller eventuell framtida övergång till spårväg diskuteras i kapitel 14
- Övriga frågor som kan vara viktiga att lyfta inför en eventuell övergång diskuteras slutligen i kapitel 15

### 6.3 TRÅDBUSS MED SLIDEIN ÄR ETT ALTERNATIVT SCENARIO

Även om utredningen främst valt att fokusera på konsekvenser utifrån ett scenario med ändhållplatsladdning är det viktigt att poängtera att även trådbuss med en så kallad SlideIn-lösning kan utgöra ett möjligt alternativ om KTF och landstingsstyrelsen väljer att gå vidare i frågan.

<sup>46</sup> Bortfallet av biogas är beräknad utifrån den berörda trafikens andel av biogasförbrukningen. Andelen är framräknad utifrån faktiskt körda km med hänsyn tagen till olika bränsleförbrukning i olika typer av trafik (tätort 18m, tätort 12m samt förort/övrigt).

En trådbussanläggning innebär relativt höga investeringskostnader per kilometer och är därmed främst lämpad för stadslinjer. Stadslinjerna är relativt korta och linjerna tätt trafikerade, bussarna kan då få ett högt utnyttjande av trådbussanläggningen.

Förortslinjer som är relativt glestrafikerade och relativt långa samt trafikeras med laddhybridbussar kan visserligen utnyttja trådbussanläggningen på de sträckor de går under tråd. Men den andel av körsträckan som detta sker är troligtvis så pass liten att det inte är ekonomiskt försvarbart att utrusta förortsbussar för att köra under kontaktråd.

Det är utredningens bedömning att en vidare process mot elektrifiering, om den omfattar ett alternativ med trådbusslösning, bör ta fasta på de möjligheter som Slideln-tekniken erbjuder.

Trådbuss är en teknik som i högre utsträckning än ändhållplatsladdning låser fast linjedragningen vid enskilda gator. Därför är det extra viktigt att i en eventuell fortsatt process mot elektrifiering med "tråd" beakta frågan om vilka linjedragningar som väntas vara fortsatt och stabilt aktuella för trafik ur ett långsiktigt perspektiv.

Det är också viktigt att (som i det hypotetiska exemplet nedan) ta vara på möjligheten att planera stadens linjer på ett sådant sätt att de kan samutnyttja en eller ett par sträckor för laddning som å ena sidan hålls så korta som möjligt för att minska investeringskostnaden, å andra sidan tillåts bli tillräckligt långa för att de bussar som utnyttjar tekniken ska hinna ladda batterierna innan de fortsätter utanför nätet.

För att illustrera vad ett val av trådbuss med Slideln skulle kunna innebära har utredningen valt att ta fram en översiktlig beskrivning av ett scenario där ett trådnät etableras i centrala delar av Västerås.

### **Scenario för etablering av trådnät i Västerås**

För Västerås skulle exempelvis en relativt begränsad trådbussledning i stadens centrala delar kunna nyttjas av samtliga stadsbusslinjer (1-7). En sådan anläggning skulle kräva 2-3 likriktarstationer matade ifrån Mälarenergi Nät AB:s 11 kV högspänningsnät. Lösningen bygger även på att bussarna utrustas med en Slideln-lösning där bussarna kan fortsätta på batteri på de delar av sträckan som inte har tillgång till "tråd" (se avsnitt 2.1 och 3.1). Eftersom bussarna på dessa linjer rör sig långsammare i centrumområdet och har längre uppehållstider vid hållplatserna än i förortsområdena blir den laddningstid då bussarna befinner sig under "trådarna" längre relativt sett än vad centrumsträckans faktiska andel av de totala linjesträckorna antyder.

I Figur 20 nedan visar gulmarkerad sträcka var "trådar" skulle kunna sättas upp i ett scenario där KTF och landstingsstyrelsen gå vidare mot en elektrifiering av med trådbussteknik.



Figur 20 Gulmarkerad sträcka skulle hypotetiskt kunna utgöra ett trådbussnät som täcker in delar av samtliga stadsbusslinjer

Ovan nämnda exempel är ett hypotetiskt scenario för hur en trådbusslösning i staden skulle kunna ta form utan att dagens linjesträckningar förändrades i grunden.

Frågor och konsekvenser som uppkommer vid elektrifiering med trådbussar belyses i följande kapitel:

- Ett scenario med trådbussar skulle medföra liknande konsekvenser för biogassystemet som huvudscenariot med ändhållplatsladdning eftersom bortfallet av efterfrågan på biogas kan väntas bli i samma storleksordning (se kapitel 7).
- Vilka krav ett scenario med trådbussar ställer på elnät diskuteras i korthet i kap 7.
- Konsekvenser för stadsmiljön och behov av samråd diskuteras i kap 13.
- Hur ett system med trådbussar och andra elbussar är kompatibelt med BRT eller eventuell framtida övergång till spårväg diskuteras i kapitel 14.

## 6.4 BEHOV AV TYDLIGA AVGRÄNSNINGAR I FORTSATT PROCESS

Utredningens huvudscenario bygger helt och hållet på antagandet att en elektrifiering av stads- och förortsbussar sker i termer av ändhållplatsladdning (se avsnitt 6.2).

Utöver huvudscenariot har vi översiktligt visat hur ett scenario med trådbussar med SlidIn-lösning skulle kunna ta form om landstingets och stadens politiker och förvaltningar skulle välja att fortsätta utreda ett sådant spår (se 6.3)

Denna utredning har utifrån en övergripande analys rekommenderat tre tekniker för djupare utredning. Det är dock viktigt för utredningen att framhålla att vi inte tagit ställning mellan dessa tekniker. För att kunna göra en slutgiltig och rättvis jämförelse krävs en grundlig utredning som har tydliga ingångsvärden i fråga om vilka delar av dagens trafik och stadsmiljö landstinget och staden är villiga att omförhandla om det

behövs för att möjliggöra ett så effektivt utformat system för elbussar som möjligt. Beroende på flexibilitet i förutsättningar kan olika teknikval bli olika gynnsamma.

För att illustrera att det givet ett visst teknikval finns olika möjligheter till optimering kommer vi nedan översiktligt diskutera hur möjligheten att placera laddningspunkter vid Centralstationen kan förändra förutsättningarna för elektrifiering med ändhållplatsladdning.

Beroende på hur öppna landstinget och staden är i termer av faktorer som omdragning av linjer, ändrade tidtabeller, större intrång i stadsrummet med mera kommer olika teknikval kunna optimeras på olika sätt. Samtidigt kan en lösning som optimerar systemet ur ett perspektiv (exempelvis kostnadsmässigt) medföra nackdelar ur andra perspektiv (exempelvis stadsmiljö och tillgänglighet).

Att tydliggöra ingångsvärden och begränsningar av dessa är av stor betydelse både för att det ska vara möjligt att hitta en optimal lösning och för att undvika att resurser läggs på att ta fram ett system som i ett senare skede visar sig överskrida de gränser som landstinget och eller staden är villiga att tumma på.

Det är därför utredningens rekommendation att KTF och landstingsstyrelsen och staden tar ett samlat grepp och inför en eventuell fortsatt utredning av teknikval och tydliggör vilka förutsättningar de är öppna för förändringar i. Utredningen rekommenderar också att landstinget och staden i samband med detta sätter tydliga gränser för hur öppna de är för förändringar utifrån respektive aspekt.

Med öppenhet för aspekter åsyftas här exempelvis öppenhet för tidtabelländringar, omdragning av linjer, större förändringar och ingrepp på strategiska platser i gaturummet med mera.

### **Illustrerande exempel – hållplatsladdning vid Centralstationen**

Hållplatsladdning vid Centralstationen i Västerås är en alternativ lösning för ett system med ändhållplatsladdade elbussar som inte utretts närmare i denna utredning. Här lyfts möjligheten dock kort fram för att illustrera hur öppningar för tidtabellförändringar med också relativt stora ingrepp i stadsbilden kan öppna för nya optimeringsmöjligheter i samband med teknikval.



Figur 21 Bussterminal vid Centralstationen i Västerås

En lösning där samtliga stadslinjer samt berörda förortslinjer kan ladda vid Centralstationen (se Figur 21) skulle innebära att samtliga linjer kan använda samma laddningsutrustning. Uppskattningsvis sex snabbbladdningspunkter skulle behövas på platsen för att förse samtliga bussar som angår denna hållplats med energi.

För en elektrifiering av stadsbusslinjerna är hållplatsladdning vid Centralstationen inte ett krav, men en sådan lösning har förutsättningar att ge ett mycket effektivt utnyttjande av laddningsinfrastrukturen. Inte heller för förortsbussarna med laddhybridbussar är en sådan lösning tekniskt nödvändig. Däremot kan det vara så att det inte är ekonomiskt försvarbart att elektrifiera förortslinjerna om detta inte sker med ett tillägg av laddning även vid Centralstationen. Om detta är fallet får en eventuell fördjupad utredning visa.

Valet att förlägga laddningspunkter till Centralen skulle dock kräva längre uppehållstider om cirka 5 minuter vilket ofta är längre än dagens väntetider. Dessutom skulle en sådan lösning kräva en ordentlig utredning i termer av utrymmeskrav och inverkan på stadsbild med mera.

Ett val att förlägga hållplatsladdning till Centralstationen skulle som ovan konstaterat kräva investeringar i ett flertal snabbbladdningspunkter på platsen (uppskattningsvis sex stycken). Här är det antalet bussar som laddar samtidigt som styr hur pass mycket elnätet behöver förstärkas. Att flera bussar ska kunna ladda samtidigt på en och samma plats innebär visserligen å ena sidan en högre investeringskostnad och därmed betydligt högre nätanslutningsavgifter. Å andra sidan blir nyttandefaktorn så pass mycket högre att det sannolikt skulle göra att den totala kostnaden utslaget per laddningstillfälle blir lägre än vid en lösning med laddning enbart vid ändhållplatserna.

## 6.5 FRAMTIDSSCENARIO – BRT

BRT, eller Bus Rapid Transit är benämningen på ett system med högkvalitativa kollektivtrafikstråk med hög eller mycket hög kapacitet. I ett BRT-system som trafikeras med dubbelledade bussar kan man få en kapacitet på över 3000 resenärer i maxtimmen. Beroende hur systemet är uppbyggt så kan dessa resenärer vara fördelade på flera olika linjer, som helt eller delvis trafikerar en BRT-korridor. Hur ett eventuellt framtida scenario med BRT kan dra fördel av eller konkurrera med ett eventuellt val att redan på kort sikt elektrifiera bussar diskuteras i kapitel 14.

## 6.6 FRAMTIDSSCENARIO – SPÅRVÄG

Spårväg är ett transportmedel som lämpar sig för sträckor med resandeflöden om över 1000 personer per riktning under maxtimmen. I Västerås stad har det sedan en tid tillbaka pågått diskussioner kring eventuella fördelar med att införa spårväg i staden på ett par års sikt, även om inga konkreta planer på, eller ens inriktningsbeslut mot, ett sådan införande ännu finns framtagna.

Hur ett eventuellt framtida scenario med spårväg kan dra fördel av eller konkurrera med ett eventuellt val att redan på kort sikt elektrifiera bussar diskuteras också i kapitel 14.

## 6.7 SLUTSATS OCH REKOMMENDATION

- För att beräkna kostnader för, och andra konsekvenser av, en elektrifiering behöver en mängd antaganden och avgränsningar göras. Utredningen har valt att fokusera på ett huvudscenario med ändhållsplatsladdning som grund för konsekvensanalys. Därutöver förs även övergripande resonemang kring vilka behov och frågor som kan uppstå vid val av elektrifiering med tråd och Slideln.
- Vilken teknik som framstår som det bästa möjliga valet för en specifik plats i ett visst skede kan bero av hur öppna beslutsfattare är för förändringar av trafikering och stadsbild.
- En utredning av hur ett elektrifierat bussystem bäst utformas är komplex och kostsam. Det är därmed viktigt att vara tydlig med förutsättningarna inför utredningsstart. Med förutsättningar åsyftas här faktorer som omdragning av linjer, ändrade tidtabeller, tillgänglighet för specifika grupper, större intrång i stadsrummet med mera. Tydliga ingångsvärden kan ta sig uttryck både som öppenhet för att lätta på gränser samt som begränsande riktvärden.
- Inför en eventuell upphandling av en fördjupad elbussutredning rekommenderas landstinget och staden ta ett samlat grepp och tydliggöra vilka frågor som kan gå in som öppna ingångsvärden samt vilka begränsningar den bör ges.

## 7 KONSEKVENSANALYS FÖR BIOGASSYSTEMET I LÄNET

En elektrifiering av delar av busstrafiken i Västmanland i enlighet med det huvudscenari som tagits fram och presenteras i avsnitt 6.2 leder till en minskad efterfrågan på fordonsgas på i genomsnitt 370 000 Nm<sup>3</sup> per år vilket efter 10 år ger ett bortfall i efterfrågan på 3,7 M Nm<sup>3</sup> och som motsvarar 61 procent av dagens befintliga fordonsgaskonsumtion i bussflottan

En minskad efterfrågan på fordonsgas innebär vidare försämrade konkurrenskraft eller minskade avsättningsmöjligheter för den biogas som idag produceras i länet. En försämrade konkurrenskraft eller minskade avsättningsmöjligheter för biogasen riskerar i förlängningen leda till en minskad eller nedlagd biogasproduktion vilket kan ha effekter även utanför transportsektorn.

För att förstå en eventuell elektrifierings konsekvenser för det regionala kretsloppssystem som idag producerar biogas är det viktigt att känna till skillnaden mellan begreppen rågas, biogas och fordonsgas. *Biogas* är beteckningen på det gasformiga biobränsle som bildas vid anaerob nedbrytning av organiskt material. I detta skede kan biogasen betecknas som *rågas* eftersom det krävs att den raffinerar för att den ska kunna användas som bränsle i fordon. Fordonsgas är ett samlingsnamn på metangas till fordon och kan beteckna allt ifrån helt förnybar raffinerad biogas till fossil naturgas eller en blandning av de två.

Biogasen som produceras i länet idag används tillsammans med tillskott av naturgas för att driva bussflottan i Västmanland. Därutöver går en del av den fordonsgas som förbrukas i länet till publika tankstationer. Produktionen av biogas ingår som en del i ett kretsloppssystem som utöver ett miljövänligt drivmedel ger samhällsnyttor som återföring av näringsämnen till mark, VA och insamling av matavfall. Flera av dessa samhällsnyttor kommer att regleras på EU-nivå i och med handlingsplanen om cirkulär ekonomi, med mål att öka resursutnyttjandet, öka återvinningen, förebygga uppkomsten av avfall och minska uttaget av råvaror inom unionen.<sup>47</sup>

I detta avsnitt beskrivs översiktligt det system och den marknad som biogasen som produceras i Västmanland idag är en del av. Vidare diskuteras hur en minskad fordonsgasanvändning i den kommunala busstrafiken i länet kommer att påverka det nuvarande biogassystemet i Västeråsområdet, aktiva aktörer samt de samhällsnyttor som idag uppstår i systemet.

Utöver angivna källor har flertalet marknadsaktörer kontaktats och intervjuats för att validera och bidra till rapportens siffror och påståenden. Dessa marknadsaktörer är både offentliga myndigheter och från det privata näringslivet men har av flertalet anledningar valt att vara anonyma, vilket rapportförfattarna har respekterat. Information som saknar närmare källhänvisning kan därför härledas till dessa marknadsaktörer.

---

<sup>47</sup> Handlingsplanen ligger under hösten 2016 på EUs dagordning och det är i dagsläget osäkert exakt hur utformningen kommer att bli. Förslagen finns på: [http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm)



## 7.1 SYSTEM OCH MARKNAD I LÄNET IDAG

### Produktion och marknad i Västeråsområdet

Fordonsgasnätet i Västerås drivs av VafabMiljö Kommunalförbund (VafabMiljö) vars huvudsakliga affärsidé är att säkerställa en "hållbar och miljöriktig avfallshantering och återvinning". Kommunalförbundet ägs av kommunerna i Västmanlands län samt Enköping och Heby kommun. Fordonsgasen kan ses som en biprodukt av den rötning av hushållsavfall mm. som verksamheten ändå kräver. VafabMiljö levererar fordonsgas via sitt gasnät från "Växtkraftsverket" på Gryta i Västerås till Ängsgårdets Bussdepå i samma stad. Utöver detta fraktas gas via lastväxlarflak från Gryta till tankställen och busstationer i Sala, Fagersta, Köping, Tunbytorp (Västerås) och Bäckby (Västerås).<sup>48</sup>

VafabMiljö erhåller rågas dels från sin egen avfallsdeponi på Gryta (2 810 000 Nm<sup>3</sup>, 2015) och dels från Mälarenergi AB Reningsverket i Kungsängen (1 986 000 Nm<sup>3</sup>, 2015), som VafabMiljö har ett leveransavtal med.<sup>49</sup> Mälarenergi AB ägs av Västerås Stad och levererar el, fjärrvärme/kyla, vatten med mera, främst till Mälardalsregionen.

VafabMiljö rötar bioavfall från restauranger, hushåll samt fettavskiljarlam från storkök och vallgrödor från lantbrukare, totalt 25 886 ton. Utöver biogas levereras även ca 24 173 ton biogödsel (både i flytande och fast form) till Biototal<sup>50</sup> och lokala lantbrukare.<sup>51</sup>

Mälarenergi utviner rågas både ur slam som rötas från avloppsvattnet i Västerås och slam som fraktas dit från Skultuna, Kvicksund, Enköping och Köping. Rötat slam som biogödsel, levereras till jordbruk och markåterställning (totalt ca 2200 ton).<sup>52</sup> Priset är relaterat till fjärrvärmepriset.

För att rågasen ska kunna användas som fordonsbränsle krävs att den uppgraderas till > 97 procent metan för att fungera tillfredsställande. VafabMiljö uppgraderar rågas i biogasanläggningen på Gryta (3 030 000 Nm<sup>3</sup>) som levereras till gasnätet. Rågas från Kungsängsverket transporteras i ledning till samma uppgraderingsanläggning innan gasen i uppgraderad form levereras till gasnätet.<sup>53</sup>

Till gasnätet tillkommer inköpt LNG (naturgas i vätskefas, 1 395 000 Nm<sup>3</sup>) samt uppgraderad fordonsgas som levereras från Swedish Biogas International Västerås (SBI Västerås, 2 450 000 Nm<sup>3</sup>).<sup>54</sup> SBI Västerås anläggningen, som också den är placerad vid Gryta, byggdes år 2013 och är en samlingsanläggning för rötning av främst gödsel, slakteriavfall och restprodukter från lantbruk i närheten. SBI Västerås, som ägs av Swedish Biogas International AB till 51 procent och lokala lantbrukare med 49 procent, förser även lantbruket med 80 000 ton biogödsel per

<sup>48</sup> <http://vafabmiljo.se/wp-content/uploads/2016/05/Gryta-MR-Textdel-2015.pdf>

<sup>49</sup> <http://vafabmiljo.se/wp-content/uploads/2016/05/Gryta-MR-Textdel-2015.pdf>

<sup>50</sup> Biototal Förnyelsebar Växtnäring förmedlar biogödsel som gödning till främst lantbruk.

<sup>51</sup> <http://vafabmiljo.se/wp-content/uploads/2016/05/Gryta-MR-Textdel-2015.pdf>

<sup>52</sup> <http://vafabmiljo.se/wp-content/uploads/2016/05/Gryta-MR-Textdel-2015.pdf>

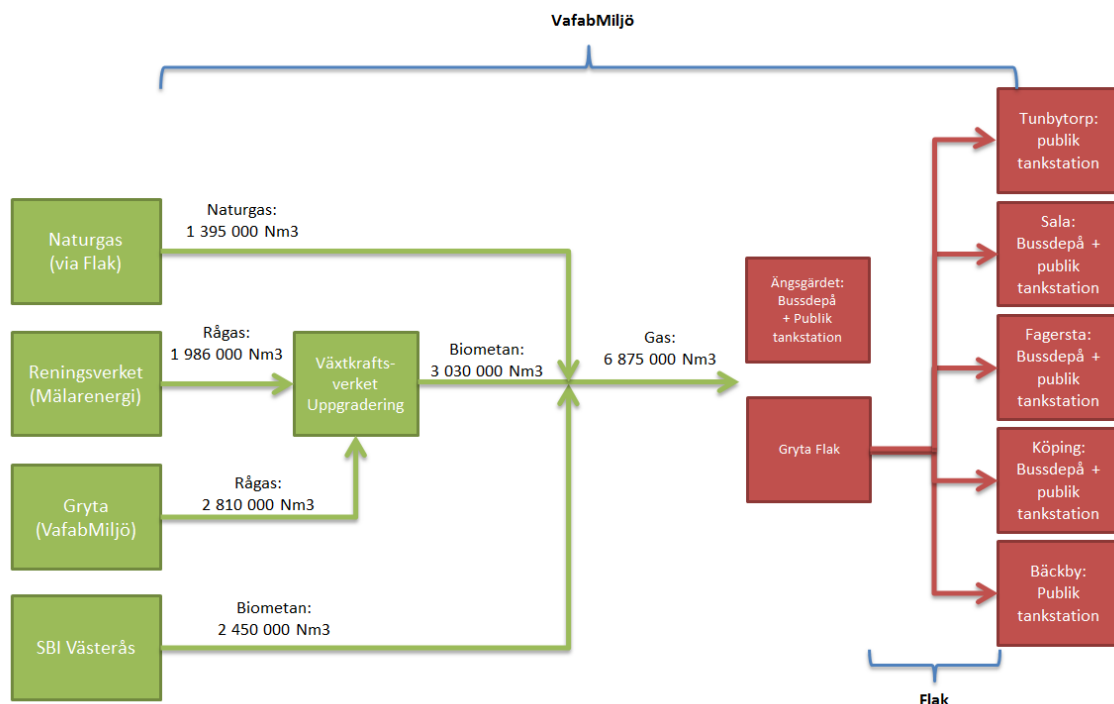
<sup>53</sup> VafabMiljö, "Underlag från VafabMiljö", Epost till WSP. Den 14 juni 2016

<sup>54</sup> <http://vafabmiljo.se/wp-content/uploads/2016/05/Gryta-MR-Textdel-2015.pdf>

år.<sup>55</sup> Biogödslet har fördelen att den är luktfri, kräver mindre spridningsareal och har ett konkurrenskraftigt pris.

All biogasproduktion går till nätet genom ett leveransavtal, som sträcker sig till år 2026. SBI Västerås har velat ompröva avtalet.<sup>56,57</sup>

I Figur 22 nedan beskrivs fordonsgasnätet i Västerås, leverantörer av rågas, uppgraderad biometan/biogas samt tankstationer och bussdepåer som är inkopplade i ett översiktligt schema.



Figur 22 Fordonsgas i Västerås med omnejd

### Kollektivtrafiken står för en stor del av dagens avsättning

VafabMiljö beräknar att ca 70 procent av fordonsgasen levereras till Västerås medan resterande 30 procent går med lastväxlarflak till Köping, Sala och Fagersta. 71 procent av all fordonsgas går till ABVL s bussverksamhet medan resterande 29 procent levereras till publika tankstationer.<sup>58</sup>

Omfattande investeringar har gjorts de senaste åren i Biogassystemet för att täcka det ökande behov som ABVL har av biogas.<sup>59</sup> Flera av investeringarna skulle troligtvis aldrig ha skett om inte ABVL hade haft en ökad efterfrågan på biogas såsom t.ex. SBI anläggningen som

<sup>55</sup> <http://www.swedishbiogas.com/index.php/sv/referensanlaeggningar/sverige/vaestas> den 8 september 2016

<sup>56</sup> [http://vafabmiljo.se/wp-content/uploads/2016/04/Sammantr % C3 % A4desprotokoll-direktionen-160307.pdf](http://vafabmiljo.se/wp-content/uploads/2016/04/Sammantr%C3%A4desprotokoll-direktionen-160307.pdf)

<sup>57</sup> <http://vafabmiljo.se/wp-content/uploads/2016/02/Protokoll-Vafab-Milj%C3%B6-AB-2016-02-11.pdf>

<sup>58</sup> VafabMiljö, "Underlag från VafabMiljö", Epost till WSP. Den 14 juni 2016

<sup>59</sup> <http://www.vlt.se/opinion/debatt/biogas-kommer-att-ge-fler-jobb-i-vastmanland> den 7 september 2016

byggdes år 2013 samt haft ett uttalat behov och intresse av en ökad gasproduktion från transporthuvudmannen i regionen.

### Dagens priser och ekonomi

Aktuellt pris för fordonsgasen till ABVL är 9,12 kr/Nm<sup>3</sup>. Vad gäller publika stationer är priset 16,57 kr/kg, vilket motsvarar 10,07 kr/Nm<sup>3</sup> exklusive moms (2016-06-14).<sup>60</sup> Priset regleras av ett leveransavtal som löper till år 2020 och beräknas årligen, baserat på ett antal index, varav 30 procent är kopplat till dieselindex. Priset gäller för all fordonsgas och tar inte hänsyn till t.ex. den dyrare hantering som krävs för att transportera gasen med lastväxlarflak till Fagersta, Sala och Köping. Priset förväntas under nästkommande period att minska, då flera av de kopplade indexen sjunkit.<sup>61</sup>

En sammanställning som VafabMiljö har gjort över deras produktionskostnader visar att VafabMiljö i dagsläget gör ett underskott på biogasanläggningen för priset till ABVL (-0,52 kr/Nm<sup>3</sup>) men en vinst på gas som levereras till publika stationer (0,43 kr/Nm<sup>3</sup>)

Kostnadspost	Pris (SEK/Nm <sup>3</sup> fordonsgas)
Råvarukostnad	5,03
Arbetskraft	1,18
Kapitalkostnad	3,49
Transporter	0,56
Försäljning av biprodukter	-1,84
Övriga kostnader	1,22
<b>Summa</b>	<b>9,64</b>

Tabell 8 VafabMiljö Produktionssiffror<sup>62</sup>

Ovan redovisad Tabell 8 anger råvarukostnader, vilka inkluderar inköpt rågas från Mälarenergi, LNG och fordonsgas från SBI Västerås.

Rågasen köps in för fjärrvärmepris och LNG köps in till ett pris av ca 4 kr + skatt. Kapitalkostnaderna ovan inkluderar gjorda avskrivningar på anläggningen och i gasnätet. Inga större investeringar projekteras framöver i gasnätet eller i uppgraderingsanläggningen.

Vid en omräkning till total vinst ges, vid 71 procent bussanvändning av gas, ett underskott på ca 1,68 M kr där gasen till ABVL ger ett negativt bidrag på 2,5 M kr och den publika gasen ett positivt bidrag på 0,857 M kr.<sup>63</sup>

<sup>60</sup> VafabMiljö, "Underlag från VafabMiljö", Epost till WSP. Den 14 juni 2016

<sup>61</sup> <http://vafabmiljo.se/wp-content/uploads/2016/02/Protokoll-Vafab-Milj%C3%B6-AB-2016-02-11.pdf>

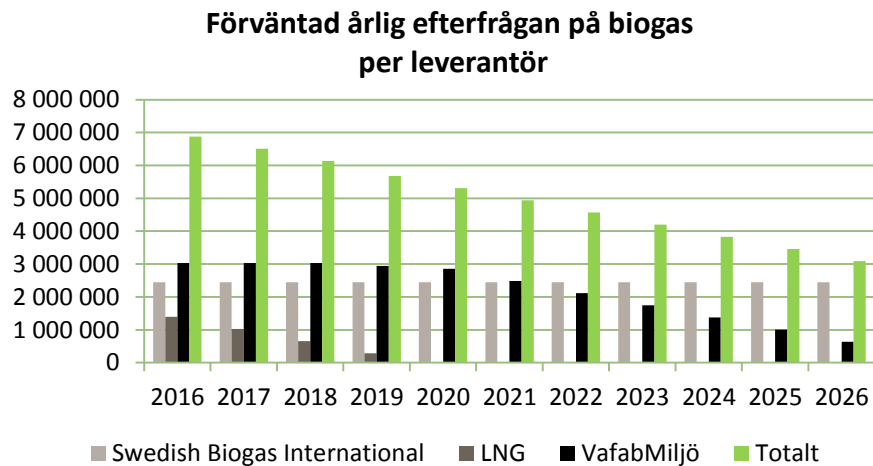
<sup>62</sup> VafabMiljö, "Underlag från VafabMiljö", Epost till WSP. Den 14 juni 2016

<sup>63</sup> Vid beräkningstillfället saknades interna siffror från VafabMiljö fordonsgasunderskottet.

