Trafikförvaltningen
Strategisk utveckling

TJÄNSTEUTLÅTANDE
2019-10-30

Ärende
SL 2018-0241

Infosäkerhetsklass
K1 (Öppen)

Handläggare
Jens Plambeck
08-686 1651
jens.plambeck@sll.se

Trafiknämnden
2019-11-25, punkt 11

Beslut om upphandling av tjänst för solceller på SL:s tak och planeringsstudie för trafikförvaltningens energieffektiviserings-arbete

Ärendebeskrivning

Ärendet beskriver möjligheterna med solceller på SL:s fastigheter och rekommenderar beslut om upphandling av solceller som tjänst. I ärendet föreslås också en kommande planeringsstudie för energieffektivisering inom trafikförvaltningens verksamhet med syfte att minimera negativ klimatpåverkan, öka andelen förnybar energi och minska energiförbrukningen i kollektivtrafiken. Planeringsstudien för energieffektivisering kommer även att hantera framgångsfaktorer för lönsamma investeringar i SL:s anläggningstillgångar.

Beslutsunderlag

Förvaltningschefens tjänsteutlåtande samt nedanstående underlag.

- Utredning: Fastighetsnära förnybar energiproduktion SL 2018-0241

Förslag till beslut

Förvaltningschefen föreslår att trafiknämnden beslutar följande

1. Förvaltningschefen uppdras, såvitt avser solceller på SL:s fastigheter, att ta fram upphandlingsdokumentation och genomföra upphandling av solel som tjänst till en kostnad om 400 000 kr, inkl. index.

2. Förvaltningschefen uppdras att genomföra fortsatt planeringsstudie av kvalitet och bärighet på åtta depåers takytor där solceller avses

installeras inom ramen för 2020-års investeringsbudget om högst 450 000 kr, inkl. index.

3. Beträffande frågan om energieffektivisering uppdras åt förvaltningschefen att återkomma till trafiknämnden med planeringsstudie som ger svar på lämplig energieffektiviseringssatsning för SL.

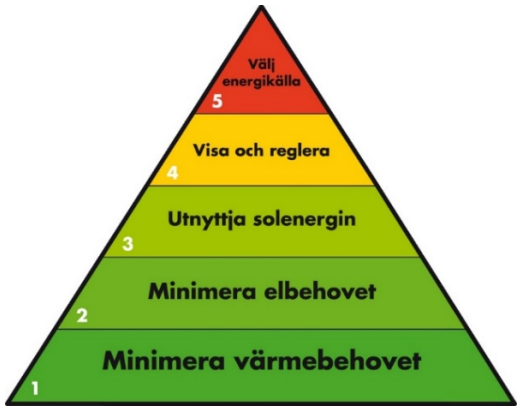
Förslag och motivering

Bakgrund

I enlighet med TN 2018:0241 2018-06-19, punkt 12 ”Utredning av prioriterade solcellsanläggningar” redovisas här utlovad utredning med underlag för genomförandebeslut.

Behovet av att precisera vilka solcellsinstallationer som bör prioriteras och när utgår ifrån SLL:s beslutade budget, ambitionerna i partiernas mål och budgetförslag. För att också bidra till att uppnå internationella, nationella och regionala miljömål såväl som trafikförvaltningens egna miljömål har denna utredning genomförts med syfte att utreda möjliga lösningar i form av fastighetsnära förnybar energiproduktion för att uppnå dessa mål. På global nivå gäller det så kallade Parisavtalet med mål om att begränsa den globala uppvärmningen till väl under 2 grader, samt FN:s Agenda 2030 med mål om att säkerställa tillgång till energi och genomföra åtgärder för att bekämpa klimatförändringarna.

Föregångaren till Parisavtalet; det så kallade Kyotoprotokollet som löper till och med år 2020, visar den grundläggande arbetsgången för att minska energianvändningen i fastigheter. Tanken är att störst klimatnytta nås genom en minskad användning av energi, vilket kan göras snabbt och ofta är mest kostnadseffektivt. Därefter nyttjas solenergi. Utifrån denna utrednings rekommendation om externt ägande (som i branschen benämns PPA) och avsättning av investeringsmedel till energieffektivisering som beskrivs närmare i avsnitt *Ekonomiska konsekvenser* ger solcellssatsningen förutsättningarna att fånga samtliga fem steg i pyramiden med ökad lönsamhet, ökad CO_2-besparing och reducerad underhållsskuld. För att avgöra vilka typer av åtgärder inom energieffektivisering som bör prioriteras och hur föreslås att en utredning i form av en kommande planeringsstudie genomförs.