## 7.2 EN MINSKAD EFTERFRÅGAN VÄNTAS SLÅ MOT NATURGASEN FÖRE BIOGASEN

Huvudscenariot som beskrivs i avsnitt 6.2 ger en minskad efterfrågan på biogas på 3 M Nm<sup>3</sup> för stadstrafiken och 0,7 M Nm<sup>3</sup> för förortstrafiken. Vid en årlig minskning av biogasefterfrågan under 10 år på 370 000 Nm<sup>3</sup>/år, om allt annat är lika.

I Figur 23 beskrivs hur en minskad efterfrågan på biogas kan väntas påverka efterfrågan av biogas och naturgas i fordonsgassystemet, under de närmsta 10 åren. I figuren antas dels att pris- och kostnadsnivåerna ligga kvar på samma nivåer som nu, dels att ingångna avtal hålls.



Figur 23 Efterfrågan på Fordonsgas baserat på antaganden enligt huvudscenariot för elektrifiering

Figur 23 illustrerar att efterfrågan på LNG (Naturgas) kan väntas minska först, trots högst positiv marginal (5,12 kr/Nm<sup>3</sup>), då det finns uttalade miljömål från ABVL, VafabMiljö osv. SBI Västerås leveransavtal sträcker sig till år 2026 vilket gör att deras nivå är oförändrad under denna period.<sup>64</sup> Fr.o.m. år 2020 sker en efterfrågeminskning av VafabMiljös uppgraderade gas.

Den finansiella påverkan på VafabMiljö är under hela perioden negativ. LNG ger idag ett positivt bidrag till fordonsgaskalkylen men försvinner succesivt fram till år 2020, vilket innebär ett årligt ökande underskott på ca -1,8 miljoner SEK eller minskade intäkter på ca 13 Mkr 2020. Från och med år 2020 påverkas även efterfrågan på VafabMiljös fordonsgas. Om alla andra kostnader är lika och ingångna avtal hålls, kommer underskottet att öka och existerande kostnader behöva fördelas på en mindre mängd fordonsgas.

Beräkningarna tar inte hänsyn till en eventuell flytt av reningsverket då det ligger bortom 2026 och ännu inte är beslutat. Befolkningsmålet i Västerås om att 2050 ha 200 000 invånare<sup>65</sup> väntas på sikt öka avfalls- och slammängden samt ABVLs verksamhet och eventuella behov men inte i till den grad att det har en signifikant betydelse fram till 2026.

<sup>64</sup> [http://www.vasteras.se/download/18.5e8d74b614b07e41ca61405f/1424335199130/Klimatprogram\\_Underlagsrapport+koldioxidutsl%C3%A4pp+energisektorn\\_2012.pdf](http://www.vasteras.se/download/18.5e8d74b614b07e41ca61405f/1424335199130/Klimatprogram_Underlagsrapport+koldioxidutsl%C3%A4pp+energisektorn_2012.pdf)

<sup>65</sup> <http://www.vlt.se/vastmanland/vasteras/vasteras-vaxer-sig-allt-storre-den-8-september-2016>

## 7.3 POTENTIAL FÖR ALTERNATIVA AVSÄTTNINGAR OCH NYA KUNDER

Utredningen har konstaterat att en eventuell elektrifiering av delar av busstrafiken i länet skulle innebära en minskad efterfrågan på fordonsgas i länet. Nedan diskuteras förutsättningarna för att motverka en minskad efterfrågan genom att hitta alternativa avsättningar för den biogas som produceras i länet. Diskussionen förs utifrån en indelning i potentiella kundgrupper.

### Publik efterfrågan

Användningen av fordonsgas i Sverige ökade fram till år 2015 men har sedan dess stagnerat (158 M m<sup>3</sup> mot 159 M m<sup>3</sup> 2014)<sup>66</sup>. Den tidigare ökningen har bland annat berott på att kommunala aktörer valt att driva bussar och andra fordon på biogas som ett sätt att minska kostnaderna för avfallshanteringen. Taxibranschen har en relativt hög andel bilar som drivs med fordonsgas (65 procent för Sverige Taxi). Ett stort problem med en fortsatt användning av gas som bränsle är att flera av biltillverkarna slutat tillverka gasbilar för taxibruk (Mercedes och Volkswagen). Statistik visar även att den publika efterfrågan i Sverige på fordonsgas, (det vill säga undantaget bussar och tankställen vid busstoppar som kräver tillstånd) minskat de senaste två åren.<sup>67</sup> Här har även föreslagen lagstiftning, som Bonus-Malus systemet, kritiserats för att missgynna biogasbilar och dämpa efterfrågan.<sup>68</sup> En kraftig efterfrågeökning från den publika sidan är således relativt osannolik inom den närmsta tiden.

### Närliggande länstrafik

Länstrafiken i Örebro, med ansvar för trafiken i Örebro län, har i avtalet för stadstrafiken i Örebro krav på användning av biogas som drivmedel. Det finns också ett exklusivt leveransavtal med Swedish Biogas fram till år 2019.<sup>69</sup> Resterande avtal har endast krav på förnybara drivmedel. Förutom Örebroanläggningen finns även Karlskogas biogasverk, som endast utnyttjas till 70 procent (varav den produktionen levereras med lastbilsflak till Stockholm).<sup>70</sup> Det finns således en överproduktion i länet och dålig avsättning.

Uppsala Vatten och Avfall levererar idag fordonsgas via sitt nät till Upplands Lokaltrafiks stadsbussdepå samt till en publik tankstation i Uppsala.<sup>71</sup> För närvarande projekteras och projekteras en ny stadsbussdepå i Uppsala med invigning år 2019. Depån kommer att ha

<sup>66</sup> <http://www.gasbil.se/Att-tank-pa-miljon/Fordonsgas-i-siffror/FordonsgasutvecklingSverige> den 8 september 2016

<sup>67</sup> [http://www.scb.se/sv/\\_/Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Energi/Tillforsel-och-anvandning-av-energi/Leveranser-av-fordonsgas/Aktuell-pong/307506/310231/](http://www.scb.se/sv/_/Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Energi/Tillforsel-och-anvandning-av-energi/Leveranser-av-fordonsgas/Aktuell-pong/307506/310231/) den 8 september 2016

<sup>68</sup> [www.energigas.se/Om-oss/VaraAsikter/~/\\_/rs\\_160708\\_Bonus-malus-system.ashx](http://www.energigas.se/Om-oss/VaraAsikter/~/_/rs_160708_Bonus-malus-system.ashx)

<sup>69</sup> <http://www.swedishbiogas.com/index.php/sv/nyheter/137-swedish-biogas-international-ab-och-oerebro-kommun> den 8 september 2016

<sup>70</sup> <http://www.bussmagasinet.se/2016/05/bara-halvfart-for-biogas-i-karlskoga/> den 8 september 2016

<sup>71</sup> [http://www.uppsalavatten.se/Global/Uppsala\\_vatten/Dokument/Milj%c3%b6rapporter/2015/Miljorapport\\_Biogas\\_2015.pdf](http://www.uppsalavatten.se/Global/Uppsala_vatten/Dokument/Milj%c3%b6rapporter/2015/Miljorapport_Biogas_2015.pdf)

anslutning till fordonsgasnätet samt tillägg av laddningsstationer för elbussar samt tankställen för biodiesel.<sup>72</sup> Uppsala Vatten anses kunna uppfylla det nuvarande och framtida behovet av fordonsgas men det finns även närliggande anläggningar som drivs av Statens Lantbruksuniversitet.

Stockholms Lokaltrafik förses via Stockholm gas och dess fordonsgasnät med tillräckliga mängder fordonsgas.

Dalatrafiken ställer inga krav på fordonsgas för de upphandlande bussoperatörerna i nuvarande trafikupphandling utan fanns endast med som en anbudsoption. Avtalet gäller i 10 år (+/- 1 år) och operatörerna kan frivilligt välja fordonsgas. Det anses osannolikt då anbuden till trafikupphandlingen med fordonsgas var 23 procent dyrare. Om det hade varit upp till 7 procent dyrare hade det blivit fordonsgas.

Vidare förses Sörmlandstrafiken, som omfattar bland annat Eskilstunas bussar, via Eskilstuna Energi och Miljö AB Eskilstunas med fordonsgas. I länet levererar även SBI Katrineholm (Katrineholm, 4 M Nm<sup>3</sup>/år) fordonsgas samt ytterligare två produktionsenheter i Strängnäs och i Stigtomta med upp till 10 M Nm<sup>3</sup>/år planeras.<sup>73</sup>

Längre transporter, det vill säga avsättningar till mer avlägsna regioner än de ovan beskrivna, kommer att påverka priset negativt, antingen på grund av ett ökat behov att omvandla fordonsgasen till LBG (flytande biogas för enklare transport) vilket kräver ökade investeringar eller för att kunna konkurrera med lokala marknadspriser. En ersättning motsvarande LNG priset (4 kr/Nm<sup>3</sup>+ skatt - transport) kan antas.

En kraftig efterfrågeökning från andra lokaltrafikförbund är således relativt osannolik inom den närmsta tiden och, om det sker, kommer priset att påverkas negativt för att kunna konkurrera med lokala fordonsgas-/LNG-leverantörer.

### **Andra avsättningsformer:**

Andra potentiella avsättningsområden kan vara att producera el eller värme från den gas som genereras. Det skulle antingen kunna ske i egen regi eller i samarbete med Mälarenergi, som driver kraftvärmeverket i Västerås och kräver investeringar i lager, turbiner mm. Vilken gaskvalitet och vilka investeringar som behövs måste dock utredas vidare.

Uppgraderad biogas som blandas med naturgas används idag i två svenska storskaliga gaskombianläggningar, Rya Kraftvärmeverk i Göteborg (261 MW) och Öresundsverket i Malmö (440 MW). Gaskombianläggningarna kan användas för kondensdrift (ren elproduktion) eller kraftvärmedrift (el och värme). Det går även att använda biogas till småskalig el- och värmeproduktion via gasmotorer (0,1-10 MW). Fördelen med detta är att den inte behöver någon uppgradering och eventuellt ingen gasdistribution.<sup>74</sup> Nackdelen är att

<sup>72</sup> <http://www.bussmagasinet.se/2016/06/fossilfritt-i-ny-bussdepa-i-uppsala/> den 8 september 2016

<sup>73</sup> <http://www.swedishbiogas.com/images/pdf/Pressmeddelande%20Klimatklivet%2020151111.pdf>

<sup>74</sup> Nohlgren, I., Herstad Svärd, S., Jansson, M., Rodin, J., 2014. El från nya och framtida anläggningar 2014. Elforsk rapport 14:40, Stockholm.

endast cirka en tredjedel av biogasen blir el och resten resterande två tredjedelar blir värme.

En studie av Nohlgren, et al., 2014 visade på att elproduktionskostnaderna låg på mellan ca 0,60 – 0,80 kr/kWh (inklusive styrmedel såsom skatter, avgifter, elcertifikat och utsläppsrätter), vilket är klart över dagens låga elpriser.<sup>75</sup> VafabMiljö har hittills valt fordonsgasinfrastruktur då priser och marknadsbehov har motiverat det användningsområdet.

En annan möjlighet skulle vara att erbjuda industrier gasen istället för att de idag använder naturgas. Dock kräver detta med all sannolikhet att priset harmoniseras till LNG-priset med lägre lönsamhet som följd.

## 7.4 KONSEKVENSER FÖR CENTRALA AKTÖRER

I det hypotetiska scenario där 6 fordonslinjer i Västerås stad elektrifieras helt och 4 förortslinjer får laddhybrider skulle energiförbrukningen vid drift minska från i storleksordning 33 GWh/år till omkring 13 GWh/år, vilket motsvarar en 60-procentig minskning (se avsnitt 6.2)

### Konsekvenser för VafabMiljö

- VafabMiljö kommer att fortsätta tillverka fordonsgas även om det leder till ökat underskott. Det beror på leveransavtalet med ABVL men sannolikheten att VafabMiljö även efter år 2020 behöver avsättning för den gas som produceras vid rötning.
- VafabMiljö kommer få ett ökat ekonomiskt underskott i gasverksamheten under närmsta åren.
  - En konsekvens kan vara att höja priset till ABVL på den resterande gasen (avtalet omförhandlas 2020). Detta kan dock vara svårt, då ABVL är VafabMiljö största kund (71 procent) och att det därmed finns ett litet förhandlingsutrymme.
  - En annan möjlig konsekvens kan vara höjt gaspris vid publika stationer eller att öka intäkterna från andra delar av verksamheten t.ex. ökade avfallstaxor.
  - Kan innebära att det blir dyrare och svårare att uppnå det svenska etappmålet för 2018 om att minst 50 procent av matavfallet ska behandlas biologiskt samt att 40 procent av matavfallet ska behandlas så att energin tillvaratas. Något som blir än svårare av en befolkningsökning.
- Omförhandling av avtal:
  - För att möta den minskade efterfrågan kommer troligtvis avtalen med SBI Västerås och Mälarenergi att ses över, om VafabMiljö vill ha avsättning för sin egen rågas.
- Ombyggnation:
  - Om underskottet fortsätter kan det vara aktuellt med en delvis ombyggnation för andra avsättningar för gasen, då tillkommer en annan finansieringskalkyl, sannolikt med högre avfallstaxor.

---

<sup>75</sup>[http://www.biogasvast.se/upload/Regionkanslierna/Milj%C3%B6sekretariatet/TTRANSPORTER/Biogas%20V%C3%A4st/Rapporter/IVL%20rapport%20C171\\_Analys%20av%20biogas%20till%20el%20f%C3%B6r%20bussdrift%20och%20biogas%20som%20br%C3%A4nsle%20till%20bussdrift%20i%20stadstrafik.pdf](http://www.biogasvast.se/upload/Regionkanslierna/Milj%C3%B6sekretariatet/TTRANSPORTER/Biogas%20V%C3%A4st/Rapporter/IVL%20rapport%20C171_Analys%20av%20biogas%20till%20el%20f%C3%B6r%20bussdrift%20och%20biogas%20som%20br%C3%A4nsle%20till%20bussdrift%20i%20stadstrafik.pdf)

## Konsekvenser för Mälarenergi och reningsverket

Om leveransavtalen med VafabMiljö följs och LNG väljs bort kommer Mälarenergi till en början inte att påverkas. Därefter kommer en prioritering att behöva ske i fall Mälarenergis eller VafabMiljös rågas ska användas för fordonsgas. Om Mälarenergi inte får avsättning för sin rågas blir konsekvensen att:

- Att Mälarenergi kan bli tvunget att bygga om sin anläggning för att få annan avsättning för sin gas. Men med dagens elpriser skulle en gasmotor eller liknande kunna innebära större kostnader och minskade intäkter för Mälarenergi.
- En konsekvens kan vara att höja VA-taxan för att täcka underskottet.

## Konsekvenser för ABVL

- ABVL kommer att få fortsatta leveranser av fordonsgas
- För att öka kostnadstäckningen kan det bli aktuellt för VafabMiljö att öka leverantörspriset till ABVL, en förhandling som motverkas av ABVLs starka position samt att företaget äger infrastrukturen vid bussdepåerna.

## Konsekvenser för lokala näringslivet

- Kan leda till en ökad konkurrenssituation mellan SBI Västerås och VafabMiljö och en eventuell ytterligare prispress som följd.
- Om inte SBI Västerås kan leverera dagens volymer till ABVL bedömer vi det som troligt att SBI Västerås överväger att inte fortsätta att driva anläggningen vidare efter år 2026 om inte andra kunder eller en annan marknad uppstår.
  - Lokala lantbrukare som idag levererar och är delägare i SBI Västerås kommer få ökade kostnader för sin gödning, då vissa delar av biogödslet måste ersättas med handelsgödsel samt att lukten från gödsling kommer att öka då vissa delar av biogödslet ersätts med orötad gödsel direkt från gödselbrunnarna.
  - Lokala arbetstillfällen hos t.ex. SBI Västerås samt lantbrukare kan riskeras.
  - Lokala lantbrukare som idag levererar vall för rötning till VafabMiljö riskerar att få samma negativa effekter som SBI Västerås lantbrukare om VafabMiljö väljer att avsluta eller förändra deras leveransavtal.

## Andra konsekvenser för dagens samhällsnyttor

En försämrad konkurrenskraft eller minskade avsättningsmöjligheter för biogasen kan leda till en minskad eller nedlagd biogasproduktion vilket kan ha konsekvensen:

- Att flera viktiga samhällsmål såsom insamling av matavfall och återföring av näringsämnen till mark riskeras. Som t.ex. EU:s mål om cirkulär ekonomi med mål om att öka resursutnyttjandet, öka återvinningen, förebygga uppkomsten av avfall och minska uttaget av råvaror inom unionen.
- Minskad tillgång på biogödslet vilket ökar risken för ett ökat kväveläckage och en ökad övergödning.



- Att lokalproducerad biogödsel ersätts med importerad handelsgödsel vilket riskerar att minska försörjningstryggheten.

## 7.5 VIKT AV VIDARE UTREDNING OCH FORTSATTA STUDIER

- Vid tidpunkten för beräkningarna har specifika detaljer om vilka kostnader, återinvesteringskrav som tagits med i VafabMiljös siffror saknats. Även vad som kan anses vara rörliga/fasta kostnader för biogassystemet samt själva uppgraderingen saknas. Det skulle därför vara intressant att vidare studera detta i detalj för att avgöra hur elektrifiering av bussflottan skulle påverka VafabMiljös räkenskaper.
- En djupare studie krävs i alternativa avsättningsformer för både Mälarenergi och VafabMiljös gas.
- En eventuell ombyggnation och flytt av reningsverket i Västerås (och eventuellt i kombination med Enköping) innebär nya möjligheter och utmaningar för biogassystemet och försörjningen av dessa. Ska tillgång till fordonsgasnätet vara ett krav för dess lokalisering mm?
- Studie av samhällsekonomiska effekter, kopplat till det regionala biogassystemet. Vad har det hittills inneburit för regionen?
- En Västmanländsk biogasstrategi? – Långsiktiga ägarförhållanden och ett integrerat samarbete har inneburit goda förutsättningar för fordonsgasutvecklingen i länet. Hur ser framtidens långsiktiga biogasstrategi ut för Västmanland? Vad ska biogasen användas till för att maximera dess miljömässiga och samhällsekonomiska betydelse?

En samhällsekonomisk analys och jämförelse mellan tre olika biogassystem, det nuvarande där all biogas går till fordonsgas, en elektrifierad innerstadstrafik där en del biogas ges andra avsättningsformer och ett där all biogas går till elproduktion. Till detta läggs en företagsekonomisk analys för VafabMiljö och ev. Mälarenergi.

## 7.6 SLUTSATS OCH REKOMMENDATION

- Den fordonsgas som driver bussflottan i Västmanland idag består av biogas som produceras i länet med tillskott av naturgas. Produktionen av biogas utgör en del i ett värdefullt kretsloppsystem som, förutom ett miljöbränsle, bidrar med samhällsnyttor som återföring av näringsämnen till mark som subventionerar VA och insamling av matavfall.
- Det är utredningen bedömning att en elektrifiering av det slag som utretts här (se huvudscenariot, avsnitt 6.2) inte kommer leda till att VafabMiljös produktion av biogas upphör. VafabMiljös verksamhet kommer däremot med största sannolikhet att påverkas markant av en elektrifiering eftersom intäktsbortfall från gasförsäljning måste mötas på något sätt.
- Utredningen förutspår att en minskad efterfrågan på fordonsgas leder till minskad och slutligen avslutat inbladning av naturgas

innan den påverkar försäljningen av biogas. Detta till följd av viktiga aktörers uttalade miljömål och trots god marginal för försäljningen av naturgas.

- Givet hur fordonsgasmarknaden är organiserad i länet idag och befintliga tecknade avtal bedömer utredningen att efterfrågan på biogas från VafabMiljös anläggning börjar minska omkring år 2020 (givet att elektrifieringen tar fart i närtid). Den finansiella påverkan på VafabMiljö kommer dock vara negativ redan från år ett eftersom de har god marginal på försäljningen av naturgas.
- Utredningen har tittat på två sätt att möta ett väntat intäktsbortfall. Dels möjlighet till avsättning till nya kunder, dels möjligheten att hitta nya avsättningsformer. Den avsättningsform som bedöms ha störst potential mot bakgrund av det studerade scenariot är möjligheten att producera el eller värme från den genererade biogasen. Ytterligare en möjlighet kan vara att erbjuda gasen för försäljning till industrier som idag använder naturgas. Här behövs fortsatt utredning för att bedöma om och hur dessa möjliga avsättningsformer kan användas på ett så effektivt sätt som möjligt.
- Försäljning till kollektivtrafik i angränsande län och regioner har efter en noggrann genomgång bedömts ha låg sannolikhet som möjlig ny avsättningsform. Likaså har en ökad publik försäljning bedömts osannolik.
- Även om all gas ges nya avsättningsformer kommer priset sannolikt att påverkas negativt. Intäkter måste då hittas på andra sätt vilket kan komma att påverka andra aktörer. Exempelvis kan avfalls- och VA-taxor komma att påverkas. Hur detta regleras är en politisk fråga.
- Långsiktiga ägarförhållanden och ett integrerat samarbete har inneburit goda förutsättningar för fordonsgasutvecklingen i länet. Utredningen rekommenderar att KTF och landstingsstyrelsen tar fasta på detta och funderar kring frågan om hur framtidens långsiktiga biogasstrategi ser ut för Västmanland. En sådan strategi kan med fördel ingå som del i ett övergripande inriktningsarbete där regionens långsiktiga planer för avfallshantering, geografisk utveckling och kollektivtrafikförsörjning ingår.

## 8 BEHOV AV FÖRSTÄRKNING AV ELNÄTET

Elektrifiering av busstrafik i Västerås stad kommer oavsett val av teknik ställa krav på investeringar i elnätet. Vilken aktör som är ansvarig för finansiering av de kostnader som uppkommer i samband med detta diskuteras i kapitel 12. Nedan ges en översiktlig bild av vilka investeringar i elnät och terminaler som kan bli aktuella i samband med en övergång till eldrift. I samband med detta ges även en kostnadsuppskattning för de investeringar som kan komma att krävas.

### 8.1 ÄNDHÅLLPLATSLADDNING

I det huvudscenario som tagits fram av utredningen (se avsnitt 6.2) elektrifieras stadsbusslinjerna 1-6 samt förortsbusslinjerna 21-24 med ändhållplatsladdning.

#### **Förstärkning till följd av snabbbladdningsstationer**

För installation av en snabbbladdningsstation krävs att elnätet i området är tillräckligt starkt för detta. De höga strömuttagen som kommer att ske när bussen laddar medför bland annat spänningsfall som, om de blir för stora, kan orsaka störningar i elnätet som påverkar andra elnätskunder negativt. Även andra typer av störningar, så som övertoner, kan inträffa. Nätägaren är skyldig att tillhandahålla en så pass god spänningskvalité att detta inte inträffar. Nätägaren ställer därmed krav på utrustning som ansluts till deras nät så att inga störningar ska inträffa.

Kostnad för nödvändiga nätåtgärder belastar brukaren genom en installationskostnad, "nätanslutningskostnaden". I nätanslutningskostnaden ingår också kostnad för brukarens andel i överliggande anläggningar.

Rent tekniskt kan nätförstärkningarna ta sig uttryck som kostnader för förstärkning av såväl hög- som lågspänningsförband som komplettering och/eller förstärkning av nätstationer. Med högspänning avses här 11-22 kV.

Snabbbladdningsstationer kräver så gott som alltid någon form av förstärkning av elnätet för att möjliggöra laddning av elbussar. Hur mycket nätet behöver förstärkas varierar dock avsevärt beroende på strukturen på elnätet i området. Om anslutning sker i ett centralt område, exempelvis vid ett köpcenter är förutsättningarna troligtvis bättre än om det behöver ske i utkanten av ett bostadsområde.

#### **Kostnad**

Nätanslutningskostnaderna som uppstår till följd av investeringar i nätet vid enskilda laddningsstationer för ändhållplatsladdning uppskattas till i storleksordning 300-500 tkr per anläggning. Till detta kommer kostnader för investering och drift kopplat till själva laddningsstationen (se vidare kapitel 10).

Oberoende av var laddningspunkterna är placerade så är kostnaden för laddad elenergi den samma. Denna kostnad bestäms av det

elenergiavtal som berörd aktör har med elleverantör. Även detta diskuteras närmare i kapitel 10.

### **Förstärkning för långsamladdning vid depå**

De investeringar som kommer behövs i anslutning till depån består till stor del av investeringar i platser för långsam laddning ("underhållsladdning") över natt eller annan längre tidsperiod. Denna laddning sker via vanlig trefas 63 A (eller 32 A) uttag via stickproppsanslutning. Detta sker då bussarna står uppställda i depån och säkerställer också att batteriernas livslängd kan bli så lång som möjligt genom att de balanseras. Hur stor kostnaden blir beror givetvis på hur många nattladdningsplatser som kommer behöva tillgodoses vid en övergång. Detta beror i sin tur dels på hur många elbussar som köps in, dels vilka logistiska möjligheter som finns för att flera elbussar ska kunna dela på nattladdningsplatser genom att de laddas långsamt vid olika tider på dygnet och dels på hur ofta och länge de batterier som köps in behöver balanseras. De antaganden som gjorts kring detta i utredningen framgår i kapitel 10.

För att möjliggöra laddningsplatser inom depån kommer det alltså att krävas dels investeringar i laddningsutrustningar men troligtvis också smärre investeringar i att förstärka elnätet. Den befintliga elservisen har 400 A säkring (medger drygt 250 kVA kontinuerligt effektuttag) och behöver förstärkas för att både hantera snabbbladdningsplats samt nattladdningsplatser då antalet elbussar kommer att överstiga ett 40-tal.

### **Kostnad**

De kostnader för själva infrastrukturen för nattladdning som utredningen ser kan uppkomma framgår i kapitel 10.

Därutöver kommer troligen kostnader som uppkommer i form av investeringar i elnätet till följd av långsamladdning vid depå. Dessa torde dock vara relativt små i förhållande till investeringen i elbussar i stort, men en kalkyl behöver ta viss höjd för detta (uppskattningsvis under 1 Mkr).

Nätägaren är skyldig att förstärka nätet i den utsträckning som krävs men kostnaden för detta hamnar på den uttagskund som är orsak till att nätet behöver förstärkas. Hur dessa kostnader kan komma att fördela sig på olika aktörer diskuteras i kapitel 12.

### **Platser för snabbbladdning - stadsbussar**

Ur ett elnätsperspektiv har stadsbusslinjenätet goda förutsättningar för att elektrifieras med ändhållplatsladdning. Utredningen har identifierat ett antal smärre linjeförändringar som kan medföra att laddningsinfrastrukturen vid ändhållplatserna i stadstrafiken kan samutnyttjas och därmed nyttjas betydligt effektivare. I viss mån skulle även de smärre linjeförändringar som i så fall skulle bli aktuella kunna vara tillgodo för trafikanternas nytta då de når fler "tyngre" målpunkter ur ett resenärsperspektiv.

I tabellen nedan redovisas utnyttjande av ändpunktsladdningar vid respektive laddningspunkt utifrån det antal "bussekvivalenter" som beräknas nyttja respektive laddningspunkt per timme (antal under

antagande om samutnyttjande mellan linjer inom parentes). I Tabell 9 nedan avser "Prio" en bedömning av hur lämplig respektive ändpunkt är idag för att utrustas med en ändpunktladdning som ger största möjliga nytta där 1 är högre prioritet än 2 osv.

Tabell 9 Utnyttjande av ändpunktladdningar. Bussar på linjer som normalt trafikeras med ledbussar har beräknats som 1,5 buss.

Laddningspunkt	Prio	Antal buss-ekvivalenter/timme	Anmärkning
Skälby, linje 1 (3)	1	9 (15)	15 vid samutnyttjande med linje 3
Bjurhovda, linje 1	1	9	
Önsta, linje 2 (5)	2	4,5 (7,5)	7,5 vid samutnyttjande med linje 5
Björnön, linje 2	2	4,5	
Erikslund, linje 3	3	6 – utgår vid förlängning	Utgår vid förlängning av linjen för samutnyttjande med linje 1
Flygplatsen, linje 3	2	6 (9)	9 vid samutnyttjande med linje 5
Brottberga, linje 4	2	6	
Finnslätten, linje 4,6	2	9	Gemensam för linje 4 och 6
Tunbytorp, linje 5	3	3 – utgår vid förlängning	Utgår vid förlängning av linjen för samutnyttjande med linje 2
Hälla, linje 5	3	3 – utgår vid förlängning	Utgår vid förlängning av linjen för samutnyttjande med linje 3
Rönneby, linje 6	2	3	
Hacksta, linje 7	0	2	Ej aktuell
Bussterminalen, samtliga	1	"50"	Hög utnyttjningsfaktor om en sådan lösning skulle väljas, se diskussion i avsnitt 6.4.

Figur 24 till och med Figur 26 nedan illustrerar de möjliga smärre justeringar i linjedragningen som nämns i tabellen ovan och som skulle kunna effektivisera ett system med ändhållplatsladdning.



Figur 24 Möjlig förändring av linjenät i Skälby, linje 3 förlängs till Skälby från Erikslund.



Figur 25 Möjlig förändring av linjenät i Hälla, linje 3 förlängs från Hälla till flygplatsen.



Figur 26 Möjlig förändring av linjenät i Tunbytorp, linje 5 läggs om från ändpunkten vid Hökåsinfarten till Norra Gryta

### Platser för snabbladning - förortsbussar

Det är tekniskt möjligt att etablera laddningsinfrastruktur i anslutning till ändhållplatser i förorterna. Kostnaden för nätanslutning av dessa kan då väntas hamna i det högre spannet.

### Snabbladning vid depå

Förutom nattladdningsplatser kan det eventuellt bli aktuellt att förstärka systemet med en snabbladningsplats inom depån för att kunna hantera elbussar som är under reparation, kortare depåstopp eller liknande. Detta är dock inget som utredningen räknat på i detta tidiga skede.

Kostnad som uppstår för förstärkning i nätet för en snabbladningspunkt vid depån följer samma resonemang som redovisas för övrig snabbladning ovan.

## 8.2 TRÅDBUSS

En elektrifiering av busstrafiken i staden med trådbussar och Slideln-teknik kan täcka in samtliga stadsbusslinjer (se alternativt scenario trådbuss med Slideln i avsnitt 6.3). Nedan förs ett resonemang kring vilka krav en sådan lösning kan komma att ställa på elnätet.

### Behov av matningsanläggningar

Ett trådbussystem kräver investeringar i matningsanläggningar på ett antal platser längs den trafikerade sträckan. Anslutning av

matningsanläggningar för trådbuss, liksom för spårväg, kan göras relativt flexibelt. Kravet är att matningsstationerna, så kallade likriktarstationer, för ett traditionellt trådbussystem (liksom för spårväg) inte etableras glesare än med cirka 2 km mellan anläggningarna. Vid mycket tät trafik och/eller mer effektkrävande fordon, exempelvis dubbelledbussar kan det krävas kortare avstånd mellan likriktarstationerna. Anslutning av likriktarstationer sker alltid mot ett högspänningsnät då effektuttagen från anläggningen är för stora för att en lågspänningsanslutning ska klara av det.

Matningsanläggningarna utgör den största investeringsposten kopplat till en trådbussinvestering.

### **Anslutning mot elnätet**

Vid anslutning mot lokal nätägares högspänningsnät finns normalt sett kapacitet för att klara av detta. Men för både spårvägsnät och trådbussnät gäller att de inte är koncessionspliktiga. Förutom själva kontaktrådsanläggningarna gäller detta också matande nät (hög- som lågspänning) för att försörja både själva fordonen men också tillhörande anläggningar (signalanläggningar, hållplatser med mera). Det innebär att innehavaren av trådbussanläggningen kan välja att anlägga ett eget elnät med "centraliserad matning" och anordna distributionen i nätet själv. Fördelen med detta är att nätanslutningskostnaderna och löpande abonnemangskostnader reduceras, nackdelen är högre investeringskostnader samt ökat behov av egen kompetens för att sköta drift- och underhåll av dessa anläggningar.

### 8.3 SLUTSATS OCH REKOMMENDATION

- Etablering av snabbbladdningspunkter kräver som regel att elnätets kapacitet ses över. Förutsättningarna på platsen för anslutning avgör hur omfattande investeringar som behöver göras.
- Nätägaren är skyldig att förstärka nätet på ett sätt som gör det möjligt för en kund att etablera den önskade verksamheten.
- Troligen kommer elnätet vid laddningsstationer behöva förstärkas vilket ger upphov till en kostnad på omkring 300-500 tkr per anläggning, beroende på hur omfattande förstärkning som krävs. Denna kostnad tas ut av nätbolaget och belastar den uttagskund som är upphov till att nätet behöver förstärkas.
- Generellt gäller att en anslutning i ett centralt område, exempelvis vid ett köpcenter, sannolikt inte medför behov av lika omfattande förstärkningar och därmed blir billigare än en anslutning i utkanten av tätbebyggt område, exempelvis vid ett bostadsområde i förort eller ytterstad.
- Planeringen för lokalisering av laddningsinfrastrukturen bör ur ett kostnadsperspektiv ske i samråd med nätbolaget.
- Förstärkningar av nätet kan eventuellt komma att behövas i anslutning till depå när platser för långsamladdning byggs ut. Kostnaden för detta bör dock vara relativt låg i en kontext av en investering i ett elektriskt bussystem. Även här tas kostnaden ut av nätbolaget från den uttagskund som ger upphov till att nätet behöver förstärkas och nätbolaget är skyldigt att utföra de förstärkningar som krävs.
- Mindre förändringar av linjedragningar i staden kan minska kostnaderna för nätförstärkningar eftersom linjer då kan dela laddningsinfrastruktur och färre laddningspunkter behöver etableras.
- En lösning med trådbuss ställer krav på etablering av matningsanläggningar med cirka 2 kilometers mellanrum. Matningsanläggningarna utgör den största investeringsposten kopplat till en trådbussinvestering.
- Innehavaren av en trådbussanläggning kan om så önskas välja att anlägga ett eget elnät med "centraliserad matning" och anordna distributionen i nätet själv.



## 9 ENERGIEFFEKTIVITET OCH MILJÖ

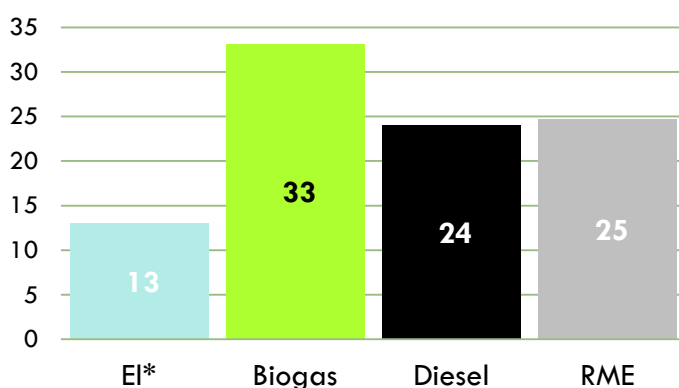
Nedan redogörs för hur olika drivmedelsval kan väntas påverka miljö och klimat. Beräkningarna är baserade på förutsättningarna som idag råder i Västerås för den del av bussflottan som omfattas av en elektrifiering enligt huvudscenariot (avsnitt 6.2). För detaljerad information om hur vi räknat se avsnitt 9.6 nedan.

### 9.1 ENERGIFÖRBRUKNING

I det scenario där sex linjer i Västerås stad elektrifieras helt och fyra förortslinjer får laddhybrider skulle energiförbrukningen vid drift minska från i storleksordning 33 GWh/år till omkring 13 GWh/år, vilket motsvarar en 60-procentig minskning.

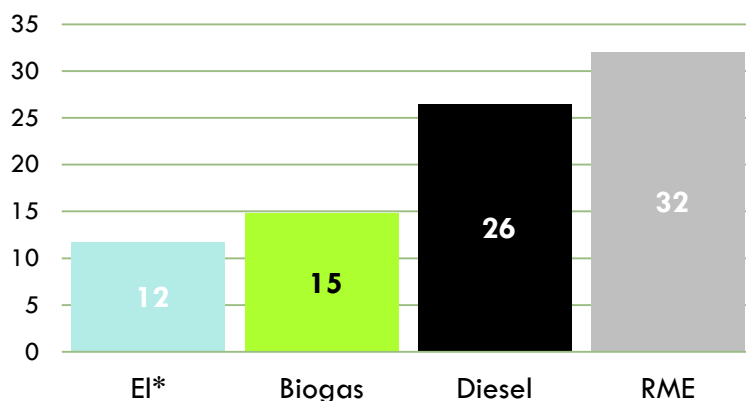
Sett till hela produktionskedjan är skillnaden mellan energiförbrukning för biogasbussar och elektriska bussar inte lika stor. Detta beror på att en stor del av den energin som utgörs av de substrat som omvandlas till biogas betraktas som återvunnen energi.

Energiförbrukning vid drift (GWh/år)



Figur 27 Årlig energiförbrukning per drivmedel vid drift. Linje 1-6 & 20-23 (24)

Energiförbrukning livscykel (GWh/år)

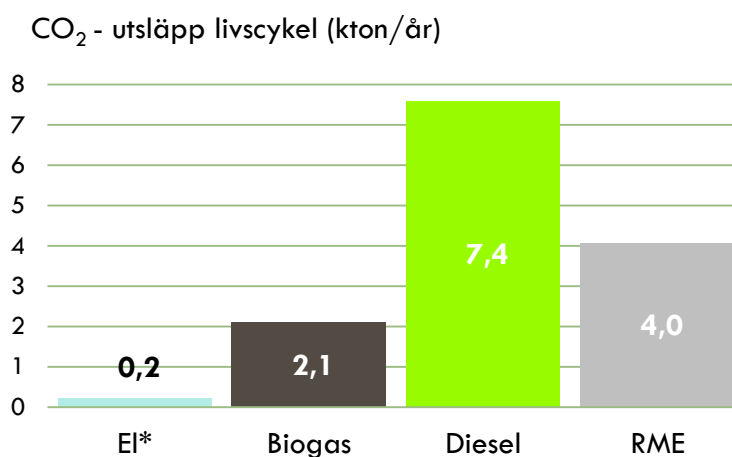


Figur 28 Årlig energiförbrukning per drivmedel ur ett livscykelperspektiv. Linje 1-6 & 20-23 (24)

För mer information om hur vi räknat och hämtat uppgifter, se avsnitt 9.6 nedan.

## 9.2 KOLDIOXID

En elektrifiering av busstrafiken enligt det scenario utredningen tagit fram skulle även innebära en stor relativ minskning av koldioxidutsläppen från trafiken. Med antaganden om en miljövänlig elmix samt en genomsnittlig svensk produktion av biogas innebär elektrifiering en minskning av koldioxidutsläppen från 2 100 ton/år till 200 ton per år.

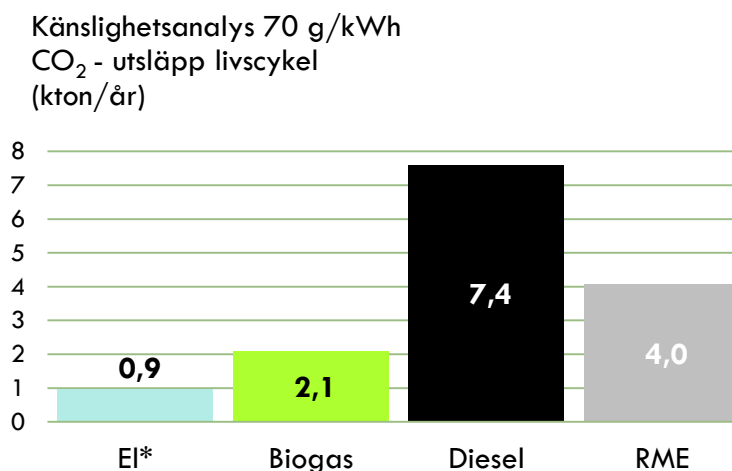


Figur 29 Årligt koldioxidutsläpp per drivmedel vid drift. Linje 1-6 & 20-23 (24)

Ursprunget till den elenergi som köps har stor betydelse för koldioxidutsläppen.

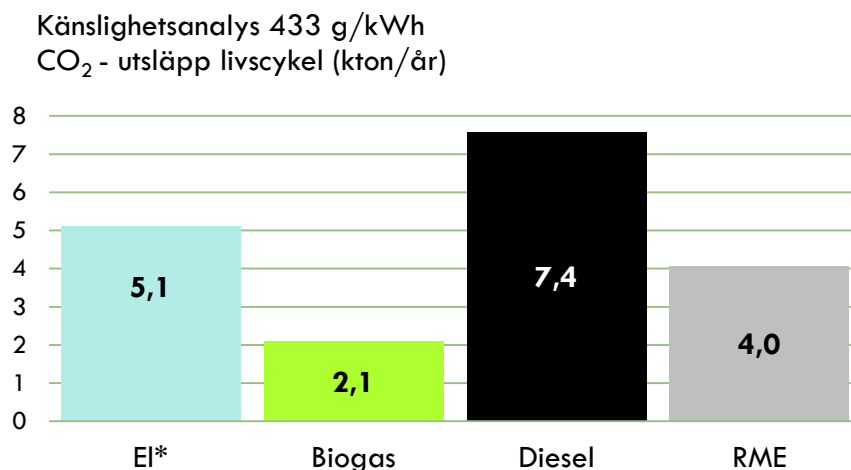
Koldioxidutsläpp från eldrivna fordon kan beräknas enligt olika principer. Kalkylen ovan är baserad på ett antagande om att länets trafik kommer drivas med en miljömärkt el ("förnybar energimix" på 4,8 g/kWh).

Görs istället ett antagande om utsläpp motsvarande den genomsnittliga produktionen i nordisk elmix (70 g/kWh) är elen fortfarande ett klimatsmartare drivmedel än biogas, men skillnaderna minskar.



Figur 30 Årligt koldioxidutsläpp per drivmedel givet antagande om nordisk elmix (70 g/kWh). Linje 1-6 & 20-23 (24)

Om den el som driver trafiken i länet inte specificeras kan köp av el antas ge upphov till utsläpp enligt den svenska residualmixen, d.v.s. det genomsnittliga utsläppet vid produktion av den el som blir kvar när all specificerad el räknats bort (433 g/kWh).<sup>76</sup> I ett sådant scenario skulle en eldriven kollektivtrafik i länet ge upphov till betydligt högre koldioxidutsläpp än biogas.



Figur 31 Årligt koldioxidutsläpp per drivmedel givet antagande om ospecificerad residualel (433 g/kWh). Linje 1-6 & 20-23 (24)

För mer information om hur vi räknat och hämtat uppgifter, se avsnitt 9.6 nedan.

### 9.3 KVÄVEOXIDER OCH PARTIKLAR

En av fördelarna med elektrifiering av trafik i tätorter är att elektriska motorer inte ger upphov till lokala utsläpp av kväveoxider och partiklar (från förbränning) som bland annat bidrar till försurning av mark, övergödning av sjöar och påverkar människans arvsmassa och luftvägar.

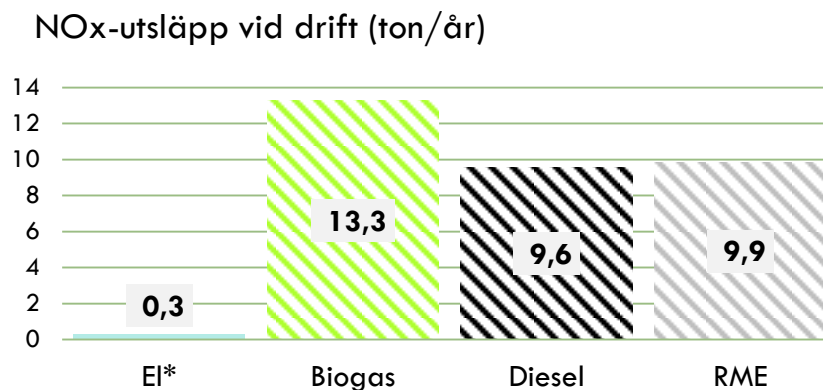
Till skillnad från elbussar ger både biogasbussar och dieselbussar upphov till utsläpp av kväveoxider i samband med körning. Det är dock svårt att hitta verifierade genomsnittliga nivåer av dessa utsläpp kopplat till respektive drivmedel. Vad gäller kväveoxider har utredningen därför valt att illustrera kväveutsläppen genom att utgå från ett antagande om att samtliga drivmedel utom el ger upphov till utsläpp enligt satta gränsvärden i EURO VI. Eftersom detta är ett övre gränsvärde innebär troligtvis detta antagande att den jämförelse som redovisas är snedvriden till elens fördel och biogasens nackdel.

Vad gäller kväveoxider leder elektrifiering av trafiken enligt det scenario som utredningen räknar på en minskning av kväveoxidutsläpp i Västerås stad och förorter med omkring 13 ton per år. De kvarvarande utsläppen på i storleksordning 0,3 ton/år skulle uppstå vid drift av laddhybrider i förortstrafiken (se Figur 32).

Som framkommer i senare avsnitt utgör minskningen av kväveoxider en mycket marginell del av de positiva samhällsekonomiska miljöeffekter som uppstår vid elektrifiering. Detta tillsammans med de osäkerheter som

<sup>76</sup> Energimarknadsinspektionen 2014

är kopplade till redovisade effekter gör att utredningen föreslår att minskningen av dessa utsläpp vägs in med försiktighet i valet av framtida drivmedel.



Figur 32 Årligt utsläpp av kväveoxid per drivmedel. Linje 1-6 & 20-23 (24)

Uppkomst av partiklar i luften orsakat av busstrafik uppstår på två sätt. Dels från förbränningen av bränslet (via avgasröret), dels vid kontakten mellan däck och vägbanan. Medan mängden partiklar som kommer från avgasröret är beroende av bussens drivmedel är mängden partiklar som kommer från kontakten med vägbanan kopplade till bussens vikt.<sup>77</sup>

Oavsett drivmedel pågår en kontinuerlig utveckling av fordon på marknaden i riktning mot lägre utsläpp av partiklar (och även kväveoxiden) från avgasröret. Denna utveckling drivs på av ständigt skärpta gränsvärden för tillåtna utsläpp från nyproducerade fordon som säljs i Europa, fastslagna i en rad direktiv.

Att den tekniska utvecklingen går så snabbt får två konsekvenser för vår jämförelse av partiklar kopplat till bussar med olika drivmedel. Dels innebär den snabba teknikutvecklingen att det är svårt att hitta rättvisa och verifierade uppgifter om utsläppsnivåer kopplat till olika drivmedel. Dels innebär teknikutvecklingen att partiklarna från avgaser spelar en allt mindre roll i förhållande till de partiklar som uppkommer vid kontakt med vägbanan.

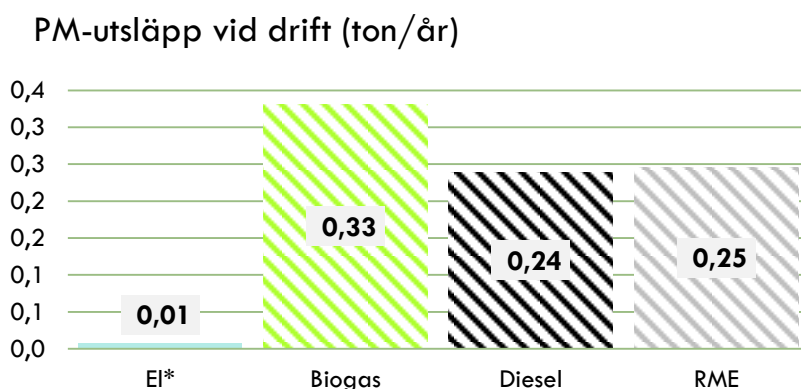
I den jämförelse av utsläpp av partiklar som redovisas nedan görs antagandet att lika stora bussar, oavsett drivmedel, ger upphov till lika mycket partiklar från kontakt med vägbanan. Därmed har vi valt att plocka bort dem ur jämförelsen. Detta är dock en sanning med modifikation eftersom elbussar generellt är tyngre än andra bussar vilket leder till högre partikelnivåer. Detta innebär alltså att den jämförelse vi redovisar är något snedvriden till elens fördel.

Illustrationen av olika drivmedels partikelutsläpp (Figur 33) är dessutom, istället för att baseras på verkliga uppmätta värden (som är mycket svåra att få hitta), baserad på ett antagande om att samtliga drivmedel utom el ger upphov till utsläpp enligt satta gränsvärden i EURO VI. Eftersom detta är ett övre gränsvärde innebär troligtvis även detta antagande att den jämförelse vi redovisar är något snedvriden till elens fördel.

<sup>77</sup> Kunskapssammanställning - EURO VI stadsbussar, Ecotrafic 2015

Givet nämnda antagen ger jämförelsen att mängden partiklar skulle minska vid en elektrifiering med i storleksordning 300 kg/år (se Figur 33). Detta kan, som ovan konstaterat, vara en överskattning av minskningen.

Som framkommer i senare avsnitt utgör minskningen av partiklar en relativt marginell del av de positiva samhällsekonomiska miljöeffekter som uppstår vid elektrifiering. Detta tillsammans med de osäkerheter som är kopplade till beräkningarna gör att utredningen föreslår att minskningen av dessa utsläpp vägs in med försiktighet i valet av framtida drivmedel.



Figur 33 Årligt utsläpp av partiklar per drivmedel. Linje 1-6 & 20-23 (24)

För mer information om hur vi räknat och hämtat uppgifter se avsnitt 9.6 nedan.

## 9.4 BULLERSTÖRNING

Elektriska motorer bullrar avsevärt mindre än förbränningsmotorer, både vid stillastående mätning, vid acceleration och vid jämna hastigheter. Detta gör de helelektriska alternativen mer fördelaktiga än diesel, biogas och biodiesel som samtliga kräver förbränningsmotor.

Exakt hur mycket tystare en elektrisk buss är jämfört med en konventionell beror på flera faktorer, bland annat vid vilka hastigheter och på vilket sätt man mäter. En sammanställning för 12-metersbussar i acceleration från Blekinge tekniska högskola visar att en buss med elektrisk motor i genomsnitt var 7 dBA tystare än bussar med förbränningsmotorer som gas- och dieselbussar – 66 dBA jämfört med 73 dBA. 7 dBA innebär en mycket stor skillnad i upplevt buller eftersom skalan är logaritmisk.

Motorns effekt påverkar också bussens bullernivå. Ett förbifartsprov som Skånetrafiken utfört på stadstrafiken i Malmö för olika stora bussar med olika starka förbränningsmotorer, visar på en genomsnittlig bullernivå hos de testade fordonen på 77dbA.

För fordon med fler än en typ av motor, som laddhybrider som kombinerar eldrift med drift på ett annat bränsle, beror fördelen med eldrift dels på hur stor andel av driften som går på el, dels på karaktären på de sträckor där fordonet drivs av el- respektive förbränningsmotor. Vinsten med att köra på el är större i tätbefolkade områden eftersom det är fler som slipper bli störda av buller. Dagens laddhybrider kan ofta med hjälp av en GPS-koppling programmeras i förhand att prioritera

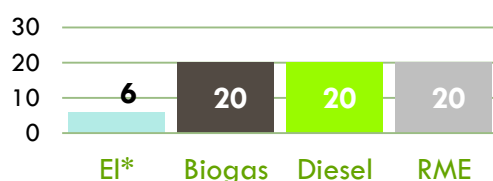
tätbefolkade områden för eldrift och glesare områden för drift på det förbränningsbara bränslet.

De beräkningar för buller som redovisas i denna rapport är baserade på antagandet att samtliga bussar med förbränningsmotorer (vilket inkluderar både biogas och diesel) bullrar lika mycket, ett antagande som görs i Eurotraffics kunskapssammanställning om EURO VI åt Trafikverket från 2015 där vi hämtat underlag för värdering av buller.<sup>78</sup> Det finns dock indikationer på att framtida biogasbussar kommer att bullra betydligt mindre än dagens. Bland annat har de filter som installeras i nya bussar för att dämpa partikelutsläppen även en dämpande effekt på bullret. Därutöver sker ytterligare teknikutveckling i riktning mot mindre buller från motorerna.<sup>79</sup> Det finns också källor som menar att biogasbussar bullrar något mindre än dieselbussar redan idag.<sup>80</sup> Ett möjligt sätt att minska bullret från biogas- eller dieselbussar är att istället välja motsvarande hybridbuss. Detta kan uppskattningsvis sänka bullerstörningen från bussen med cirka 3 dBA.<sup>81</sup>

Att buller har en negativ inverkan på folkhälsan är klart, däremot är det inte helt lätt att värdera exakt hur stor den negativa inverkan är. För att bedöma de negativa effekterna på samhällsnivå av en viss typ av buss behövs dels kunskap om hur många personer som bor och vistas i området som nås av bullerstörningen, dels behövs en värdering av hur påverkade var och en av dessa personer faktiskt blir.

Det saknas idag en tydlig branschöverenskommelse om hur buller ska värderas. Denna utredning har valt att utgå ifrån en värdering av buller i tätort från en kunskapssammanställning av Ecotraffic skriven på uppdrag av Trafikverket 2015. Under dessa antaganden skulle en elektrifiering enligt utredningens scenario minska den samhällsekonomiska kostnaden för buller med 15 Mkr/år.

#### Samhällsekonomisk kostnad för buller (Mkr/år)



Figur 34 Årlig samhällsekonomisk kostnad för buller.  
Linje 1-6 & 20-23 (24)

För mer information om hur vi räknat och hämtat uppgifter, se avsnitt 9.6 nedan.

<sup>78</sup> Kunskapssammanställning - EURO VI stadsbussar, Ecotraffic 2015

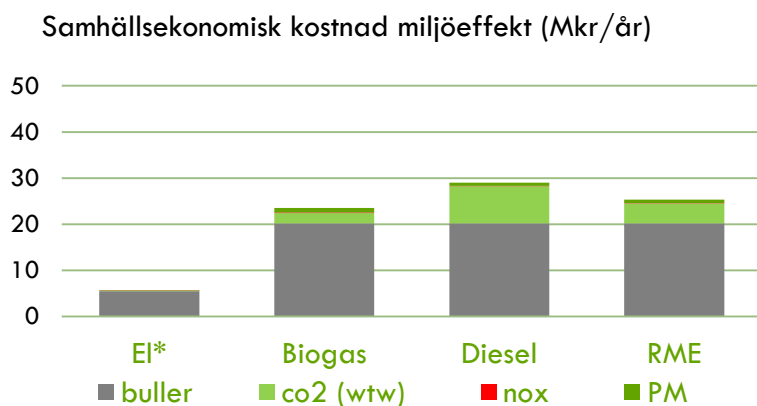
<sup>79</sup> ibid

<sup>80</sup> Clean Buses – Experiences with Fuel and Technology Options, Clean fleets 2014

<sup>81</sup> ibid

## 9.5 SAMHÄLLSEKONOMISK KOSTNAD FÖR MILJÖEFFEKTER

En sammanställning av den samhällsekonomiska kostnaden för utsläpp av kväveoxider och partiklar vid drift, koldioxidutsläpp under livscykeln och buller visar att buller är den samhällsekonomiskt största posten, följt av koldioxidutsläpp.