Figur 1. Kyotopyramiden som visar hur och i vilken ordning energianvändningen och klimatpåverkan från fastigheter bör minskas.[1]

Överväganden och motivering

Solceller
Utredningen visar att det finns en god potential för att installera solceller på depåer inom trafikförvaltningens verksamhet, och att solceller skulle kunna bidra både till att minska klimatpåverkan och vara ekonomiskt lönsamt. I första hand rekommenderas att solceller installeras på nybyggda depåer, samt pågående och kommande ny- och ombyggnationer. På de befintliga depåer som undersökts rekommenderas att solceller installeras i takt med att takytorna upprustas enligt underhållsplaner för respektive depå. För mer detaljerad information om de undersökta depåerna hänvisas till utredningsstudien *Fastighetsnära förnybar energiproduktion* (SL 2018-0241).

Inom utredningen har även tätskiktens kvalitet och bärighet på de aktuella depåernas tak undersökts. Av de befintliga depåerna bedöms solceller kunna installeras utan vidare utredningar eller åtgärder på Charlottendals bussdepå, samt troligtvis även på Fredriksdals bussdepå och Ulvsundadepån, med reservation för att vissa detaljritningar saknas. Vidare utredning av bärighet och tak kvalitet krävs på åtta av 13 depåer där specifik dokumentation och ritningsunderlag saknas. Därför rekommenderas att utredningen får i uppdrag att sammanställa underlag inför fortsatt beslut om särskild budget för att i lämplig takt reparera alternativt lägga om tak inför installation av solceller. Vilka takytor som behöver vidare utredning framgår i utredningsstudien *Fastighetsnära förnybar energiproduktion* (SL 2018-0241).

Vad gäller ägande av solcellsanläggningarna finns det i huvudsak två alternativ; att bygga och förvalta som vanligt (internt ägande) eller att ingå avtal om köp av solkraft som tjänst (externt ägande). Internt ägande innebär att trafikförvaltningen har ett helhetsansvar för anläggningarna med alltifrån

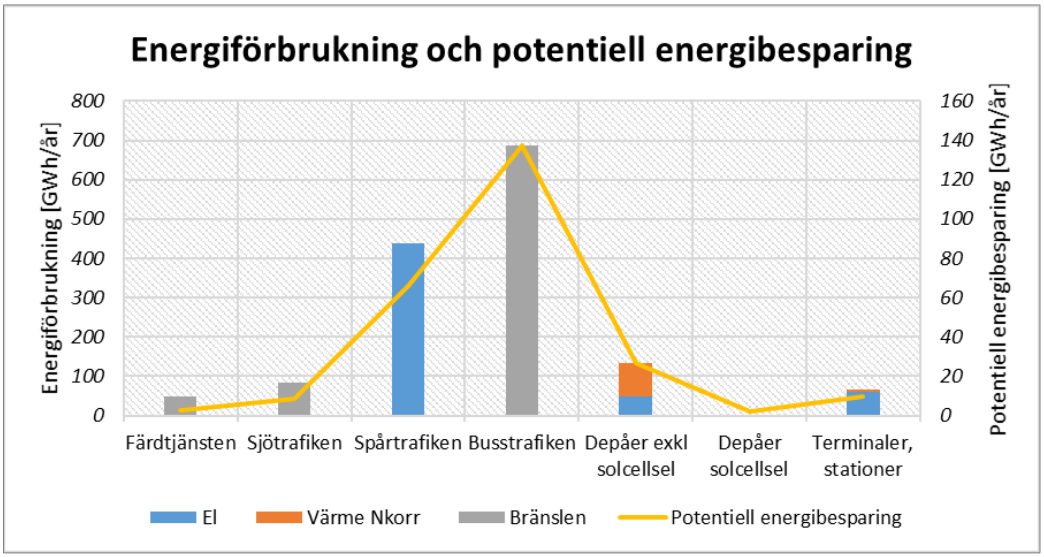
[1] http://www.mynewsdesk.com/se/swedisol/images/kyotopyramiden-30417