Figur 35 Årlig samhällsekonomisk kostnad för miljöeffekter per bränsle med en hög värdering av koldioxid Linje 1-6 & 20-23 (24)

Översätts detta till samhällsekonomiska kostnader motsvarar det cirka 1 kr per kilometer för eldrift, 4 kr per kilometer för biogasdrift, 5 kr per kilometer för dieseldrift och 4,50 kr per kilometer för RME. Det ska dock tilläggas att den samhällsekonomiska värderingen av buller är svår och omstridd. De allra flesta experter är dock överens om att buller är en betydande faktor vid en jämförelse av samhällsekonomisk kostnad för olika busstyper där skiljelinjen går mellan eldrift och bussar med förbränningsmotorer. Buller är situations- och platsberoende och hur stor den negativa effekten av en bullrande buss blir beror på hur många människor som utsätts för bullret. Därmed är bullerstörningen av en och samma buss högre i tät stadsbebyggelse där många människor vistas utomhus än på landsväg. Detsamma gäller partiklar och kväveoxider, där flest människor exponeras av bussarnas utsläpp är miljönyttan med elbussar som störst. Här ska även nämnas att teknikutvecklingen som idag sker för biogasbussar samt möjligheten att välja att köpa in biogashybrid istället för konventionella biogasbussar vid en uppdatering av bussflottan öppnar för möjligheten att delvis sänka bullerstörningen från trafiken utan att gå över till ren eldrift.

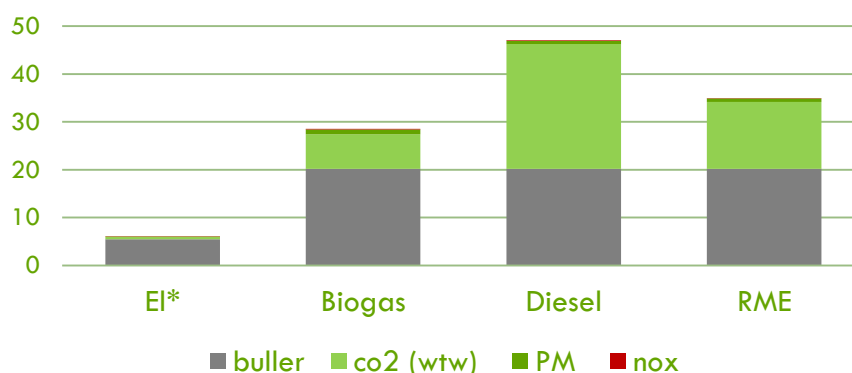
En annan omstridd faktor när det gäller hur den ska värderas samhällsekonomiskt är utsläpp av koldioxid. Sammanställningen i Figur 35 baseras på den officiella värderingen av koldioxid till 1,08 kr/kg som är angiven av ASEK. Trafikverket anser dock att man i en känslighetsanalys även bör räkna på 3,50 kr/kg koldioxid. Med en högre koldioxidvärdering på 3,50 kr/kg koldioxid framträder fördelarna med de förnybara bränslena ännu tydligare. Se Figur 36.

Översätts detta till samhällsekonomiska kostnader motsvarar det cirka 1 kr per kilometer för eldrift, 5 kr per kilometer för biogasdrift, 8 kr per kilometer för dieseldrift och 6 kr per kilometer för RME.

Buller är den miljöeffekt som starkast talar till eldriftens fördel jämfört med biogas. Enligt denna utrednings sätt att räkna står buller för 86 procent av biogasdriftens samhällsekonomiska kostnad. Oavsett om buller värderas högt eller lågt enligt debatterade nivåer är det en mycket viktig faktor att ta hänsyn till vid en jämförelse mellan eldrift och biogas. Samtidigt är det viktigt förstå att tillgängliga värderingar av buller är omstridda och att det idag sker en teknikutveckling som kan öppna för möjligheten att delvis minska framtida bullerstörning från trafiken enbart genom tuffa krav på låga bullernivåer i samband med en eventuell uppdatering av dagens biogasbussar.

Känslighetsanalys: 3,5kr/kg

Samhällsekonomisk kostnad miljöeffekt (Mkr/år)



Figur 36 Årlig samhällsekonomisk kostnad för miljöeffekter per drivmedel. Linje 1-6 & 20-23 (24)

## 9.6 HUR HAR VI RÄKNAT?

Jämförda värden ovan är baserade på mängden tidtabellagd trafik på linje 1-6 samt 21-23 (24) 2016 i Västerås, dvs. antal körda kilometer 2016 på de linjer som ingår i det av utredningen framtagna scenariot för elektrifiering (se avsnitt 6.2). Effekterna är beräknade med hänsyn tagen till olika förbrukning för bussar av olika storlek och mellan bussar i stads- respektive förortstrafik. Laddhybriderna antas köra 80 procent på el och 20 procent på biogas.

Drivmedelsförbrukningen för biogasfordon är baserad på uppmätta värden från ABVL. Dieselförbrukningen är baserad på uppgifter från Keolis om genomsnittlig förbrukning för stadsbussar.<sup>82</sup> RME-förbrukningen är uppräknad med en faktor 1.04 från dieselförbrukningen. När det gäller skillnad i diesel- och RME-förbrukning mellan stad och förortstrafik för likvärdiga fordon har uppgifter om skillnad mellan förbrukning i stads- och landsvägskörning från Skånetrafiken använts. Vidare har förortstrafik antagits motsvara 50 procent stads- och 50 procent landsvägskörning.

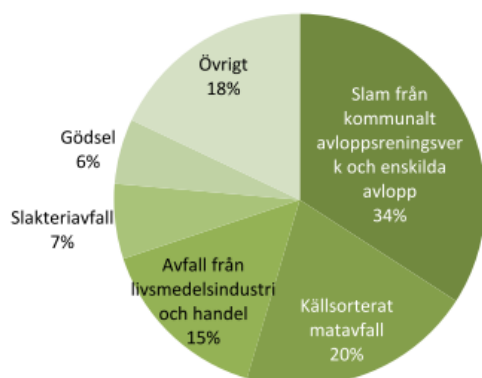
Nyckeltal för energiinnehåll i bränslen, energiförbrukning vid produktion av bränslen och koldioxidutsläpp ur ett livscykelperspektiv har hämtats ur Miljöfaktabok 2011.<sup>83</sup> Kalkylen utgår ifrån en "förnybar elmix" med 82

<sup>82</sup> Kunskapssammanställning - EURO VI stadsbussar, Ecotraffic 2015

<sup>83</sup> Miljöfaktaboken 2011, Värmeforsk 2011



procent vattenkraft och 18 procent vindkraft vilket är förhållandet mellan vindkraft och vattenkraft i Sveriges totala energiproduktion.<sup>84</sup> Biogasen har antagits motsvara den genomsnittliga svenska mixen av substrat enligt diagram nedan.<sup>85</sup>



Figur 37 Genomsnittlig andel av substrat i den svenska biogasproduktionen

När det gäller kväveoxider och partiklar är det svårt att hitta officiellt kontrollerade jämförbara värden, bland annat eftersom teknikutvecklingen går så snabbt. I kalkylen antas därför att samtliga drivmedel (utom el som helt saknar utsläpp vid drift) ger upphov till utsläpp enligt satta gränsvärden i EURO VI samt att eldrift ger upphov till nollutsläpp.

När det gäller de samhällsekonomiska värderingarna av kväveoxider, partiklar och koldioxid utgår kalkylen från de i ASEK satta officiella värderingarna. För buller saknas konsensus om bästa sätt att värdera effekter. I kalkylen baseras värderingen av buller i tätort på angivna värden i kunskapssammanställning som Ecotraffic utfört på uppdrag av Trafikverket 2015.<sup>86</sup>

## 9.7 MER FORSKNING KRÄVS FÖR EN JÄMFÖRELSE SOM INKLUDERAR ETT LIVSCYKELPERSPEKTIV PÅ FORDON OCH BATTERIER

I avsnitten ovan redovisas den påverkan på växthusgasutsläpp som olika val av drivmedel ger upphov till. Jämförelsen är gjord utifrån ett livscykelperspektiv för olika drivmedel. För att få en total bild av hur val av teknik påverkar utsläpp ur ett livscykelperspektiv bör dock även hänsyn tas till utsläpp som uppkommer vid utvinning av råvaror, vid produktion av fordon och batterier samt i samband med underhåll.

Det saknas idag välgjorda studier som ger nyckeltal för utsläpp av koldioxid i samband med produktion av bussar baserat på olika drivmedelstekniker. Det närmaste utredningen kommer en sådan

<sup>84</sup> Svensk energi 2015

<sup>85</sup> Energimyndigheten 2015

<sup>86</sup> Kunskapssammanställning - EURO VI stadsbussar, Ecotraffic 2015

jämförelse är uppgifter framtagna av riksrevisionen 2012<sup>87</sup>. Dessa uppgifter gäller dock personfordon och det är osäkert i vilken grad relationen mellan utsläpp för lätta fordon kan överföras på tunga fordon. Vidare saknas biogasfordon helt i riksrevisionens jämförelse.

Riksrevisionens uppskattning av utsläppen för personbilar vid produktion och i samband med underhåll under en livstid ger batteribilen 33 procent högre utsläpp än en diesebil (6,9 ton för en batteribil mot 5,2 ton för en diesebil). Det är dock som tidigare konstaterat osäkert i vilken utsträckning relationen kan överföras på bussar. Faktorer som behöver gå in i en jämförelse mellan olika typer av bussar är, utöver utsläpp i samband med produktionen, bland annat batterilivslängd, livslängd för motor och chassi samt underhåll under en livstid.

Andra frågor som förtjänar att lyftas vid en jämförelse av tekniker, men där det behövs mer forskning, är frågor om hur de grundämnen som ingår i fordon och batterier utvinns, risk för att gå från oljeberoende till grundämnesberoende vid övergång till batteridrift samt under vilka sociala förhållanden produktionen av de jämförda objekten sker.

## 9.8 SLUTSATS OCH REKOMMENDATION

- Buller är den miljöeffekt som starkast talar till eldriftens fördel jämfört med biogas. En elektrifiering av busstrafiken i Västerås stad och förorter skulle innebära markant minskat buller i tätbefolkade områden. Minskat buller står i våra beräkningar för drygt 80 procent av den samhällsekonomiska miljövinst som görs vid en övergång till eldrift.
- Hur buller ska värderas samhällsekonomiskt är dock omdiskuterat. Idag sker också en teknikutveckling mot minskat buller från bussar med exempelvis biogasmotorer. Oavsett en hög eller låg värdering råder dock konsensus om att buller utgör en av de viktigare faktorerna att ta hänsyn till vid en jämförelse mellan eldrift och andra drivmedel.
- Sammantaget är den samhällsekonomiska kostnaden för miljöeffekter för eldrift markant lägre än från övriga drivmedel (cirka 5 Mkr per år för el mot drygt 20 Mkr per år för biogas, cirka 25 Mkr per år för biodiesel RME och knappt 30 Mkr per år för diesel). Översätts detta till samhällsekonomiska kostnader motsvarar det cirka 1 kr per kilometer för eldrift, 4 kr per kilometer för biogasdrift, 5kr per kilometer för dieseldrift och 4,50 kr per kilometer för RME.
- Minskade koldioxidutsläpp står för drygt 10 procent av den samhällsekonomiska miljövinst som görs vid en övergång till eldrift (30 procent i en känslighetsanalys med högre samhällsekonomiska värdering av koldioxid). Vilken el som köps in spelar stor roll för klimatnyttan med en eventuell övergång till eldrift. En övergång till el skulle betyda att dessa kostnader i stort sett försvinner (givet specificerad miljöel).
- Även utsläpp av kväveoxider och partiklar (från avgaser) minskar med eldrift men översatt i samhällsekonomiska nyttor är dessa

<sup>87</sup><http://www.riksrevisionen.se/PageFiles/15649/Forsknings%c3%b6versikt.Potent ial%20f%c3%b6r%20fordonseffektiviseringar.pdf>

minskningar av relativt marginell betydelse vid en kostnadsjämförelse.

- Utredningen konstaterar att det behövs forskning på hur val av drivmedel påverkar miljö och sociala frågor i samband med produktion av fordon och infrastruktur.

## 10 KOSTNAD OCH INVESTERINGAR

I detta kapitel diskuteras vilka kostnader som kan uppstå samt vilka investeringar som behöver göras i samband med en elektrifiering av delar av busstrafiken i Västmanland.

En kostnadsjämförelse mellan drivmedel kan presenteras på olika sätt. Kapitlet inleds med en kostnadsjämförelse upplagd som en jämförelse av kostnad per fordonskilometer givet olika val av drivmedel.

Kilometerkostnaderna är här beskrivna i termer av investeringskostnad, drift- och underhållskostnad. Jämförelsen berör kostnader för drift med el, biogas, fossil diesel samt med biodiesel (RME respektive HVO).

Kapitlet fortsätter med en summering av de initiala investeringskostnader som behöver tas vid elektrifiering, jämfört med fortsatt biogasdrift. Det handlar om bussar och laddinfrastruktur.

Därefter följer en lönsamhetskalkyl där utgifter kopplade till ett system med eldrift jämförs med utgifter kopplade till dagens system med biogasdrift. Kalkylen illustreras över 20 år. I anslutning till denna görs sedan en känslighetsanalys som visar vilken betydelse olika kostnadsposter och antaganden har för lönsamheten.

Kapitlet avslutas med ett resonemang kring vikten av att välja rätt drivmedel för rätt typ av trafik följt av en sammanfattning av kapitlets slutsatser och rekommendationer.

Jämförelsen av kostnad per kilometer är baserad på erfarenhetsvärden. Övriga kalkyler är gjorda med utgångspunkt i det huvudscenario som tagits fram och presenteras i avsnitt 6.2.

**Det ska poängteras att de resonemang och beräkningar som redovisas i detta kapitel är baserade på tidiga antaganden och främst syftar till att ge en indikation på vilka storleksordningar på utgifter som uppkommer givet olika val av drivmedel. De diskussioner som förs i anslutning till presenterade kalkyler syftar också till att tydliggöra vilka kostnadsposter och antaganden som är av störst betydelse för att möjliga drivmedelsval ska bli lönsamma.**

### 10.1 KOSTNADJÄMFÖRELSE KOSTNAD PER KILOMETER

Bussar som drivs av olika drivmedel innebär inte bara olika investeringskostnader och effekter på miljön utan även skillnader i driftskostnader. De stora posterna vid drift är bränslekostnad, bränsleskatt, underhåll av fordon och underhåll för eventuell laddningsinfrastruktur.

#### **Antaganden som indata i kalkylen för kilometerkostnad**

Eftersom infrastrukturkostnaden är internaliserad i bränslepriset för samtliga drivmedel utom el bör en post för infrastrukturkostnad (inklusive både investering och underhåll) fördelad på totalt antal körda kilometer tas med i kalkylen. Denna sätts till noll för alla drivmedel utom el.

Då fordon med förbränningsmotorer inte bara har andra underhållskostnader utan även kan antas ha en annan livslängd än

fordon med elmotorer har en post för fordonskostnad (inklusive både investering och underhåll) per kilometer tagits med i kalkylen. Detta för att ge en så rättvis jämförelse som möjligt av kostnader kopplade till respektive drivmedel.

Utöver ovan nämnda driftskostnader tillkommer en kostnad för förare. Denna har antagits vara samma oavsett val av drivmedel och lämnas därför utanför kalkylen och diskussionen.

Kilometerkostnadsjämförelsen är baserad på kostnad per fordonskilometer för 18 meter långa bussar, givet val av drivmedel: el, gas, fossil diesel samt Biodiesel (HVO respektive RME). Antaganden om drivmedelsförbrukning och drivmedelspriser är baserade på uppgifter från ABVL samt erfarenheter från WSP:s tidigare uppdrag (Tabell 10). Elbussarna antas ha 15 års livslängd, och övriga busstyper 10 år. Laddningsinfrastrukturen antas ha 25 års livslängd, och batterierna 7 år. Kalkylen är baserad på en ränta om 4 procent. Antagandena om livslängd för laddinfrastruktur och batterier samt ränta är baserade på antaganden från tidigare WSP-studier. Utbudsmil per buss och år är baserad på faktiska värden från trafiken i dag från ABVL. Service och reparationskostnader för elbuss inkluderar service och reparationer för infrastrukturen.

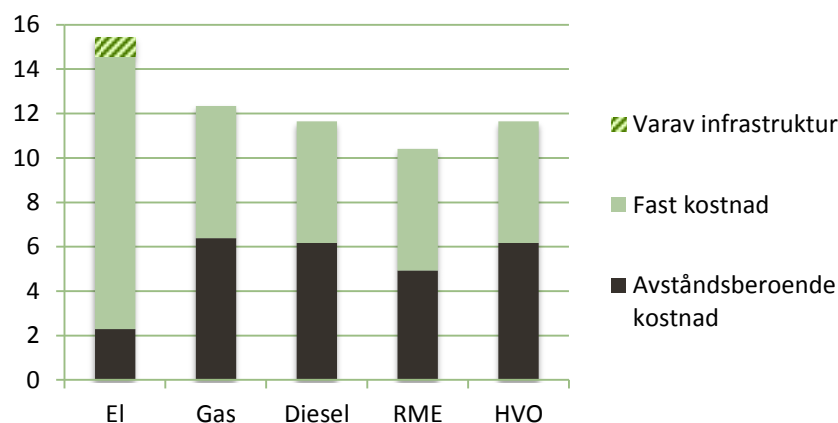
Tabell 10 Antaganden som indata i kilometerkostnadsjämförelse, baserat på uppgifter från ABVL samt tidigare uppdrag

	Elbuss	Gasbuss	Dieselbuss	RME	HVO
<b>Pris per buss</b>	6,5 Mkr	3,3 Mkr	3 Mkr	3 Mkr	3 Mkr
<b>Pris vid batteribyte</b>	1,75 Mkr				
<b>Reinvestering drivlina &amp; laddinfrastruktur*</b>	80 tkr	55 tkr	55 tkr	55 tkr	55 tkr
<b>Drivmedelspris</b>	1 kr/kWh	10kr/Nm <sub>3</sub>	9,5 kr/l	7,3 kr/l	9,5 r/l
<b>Förbrukning</b>	23kWh/mil	6,4 Nm <sub>3</sub> /mil	5,2 l/mil	5,3 l/mil	5,2 l/mil
<b>Utbudsmil per buss och år</b>	7500	7500	7500	7500	7500
<b>Teknisk livslängd buss</b>	15 år	10 år	10 år	10 år	10 år
<b>Teknisk livslängd batterier</b>	7 år				
<b>Teknisk livslängd infrastruktur</b>	25 år				
<b>Ränta</b>	4%	4%	4%	4%	4%

\*per år och buss

## Resultat kilometerkostnad

Vad gäller eldrift är den avståndsberoende kostnaden kopplad till drift (drivmedelskostnad och koldioxidskatt) betydligt lägre än för andra drivmedel. När de fasta kostnaderna kopplat till investering i fordon och infrastruktur läggs till och slås ut på körda kilometer blir det dock tydligt att elbussar, trots låga drivmedelskostnader, inte per automatik ger lägre kostnad per kilometer än gas, diesel och biodiesel (RME och HVO) (se Figur 38).



Figur 38 Jämförelse kilometerkostnad (kr/km) mellan olika möjliga val av drivmedel

Jämförelsen är beroende av antaganden kring de för el mycket stora kostnaderna för investering i fordon. Det krävs dock att fordonskostnaden ska minska markant – i storleksordning 40 procent – för att kilometerkostnaden för el ska landa i nivå med den för biogas. Här skulle därmed inte en elbusspremie på omkring 700 000 kr (se kapitel 11) räcka för att göra elbussar till en lönsam investering sett till kilometerkostnaden. Även om service- och reparationskostnaden för elbussar sätts till noll är kilometerkostnaden för eldrift fortfarande 2 kr högre per kilometer jämfört med fortsatt biogasdrift. Därutöver ska nämnas att väsentliga långvariga förändringar i el- respektive gaspris har stor bäring på kilometerkostnaden. Det krävs en ökning av gaspriset på 20 procent för att biogaskostnaden per kilometer ska hamna i nivå med kostnaden för eldrift givet att elpriset förblir oförändrat.

RME är det drivmedel som enligt kostnadsjämförelsen ger lägst kilometerkostnad givet dagens priser.

## 10.2 VÄSTERÅSSPECIFIKA ANGATANDEN SOM INDATA I KALKYLEN

Jämförelsen av kostnad per kilometer ovan är i stort baserad på erfarenhetsvärden som kan anses lika oavsett var i landet drivmedelsval diskuteras. I följande två kostnadsjämförelser – summeringen av nödvändiga utgifter respektive lönsamhetskalkylerna – har även vissa plats-specifika antaganden legat till grund för jämförelsen. Elalternativet är framtaget med utgångspunkt i det huvudscenario som tagits fram och presenteras i avsnitt 6.2. Biogasalternativet är baserat på faktiska kostnader för trafiken på motsvarande linjer idag.

### Antaganden som indatat i utgifts- och lönsamhetsjämförelse

Bussflottan har för både el och biogasalternativet antagits bestå av bussar av samma storlek som de bussar som trafikerar respektive linje idag.

Utbytestakten av bussar är baserad på ABVL nuvarande bytesplan, både i el- och biogasalternativet. Detta innebär att det är de bussar som trafikerar de högst trafikerade linjerna som byts ut mot elbussar först. De högst trafikerade linjerna elektrifieras därmed först och kvarvarande biogasbussar förflyttas steg för steg över till mindre trafikerade linjer.

Antaganden om de kostnader som är förknippade med respektive investering summeras till ett totalt värde per investeringspost i Tabell 11 nedan. Priset för 18 meters- och 12 metersbussar är baserade på priser som använts av ABVL. Priset för 15 metersbussar är antaget av WSP.

Tabell 11 Antaganden som indata i lönsamhetskalkylen

Kalkylpost	Totalt värde	Känslighetsanalyser
Buss 18 m	6500000 kr	Elbusspremie, Avtagande pris
Buss 15 m	6000000 kr	Elbusspremie, Avtagande pris
Buss 12 m	5000000 kr	Elbusspremie, Avtagande pris
Batteri 125 kWh	1750000 kr	Avtagande pris
Batteri 75 kWh	1125000 kr	Avtagande pris
Pantograf, 1 st.	4500000 kr <sup>88</sup>	Klimatklivet
Depåladdare, 1 st.	250000 kr	Klimatklivet
UH pantografer/år	500000 kr	
Växellådsbyte, 1 st.	50000 kr	
Motorbyte, 1 st.	250000 kr	
Kostnad per kbm gas	10 kr	
Kostnad el per kWh	1 kr	Annat elpris
Körsträcka per år och buss	75000 km	
Elanvändning per km, buss 18 m buss	2,3 kWh	
Gasförbrukning per km, 18 m buss	0,64 kbm	

### 10.3 INITIALA INVESTERINGSKOSTNADER

I Tabell 12 nedan redovisas den totala summan av investeringar som kommer behöva genomföras initialt givet en övergång till eldrift (enligt utredningens huvudscenario se avsnitt 6.2) samt motsvarande kostnad vid fortsatt gasdrift.

Tabell 12 Stora investeringsposter som uppkommer initialt vid övergång till eldrift.

Investering	Summa Eldrift	Summa Gasdrift
Laddningsinfrastruktur (depå+pantografer inkl. nätanslutningsavgift)	83 Mkr	-
Bussar	432 Mkr	223 Mkr
<b>TOTALT VID ELEKTRIFIERINGSSKEDE</b>	<b>515 Mkr</b>	<b>223 Mkr</b>

Ur tabellen kan utläsas att fordonskostnaden utgör den avgjort största investeringsposten, och att det i det *korta* perspektivet handlar om betydande utgifter. Hur utgifterna skiljer sig *över längre tid* är svårare att säga, och beror på hur lång period man studerar. Elbussar har längre livslängd vilket borgar för att skillnaden i utgifter för fordon blir mindre och mindre. Tabellens syfte är alltså bara att väcka frågan kring initiala

<sup>88</sup> Kostnaden antas inkludera nätanslutningsavgift.

investeringsbehov, inte att illustrera totala investeringsbehov. För illustration av kostnader och besparingar över tid, se avsnitt 10.4 nedan. För kostnadsjämförelse som rättvist jämför kostnaden mellan olika drivmedel, men inte illustrerar utgifternas storlek, se avsnitt 10.1.

Det tål återigen att poängtera att de kostnader som lyfts fram i kalkylen bygger på tidiga antaganden och främst bör betraktas som indikationer på storleksordningen.

## 10.4 LÖNSAMHETSKALKYL

### Avgränsning och syfte

Elektrifiering av bussflottan innebär, åtminstone initialt, ökade fasta fordonskostnader eftersom elbussar är avgjort dyrare än gasbussar. Däremot medför en elektrifiering lägre rörliga kostnader eftersom kilometerkostnaden för drivmedel minskar dramatiskt (se vidare avsnitt 10.1).

Beroende på vilka antaganden som görs kring ett antal viktiga kostnads- och besparingsposter som en elektrifiering genererar kan det ekonomiska utfallet variera kraftigt.

Baserat på kalkyldata från ABVL och erfarenheter från WSP:s tidigare studier har två översiktliga kalkyler tagits fram för att illustrera kostnader och besparingar. Syftet med dessa kalkyler är, förutom att ge en bild av lönsamheten med elektrifiering, att illustrera hur kapital måste tillföras för att elektrifiering ska kunna genomföras, utan hänsyn till hur detta löses finansiellt (leasing, lån etc.). Återigen poängteras att kostnadsdata är färskvara och att den tekniska utvecklingen nu går snabbt. Därför är den andra kalkylen en redogörelse för ett antal känslighetsanalyser som illustrerar effekten av en rad alternativa antaganden kring kostnader, politiskt stöd och teknisk utveckling.

I den första kalkylen nedan har vi tillämpat försiktighetsprincipen och konsekvent valt att göra antaganden som ligger medelhögt bland kostnadsuppgifter.

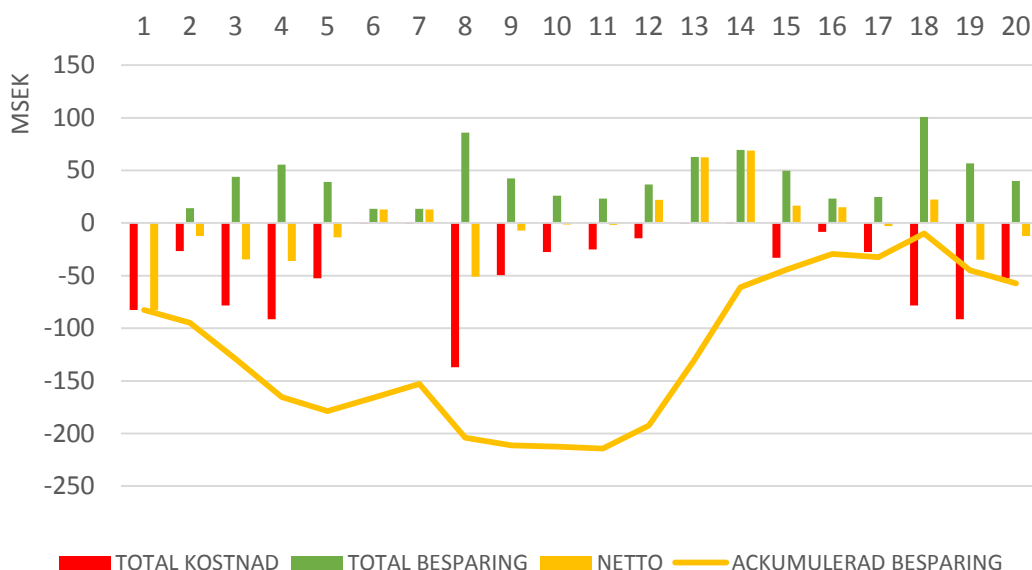
I en andra kalkyl har vi vänt på steken och utgår omvänt från optimistiska (men också högst tänkbara) antaganden. De optimistiska antagandena utgörs av (1) antagande om gradvis lägre prisnivå på elbussar och batterier, (2) subventioner till fordonsinköp genom elbusspremie, (3) lägre elpris och (4) stöd till laddningsinfrastrukturinvesteringar genom klimatklivet. Ett scenario med högre elpris testas också.

### Resultat

Under pessimistiska (men högst tänkbara) antaganden kommer en elektrifiering INTE att återbetala sig på 20 år (se Figur 39).



## Utgiftsjämförelse mellan elektrisk drift och biogas



Figur 39: Årliga kostnader och besparingar, samt ackumulerad besparing, enligt antaganden i Huvudscenariot (med antaganden enligt försiktighetsprincipen)

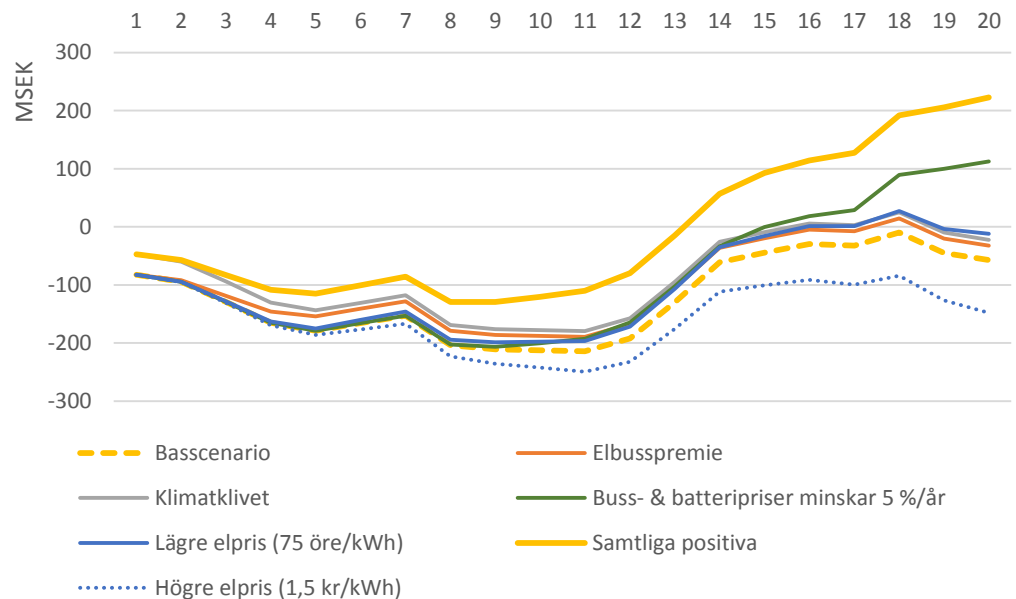
Gröna staplar anger årliga besparingar till följd av elektrifiering, röda staplar anger kostnader, och gula staplar nettoeffekten. Det är inte förrän efter 12 år som investeringen systematiskt börjar generera nyttor, men under de 20 åren som kalkylen avser blir det ackumulerade resultatet (gul linje) negativt med ca 60 miljoner kronor. Den avgjort viktigaste faktorn är fordonskostnaden, de ökade fordonskostnaderna uppvägs inte av lägre avståndsbaserade kostnader. Utfallet i en sådan här kalkyl är beroende på hur lång tid den görs för, som illustrerat av de tämligen stora variationerna i nettokostnad per år och den påfallande ned- respektive uppgången i ackumulerad besparing. Figuren ovan döljer t.ex. att ett stort antal elbussar behöver bytas ut snart efter den redovisade 20-årsperioden, hade tidsperspektivet förlängts med några år hade alltså den ackumulerade besparingen vänt nedåt igen. Därutöver hade reinvestering i laddinfrastrukturen tillkommit år 25. Om perspektivet skulle förlängas ytterligare skulle resultatet för elektrifiering åter vända uppåt.

### Känslighetsanalys

Med omvänt optimistiska (men också de högst tänkbara) antaganden kan det ekonomiska nettoresultatet av elektrifiering vara positivt inom en 15-årsperiod, med ytterligare nyttor därefter. Det ska poängteras att dessa antaganden, om än optimistiska, också är fullt tänkbara.

För att illustrera betydelsen av enskilda antaganden har vi valt att redovisa en känslighetsanalys. I Figur 40 nedan redovisas ackumulerad besparing över 20 år vid elektrifiering för ett antal olika känslighetsanalyser.

## Känslighetsanalyser



Figur 40: Ackumulerade besparingar under 20 års kalkylperiod under alternativa antaganden. (Elbusspriset antas inte minska till lägre än för gasbussen.)

Känslighetsanalyserna visar att med antaganden om lägre elpris, stöd till laddningsinfrastruktur, stöd till bussinköp eller gradvisa prisreduceringar för bussar och batterier, uppnås i samtliga fall ett väsentligt bättre resultat över en kalkylperiod på 20 år. Med samtliga kostnadsreducerande antaganden blir den ackumulerade besparingen positiv redan under det 13:e året, och på det 20:e året är nettovinsten över 220 miljoner kronor. Det huvudsakliga budskapet i känslighetsanalyser med gradvis minskade fordonspriser är att kurvan vänder brant uppåt när fordonskostnaden närmar sig gasbussens. Om i stället elpriset antas ligga på högre nivå (1,5 kr/kWh) försämras resultatet med 90 miljoner kronor över 20-årsperioden. Med ett sådant elpris är det alltså tveksamt om investeringen är lönsam, även med vissa statliga stöd till elektrifiering och betydande prisnedgångar i bussar och batterier.

### Finansieringsfrågan viktig

Med högst tänkbara antaganden om visst offentligt stöd, gynnsamma förutsättningar på elmarknaderna och gradvisa kostnadsreduceringar genom större global produktion av batterier och elektriska bussar, är det fullt möjligt att elektrifiering inom en 20-årsperiod är en lönsam investering för kollektivtrafiken i Västmanland.

Även om det går att räkna hem en investering under en kalkylperiod bör det dock framhållas att elektrifiering innebär en väsentlig kapitalbindning. Frågan är om kollektivtrafikmyndigheten själva vill belasta sin balansräkning med investeringar i dyr infrastruktur och dyra bussar. Privata aktörer (som kollektivtrafikoperatörer) har i regel avkastningskrav på kapitalinvesteringar vilket kan driva upp kostnaden om annan aktör står för finansiering, genom exempelvis leasingavtal.

## 10.5 VÄLJ RÄTT BRÄNSLE FÖR RÄTT TYP AV TRAFIK

Eftersom den stora ekonomiska fördelen med elbussar ligger i låga rörliga kostnader, ligger mycket av nyttan med elbussar relativt gasbussar i tillräcklig årlig körsträcka. I exempelvis Stockholms innerstad finns busslinjer där bussarna, trots att de nyttjas under stor del av dygnet, inte kör mer än cirka 50 000 km per år eftersom framkomligheten är begränsad, vägutrymmet delas med många andra, och medelhastigheten därför är låg. Med så få fordonskilometer per år är det svårare att motivera elektrifiering än i en situation med god framkomlighet.

För kollektivtrafik på landsvägar, med högre hastighet och längre avstånd mellan stoppen, kommer det troligtvis också dröja längre innan elektrifiering innebär en väsentlig minskning av driftskostnader. Elmotorer är urstarka och använder betydligt mindre energi vid start från hållplats än gasbussar, vilket är en fördel i tätare områden. För kollektivtrafik i hållplatsglesa områden och efter landsväg, är energieffektiviteten för elbussar relativt gasbussar per körd kilometer inte lika betydande. I dessa områden är dessutom linjerna dessutom längre, vilket ställer högre krav på batteristorlek. Troligtvis är det för sådana linjer hybrid- eller gasbussar som är att föredra.

Sammanfattningsvis kan sägas att driftskostnaderna minimeras genom att elbussar introduceras i första hand i trafik där dess nytta är mest uppenbara: stadslinjer med tämligen god framkomlighet för kollektivtrafiken.

## 10.6 SLUTSATS OCH REKOMMENDATION

- Ur ett strikt driftskostnadsperspektiv är elen betydligt billigare än andra drivmedel som biogas, diesel och biodiesel (RME och HVO).
- Kostnaden per fordonskilometer är dock i allt väsentligt en funktion av fordonskostnad och körsträcka, där det utifrån dagens underlag krävs optimistiska antaganden om fordonspris samt långa körsträckor för att eldrift ska vara fördelaktigt. Därutöver ska nämnas att väsentliga långvariga förändringar i el- respektive gaspris har stor bäring på kilometerkostnaden.
- Elektrifiering av busstrafiken i Västerås stad enligt huvudscenariot (avsnitt 6.2) skulle innebära initiala utgifter i storleksordningen 515 Mkr för uppförande av laddinfrastruktur och utbyte av bussar. Detta kan jämföras med utgifter på i storleksordning 223 Mkr vid fortsatt biogasdrift.
- Trots eldriftens låga driftskostnader kommer den antagna investeringen i elbussar inte att betalas tillbaka på 20 givet de mest pessimistiska (men högst tänkbara) antagandena.
- En känslighetsanalys visar att investeringen är känslig för antaganden om faktorer som elpris, möjlighet till statligt stöd och minskade priser till följd av teknikutveckling för bussar och batterier.
- En optimistisk (men också högst tänkbar) kalkyl ger att det ekonomiska nettoresultatet av elektrifiering blir positivt redan under det 13:e året, med ytterligare nyttor därefter.
- Även om det går att räkna hem en investering under en kalkylperiod bör det poängteras att de stora utgifter som följer av en elektrifiering innebär en väsentlig kapitalbindning av ett slag privata aktörer (som kollektivtrafikoperatörer) undviker på grund av avkastningskrav på kapitalinvesteringar. De stora utgifterna kommer därmed antingen få bäras av länet, alternativt driva upp kostnaden för ett eventuellt leasingavtal om annan aktör ska stå för finansiering av fordonen.
- Utredningen rekommenderar KTF och landstingsstyrelsen att ta frågan om kapitalbindning i beaktan inför ett eventuellt beslut att fortsätta en process mot elektrifiering av busstrafik i länet. Frågan att ta ställning till är om kollektivtrafikmyndigheten själva vill belasta sin balansräkning med investeringar i dyr infrastruktur och dyra bussar samt om inte, att tidigt i den fortsatta processen utreda om och hur detta kan lösas genom exempelvis leasingavtal med fordonstillverkare eller andra aktörer.

## 11 MÖJLIGHETER TILL STÖD OCH BIDRAG

Det finns en rad stödformer som är möjliga att söka för en region som vill investera i elektrifiering av busstrafik. Utredningen har valt att fokusera på svenska stödformer eftersom stöd för elektrifiering av trafik i nuläget är en mycket aktuell fråga och för att denna form av stöd utifrån utredningens bedömning har störst chans att ge utdelning i detta fall.

### 11.1 ELBUSSPREMIEN (ENERGIMYNDIGHETEN)<sup>89</sup>

*Kan sökas för investeringar i helelektriska bussar och laddhybrider*

#### Ramverk

- Elbusspremien har tillkommit för att stötta en marknadsintroduktion av elbussar och i förlängningen minska utsläpp av växthusgaser, luftföroreningar och buller.
- Premien regleras i förordning 2016:836 om elbusspremie som trädde ikraft 26 juli 2016 och är sökbar från och med hösten 2016.
- Under 2016 finns 50 miljoner kronor avsatta för elbusspremien, och för 2017-2019 föreslås 100 miljoner kronor tillföras per år till det nya anslaget. Totalt handlar satsningen om 350 miljoner kronor.
- Energimyndigheten handlägger stödet.

#### Vem kan söka?

- Stödet ska stötta bussar i linjetrafik och riktas därmed till regionala kollektivtrafikmyndigheterna och till kommuner som de regionala kollektivtrafikmyndigheterna har överlämnat befogenhet åt att ingå avtal om allmän trafik.

#### Vilken typ av bussar kan få stöd?

- Premien kan betalas ut till elbussar, laddhybrider och trådbussar med en transportkapacitet på mer än 30 passagerare.
- En förutsättning för att laddhybrider ska få premie är att de kör minst 60 procent av sträckan på el.
- Bussar som får stödet ska ha beställts efter den 31 december 2015, för att användas i kollektivtrafik enligt avtal om allmän trafik.
- Elbusspremien får inte kombineras med andra former av statliga bidrag för förvärv av elbussar.

---

<sup>89</sup> Källa: energimyndigheten.se 2016

## Premiens storlek

- Premien ska täcka en del av merkostnaden för elbussen i förhållande till en konventionell buss (kan inte kombineras med andra statliga bidrag).
- Storleken på premien avgörs av bussens transportkapacitet och om det är en helelektrisk buss eller en laddhybridbuss (som kvalificerar för "halv" premie under förutsättning att minst 60 procent av sträckan körs på el)
  - Exempel 1: en helelektrisk buss med en maximal transportkapacitet för mer än 110 passagerare uppgår premien till 600 000-700 000 kronor (motsvarar storleksordning på de 18-metersbussar som trafikerar linje 1-4),
  - Exempel 2: en helelektrisk buss med en maximal transportkapacitet för mer än 70 passagerare men högst 90 passagerare uppgår premien till 400 000 kronor (motsvarar storleksordning på de 12-metersbussar som trafikerar linje 5-6),
  - Exempel 3: För en 15 meters laddhybridbuss med en maximal transportkapacitet för mellan 70 och 110 passagerare uppgår premien till 200 000 - 300 000 kronor (motsvarar storleksordning på de 15-metersbussar som trafikerar linje 21-23 (24))

I förordningen listas i detalj hur stor premie som utgår för respektive typ av buss.

## 11.2 KLIMATKLIVET (NATURVÅRDSVERKET)<sup>90</sup>

*Kan sökas vid eventuell investering i laddningsstationer för ändhållplatsladdning.*

### Ramverk

- Klimatklivet är en del av den statsbudget som riksdagen beslutat om för 2016. Naturvårdsverket ska ge stöd till lokala klimatinvesteringar i samverkan med andra centrala myndigheter och länsstyrelserna.
- Under 2015 uppgick stödet till 125 miljoner kronor. Ytterligare 600 miljoner kronor per år kommer att delas ut för klimatinvesteringar för 2016, 2017 och 2018.

### Vem kan söka?

- Alla typer av organisationer kan söka, exempelvis kommuner, landsting, företag och stiftelser.

### Vilken typ av åtgärder kan få stöd?

- Stöd får endast ges till en åtgärd som bidrar till att 1) uppfylla strategier, planer eller program för klimat och energi i det eller de

---

<sup>90</sup> Naturvårdsverket.se 2016

län eller i den eller de kommuner där åtgärden avses att genomföras, eller 2) öka takten för att nå miljö kvalitetsmålet Begränsad klimatpåverkan eller för att uppfylla prioriteringen om en fossiloberoende fordonsflotta 2030 eller visionen om att Sverige år 2050 har en hållbar och resurseffektiv energiförsörjning och inga nettoutsläpp av växthusgaser i atmosfären.

- Laddningsstationer är en av de åtgärder som kan få stöd.
- Stöd har även utbetalats i kategorin Fordon. Dock har inget stöd utbetalats för inköp av fordon utan istället för åtgärder så som simuleringsbaserad undervisning i körteknik och utbildning i simulerad miljö.

#### **Premiens storlek**

- Stöd till laddningsstationer får ges med högst 50 procent av investeringskostnaden.
- För laddningsstationer för normalladdning får stödet inte uppgå till mer än 20 000 kronor per laddningsstation.

### **11.3 STADSMILJÖAVTAL (TRAFIKVERKET)<sup>91</sup>**

*Kan sökas som alternativ till de två övriga stöden. Kräver dock stort kommunalt engagemang.*

- Stöd kan sökas för investeringar för lokal och regional kollektivtrafik.
- Kommuner och landsting kan söka.
- Motprestationer krävs i form av stadsplanering för en hållbarare trafik (kollektivtrafik, cykel, förtätning mm).
- 2015 gavs stöd till laddningsstationer (elbuss i Luleå och Östersund), BRT, framkomlighetsåtgärder för kollektivtrafik samt spårväg (Lund). Av 540 Mkr var 12 Mkr till elbussladdning. Det är dock oklart om elfordonen i sig kan få stöd.
- Stöd lämnas med högst 50 procent av kostnaderna för genomförda åtgärder. Stödet betalas ut årsvis mot redovisning av nedlagd kostnad. Total budget är 2 000 Mkr för 2015-2018.

### **11.4 DEMONSTRATIONSPROGRAM FÖR ELFORDON (ENERGIMYNDIGHETEN)**

*Relevant möjlighet, men det kan vara relativt höga krav på vetenskaplig utvärdering. Kvarstående budget låg. Projekt som rör forskning/demonstrationer som redan gjorts får lägre prioritering och stöd har redan utbetalats till ett antal projekt inom elfordon och kollektivtrafik.*

---

<sup>91</sup> Trafikverket.se 2016

- Medel kan sökas för demonstrationsprogram för elfordon som ur ett användarperspektiv identifierar barriärer för en storskalig introduktion av elfordon på den svenska marknaden (forskning inom elfordon).
- Alla utom privatpersoner kan söka.
- Utlysta medel för 2016 är 15 miljoner. Totalt budgeterat är 285 miljoner mellan 2011-2017.
- Ansökan görs via Energimyndighetens e-kanal.
- Projektförslagen värderas utifrån de energipolitiska målen; energirelevans, nyhetsvärde, miljörelevans, näringslivsrelevans och marknadsförutsättningar.

## 11.5 SLUTSATS OCH REKOMMENDATION

- Utredningen har identifierat fyra stödprogram varav tre bedöms ligga i linje med en eventuell elektrifiering av busstrafik i Västerås.
- Två av dessa, elbusspremien och stöd från klimatklivet, finns med som poster i den känslighetsanalys av kalkylen som utredningen redovisar. Kalkylerna visar att dessa stöd inte i sig är tillräckligt stora för att göra en elektrifiering av det slag som här utreds till en kostnadseffektiv investering.
- Elbusspremien som handläggs av energimyndigheten ger goda förutsättningar för ekonomiskt stöd vid inköp av fordon. Stödet är i storleksordningen 200 000-700 000 kr per fordon beroende på fordonets kapacitet samt om det är en laddhybrid eller ett helelektriskt fordon.
- Klimatklivet, som handläggs av Naturvårdsverket, stöttar investeringar med potential till minskningar av varaktiga växthusgasutsläpp. Hittills har infrastruktur för snabbbladdning funnits med bland de typer av investeringar som fått stöd (dock inga elbussar). Stöd får ges för högst 50 procent av kostnaden av en investering. Det ska dock nämnas att det faktum att trafiken idag utgörs av biogasbussar ger en mindre koldioxidbesparing vid elektrifiering än exempelvis en elektrifiering av dieseltrafik vilket minskar sannolikheten för att linjetrafiken i Västmanland ska kvalificera för stöd.
- Stadsmiljöavtal, som handläggs av trafikverket, är utvecklat för att stötta kommuner och landsting som arbetar för hållbara stadsmiljöer. Här krävs dock motprestationer från kommunen eller landstinget i form av stadsplaneringsåtgärder för en hållbarare trafik (kollektivtrafik, cykel, förtätning mm).



## 12 ROLLER – ANSVAR, ÄGANDE OCH AFFÄRSMODELL

Det finns många sätt att konstruera en rollfördelning och affärsmodell kring ägande och drift av elektriska bussar inklusive nödvändig infrastruktur. Samtidigt som det inte finns en enskild "rätt" lösning finns det ett par grundläggande faktorer att utgå ifrån för att skapa en rollfördelning som är långsiktigt hållbar samtidigt som den kräver så få investeringar som möjligt. Nedan listas ett par faktorer som utredningen anser att landstinget bör ta hänsyn till vid val av rollfördelning och affärsmodell.

### Faktorer att beakta vid val av rollfördelning och affärsmodell:

- Rollfördelningen bör i möjligaste mån tillåta respektive organisation att ansvara för verksamheter som liknar/ är kompatibla med organisationens verksamhet idag.
- Ansvarsfördelning och ägande bör om möjligt fördelas så att den kostnad som en övergång till eldrift genererar också faller på den organisation som kan tillgodogöra sig elektrifieringens ekonomiska vinster.
- Rollfördelningen bör utformas på ett sätt som fungerar även på sikt då elbussar eventuellt blivit en integrerad del i kollektivtrafiksystemet.
- Rollfördelningen bör utformas på ett sådant sätt att den håller öppet för en möjlighet att kommersialisera enskilda delar av verksamheten om detta är en fråga landstinget vill hålla öppet för.
- Det kan också vara verkningsfullt att ta i beaktan huruvida en övervägd rollfördelning skapar incitament som främjar energieffektivisering och hushållning med ekonomiska resurser i länet.
- Rollfördelningen bör utgå ifrån gällande regelverk för kommunal verksamhet (se exempelvis *kommunallagen 2 kap. 7 §, 8 kap. 3c §, samt även ellagen 7 kap. 1,2 §*).

### 12.1 FORDON

Fordonskostnad är en betydande del av den investering som krävs vid initiering av elbusstrafik. Det går att hitta olika lösningar kring hur fordon upphandlas och ägs. De aktörer som primärt är inblandade i frågor kring av fordon är:

- Kollektivtrafikförvaltningen (KTF)
- Operatören (ABVL)
- Fordonsleverantören/leasingbolag

I ett tidigt skede i teknikutvecklingen är många fordonsleverantörer angelägna om att hitta affärskoncept som minimerar risken för den potentiella kunden och som i så hög utsträckning som möjligt liknar de

lösningar som kunden är van vid. Därför erbjuder många tillverkare lösningar som inkluderar service mm, en möjlighet som om den erbjuds kan användas för att minimera risken för landstinget i en eventuell första upphandling.

#### *Inköp och ägande av fordon*

##### **Exempel på möjlig rollfördelning:**

- Kollektivtrafikförvaltningen (KTF) ställer krav på energiprestanda, miljökrav med mera inför inköp av fordon.
- Operatören (ABVL) eller KTF upphandlar, äger eller leasar fordon utifrån de krav KTF specificerat samt egna tekniska kravställningar.<sup>92</sup>

## 12.2 DEPÅ, NATTLADDNING OCH SERVICE

Idag ägs depån av Västerås stad men ABVL som driver depåverksamheten står trots detta för en del av de investeringskostnader som löpande uppkommer i anslutning till depån.

Utredningen har ingen åsikt om huruvida dagens konstruktion kring ägande av depån ska fortlöpa. En övergång till elektrifierade bussar kommer att innebära att investeringar kommer behöva göras i depån och det behöver tydliggöras vilken aktör som tar dessa kostnader.

Även de kostnader som uppstår i direkt samband med investeringar kopplat till nattladdning i depå (se kapitel 7) är dels direkta investeringskostnader i teknik, dels möjligtvis mindre kostnader som uppkommer i samband med nödvändiga förstärkningar i elnätet. De senare kostnaderna tas ut av nätägaren i termer av anslutningsavgifter. Samtliga kostnader som uppkommer i samband med detta kommer behöva falla på en överenskommen aktör, exempelvis den aktör som gör investeringar i fordonen eller på den aktör som äger och upplåter depån.

Berörda aktörer bör även, utöver att fördela idag identifierade kostnader sinsemellan, enas om en gränsdragning mellan respektive aktörs kostnadsansvar kopplat till depå. Oavsett om en elektrifiering genomförs eller inte kommer idag oidentifierade kostnader i skärningspunkter mellan val av drivmedel, trafikering, fordon och depå sannolikt att uppstå. För att undvika risken för framtida konflikter och förseningar bör denna gränsdragning och formerna för hur eventuella konfliktsituationer hanteras formaliseras.

Service sköts av fordonsägare, eventuellt i samarbete med leverantör. Här finns i ena änden av spektrumet alternativet att i så hög grad som möjligt investera i egen kompetens för service av elfordon, och i andra änden alternativet att lägga ut en så stor del av ansvaret för

---

<sup>92</sup> Som kollektivtrafiken är organiserad i länet idag kan VL likväl som KTF stå som ägare/leasare av fordonen. Skulle det rent hypotetiskt uppstå ett scenario där det i framtiden blir aktuellt med kommersialisering av drift (något som utredningen idag inte känner till några som helst planer på för Västmanlands räkning) är det dock att föredra att låta KTF stå som ägare av fordonen som sedan hyrs ut till operatören enligt lämpligt avtal. Detta eftersom de stora investeringar som krävs i fordonen annars kan vara svåra att kombinera med tidsbegränsade avtal för driften.

fordonsunderhåll och service som möjligt på fordonsleverantören. Inför upphandling av fordon bör en utredning göras av i vilken grad länet önskar förfoga över denna kompetens lokalt mot fördelarna med att lägga ut ansvaret på fordonsleverantören. I samband med upphandling av fordon kan anbudsgivarna ombes komma med kostnadsförslag för olika nivåer av service.

Det bör poängteras att en övergång till eldrift inte skulle vara totalomfattande utan att en depå även under ett sådant scenario skulle behöva behålla den infrastruktur som krävs för biogasbussar.

*Depå, nattladdning och service*

#### **Exempel på möjlig rollfördelning:**

- Dagens lösning för ägande och förvaltning av depå bör kunna fortgå enligt dagens modell. Det är dock viktigt att på förhand förtydliga vilken aktör som tar vilka kostnader i anslutning till depån, inte minst om det någon gång i framtiden skulle bli aktuellt med kommersiell drift av bussarna.
- ABVL/KTF/staden står för investeringar som krävs för att möjliggöra nattladdning, inklusive eventuella nätanslutningsavgifter<sup>93</sup>.
- Service kan skötas av fordonsägare och/eller i samarbete med fordonstillverkare.

## 12.3 LADDNINGSFRASTRUKTUR UTANFÖR DEPÅ

Inför introduktion av infrastruktur uppkommer ett antal frågeställningar kring planering för och placering av infrastrukturen, markfrågor och bygglov samt affärsmodell (se vidare kapitel 13). Av dessa är frågan om roller och affärsmodell en knäckfråga.

Grovt kan frågan om rollfördelning och affärsmodeller för drift och ägande av infrastrukturen delas in i tre delar:

- Inköp och uppförande av laddningsinfrastrukturen samt anslutning till elnätet
- Tekniskt underhåll och övervakning av laddningsinfrastrukturen
- Rätt att prissätta och sälja el via laddningsinfrastrukturen

De aktörer som i en given affärsmodell kan ha specifika roller är främst:

- Trafikhuvudmannen
- Operatören
- Kommunen
- Nätägare

<sup>93</sup> Som kollektivtrafiken är organiserad idag ligger det nära till hands att den av VL och KTF som står som ägare av fordonen också är den aktör som tar kostnaden för upprustning av depå för att möta de nya bussarnas behov. I ett scenario där det i framtiden skulle kunna bli aktuellt med kommersialisering av drift är det troligen att föredra att låta KTF Västerås stad ta dessa investeringar, allt beroende på vilken lösning som väljs för ägande av depå givet att driften skulle kommersialiseras.

- Elbolag
- Laddningsinfrastrukturproducenter

Då ingen stad, än mindre region, i Sverige ännu introducerat elbussar i större skala saknas helt praxis kring detta. Umeå är den stad som kommit längst och i avsnitt 3.2 redogörs kortfattat för den rollfördelning som valts i Umeå mellan olika aktörer.

Förutsättningarna för en allmängiltig praxis begränsas av det faktum att olika län skiljer sig så pass mycket i termer av grad av offentligt ägande kontra avreglerad marknad. Möjliga och optimala rollfördelningar mellan aktörer är direkt beroende av de regler och den praktik som arbetats in i respektive region under de senaste 10-20 åren. Det finns också begränsningar för i vilken mån kommunala bolag får driva kommersiell verksamhet, en aspekt som är viktig att ha med i beaktan vid utformning av roller och affärsmodeller. Bland annat reglerar ellagen att produktion eller handel med el samt därmed sammanhängande verksamhet inom ramen för kommunala bolag ska drivas på affärsmässig grund (*ellagen 7 kap. 1,2 §*).

Det kommunala bolaget Mälarenergi<sup>94</sup> är en av flera aktörer som skulle kunna ta på sig rollen att driva, underhålla och äga laddningsinfrastrukturen. Detta bolag ska dock enligt lag verka på en fullt konkurrensutsatt marknad och får inte premieras framför andra av en offentlig aktör. All upphandling av tjänster (med eller utan elenergi inkluderad) och elenergi (separerad) torde därmed behöva konkurrensutsättas. Inför beslut om rollfördelning bör det därför has i åtanke att Mälarenergi som energihandlande bolag troligtvis inte kan tilldelas roller utan upphandling.

En möjlig rollfördelning för Västmanland vid en introduktion av elbusstrafik som bygger på en teknik med laddning utanför depå presenteras nedan.

---

<sup>94</sup> Här måste en skilja på Mälarenergi som elhandlande bolag och nätbolaget Mälarenergi Nät AB. Medan Mälarenergi så som det åsyftas här är ett elhandlande bolag och agerar på en kommersiell marknad finns även Mälarenergi Nät AB som ansvarar för elnätet inom sitt koncessionsområde.

*Uppförande, ägande och drift för laddning utanför depå.*

**Exempel på möjlig rollfördelning:**

- Kollektivtrafikförvaltningen (KTF) planerar trafiken och beslutar efter utredning var laddare ska placeras.
- Operatören (ABVL)/KTF/kommersiell aktör köper, bekostar upp-förande av och äger laddningsinfrastrukturen.
- En kommersiell elmarknadsaktör (som kan vara Mälarenergi) prissätter och säljer laddning från laddningsstation mot att de bistår med expertis vid etablering av laddningsinfrastrukturen (om denna ägs av annan aktör) samt står för tekniskt underhåll och övervakning av laddningsinfrastrukturen på uppdrag av laddningsstationsägaren. Här krävs troligen upphandling i konkurrens.
- Priset per kWh eller laddningstillfälle sätts i avtal mellan operatören (ABVL) eller KTF och det anlitate elbolaget som driver laddningsstationen. Priset kan exempelvis sättas i nivå för att täcka elkostnad och löpande kostnader för service och administration mm.

Det finns för- och nackdelar kopplat till valet om det är KTF eller ABVL som ska avtala om prismodell för laddning och äga stationerna. Om kalkylen för kostnad för val av drivmedel på en viss linje i huvudsak ligger på en aktör är det enklare att stegvis och dynamiskt bygga ut systemet i den riktning som är mest effektiv. Här är det att föredra att försöka hitta en modell där planeringen av trafiken och val av med vilket drivmedel linjer ska trafikeras faller på den part som tjänar på att hålla nere drivmedelskostnaden och energiåtgången i systemet.

## 12.4 UTBYGGNAD OCH INVESTERING I ELNÄTET

Laddinfrastrukturen kan ur ett elnätsperspektiv placeras var som helst i staden. Kostnaden för nätanslutningen påverkas dock direkt av hur elnätet ser ut idag och i viss mån vilka planer som finns för andra framtida etableringar.

Det är nätägarens (Mälarenergi Nät AB:s<sup>95</sup>) skyldighet att se till att nätet byggs ut och förstärks i den grad kunderna efterfrågar. Nätbolaget har dock rätt att ta ut en anslutningsavgift av nya kunder som täcker de merkostnader i termer av investeringar som uppstår till följd av kundens behov. Anslutningsavgiften ska enligt ellagen vara skälig. Om en kund anser att kostnaden för anslutning är för hög kan de genom Energimarknadsinspektionen (Ei) pröva om anslutningsavgiften är skälig.<sup>96</sup>

Planeringen för lokalisering av laddningsinfrastrukturen bör därför ur ett kostnadsperspektiv ske i samråd med nätbolaget.

<sup>95</sup> Här är det återigen viktigt att skilja på Mälarenergi som nätbolag och som elhandlande bolag. Mälarenergi Nät AB som åsyftas här är ett nätbolag och inte samma aktör som det elhandlande bolag som åsyftats tidigare.

<sup>96</sup> Energimarknadsinspektionen augusti 2016, <http://ei.se/sv/el/Ansluta-till-elnat/>

## 12.5 SLUTSATS OCH REKOMMENDATION

- Utredningen har identifierat ett antal nya eller förändrade roller som kan väntas uppstå som en konsekvens av en elektrifiering av delar av bussflottan i Västmanland.
- Utredningen har också identifierat ett antal principer som kan användas som stöd i arbetet med att identifiera hur de nya rollerna ska fördelas mellan olika aktörer, främst kring områdena ägande av fordon, investeringar kopplade till depå samt ägande, drift och underhåll av laddningsinfrastruktur.
- Utredningen föreslår att KTF och landstingsstyrelsen parallellt med en eventuellt förestående teknisk utredning av hur en elektrifiering bör ske, initierar en process där landstinget i ett första steg tydligt formulerar internt vilken roll de önskar ta i samband med en elektrifiering. Diskussionen bör även omfatta frågan om hos vilka av landstingets förvaltningar ägande och mandat att planera trafiken bör förläggas. I ett andra steg bör gränsytan rörande ägande och investeringar kopplat till depå tydliggöras i en gemensam process med staden.
- Vidare föreslår utredningen att de principer och diskussioner kring möjliga rollfördelningar som lyfts fram i denna utredning används som utgångspunkt för att driva diskussioner i en sådan process framåt.

## 13 STADSMILJÖ OCH SAMRÅD

Ett genomförande av elektrifiering med en teknik som bygger på antingen snabbbladdningsstationer eller tråd i gatans luftrum innebär att såväl informella som lagstadgade samråd behöver ske med olika parter.

Omfattningen av lagstadgade samråd beror på hur förutsättningarna avseende planstöd ser ut för de specifika platserna som berörs av fysiska åtgärder. I detta kapitel belyses behovet av olika typer av samråd baserat på de två alternativen med ändhållplatsladdning (se Huvudscenario - Ändhållplatsladdning avsnitt 6.1) respektive tråd (se Alternativt scenario-tråd avsnitt 6.1)

### 13.1 GENERELLA KRAV OCH BEHOV AV SAMRÅD

De fysiska åtgärder som behöver göras i stadsmiljön i samband med elektrifiering oavsett scenario kommer i stor utsträckning att ske i gaturummet och närmast angränsande miljö. Gaturummet är kommunens angelägenhet och ansvar varför kommunens förvaltningar är en viktig och avgörande samrådspart om landstinget vill gå vidare mot en elektrifiering. Kommunens olika förvaltningar behöver ges möjlighet att bedöma hur och om deras respektive förvaltningsområde kan komma att påverkas av en elektrifiering. Dialogen med kommunen bör fortgå från tidigt skede och till dess att de fysiska åtgärderna i stadsmiljön är genomförda.

Beroende på vilka linjesträckningar som blir aktuella kan även Trafikverket äga och ansvara för gaturummet på de platser som påverkas av en elektrifiering. I det fallet krävs en samordning mellan de två väghållarna (d.v.s. Västerås stad och Trafikverket) för att dessa ska nå samsyn i hanteringen av de fysiska åtgärder som behövs. Väghållarna behöver informeras i ett mycket tidigt skede så att önskemål om tidplan kan synkroniseras med väghållarnas eventuella investeringsplaner för olika vägsträckor. Sådana planerade åtgärder hos väghållarna kan annars riskera att fördröja genomförandet av en elektrifiering.

Åtgärder inom gatumark kräver tillstånd från markägaren. Om länet vill arbeta vidare mot en elektrifiering av busstrafiken i staden måste därför samråd ske med berörd väghållare avseende stadsmiljön respektive framkomlighet och funktion. Det gäller både frågor om tillgänglighet och framkomlighet för såväl gångtrafikanter, personer med funktionshinder som fordon. För att nå framgång i genomförandet av elektrifiering bör landstinget samråda även med lokala intresseorganisationer om påverkan i gaturummet avseende framkomlighet och funktion. Detta kan lämpligen ske i samarbete med kommunen som har god kunskap om vilka organisationer som kan vara aktuella att kontakta. Intresseorganisationer kan till viss ses som en representant för den breda allmänheten, men landstinget bör överväga att, eventuellt tillsammans med kommunen, erbjuda en öppen dialog även med medborgare för att uppnå en så smidig genomförandeprocess som möjligt. När medborgarna gets tillfälle att få information och ställa frågor i tidigt skede ökar acceptansen och förståelsen för förändringar i gaturummet. En medborgardialog om elektrifiering kan också bidra till ett ökat intresse för att resa kollektivt.

Samråd bör även ske med länsstyrelsen, eventuellt regionplaneorgan och angränsande kommuner kring mellankommunala frågor som transportplan, resurshushållning och miljömål.

Åtgärder inom gatumark kan även kräva tillstånd från polismyndigheten.

Viktiga aspekter att fundera kring och samråda om ifall landstinget väljer att gå vidare mot elektrifiering:

- **Stadsmiljö.** Det är möjligt att kommunen har, eller önskar ta fram, en policy, gestaltungsprogram eller motsvarande för de förändringar som elektrifiering kommer innebära för stadsmiljön. Det kan vara en övergripande policy för hela linjestäckningarna alternativt för vissa sträckor i exempelvis de mest centrala delarna av Västerås. Kommunen är som huvudman för gatorna ägare av en sådan policy men den kan bekostas av den part som har nytta av den. I framtagandet av en sådan policy behöver samråd ske med flera av de aktörer som omnämns nedan.
- **Framkomlighet och funktion ovan mark.** Nya inslag i gaturummet med stolpar och trådar kan påverka framkomlighet för tunga transporter, räddningsfordon, avfallsfordon och underhållsfordon för t.ex. snöröjning. Samråd behöver därför ske med kommunen och dess entreprenörer samt räddningstjänsten. Likaså bör samråd ske med eventuellt funktionshinderråd.
- **Funktion under mark.** Samråd behöver ske med samtliga ledningsägare som kan beröras av markarbeten i samband med uppförande av laddningsstationer etc.

## 13.2 SPECIFIKA BEHOV AV SAMRÅD, BYGGLOV OCH DETALJPLAN FÖR HUVUDSCENARIOT - ÄNDHÅLLPLATSLADDNING

Baserat på genomförda exempel i Göteborg och Stockholm bedöms bygglov inte krävas för laddningsstolpar som placeras inom gatumark. Laddningsstolpar kan däremot behöva kompletteras med en ny eller utbyggd nätstation (transformator) vilka kräver bygglov. Eventuella kabelmätarskåp i närheten av en nätstation kräver normalt heller inte bygglov. I samband med bygglovsansökan för en nätstation bör dock laddningsstolpen inkluderas då nätstation, stolpe och eventuellt fristående kabelmätarskåp bör ses som en helhet.

En nätstation kräver stöd i detaljplan som medger markanvändningen teknisk anläggning eller motsvarande. Om planstöd inte finns krävs att detaljplan upprättas enligt 5 kap Plan- och bygglagen (PBL) innan bygglov kan sökas. Beroende på nätstationens storlek och gällande detaljplans syfte och innehåll kan kommunen med stöd av 9 kap PBL eventuellt ge bygglov för en nätstation genom avvikelser från detaljplan.

Kapaciteten för nätstationerna behöver kartläggas i samråd med nätägare och kommun och vid behov behöver nya detaljplaner upprättas.



### 13.3 SPECIFIKA BEHOV AV SAMRÅD, BYGGLOV OCH DETALJPLAN FÖR ALTERNATIVT SCENARIOT - TRÅD

Eftersom tråd rimligtvis ger mindre flexibilitet för förändringar i linjesträckningar är det av stor vikt att samråd sker med kommunen kring den översiktliga fysiska planering avseende utveckling av befintliga och lokalisering av nya bostads- och arbetsplatsområden och andra målpunkter.

Tråd kan inverka på frihöjden i gaturummet. Det behöver därför kartläggas om och hur linjesträckningar och frihöjden påverkar framkomligheten till befintliga och framtida verksamhetsområden, liksom möjlighet till alternativa vägar i händelse av att ordinarie genomfartsväg är avstängd.

Om trådar fästes i fasader måste samråd sker med berörda fastighetsägare.

### 13.4 BEHOV AV BYGGLOV OCH DETALJPLAN VID EVENTUELL OMLOKALISERING AV DEPÅ

Denna utredning har inte visat att en elektrifiering i sig skulle ställa krav på att befintliga depåer behöver utökas eller nya anläggas. Däremot finns idag planer på en omlokalisering av befintlig depå i staden. Frågan om vilka hänsyn som behöver tas i samband med om- eller nyetablering av depåer ingår översiktligt i den utredning av Framtidens kollektivtrafik som just nu utförs av WSP på uppdrag av KTF med planerad leverans januari 2017. Om och när det fattas beslut om en omlokalisering av depå kommer det troligtvis krävas en ny detaljplan beroende på vilket planstöd som finns med gällande detaljplaner. Om en tomt skulle lokaliseras där gällande detaljplan medger markanvändning depå och de byggrätter som önskas krävs endast bygglov för att anlägga en ny depå. Framtagande av detaljplan följer process enligt kap 5 PBL. Kommunen är myndighetsutövare för framtagande av detaljplan. Planprocessen bekostas normalt av den som har nytta av detaljplanen.

## 13.5 SLUTSATS OCH REKOMMENDATION

- Oavsett val av teknik för elektrifiering kommer fysiska åtgärder av något slag att påverka gaturummet och närmast angränsande miljö. Gaturummet är kommunens angelägenhet och ansvar varför kommunens förvaltningar är en viktig och avgörande samrådspart om landstinget vill gå vidare mot en elektrifiering.
- Åtgärder inom gatumark kräver tillstånd från markägaren och i vissa fall även av polismyndigheten. De markägare som främst väntas beröras av en elektrifiering är staden respektive trafikverket. Vaghållarna bör informeras i ett mycket tidigt skede så att landstingets och vaghållarens tidplaner för investeringar kan synkroniseras för att undvika förseningar.
- Vid tidigare etablering av laddningsstationer för ändhållplatsladdning i Göteborg och Stockholm har bygglov inte krävts. Skulle det visa sig att en laddningsstation på en specifik plats behöver kompletteras med en ny eller utbyggd nätstation (transformator) krävs dock bygglov.
- Vid en eventuell elektrifiering med trådbussar är det av mycket stor vikt att staden involveras tidigt i processen. Dels har stor inverkan på stadsbilden, dels erbjuder den mindre framtida flexibilitet för förändrade linjesträckningar. Samråd bör därför ske med kommunen kring den långsiktiga och översiktliga fysiska planering avseende utveckling av befintliga och lokalisering av nya bostads- och arbetsplatsområden och andra målpunkter. Om trådar fästes i fasader måste samråd sker med berörda fastighetsägare
- Utredningen rekommenderar att landstinget aktivt involverar staden i en eventuell process mot elektrifiering av busstrafik i Västerås. Dialogen med kommunen bör fortgå från tidigt skede och till dess att de fysiska åtgärderna i stadsmiljön är genomförda. Kommunens olika förvaltningar behöver ges möjlighet att bedöma om och hur deras respektive förvaltningsområde kan komma att påverkas av en elektrifiering.
- Utredningen rekommenderar också att samråd tas med berörd vaghållare så snart en mer konkret plan för hur en elektrifiering kan komma att ta sig ut tryck tagit form. Frågor att samråda kring är tillgänglighet och framkomlighet för såväl gångtrafikanter, personer med funktionshinder som fordon.
- För att nå framgång i genomförandet av elektrifiering bör landstinget (gärna i samarbete med staden) även på ett relativt tidigt stadium samråda med lokala intresseorganisationer om påverkan i gaturummet avseende framkomlighet och funktion. Landstinget och staden bör också överväga ett bjuda in till en öppen dialog även med övriga medborgare. En sådan dialog kan både effektivisera och förankra genomförandeprocessen.
- Samråd bör även ske med länsstyrelsen, eventuellt regionplaneorgan och med angränsande kommuner kring mellankommunala frågor som transportplan, resurshushållning och miljömål.

## 14 KONFLIKTER OCH SYNERGIER MED MÖJLIG FRAMTIDA KAPACITETSSTARK KOLLEKTIVTRAFIK

I Västerås stad genomförs parallellt med denna utredning en förstudie av i vilken utsträckning kollektivtrafiken kommer att behöva stärkas på sikt till följd av en ökad befolkning och hur en sådan förstärkning kan ta sig uttryck.<sup>97</sup> Ett av flera alternativ som övervägs är möjligheten att införa spårväg på strategiska sträckor i staden. Om detta sker behöver troligen även busslinjenätet ses över så att bussar kan tjäna som matartrafik till den mer kapacitetsstarka spårvägen. Ett annat alternativ som övervägas är ett högkvalitativt bussystem, även kallat Buss Rapid Transit system (BRT).

Nedan ges en kortfattad beskrivning av vad spårväg är och kan vara. Denna bakgrund kopplas därefter till en diskussion om synergier och kompatibilitet i trafiksystemet mellan spårväg och elbussar. Diskussionen berör dels kompatibilitet i ett eventuellt övergångsskede mellan busstrafik och spår, dels kompatibilitet som samexisterande trafikslag i ett och samma system (avsnitt 14.1).

I nästkommande avsnitt ges på samma sätt en kortfattad beskrivning av vad som menas med ett högkvalitativt bussystem (BRT). Därefter diskuteras översiktligt hur ett högkvalitativt bussystem i staden är kompatibel med olika former av elbusstekniker (avsnitt 14.2).

### 14.1 SPÅRVÄG

#### Vanligt förekommande typer av spårväg

Spårväg delas ofta in i två kategorier, spårvagn på egen banvall (*Light rail*) och Stadsspårväg.

Det finns spårvagnslösningar där spårvagnarna delvis går på egen bana och delvis på gatunätet, Tvärbanan i Stockholm är ett exempel på detta.

Spårväg kan ta olika utrymme i anspråk och varierar mellan omkring 6.5 och 10 meter i bredd. Hur bred spårvägen är beror på en rad olika möjliga val som upphängningsanordning, avgränsning mot övrig trafik, planteringar, kurvor och vagnsmodell.

Nedan beskrivs i korthet de två vanliga spårvägskategorierna:

#### Spårväg på egen bana (*Light rail*)

Egen bana, kan vara avgränsad, och har vanligen högre hastighet och högre kapacitet genom att flera vagnar kopplas ihop. Om signalsäkerhetssystem (ATC) finns kan spårvagnarna köras med en hastighet över 70 km/timme. Banvallen är fysiskt avskild mot övrig trafik, men behöver inte vara inhägnad. Korsningar utförs som plankorsningar,

---

<sup>97</sup> Även denna studie genomförs av WSP med beräknat slutdatum i januari 2017.

med signaler eller bomanläggningar. Spårområdet kan ha makadam, gräs eller någon form av ytbeläggning.

Spårvagnar som uteslutande körs på egen bana behöver inte anpassas till stadsmiljön i övrigt.

### Stadsspårväg

Stadsspårväg kan gå i kollektivtrafikkörfält (ensamt eller tillsammans med bussar) eller i blandtrafik. I stadstrafik vill man ofta ha låggolvsvagnar som kan dela plattformar med bussar och som även i övrigt passar bra in i stadsmiljön. Stadsspårvägar saknar vanligen signalsäkerhetssystem och körs på sikt, vilket begränsar hastigheten till högst 70 km/timme. Spårvagnar har en hög prioritering och övriga trafikanter ska lämna fri väg för spårvagnar, men vanliga trafiksignaler gäller även för spårvagnar i stadstrafik om de förekommer i de körfält som spårvagnen trafikerar.



Figur 41. Spårväg i eget utrymme längs Hammarby allé i Stockholm.

### Spårvägens styrkor och svagheter

I och med att spårvagnarna alltid måste följa spåren är ett spårvägssystem inte lika flexibelt som buss.

Spårvagnsmodell väljs efter kapacitetsbehov, tillgänglighetskrav och önskad teknisk standard i övrigt. Inte sällan spelar designen in vid val av spårvagnsmodell. Ekonomi och kvalitet är andra viktiga faktorer. Moderna spårvagnar med låggolv kan beställas med olika storlek, bredden är vanligen 2,40 eller 2,65 meter och längden varierar mellan ca 30-45 meter. Men det finns även smalare spårvagnsmodeller som passar bra i trånga stadsmiljöer, nackdelen är förstås att de inte rymmer lika många passagerare.

## Spårvägens kompatibilitet med elbussar

### Kompatibilitet i ett övergångsskede

Synergier mellan en satsning på elbussar och en eventuell framtida satsning på spårväg kan framför allt uppstå på två sätt. Dels kan synergier i ett övergångsskede uppstå om satsningen på elbussar (oavsett teknikval) görs i kombination på en satsning med ett kapacitetsstarkt bussystem. Dels kan synergier i ett övergångsskede uppstå vid en satsning på trådbuss eftersom spårvägen då till viss del kan dra nytta av den infrastruktur av trådar som redan finns på plats. Ett framtida spårvägssystem skulle med enkel konvertering eller tillbyggnad kunna använda sig av den infrastrukturinvestering i matningsanläggningar som gjorts om lösning med trådbuss har valts tidigare längs i stora drag samma sträckor.

Nedan listas ett antal exempel på hur BRT (oavsett val av drivmedel) kan vara ett snabbt och flexibelt system i en övergång till spårväg. Hur olika teknikval för elbussar är kompatibla med BRT och hur en satsning på elbussar med fördel skulle kunna göras i kombination med en BRT satsning i staden diskuteras närmare under avsnitt 14.2. För en mer än mer ingående redogörelse för hur BRT kan användas vid en övergång till spårväg hänvisas till den just nu pågående utredningen om Framtidens kollektivtrafik” som väntas klar i januari 2017.

- En BRT-satsning utgör ett snabbt och flexibelt första steg som banar väg mot en eventuell senare övergång till en ännu kapacitetstarkare spårväglösning, utan att för den skull kräva att steget till spårväg tas om resandet med det nya systemet inte visar sig öka så mycket att det krävs.
- BRT kan vara ett snabbt första steg mot en eventuell spårvägssatsning så till vida att det gör det möjligt att komma igång med satsningen förhållandevis snabbt – speciellt om befintlig infrastruktur kan utnyttjas i hög grad. Investeringskostnaderna blir då låga och senare justeringar i linjedragningen är relativt enkla att göra om det visar sig att den ursprungliga sträckningen inte var optimal. Ett exempel på en snabbt genomförd BRT-satsning kan nämnas den första delen av BRT-systemet i Istanbul som var i drift mindre än två år efter beslut.
- BRT kan vara ett flexibelt första steg mot en spårväglösning så till vida att BRT-stråk kan byggas ut över en längre tid i samband med etablering av nya stadsdelar och kommundelar innan det finns underlag för spårväg, även om det planeras för spårvagn på sikt. Fördelen, jämfört med att vänta in ett växande resenärsunderlag för spårväg, är att det redan från början är möjligt att erbjuda en bra kollektivtrafik, vilket har betydelse för resvanorna för dem som flyttar in först i de nya områdena. Om invånarna är hänvisade till egen bil de första åren kan det vara mycket svårt att få dem att ändra resvanor senare. Med tydligt formulerade BRT-stråk uppnås en struktur och gatuutformning som senare kan utgöra grund för spårvägstrafiken. En övergång från ett attraktivt bussystem med hög turtäthet som använts för

att bygga upp ett resandeunderlag som senare motiverar övergång till spårvagn har skett i exempelvis Seattle.

- BRT kan också ses som ett flexibelt första steg mot en spårväglösning så till vida att det med busstrafik är möjligt att stegvis bygga en allt längre prioriterad sträcka som när den är klar kan användas för spårvagn (*light rail*). Bussar kan till skillnad från spårväg gå både på den färdigbyggda banan och i blandtrafik. Därmed kan det reserverade utrymmet som senare ska användas för spårväg användas för busstrafik till dess att hela sträckan är byggd.
- Oavsett orsaken till en övergång från BRT till en spårlösning så är det viktigt att redan från början planera det skede när spårvägen byggs ut. Dessa för att inte få onödiga kostnader och för att inte tappa resenärer. I vissa fall kan försvarsarbeten behöva göras i samband med att BRT-stråket byggs ut. Viktigast är dock att inte försämra förutsättningarna för att bygga spårtrafik och att ha en plan för kollektivtrafiken under byggtiden.

Kompabilitet då båda systemen är i drift

En eventuell trådbusslösning som samexisterar med en spårväglösning kan dra nytta av samma matningsstationer som spårvägen.

Därutöver kan möjligen synergier kopplat till en eventuell profilering mot ett helt elektrifierat trafiksystem i staden lyftas fram.

## 14.2 HÖGKVALITATIVT BUSS-SYSTEM (BRT)

Buss Rapid Transit (BRT) är en vedertagen benämning på ett väl utvecklat bussystem som är uppbyggt på samma sätt som ett spårvägssystem för att ge hög kapacitet och vara robust över tid. Vad det innebär kan variera beroende på sammanhang, det finns både storskaliga och mindre anläggningar. Internationellt används ofta The Institute for Transportation and Development Policy (ITDP) för att definiera och klassificera BRT-stråk. Vid klassificering läggs stor vikt även vid detaljer såsom insteg i bussarna utan trappsteg.

ITDP:s övergripande beskrivning av BRT:

Bus Rapid Transit (BRT) är högkvalitativ bussbaserad kollektivtrafik som är snabb, bekväm och kostnadseffektiv med en kapacitet liknande tunnelbana (metro). Detta sker med hjälp av kollektivkörfält - vanligen mittförlagda, dedikerade stråk, hållplatser med en tydlig design, biljettvisering utanför bussen samt snabb och tät trafikering.

Några grundläggande beståndsdelar skiljer ett BRT-system från busstrafik i allmänhet:

**Egna körfält och tydliga busstråk** ger en snabbare resa och minskar risken för att bussarna blir försenade på grund av trängsel med övrig trafik. Kollektivkörfälten kan vara fysiskt avgränsade mot övrig trafik, men då behöver det finnas platser där det är möjligt för bussarna att lämna körfälten om det behövs. Blandtrafik kan accepteras på kortare sträckor där andra möjligheter saknas, t ex i tät stadsmiljö.

**Biljettvisering före ombordstigning** minskar tiden vid hållplats.

Speciellt värdefullt på hållplatser med många resenärer eftersom flera dörrar kan användas för ombordstigning.

**Korsningsåtgärder**, signalprioritering och förbud för övrig trafik att svänga över busskörfälten ökar framkomligheten och minskar risken för förseningar.

**Ombordstigning i plattformsnivå** ger inte enbart en god tillgänglighet för personer med rullstol, barnvagn etc. utan också en snabbare och enklare ombordstigning, vilket minskar risken för förseningar.

**Tydlig egen identitet** gör det lätt att identifiera ett snabbt busstråk och att hitta i kollektivtrafiken. Egen design på BRT-stråkets hållplatser, bussar, informationsmaterial m.m. underlättar för resenärer och andra trafikanter att känna igen stråken. Det finns exempel på BRT-linjer med mycket hög standard på hållplatser med uppvärmning, dörrar längs plattformarna och inpasseringsspärrar. Komforten och effektiviteten behöver inte vara sämre än på motsvarande spårbundet alternativ.

Eftersom ett BRT-stråk trafikeras med vanliga bussar krävs samma utrymme i körbanan som för övrig busstrafik. Breddbehovet är beroende av hastigheten och varierar mellan 6,5 – 7,5 meter för gator med ett körfält i vardera riktningen (bussgata eller blandtrafik). För kollektivkörfält på bredare gator krävs 3,0 – 3,5 meter, beroende av hastighet och medlöpande körfälts bredd.

Om det förekommer cykeltrafik eller om körfält avgränsas med räcken krävs ytterligare bredd.

### **BRT-systemets styrkor och svagheter**

BRT är ett mycket flexibelt system som kan byggas ut snabbt och som i högre grad än spårväg kan dra nytta av befintlig infrastruktur. En nackdel i förhållande till spårväg att ett system med bussar inte är lika kapacitetsstarkt och är därmed och spårväg att föredra vid riktigt höga resenärslöden.

### **BRT-kompatibilitet med elbussar**

#### Generella krav på bussegenskaper med BRT

Vilken bussmodell som används i ett BRT-system anpassas till efterfrågan och önskad turtäthet. Eftersom hög turtäthet är ett av de främsta kännetecknen för ett attraktivt BRT-stråk bör bussarna inte ha större kapacitet än vad som krävs för tiominuterstrafik, gärna tätare, under högtrafik. Ledbussar är sannolikt den vanligast förekommande busstypen i BRT-system, men dubbelledade bussar, boggiebussar och dubbeldäckare förekommer. Dubbeldäckare lämpar sig mest för längre sträckor mellan olika städer eftersom de tar jämförelsevis lång tid vid på- och avstigning.

#### Generella krav på hållplatsegenskaper för BRT

Klassiska BRT-stråk förläggs ofta i mitten av en större gata eller väg. För att spara på utrymme (och kostnader) kan hållplatserna utrustas med

mittplattformar, som bussar i båda riktningar angör. Nackdelen med detta är att vanliga bussar inte kan användas, istället används bussar med dörrar på vänster sida eller på båda sidor. Det senare möjliggör för bussarna att även trafikera andra stråk/linjer. Kravet på särskilda bussar begränsar möjligheten för andra linjer att trafikera stråket och minskar flexibiliteten i fordonsflottan.

Det finns även exempel på BRT-stråk där bussarna kör motriktat övrig trafik för att man ska kunna använda bussar med dörrar åt höger. Dessa system måste då vara helt avgränsade från övrig trafik.



Figur 42 Ledbuss med dörrar på vänster sida för att medge mittplattformar i högertrafik. (Rio de Janeiro)

### Elbusstekniker kompatibla med de krav BRT ställer

En satsning på att införa ett BRT-stråk kan generellt vara ett lämpligt sätt att introducera eldrivna bussar. Nya fordon och eventuellt även tråd, bidrar till att ge BRT-stråket en egen identitet. Även om resenärerna väljer buss på BRT-stråk på grund av den höga turtätheten, framkomligheten och pålitligheten så kan en satsning på mer miljövänliga drivmedel förstärka den positiva bilden av kollektivtrafiken.

**Ändhållplatsladdade elbussar** som laddas vid hållplatser kan på sikt bli möjliga att använda i BRT-trafik. Svagheten idag är att det kan vara svårt att få ut tillräcklig effekt från batterierna för att klara långa, fullastade bussar, speciellt om det är backigt.

**Trådbuss** är en lämplig teknik för BRT-trafik eftersom trådmatningen medger trafikering med stora fordon, även med maximalt antal passagerare och i backig terräng räcker trådmatningen till. Trådbussar har också en hög driftsäkerhet. Trådbussar finns från vanliga 12-metersbussar till dubbelledade 24-metersbussar. Det innebär att ett BRT-stråk med trådbussar kan ha en mycket hög kapacitet, i klass med stadsspårväg. I t ex Schweiz används dubbel-ledade trådbussar där det är för brant för spårvagnstrafik. Om man har fysiska BRT-stråk som används av flera linjer är Slideln-bussar lämpliga. Trådarna används för laddning av bussar som kan ha flera olika linjedragningar utanför trådsträckorna. För resenärerna innebär det färre byten och att även mer glestrafikerade linjer kan få elbussarnas fördelar (tysta, inga avgaser).

**Induktivt laddade bussar** kan vara ett alternativ för BRT främst vid höga flöden eftersom en hög turtäthet krävs för att investeringar i nedgrävd infrastruktur ska löna sig.



**Depåladdade elbussar** som endast laddas i depå över natt lämpar sig inte för tät trafik med många resande.

**Bränslecellsbussar** ses idag inte som ett realistiskt alternativ eftersom det väntas ta ett antal år innan tekniken blir så pass lönsam att den tar plats på den kommersiella marknaden

### 14.3 SLUTSATS OCH REKOMMENDATION

- Spårväg är ett kapacitetsstarkt transportmedel som kräver stora investeringar i infrastruktur. Ett alternativ till spårväg som antingen kan används i ett övergångsskede till spårväg eller helt fristående ett system med högkvalitativ busstrafik, en så kallad Buss Rapid Transit-lösning (BRT).
- Ett BRT-system är ett snabbt, bekvämt och kostnadseffektivt bussbaserat kollektivtrafiksystem som har en kapacitet som kan likna spårbaserade system som spårväg och tunnelbana. Ett BRT-system skiljer sig från vanlig busstrafik bland annat idet att bussarna kör en stor del av sträckan i kollektivkörfält - vanligen mittförlagda dedikerade stråk, har hållplatser med en tydlig design, biljettvisering utanför bussen samt snabb och tät trafikering.
- På elbussidan bedömer utredningen att de tekniker som på kort sikt kan anses kompatibla med en BRT-satsning i Västerås är ändhållplatsladdning och tråd. Vid höga flöden kan även induktivt laddade bussar vara aktuella för BRT.
- Synergier mellan spårväg och elbuss kan uppstå i två faser, dels i ett övergångsskede, dels vid samexistens av de två trafiksystemen.
- I ett övergångsskede kan teknikoberoende synergier uppstå mellan bussar och spårväg givet att elbussatsningen också genomförs som en BRT-satsning. Synergier mellan BRT och spårväg i ett övergångsskede tar sig uttryck i ökad snabbhet och flexibilitet vid utformning av systemet. För en trådlösning uppstår även ytterligare synergier eftersom spårvägen kan tillgodogöra sig delar av den investering som redan gjorts i matningsanläggningar vid etableringen av trådbussar.
- Vad gäller synergier för samexisterande spårväg och elbussystem handlar det främst om att ett trådbussystem och en spårväg som trafikerar ungefär samma sträckor kan nyttja samma matningsanläggningar. Därutöver kan möjligen synergier kopplat till en eventuell profilering mot ett helt elektrifierat trafiksystem i staden lyftas fram.
- Utredningen rekommenderar att landstinget, om det uppkommer närstående planer på en BRT-satsning, överväger att genomföra satsningen på elbussar i form av en parallell satsning på BRT. De två satsningarna skulle då profilmässigt kunna ha stor nytta av varandra.

## 15 ÖVRIGA SYNERGIER

### 15.1 POTENTIELLA SYNERGIER AV SAMARBETE MED ÖREBRO LÄN

Västmanland samarbetar idag med ett antal angränsande län i ett flertal frågor – däribland Örebro län. I ett scenario där båda länen visar intresse för elektrifiering av busstrafik skulle samverkan kunna ge mervärden dels i form av kunskapsdelning där de båda länen lär av varandras framgångar och misstag, dels skulle gemensamma upphandlingar av infrastruktur och fordon potentiellt kunna ge skalfördelar i termer av lägre inköpspris.

### 15.2 SYNERGIER MED SATSNING PÅ SOLCELLSPARK

Landstinget i Västmanland undersöker möjligheten att bygga en egen solcellspark som ska svara för 10 procent av landstingets elförbrukning (3 000 MWh/år).<sup>98</sup>

En satsning på solceller passar väl med en elbussatsning profilmässigt men har ingen direkt koppling och dess vara eller icke vara är inte av central betydelse för beslutet att gå vidare mot eldrift i kollektivtrafiken.

### 15.3 SLUTSATS OCH REKOMMENDATION

- Utredningen rekommenderar att länet i samband med en eventuell fortsatt process mot elektrifiering undersöker intresse från angränsande län för en möjlighet att byta kunskap och erfarenheter samt möjlighet till skalfördelar vid inköp av fordon och infrastruktur.
- Utredningen rekommenderar också att landstinget undersöker möjligheten att använda befintliga och eventuellt kommande satsningar på solceller tillsammans med en eventuell satsning på elbussar för att profilera staden som en ren energistad.

<sup>98</sup> <http://www.ltv.se/nyheter-2016/landstinget-vill-bygga-egen-solcellspark/> 2016

## 16 SAMLAD ANALYS, SLUTSATS OCH REKOMMENDATION

### 16.1 ÄR DET RÄTT TIDPUNKT FÖR EN FORTSATT PROCESS MOT ELEKTRIFIERING I LÄNET?

*Nedan sammanfattas utredningens slutsatser som ett svar på frågan om idag är rätt tidpunkt för elektrifiering av busstrafik i länet.*

**Tekniskt** sett bedöms att teknikmognaden är tillräcklig för att landstinget ska kunna fortsätta en process där frågan om hur en elektrifiering bör genomföras i Västmanland får ett mer direkt svar.

**Befintlig biogasproduktion** till trafiken i länet bedöms kunna fortsätta, trots en omfattande minskning av efterfrågan på biogas om trafiken i Västerås stad elektrifieras. Minskad efterfrågan på biogas kommer med största sannolikhet ha en negativ ekonomisk påverkan för aktörer i länet även om alternativa avsättningsformer tas i bruk. Även om all biogas ges nya avsättningsformer kommer det pris VafabMiljö, Mälarenergi och andra aktörer kan ta ut sannolikt att påverkas negativt. Beroende på de politiska beslut som fattas kan exempelvis avfalls- och VA-taxor komma att påverkas. Utifrån ett försörjningsperspektiv av fordonsgas till kollektivtrafiken ser utredningen idag inget absolut hinder för elektrifiering av trafik i länet. Det är viktigt att frågan om hur minskade intäkter för VafabMiljö, Mälarenergi med flera bör mötas studeras närmare i en fördjupad utredning. Det ska poängteras att denna utredning inte omfattar en analys av hur de samhällsekonomiska kostnaderna och nyttorna kopplat till biogassystemet i länet påverkas av förändrad efterfrågan på biogas. Även detta är en frågeställning som skulle kunna bli aktuell för fortsatt utredning.

**Elnätet** i staden utgör inget hinder för en elektrifiering av busstrafiken. Däremot kommer elnätet sannolikt behöva förstärkas i samband med installation av laddningsinfrastruktur. Nätägaren är skyldig att genomföra de förstärkningar som krävs. Kostnaden för detta bärs av den slutkund som drar nytta av förstärkningarna i form av en nätanslutningsavgift.

**Ur miljö- och energieffektiviseringssynpunkt** finns idag goda skäl att välja eldrift, främst på grund av minskade bullerstörningar i tätbefolkade områden. Jämfört med andra drivmedel som biogas, fossil diesel och biodiesel (RME) innebär eldrift stora miljövinster i termer av minskat buller samt vissa vinster i form av minskade koldioxidutsläpp från trafiken (givet specificering av miljövänlig energimix). Därutöver innebär el reducerade utsläpp av partiklar (från avgaser) och kväveoxider. Översatt i samhällsekonomiska nyttor är dock minskningen av partiklar och kväveoxider, framför allt den senare, av mycket marginell betydelse vid en kostnadsjämförelse mellan eldrift och biogasdrift.

**Ur ett kostnadsperspektiv** kan utredningen inte med säkerhet avgöra om en övergång till eldrift innebär högre eller lägre kostnader på 20 års sikt. Däremot visar våra beräkningar att det krävs relativt stora

minskningar i inköpspris för elbussar, för att kostnaden per kilometer ska komma ner i nivå med fortsatt biogasdrift. Eldrift har högre investeringskostnad än biogasdrift, medan driftskostnaderna är betydligt lägre. Kilometerkostnaden för drift och investeringar per drivmedel uppskattas till cirka 15,5 kr för eldrift, 12,5 kr för biogasdrift, 11,5 kr för dieseldrift, 10,5 kr för RME och 11,5 kr för HVO. Beräkningar och känslighetsanalyser visar att det å ena sidan är möjligt att en elektrifiering kan bära sig ekonomiskt jämfört med biogasdrift redan under det 13:e året. Å andra sidan är det möjligt att en investering i eldrift inte betalas igen på 20 års sikt. Sett ur ett strikt landstingsekonomiskt perspektiv är det därmed utredningens bedömning att fortsatt biogasdrift i dagsläget bär sig bättre ekonomiskt än eldrift. Framförallt är en övergång till eldrift förenat med större ekonomisk osäkerhet jämfört med fortsatt biogasdrift.

**Ur ett finansieringsperspektiv** kan utredningen med säkerhet konstatera att en elektrifiering innebär betydligt större utgifter för landstinget under de kommande 20 åren än fortsatt biogasdrift. Skillnaden är i storleksordning 623 Mkr jämfört mot 254 Mkr. Utgifter kan möjligen reduceras genom någon form av leasinglösning på bussar, men även en sådan lösning kan förväntas vara förenad med viss kostnad. Rekommendationen är därför att länet tidigt i en fortsatt process tydliggör sitt förhållningssätt gentemot betydligt ökade utgifter.

**Sett till möjligheten till ekonomiskt stöd** har utredningen identifierat fyra möjliga stödprogram, varav två-tre bedöms ligga väl linje med en elektrifiering av busstrafik i Västerås. De stöd som går att söka idag är dock, enligt utredningens beräkningar, inte stora nog för att göra en omfattande elektrifiering till en kostnadseffektiv investering jämfört med fortsatt biogasdrift. Elbusspremien skulle innebära ett stöd på mellan 200-700 tkr per buss, beroende på storlek och om bussarna ska vara helelektriska eller laddhybrider. Klimatklivet kan potentiellt ge stöd till upp till 50 procent av investeringarna i laddningsinfrastrukturen. Stadsmiljöavtal är en stödform som utvecklats för att stötta kommuner och landsting som arbetar för hållbara stadsmiljöer. Det senare stödet kräver dock motprestation från den sökande parten, i form av ytterligare stadsplaneringsåtgärder för en hållbarare trafik (kollektivtrafik, cykel, förtätning mm). Elbusspremien och stöd från klimatklivet finns med som poster i den känslighetsanalys av kalkylen som utredningen redovisar.

**Vad gäller rollfördelningen mellan aktörer** och nya ansvars-, ägande- och affärsmodeller, ser utredningen ingen anledning att inte gå vidare mot en elektrifiering i nuläget. Dock är det viktigt att landstinget tydliggör internt hur de ser på framtiden i termer av offentlig eller upphandlad drift av trafiken i samband med att ansvar och ägande fördelas mellan landstingets förvaltningar. När det gäller direkta frågor om ansvar och ägande kopplat till en elektrifiering, krävs ett aktivt internt arbete mellan länets politiker och förvaltningar för att reda ut hur ansvars- och ägandefrågor bör hanteras. Här kan de principer och resonemang som presenterats av utredningen vara ett stöd. Därutöver krävs att länet och staden kommer överens rörande frågor om ägande och investeringar kopplade till depå.

**Ur ett fysiskt planeringsperspektiv** är en elektrifiering av busstrafiken med ändhållplatsladdning eller tråd, helt beroende av att staden är införstådd i och godkänner planerna. Planeringsprocessen kräver ett nära samarbete, som kan ledas av landstinget men där Västerås stad är en mycket viktig part. Oavsett val av teknik för elektrifiering, kommer fysiska åtgärder av något slag att påverka gaturummet och närmast angränsande miljö. Gaturummet är kommunens angelägenhet och ansvar. Dialogen med kommunen bör fortgå från tidigt skede och tills dess att de fysiska åtgärderna i stadsmiljön är genomförda.

**Ur ett långsiktigt planeringsperspektiv för kollektivtrafik** ser utredningen inga hinder för att en process mot en eventuell övergång till el startar just nu. Tvärt om, anser utredningen att landstinget och staden har mycket att vinna på ett nära, framåtblickande samarbete kring frågor om kollektivtrafikens utveckling av det slag som en process mot en eventuell elektrifiering skulle innebära. Detta arbete bör förhålla sig till den regionala utvecklingsplan som redan finns i regionen. Utredningen rekommenderar även att berörda aktörer överväger om och hur en långsiktig biogasstrategi för Västmanland kan integreras i arbetet med långsiktiga planer för kollektivtrafiken.

**Synergier med angränsande län** som har liknande planer på elektrifiering har två möjliga fördelar. Dels finns en möjlighet att utbyta kunskap och erfarenheter och dels finns en möjlighet till skalfördelar vid inköp av fordon och infrastruktur. Huruvida det går att hitta regioner som vill samarbeta, bör dock enligt utredningen inte vara avgörande för beslutet att gå vidare med en elektrifiering eller inte.

**En eventuell utökad solcellsparksatsning** i länet passar väl ihop med en elbussatsning profilmässigt. Utökad satsning på solcellsparker bör dock inte vara avgörande för beslutet om en elektrifiering.

## 16.2 VAR OCH MED VILKA TEKNIKER ÄR EL ETT REALISTISKT ALTERNATIV TILL BIOGASDRIFT?

**De tekniker** som utredningen idag ser bör ingå i en fortsatt fördjupad utredning är helelektriska bussar som laddas via ändhållplatsladdning, via tråd (med Slideln-teknik) eller helt i depå. Därutöver kan laddhybridversioner av dessa tekniker vara aktuella i en fördjupad utredning.

**Geografiskt** bör en eventuell fortsatt utredning primärt avgränsas till Västerås innerstad, med ett eventuellt tillägg av laddhybridbussar på ett par av stadens förortslinjer.

Denna utredning har fokuserat elektrifiering av linjetrafik. Ytterligare ett möjligt alternativ för elektrifiering, som skulle kunna ingå som möjlighet i en eventuell fortsatt utredning, är möjligheten att elektrifiera den så kallade flextrafiken.

## 16.3 VIKTIGA ASPEKTER ATT TYDLIGGÖRA OCH BELYSA I FORTSATT PROCESS

*Nedan sammanfattas utredningens slutsatser som ett svar på frågan; OM den sammantagna bedömningen efter denna tidiga utredning är att fortsätta processen mot elektrifiering av busstrafik i länet: Vilka steg är då viktiga att ta och vilka frågor är viktiga att beakta?*

**Hitta rätt former för fortsatt gott samarbete med staden** En process mot elektrifiering av busstrafik i Västerås stad kräver ett nära samarbete med staden. Samarbetet kan ledas av landstinget, men Västerås stad måste vara en aktiv och engagerad part för att samarbetet ska fungera. Dialogen med kommunen bör fortgå från tidigt skede och tills dess att de fysiska åtgärderna i stadsmiljön är genomförda. Samtliga kommunens förvaltningar bör ges möjlighet att bedöma om- och hur - förvaltningsområdet påverkas av en elektrifiering.

**Tydliggör elektrifieringens syfte** Landstinget och staden behöver tidigt i processen definiera, internt och sinsemellan, vilket det primära syftet bör vara med en elektrifiering. Ska elektrifieringen passa så bra som möjligt in i det trafik- och linjesystem som finns idag? Eller ska ett uppdrag för utredningen vara att hitta en så bra kombinerad lösning som möjligt, genom att titta både på val av teknik, utformning av linjer och alternativa utformningar i stadsrummet? Vilka värden är mest prioriterade (ekonomisk effektivitet? energieffektivitet? tillgänglighet? annat?). Svar på dessa frågor bör vara ingången till en fortsatt, mer detaljerad utredning. Tydlig prioritering kan påverka kostnaden för en elektrifiering avsevärt, beroende på den laddningsteknik som väljs.

**Tillsätt en fördjupad utredning kring hur en elektrifiering bör genomföras** En utredning bör tillsättas för att bedöma vilken teknik som ska väljas givet syfte med, och begränsningar för, önskad elektrifiering. Föreliggande utredning föreslår att en fördjupad utredning avgränsas till alternativen ändhållplatsladdning, tråd med SlidIn-teknik samt ren depåladdning. Den fördjupade utredningen bör också primärt avgränsas till elektrifiering i Västerås innerstad och i ett eventuellt senare led utvidgas med förortstrafiken. Den fördjupade utredningen bör även på förhand föras med ingångsvärden om frihetsgrader i systemutformning och kunskap om landstingets primära syfte med elektrifieringen. Andra ingångsvärden som påverkar utredningens förhållningssätt och som med fördel kan fastställas inför en fördjupad utredning, är frågan om huruvida det finns framtida planer på BRT eller spårväg. Denna utredning har fokuserat elektrifiering av linjetrafik. Ett alternativ som inte bör glömmas bort utan som med fördel kan ingå i en eventuell fortsatt utredning är möjligheten att elektrifiera den så kallade flextrafiken med exempelvis depåladdade bussar. En annan utveckling som kan övervägas är att en framtida utredning får i uppdrag att, där jämförelser mellan eldrift och andre drivmedel görs, även se till den kommande teknik- och kostnadsutvecklingen för bussar med övriga drivmedel. På så sätt kan konsekvenser av en elektrifiering mer exakt jämföras mot exempelvis fortsatt biogasdrift. Med hänsyn till de risker och osäkerheter som denna utredning lyft fram kopplat till en omfattande elektrifiering kan en möjlig

devis för kommande processen vara att ”skynda långsamt”. En uppgift för en fortsatt teknisk utredning skulle därmed kunna vara att identifiera möjligheter att påbörja en elektrifiering i liten skala på ett sådant sätt att processen kan avbrytas eller begränsas om kostnader skenar eller andra oväntade komplikationer uppstår.

**Tillsätt en fördjupad utredning kring framtida avsättningsformer för biogasen** Parallellt med en fördjupad utredning av hur en elektrifiering kan genomföras bör ytterligare en fördjupad utredning tillsättas kring den framtida hanteringen av biogas. Syftet med en sådan utredning ska i så fall vara att ta fram ett förslag på hur biogasanläggningen ska ställas om mot nya avsättningsformer, på ett sådant sätt att förlusten i intäkter minimeras i förhållande till dagens försäljningsnivåer. Föreliggande utredning har identifierat ett komplement med elgenererande motor, eventuellt i kombination med försäljning av biogas till industrier, som potentiella nya avsättningsformer. Genomgången av biogassystemet och marknaden för fordonsgas (kapitel 7) kan med fördel utgöra en utgångspunkt för den fördjupade utredningen. Förslagsvis bör även de samhällsekonomiska effekterna av påverkan på biogassystemet ingå som en del i den fördjupade utredningen.

**Undvik förseningar genom avstämningar mot väghållare** Tidiga avstämningar mot berörda väghållare (kommunen och trafikverket) i ett tidigt skede, samråd med intressegrupper och medborgardialog är aktiviteter som kan effektivisera processen mot en elektrifiering.

**Tydliggör i möjligaste mån långsiktiga planer för kollektivtrafikens utveckling** En fördjupad utredning av hur en elektrifiering bäst bör genomföras vinner ur ett långsiktigt perspektiv på bättre informationsunderlag om kollektivtrafikens framtida utveckling i staden. Föreliggande utredning har exempelvis konstaterat att både ändhållplatsladdning och tråd (med Slideln) är kompatibla med en eventuell BRT-satsning. Om det finns planer i närtid på BRT i staden, bör detta ingå som underlag för en fördjupad utredning att förhålla sig till. Ingångsvärden av detta slag kan påverka viktiga avväganden som val av laddningsteknik. En samordning av en eventuell övergång till eldrift med en satsning på BRT har dessutom potential att förstärka satsningarna profilmässigt. Även information om långsiktiga planer, som exempelvis en önskan om att gå över till spårväg på 15-20 års sikt kan ha betydelse för den elektrifiering en fördjupad utredning föreslår.

**Tydliggör internt landstingets inställning till utgifter, ägande och rollfördelning mellan förvaltningar** Utredningen har definierat ett antal principer som kan vara användbara i arbetet att forma och fördela ansvar och ägande emellan aktörer (kapitel 12). Landstinget bör tidigt i en fortsatt process tydliggöra sitt förhållningssätt internt i fråga om ägande och olika förvaltningars långsiktiga roller. Landstinget förmåga och vilja att bära de utgifter som krävs för att slutföra en påbörjad elektrifiering, är en central fråga att tydliggöra. Även rollfördelning med avseende på kommersiella aktörer är viktig att tydliggöra.

**Ansvarsfördelning och ägande depå** Den externa aktör som främst behöver blandas in i fråga om fördelning av ägande och roller är Västerås stad och då primärt i fråga om ansvarsfördelning och ägande kopplat till depå.

**Undersök möjligheten till samarbete med andra kommuner, län och regioner** Västmanland kan med fördel kontakta andra kommuner, län eller regioner som befinner sig i processen mot elektrifiering av busstrafik. Här har utredningen identifierat Umeå som en potentiell partner för kunskapsutbyte kring ändhållplatsladdning, Landskrona som en potentiell partner för kunskapsutbyte kring tråd med Slideln-lösning samt Eskilstuna som en eventuell partner för kunskapsutbyte kring elektrifiering med debåladdade bussar.

#### **Ta ett samlat grepp om den långsiktiga planeringen i regionen**

Landstinget och staden bör tillsammans med andra berörda aktörer och i anslutning till de processer som redan pågår inom ramen för befintligt regionalt utvecklingsprogram, ta ett samlat grepp för att tydliggöra den långsiktiga planeringen i regionen. Utredningen rekommenderar att berörda aktörer beaktar fördelarna med långsiktiga ägarförhållanden och det redan etablerade, nära samarbete som byggts upp mellan kollektivtrafiken och systemet för avfallshantering i länet. En långsiktig biogasstrategi är en fråga som berör kollektivtrafiken i lika hög utsträckning som systemet för VA och avfall. Berörda aktörer bör därför fundera på om- och hur- en långsiktig biogasstrategi för Västmanland kan integreras i arbetet med långsiktiga planer för kollektivtrafiken.

## **16.4 SAMMANFATTNING AV UTREDNINGEN UTIFRÅN DIMENSIONERNA EKONOMI, SOCIAL OCH MILJÖ**

Kollektivtrafikförvaltningen på landstinget i Västmanland (KTF) ser till samhällseffekter utifrån tre dimensioner – ekonomi, social och miljö. Denna utredning har till stor del utformats mot bakgrund av dessa tre dimensioner. Frågan om vilka konsekvenser en elektrifiering av trafiken i länet kan tänkas ha är viktig för beslut i frågan om och hur landstinget ska gå vidare mot en elektrifiering.

I denna utredning har respektive perspektiv berörts på följande sätt:

### **Ekonomi**

Samtliga större investeringar som kan komma att krävas som en direkt konsekvens av eldrift har kartlagts och bedömts. Här ingår exempelvis en kostnadsuppskattning av investeringar i fordon, infrastruktur för snabb- och långsamladdning, förstärkningar av elnätet och depå. Ett resonemang har också först kring rollfördelning med avseende på ägande och vilken aktör som således bör tillskrivas ansvaret för olika former av utgifter och intäkter.

Utredningen har redovisat viktiga kostnadsposter förknippade med en eventuell elektrifiering samt viktiga förhållningsätt kring frågan om driftskostnader, investeringar och utgifter som följer av en elektrifiering. Driftskostnader och större kostnadsposter har jämförts mot alternativen



fortsatt biogasdrift, fossil dieseldrift samt biodieseldrift med RME respektive HVO.

Utredningen har vidare redovisat en lönsamhetskalkyl som tar hänsyn till utgifter givet en möjlig investeringsplan samt genomfört och redovisat en känslighetsanalys. Känslighetsanalysen visar på de mest osäkra antaganden som har störst betydelse för det ekonomiska utfallet på 20 års sikt ur ett lönsamhets- och finansieringsperspektiv.

Marknaden för fordonsgas och biogas har analyserats och de potentiella ekonomiska konsekvenserna för VafabMiljös biogasanläggning har bedömts och redovisats.

## Miljö

Miljöeffekterna av ett scenario med elektrifiering av trafik i delar av länet redovisats som en jämförelse mellan en elektrifiering, fortsatt biogasdrift, fossil dieseldrift samt biodieseldrift (RME). Miljöaspekter som belysts ur ett drivmedelsperspektiv är energiförbrukning, koldioxidutsläpp, utsläpp av kväveoxider och partiklar samt buller i tätort. Miljöeffekterna har även värderats och summerats i termer av samhällsekonomiska miljöeffekter.

Utredningen lyfter vidare frågan om behovet av jämförelse mellan olika drivmedelsalternativ utifrån aspekterna produktion av fordon, batterier och infrastruktur. Här konstateras dock att mer forskning på området behövs för att möjliggöra en rättvis jämförelse.

Analysen av biogasmarknaden har i ett bredare perspektiv, visat att produktionen av biogas i länet kan ha en rad positiva miljö- och samhällseffekter samt en värdefull kretsloppscharaktär som förtjänar att kartläggas och tydliggöras mer än vad som redan är gjort idag.

## Social

Konsekvenser för länets medborgare och specifika intressegrupper lyfts i denna utredning främst fram som en viktig punkt att ta hänsyn till i en eventuell fortsatt process. Medborgarinflytande och tillgänglighet för specifika grupper är mycket viktiga aspekter att beakta med potential att effektivisera processen och förbättra resultatet. Sociala frågor bör ingå som en del i det samarbete mellan landstinget och Västerås stad som behöver påbörjas snarast och pågå till dess elektrifieringen är en del av den dagliga rutinverksamheten i länet och staden.

Biogassystemet belyses också kortfattat utifrån den betydelse det har i termer av skapande av sysselsättnings- och landsbygdsfråga.

## 16.5 IDENTIFIERADE RISKER ATT BEAKTA

*Nedan lyfts elektrifieringsfrågan fram i termer av ett antal risker som utredningen på ett eller annat sätt kommit i kontakt med under arbetets gång. Dessa risker har antingen identifierats av utredningen eller identifierats av externa aktörer under utredningens gång. Syften med genomgången är att samla och väcka ett antal viktiga frågor som kan upplevas som riskfyllda eller utgöra en risk ur ett eller flera av perspektiven ekonomi, social, miljö.*

- **Biogassystemets fortlevnad.** Det är av mycket stor vikt att biogassystemet i länet kan fortleva, trots en minskad efterfrågan

på biogas. Ekonomiskt sett är det viktigt för kollektivtrafiken att säkra en tillgång på fordonsgas i länet även framöver. Ur ett miljöperspektiv är det viktigt att fordonsgas har så hög inblandning av biogas som möjligt. Socialt är det viktigt att kretsloppssystemets positiva sociala aspekter inte reduceras eller försvinner helt. Utredningen har dock bedömt risken för att biogasproduktionen i länet helt ska upphöra till följd av den minskade efterfrågan, som en elektrifiering i Västerås stad skulle medföra på kort sikt, som mycket låg. (ekonomi, miljö, social)

- **Kollektivtrafiksystemets robusthet.** En fråga som ofta kommer upp på temat elektrifiering och risker är möjligheten till elavbrott eller betydelsen av andra större yttre störningar. Utredningen vill därför framföra att elnätet i Sverige idag är mycket robust och större elavbrott är mycket ovanliga. Skulle ett sådant, mot förmodan, inträffa går det att minska de negativa effekterna genom att omdirigera den gasdrivna trafiken till de linjer som bedöms ha högst ekonomiskt och socialt värde. Tvärt om, går det att argumentera för att ett trafiksystem med flera möjliga energikällor kan betraktas som mer robust, än ett system som är beroende av tillgång på enbart ett drivmedel. (ekonomi, social)
- **Landstingets vilja och förmåga att bära utgifter.** Landstingets förmåga och vilja att bära de utgifter som krävs för att slutföra en påbörjad elektrifiering är en viktig fråga att belysa utifrån ett riskperspektiv. En övergång till eldrift kan tidvis komma att kräva stora utgifter, som ur många privata kollektivtrafikoperatörers perspektiv (enligt vad utredaren erfar), anses innebära alltför stora risker för att eventuella ekonomiska fördelar i längden ska väga upp risken. (ekonomi)
- **Teknisk robusthet.** Även om utredningen bedömt att både ändhållplatsladdning, tråd (med Slideln) och depåladade bussar idag är relativt beprövade tekniker, föreligger alltid en risk för att de system landstinget väljer att köpa in, inte lever upp till önskad standard. Utredningen rekommenderar därför att landstinget, i samband med upphandling av fordon och infrastruktur, nyttjar möjligheten att lägga över delar av den risken på producent och eller leverantör av tekniken.
- **Trafiksäkerhet.** Synskadades riksförbund har lyft frågan om trafiksäkerhet för synskadade kopplat till elektriska fordon. Det är utredningens rekommendation att denna intressegrupp får höras lokalt och ge synpunkter, under processens gång.
- **En elektrifiering förutsätter ett fungerande samarbete med Västerås stad.** Landstinget är beroende av Västerås stad i processen, eftersom elektrifieringen sannolikt innebär fysiska ingrepp i stads- och gaturummet. Ett samarbete som inte fungerar riskerar att omöjliggöra en elektrifiering av busstrafiken.
- **Förskjutna tidplaner till följd av icke genomtänkt process.** Utöver stadens inblandning, behöver en mängd andra aktörer

involveras i processen för att inte riskera att förskjuta tidplanen. Dessa aktörer är bland annat väghållare (andra än staden), eventuell berörda fastighetsägare (vid teknikval tråd), intressegrupper samt den bredare allmänheten i form av en medborgardialog.

## 16.6 SAMMANTAGEN BEDÖMNING

Utredningen finner att frågan om elektrifiering av busstrafik är komplex och att svaret på om och hur förvaltningen och landstingsstyrelsen bör arbeta vidare mot en elektrifiering av trafik i länet inte är entydigt.

Den aspekt som starkast talar till en elektrifierings fördel är möjligheten att markant minska bullerstörningar i tätbefolkade områden. Även om de absoluta värderingarna av buller för olika typer av motorer är omstridda är det ett oomtvistat faktum att elmotorer innebär markant lägre bullerstörningar än förbränningsmotorer. Minskat buller innebär därmed en omfattande stadsmiljövinst. Därutöver medför en elektrifiering vissa vinster i termer av minskad klimatpåverkan. Även utsläpp av partiklar (från avgaser) och kväveoxider i tätbefolkade områden minskar vid eldrift, men översatt i samhällsekonomiska värderingar är de senare av marginell betydelse vid en kostnadsjämförelse drivmedel emellan.

Ökade kostnader för kollektivtrafiken och markant ökade utgifter är aspekter som i detta tidiga skede talar emot en omfattande elektrifiering. Utredningen visar att eldrift, trots lägre driftskostnader, med stor sannolikhet medför en högre kilometerkostnad för kollektivtrafiken än fortsatt biogasdrift. Skillnaden mellan driftskostnad och kilometerkostnad är att kilometerkostnad, utöver driftskostnaden, även inkluderar investeringskostnader kopplade till fordon och infrastruktur utslaget på antal körda kilometer. Utredningen vill dock framhålla att det finns viss osäkerhet kopplat till kalkyler i ett tidigt skede. Bedömningen är trots detta att den högre kilometerkostnaden för eldrift är relativt säkerställd givet rådande förutsättningar. Elektrifieringens lägre driftskostnader bör därmed inte ses som en indikation på att kostnaden per kilometer blir lägre för landstinget.

Utredningen bedömer vidare att VafabMiljö:s och andra aktörers lönsamhet med stor sannolikhet kommer att påverkas negativt ekonomiskt av en elektrifiering, oavsett om det går att hitta alternativa avsättningsformer för biogasen eller inte. Utredningen identifierar primärt två alternativa avsättningsformer för biogasen med potential att mildra (men inte helt väga upp) det intäktsbortfall en elektrifiering innebär; ett komplement med elgenererande motor samt, eventuellt, försäljning av biogas till industrier. Dagens elpriser är dock för låga för att en investering i ett system där biogas omvandlas till och säljs som el ska vara lönsam. Därmed kommer någon form av intäkter behöva genereras även från annat håll än från de alternativa avsättningsformer utredningen identifierat, eventuellt från avfalls- och VA taxor i regionen.

Det bedöms osannolikt att en elektrifiering helt ska slå ut biogasproduktionen. För kollektivtrafikens del bedöms den framtida tillgången på biogas således stå relativt säker, även om förvaltningen och

landstingsstyrelsen väljer att gå vidare mot en elektrifiering av delar av bussflottan.

Även om denna utredning har haft en bred ansats saknas perspektiv som skulle kunna ge ytterligare värdefull information om konsekvenser av olika drivmedelsval. De samhällsekonomiska effekterna på biogassystemet saknas i utredningen och därmed som underlag för våra rekommendationer. Utredningen berör dock i korthet det faktum att biogassystemet genom dess cirkulära ekonomi är kopplat till en rad positiva samhällsekonomiska och sociala aspekter som skulle kunna tänkas påverkas av en minskad efterfrågan på biogas från kollektivtrafiken. Hur detta samband ser ut är därför en möjlig frågeställning för fortsatt utredning. Inte heller de konsekvenser som uppstår vid produktion av fordon, batterier och annan infrastruktur är invägda i våra slutsatser och rekommendationer.

Ett sätt att grovt illustrera några av de identifierade för- och nackdelarna med en övergång till eldrift är att kvantifiera betydelsen av miljöeffekterna utifrån deras samhällsekonomiska värdering. För eldrift har kilometerkostnaden för drift och investeringar beräknats till cirka 15,5 kr vilket kan jämföras med 12,5 kr per kilometer för fortsatt biogasdrift. Den samhällsekonomiska värderingen av miljöeffekter vid eldrift är beräknad till cirka 1 kr per kilometer att jämföra med cirka 4 kr per kilometer för fortsatt biogasdrift (där minskat buller ger upphov till en stor del av skillnaden). Skillnaden mellan fortsatt biogasdrift och övergång till eldrift är därmed i samma storleksordning i de båda jämförelserna, till eldriftens fördel vad gäller miljö och till biogasdriftens fördel vad gäller landstingsekonomi. Här ska dock poängteras att flera av de samhällsekonomiska värderingarna av miljöeffekter är omstridda samt att de samhällsekonomiska konsekvenserna för biogassystemet och dess cirkulära ekonomi samt ett livscykelperspektiv på produktion av fordon och infrastruktur saknas i analysen.

## 16.7 REKOMMENDATION

Beslutet om och hur landstinget bör fortsätta en process mot elektrifiering är en politisk fråga. Av samtliga utredda perspektiv är det aspekterna energieffektivitet och miljö, ekonomi samt effekter för biogassystemet som främst behöver vägas mot varandra. Utredningen rekommenderar att berörda politiker och tjänstemän sätter sig in i frågan och bildar sig en uppfattning om möjligheter och konsekvenser kopplat till en eventuell elektrifiering. Som beslutsstöd i denna avvägning rekommenderas främst den sammanfattade analysen i rapportens sista kapitel (kapitel 16) samt respektive kapitel som berör de ovan nämnda aspekterna (kapitel 7, 9 och 10).

Utredningen ser att det kan finnas fog för minst tre möjliga vägval. Ett möjligt vägval är att fortsätta processen mot elektrifiering. Med hänsyn till de risker och osäkerheter som denna utredning lyft fram kopplat till en omfattande elektrifiering kan en sådan väg framåt med fördel utformas under devisen "skynda långsamt". Ett av ingångsvärdena till en sådan fortsatt utredning kan då vara att identifiera möjligheter att påbörja en elektrifiering i liten skala på ett sådant sätt att processen kan avbrytas eller begränsas om kostnader skenar eller andra oväntade komplikationer uppstår. Ett andra möjligt vägval är att lägga processen på is under en

period och avvakta kostnadsutvecklingen för fordon och batterier för en omprövning av beslutet om ett par år. En tredje möjlig väg är att tillsvidare avfärda eldrift som alternativ i länet.

Oavsett vilken väg landstinget väljer framåt är det viktigt att den långsiktiga strategiska kollektivtrafikplaneringen sker i samförstånd mellan landstinget och berörda kommuner.

Förväntade konsekvenser av drivmedelsval i kollektivtrafiken tydliggör att kollektivtrafiken är intimt sammankopplad med andra system, exempelvis stads- och bebyggelseplanering samt avfallshantering. Landstinget och förvaltningar bör därför, oavsett vilket beslut som fattas om elektrifiering, överväga att integrera den långsiktiga planeringen för avfallshantering med det långsiktiga strategiska arbete som sker kopplat till kollektivtrafiken, bland annat i den regionala utvecklingsplanen.

Om förvaltningen och landstingsstyrelsen väljer att gå vidare i processen (nu eller på ett par år sikt) ges bland annat följande rekommendationer:

- Överväg möjligheten att fortsätta processen mot elektrifiering enligt en "skynda långsamt"-devis där elektrifiering sker stegvis och börja i liten skala.
- Avgränsa den fortsatta utredningsprocessen till elektrifiering i Västerås innerstad, med en eventuell utökningsmöjlighet till tätortens förorter. Utöver stadens linjetrafik (som utretts här) kan med fördel även det mindre systemet med flextrafik ingå i framtida utredningar.
- Landstinget och staden bör enas om formerna för en process där önskemål och planer för elektrifiering kontinuerligt stäms av. Primärt i denna process är att gemensamt tydliggöra vilka ingångsvärden (exempelvis frihet att förändra tidtabeller och linjedragningar, uppdrag att förhålla sig till framtida kollektivtrafikutveckling mm.) som bör vara öppna för förhandling och vilka gränser som inte får överskridas. Det behöver också klargöras hur landstinget och staden prioriterar mellan kostnadseffektivitet, miljö och tillgänglighet. Tydliga ingångsvärden medger utformning av ett så effektivt kollektivtrafiksystem som möjligt ur miljö-, kostnads- och tillgänglighetssynpunkt.
- Tillsätt en fördjupad utredning för att bedöma vilken del av trafiken i Västerås som lämpar sig bäst som ett första steg i en process av stegvis elektrifiering. Här bör den teknik som föreslås för elektrifiering både vara kompatibel med den utvalda trafiken och, samtidigt, inte utgöra ett hinder för en framtida utökad elektrifiering med eventuellt andra teknikval. Ändhållplatsladdning, tråd med Slideln-teknik samt depåladdning bör ingå i övervägandet.
- Initiera en intern process inom landstinget där landstingets inställning till stora utgifter belyses och frågan om fördelning av ansvar och ägande mellan olika förvaltningar ses över. Uppstår framtida planer på kommersialisering av driften av trafik i länet bör även denna fråga lyftas här eftersom det i så fall skulle ha stor betydelse för ansvarsfördelningen.
- Tillsätt en utredning kring framtida hantering av biogasen i syfte att ta fram ett konkret förslag för hur biogasanläggningen ska

ställas om mot nya avsättningsformer. Förslagsvis kan även de samhällsekonomiska effekterna av påverkan på biogassystemet ingå som en del i utredningen.

- En möjlig utveckling av framtida kostnads- och nyttojämförelser är att ta hänsyn till kostnads- och teknikutveckling för bussar för samtliga drivmedel. På så sätt kan konsekvenser av en elektrifiering mer exakt jämföras mot exempelvis fortsatt biogasdrift. Detta kan väntas bli enklare ju mer konkreta förutsättningarna för vilken del av trafiken som ska elektrifieras blir.

# BILAGA 1 REFERENSER

## SKRIFTLIGA KÄLLOR

- Clean Buses – Experiences with Fuel and Technology Options, Clean fleets 2014
- Commercialisation of hydrogen buses and the CHIC project; state of the market and project outline, Heinrich Klingenberg, HySolutions GmbH, maj 2014
- Elbussprojekt i Sverige och Europa, Nationellt kunskapscentrum för kollektivtrafik, 2016
- El från nya och framtida anläggningar 2014, Nohlgren, I., Herstad Svärd, S., Jansson, M., Rodin, J., 2014
- ELECTRICITY Samarbete för en hållbar och attraktiv kollektivtrafik - STATUSRAPPORT, 2016
- Elektrifiering av stadsbussar – En genomgång av erfarenheter i Sverige och Europa, Nationellt kunskapscentrum för kollektivtrafik, 2016
- Elforsk rapport 14:40, Stockholm.
- Förstudierapport elbuss 2015, ABVL 2015
- Kunskapssammanställning - EURO VI stadsbussar, Ecotrafic 2015
- Miljöfaktaboken 2011, Värmeforsk 2011
- Regional pendeltågstrafik med Upptåget på sträckan Uppsala-Sala, Trivector Traffic 2011.
- Trafikförsörjningsprogrammet Västmanland

## ELEKTRONISKA KÄLLOR

- [http://www.biogasvast.se/upload/Regionkanslierna/Milj%C3%B6sekreteriatet/TRANSPORTER/Biogas%20V%C3%A4st/Rapporter/IVL%20rapport%20C171\\_Analys%20av%20biogas%20till%20el%20f%C3%B6r%20bussdrift%20och%20biogas%20som%20br%C3%A4nsle%20till%20bussdrift%20i%20stadstrafik.pdf](http://www.biogasvast.se/upload/Regionkanslierna/Milj%C3%B6sekreteriatet/TRANSPORTER/Biogas%20V%C3%A4st/Rapporter/IVL%20rapport%20C171_Analys%20av%20biogas%20till%20el%20f%C3%B6r%20bussdrift%20och%20biogas%20som%20br%C3%A4nsle%20till%20bussdrift%20i%20stadstrafik.pdf)
- <http://www.bussmagasinet.se/2016/05/bara-halvfart-for-biogas-i-karlskoga/> den 8 september 2016
- <http://www.bussmagasinet.se/2016/06/fossilfritt-i-ny-bussdepa-i-uppsala/> den 8 september 2016
- CHIC-project.eu, Augusti 2016 <http://chic-project.eu/demonstration-sites/oslo>

- Clean Fleets 2014 [http://www.clean-fleets.eu/fileadmin/files/Clean\\_Fleets\\_case\\_study\\_\\_Vienna\\_-\\_Final.pdf](http://www.clean-fleets.eu/fileadmin/files/Clean_Fleets_case_study__Vienna_-_Final.pdf)
- [http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm)
- [www.energigas.se/Om-oss/VaraAsikter/~/.rs\\_160708\\_Bonus-malus-system.ashx](http://www.energigas.se/Om-oss/VaraAsikter/~/.rs_160708_Bonus-malus-system.ashx)
- Energimarknadsinspektionen augusti 2016, <http://ei.se/sv/el/Ansluta-till-elnat/>
- [www.energimyndigheten.se](http://www.energimyndigheten.se)
- <http://www.eskilstuna.se/sv/Trafik-och-infrastruktur/Buss-flyg-och-tag/Busstrafik-i-Eskilstuna/Elbussar-i-Eskilstuna/>
- [http://www.gasbilen.se/Att-tank-pa-miljon/Fordonsgas-i-siffror/FordonsgasutvecklingSverige den 8 september 2016](http://www.gasbilen.se/Att-tank-pa-miljon/Fordonsgas-i-siffror/FordonsgasutvecklingSverige%20den%208%20september%202016)
- [www.goteborgelectricity.se](http://www.goteborgelectricity.se), 2016
- <http://www.ltv.se/nyheter-2016/landstinget-vill-bygga-egen-solcellspark/> 2016
- Lunds universitet 2016 <http://www.lu.se/article/batteridrivna-tradbusstill-landskrona-mer-eldrift-utan-mer-tradar>
- [Naturvårdsverket.se](http://naturvardsverket.se)
- <http://primove.bombardier.com/application/bus/>
- <http://www.riksrevisionen.se/PageFiles/15649/Forsknings%20b6ver-sikt.Potential%20f%20c3%b6r%20fordonseffektiviseringar.pdf>
- SlideIn 2016 <http://www.slidein.se/teknisk-beskrivning/summering-av-matvarden/>
- Södertälje.se, 2016: <http://www.sodertalje.se/Stad-miljo--boende/Nyheter/Sodertalje-forst-i-Sverige-med-tradlos-laddning-av-elbuss/>
- [http://www.scb.se/sv/\\_Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Energi/Tillforsel-och-anvandning-av-energi/Leveranser-av-fordonsgas/Aktuell-pong/307506/310231/](http://www.scb.se/sv/_Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Energi/Tillforsel-och-anvandning-av-energi/Leveranser-av-fordonsgas/Aktuell-pong/307506/310231/) den 8 september 2016
- <http://www.srf.nu/> juni 2016
- <http://www.swedishbiogas.com/images/pdf/Pressmeddelande%20Klimatlivet%2020151111.pdf>
- <http://www.swedishbiogas.com/index.php/sv/nyheter/137-swedish-biogas-international-ab-och-oerebro-kommun> den 8 september 2016
- <http://www.swedishbiogas.com/index.php/sv/referensanlaeggnings-verige/vaesteraas> den 8 september 2016
- [www.trafikverket.se](http://www.trafikverket.se)
- [http://vafabmiljo.se/wp-content/uploads/2016/04/Sammantr % C3 % A4desprotokoll-direktionen-160307.pdf](http://vafabmiljo.se/wp-content/uploads/2016/04/Sammantr%C3%A4desprotokoll-direktionen-160307.pdf)
- <http://vafabmiljo.se/wp-content/uploads/2016/02/Protokoll-Vafab-Milj%C3%B6-AB-2016-02-11.pdf>



- <http://vafabmiljo.se/wp-content/uploads/2016/05/Gryta-MR-Textdel-2015.pdf>
- [http://www.vasteras.se/download/18.5e8d74b614b07e41ca61405f/1424335199130/Klimatprogram\\_Underlagsrapport+koldioxidutsl%C3%A4pp+energisektorn\\_2012.pdf](http://www.vasteras.se/download/18.5e8d74b614b07e41ca61405f/1424335199130/Klimatprogram_Underlagsrapport+koldioxidutsl%C3%A4pp+energisektorn_2012.pdf)
- <http://www.vlt.se/opinion/debatt/biogas-kommer-att-ge-fler-jobb-i-vastmanland> den 7 september 2016
- <http://www.vlt.se/vastmanland/vasteras/vasteras-vaxer-sig-allt-storre> den 8 september 2016
- Umeå Lokaltrafik (Ultra), 2016: <http://www.tabussen.nu/ultra/bra-att-veta/hybridbussar/>
- [http://www.uppsalavatten.se/Global/Uppsala\\_vatten/Dokument/Milj%c3%b6rapporter/2015/Miljorapport\\_Biogas\\_2015.pdf](http://www.uppsalavatten.se/Global/Uppsala_vatten/Dokument/Milj%c3%b6rapporter/2015/Miljorapport_Biogas_2015.pdf)
- <http://zeeus.eu/news/establish-a-common-european-standard-for-e-bus-systems>, juni 2016

## BILAGA 2 REVIDERING 2016-11-25

Detta är en reviderad version av rapporten *Elektrifiering av bussar i Västmanland – potential och effekter, Utredning om förnyelsebara energislag och fordon till myndighetens kollektivtrafik* daterad 1/11-2016.

Denna uppdaterade version har tillkommit som svar på ett antal frågor som genererades av den ursprungliga rapporten. Efter att ha tagit del av dessa frågor och synpunkter har WSP gjort bedömningen att vi genom relativt begränsade uppdateringar av rapporten kan undvika en del missförstånd och oklarheter som den ursprungliga rapporten gett upphov till.

**WSP bedömer att ingen av de uppdateringar som genomförts ändrar vår helhetsbedömning, våra rekommendationer eller våra slutsatser.**

Följande uppdateringar har genomförts:

1. Det fanns tidigare en formulering om att utredningen etablerat en kontakt med Biogas öst. Det var felaktigt.  
**Motiv till uppdatering:** Sakfel ska givetvis åtgärdas  
**Konsekvens:** Formuleringen är borttagen.
2. Antal bussar som jämförs i kalkylerna har korrigerats från 77 till 70. Dessutom var en summering som gjorts i sammanställningen av utgifter (tabell 12) rapporten fel (dock enbart i text, inte som grund för andra beräkningar).  
**Motiv till uppdatering:** Sakfel ska givetvis åtgärdas  
**Konsekvens:** Skillnaden i investeringskostnader som redovisades i den ursprungliga rapporten (tabell 12) var större än de faktiska värdena. En viss men mycket liten effekt uppstår även för kilometerkostnaden som ökar marginellt för samtliga drivmedel. Skillnaden mellan hur stora investeringar som krävs för el respektive biogasdrift är efter korrigeringsarna fortfarande markant och WSP gör samma övergripande bedömning som tidigare; Elektrifiering medför avsevärt större investeringar totalt sett än biogasdrift. Ändringen får inga konsekvenser för WSP helhetsbedömning, rekommendationer och slutsatser.
3. Antaganden om teknisk livslängd för bussar har uppdaterats, från 20 till 15 år för elbussar och från 16 till 10 år för biogasbussar och dieselbussar. Dessa antaganden är nu de samma som i ABVL:s utredning 2015.  
**Motiv till uppdatering:** Dessa uppdateringar fyller två syften. Dels anser WSP att ABVL:s antaganden är bättre än de antaganden vi själva ursprungligen gjort, dels underlättar en sådan ändring jämförelser för eventuella läsare som är intresserade av att ta del av resonemang och resultat i båda utredningarna.  
**Konsekvens:** En konsekvens av den kortare livslängden är att kilometerkostnaden ökar i storleksordning 1,5 kr för samtliga drivmedel. Ökningen är relativt sett större för diesel och biogasbussar än för el men får ingen nämnvärd effekt för skillnaden i kilometerkostnaden mellan de respektive drivmedlen. Utgiftsjämförelsen och känslighetsanalysen påverkas också av de kortare livslängderna. Den stora skillnaden mot tidigare är att uppgången i den (negativa) ackumulerade besparingen för ett

scenario med elbuss är kraftigare när den väl inträffar (efter 12 år). Detta är en effekt av att "tajmingen" mellan investeringar som tas i biogasscenariot och i elbussscenariot förändras. Den ackumulerade besparingen vänder dock åter nedåt i slutet av kalkylperioden då nya investeringar i elbussar börjar tas. Känslighetsanalysen påverkas av den kortare livslängden så till vida att samtliga scenarion blir något mer positiva. Spridningen efter 20 år, som tidigare spände mellan ca -150 Mkr och + 100 Mkr ökar efter justeringen till en spridning mellan ca -150 Mkr till + 220 Mkr. Helhetsbedömningen – d.v.s. att investeringar i elbussar medför både kapitalbindning och en betydande risk att de inte återbetalas under en kalkylperiod på 20 år – kvarstår. Ändringen får inga konsekvenser för WSP helhetsbedömning, rekommendationer och slutsatser.

4. Avsnitt 10.3 har ändrats till att belysa initiala investeringskostnader.

**Motiv till uppdatering:** nya antaganden om bussarnas livslängd (se punkt 3) medför att jämförelsen av investeringskostnaderna så som redovisade i tidigare rapportversion blir mer svårjämförliga eftersom att längd på redovisad tidsperiod starkt påverkar utfallet. Det viktigare budskapet är att förmedla de initiala utgifterna med elektrifiering.

**Konsekvens:** Tabellen och tillhörande textstycken är ändrade till att beskriva och diskutera initiala kostnader med elektrifiering. För jämförelse av kostnad per fordonskilometer hänvisas till stycke 10.1, och för illustration av utgifter och besparingar över längre tid hänvisas till 10.4.

5. En rad förtydliganden i text och fotnoter har gjorts kring varifrån indata i kalkylen är hämtad samt ytterligare källhänvisningar till uppgifter om biogasmarknaden.

**Motiv till uppdatering:** Enligt tidigt inkomna synpunkter i den nu påbörjade förankringsprocessen av rapporten har detta efterlysts.

**Konsekvens:** Fler källhänvisningar i kapitel 7 och 10. Ändringen får inga konsekvenser för WSP helhetsbedömning, rekommendationer och slutsatser.

6. Ett antal tillägg och omformuleringar har genomförts för att tydliggöra att WSP varken har kännedom om att det skulle finnas planer på kommersialisering av trafik i länet, än mindre uppmuntrar en sådan utveckling.

**Motiv till uppdatering:** Enligt tidigt inkomna synpunkter i den nu påbörjade förankringsprocessen av rapporten upplevs detta vara otydlig.

**Konsekvens:** Ändringen får inga konsekvenser för WSP helhetsbedömning, rekommendationer och slutsatser.

Utöver ovanstående ändringar har WSP även gjort vissa förtydliganden i inledning och sammanfattning avseende rapportens bakgrund och syfte. Även en referenslista har bilagts rapporten.

## VI ÄR WSP

WSP är ett av världens ledande analys- och teknikkonsultföretag. Vi erbjuder tjänster för hållbar samhällsutveckling inom Hus & Industri, Transport & Infrastruktur och Miljö & Energi. Bredd och mångfald kännetecknar våra medarbetare, kompetensområden, kunder och typer av uppdrag. Tillsammans har vi 34 000 medarbetare på över 500 kontor i 40 länder. I Sverige har vi omkring 3 500 medarbetare.

### **WSP Sverige AB**

Arenavägen 7  
121 88 Stockholm-Globen  
Tel: +46 10 7225000  
<http://www.wspgroup.se>