investering till underhåll och att ha koll på gällande lagar och regler. Ett externt ägande sker vanligtvis i form av ett så kallat PPA-kontrakt (*Power Purchase Agreement*) där en annan aktör ansvarar för solcellsanläggningarna, medan trafikförvaltningen förbinder sig till att köpa den el som solcellerna producerar. Betalning sker per producerad kWh till ett förbestämt pris. Livscykelkostnaden bedöms vara ungefär densamma oavsett om ett internt eller externt ägande väljs. Trafikförvaltningens affärsprinciper linjerar på flera sätt med ett externt ägande i och med att man då ger ett ökat ansvar till leverantören, man ger incitament till leverantören att skapa goda förutsättningar för att maximera produktionen genom att betalningen sker per producerad kWh, och man överlåter en stor del av riskerna med solceller på leverantören som i sin tur har en god kompetens och erfarenhet av att hantera dessa risker. En fördel med ett externt ägande är att investeringskostnaden som skulle ha krävts vid ett internt ägande kan läggas på andra, förslagsvis klimatnyttiga åtgärder, för att på så sätt uppnå en större nytta totalt sett. Denna rekommendation följer även arbetsgången enligt Kyotopyramiden i figur 1.

Installation av solceller leder för 13 av de 15 studerade depåerna till minskade elkostnader jämfört med att köpa el från nätet. I genomsnitt fås en LCOE-kostnad på 0,82 kr/kWh för de 15 anläggningar som undersökts, med en återbetalningstid på i snitt 17 år jämfört med att fortsätta köpa el från elnätet, Om trafikförvaltningen väljer att äga solcellsanläggningarna uppgår investeringskostnaden för de 15 anläggningarna till totalt 32,8 mkr, eller i snitt 2,2 mkr per anläggning. Kostnaden inkluderar material och installation av solcellsanläggning samt kostnader för projektledning, upphandling, bygglov, besiktning och etablering av rutiner för drift och förvaltning av solcellsanläggningarna.

Energieffektivisering
Eftersom den el som solcellerna på de hittills studerade depåerna endast skulle kunna producera omkring 2 % av fastigheternas el och motsvarande endast 0,15% av total energiförbrukning inom trafikförvaltningen är det av stor vikt att även undersöka andra lösningar. Enligt Kyotopyramiden (figur 1) är det viktigaste steget att minimera energiförbrukningen för att uppnå en så stor klimatnytta som möjligt samtidigt som det ofta är mest kostnadseffektivt. För att avgöra vilka energieffektiviseringsåtgärder som trafikförvaltningen bör satsa på finns ett behov av att genomföra en planeringsstudie som utreder vilka åtgärder som i störst utsträckning och med vilka drivkrafter dessa skulle bidra till att uppnå trafikförvaltningens mål om minskad klimatpåverkan och minskad energianvändning. Utvärderingen bör ske i form av CO_2-besparing samt energibesparing per investerad kr, livscykelkostnader och praktisk genomförbarhet av åtgärderna. En sådan utredning kan även ligga till grund för målsättning inom energieffektivisering av kollektivtrafikens fastigheter i Region Stockholms kommande miljöprogram.

Figur 2 visar nuvarande fördelning av energiförbrukning samt potentiell energibesparing (den gula linjen) inom de olika delarna av trafikförvaltningens verksamhet.



Figur 2. Energiförbrukning per trafikslag år 2018 (totalt ca 1 450 GWh) och potentiell energibesparing (totalt ca 250 GWh/år) utifrån mål för 2027 enligt bla energiledningsplaner i trafikavtal.

Några exempel på åtgärder att utreda som kan genomföras på många ställen:

- Insatser i rampvärmesystem för bussar, ventilation, markvärme, golvvärme och portar.
- Upprustning och optimering av belysning, växelvärmare, värmare för strömskenor och ridåvärmare.
- Energikrävande system på anläggningsnivå kopplas upp mot SL:s övervakningssystem och ordnas för effektiv optimering, beslutsplanering och uppföljning över tid.

En tidig uppskattning av återbetalningstider för genomförande av åtgärder för energieffektivisering i en nivå om ca 17 % med basåret 2018 visar att flertalet åtgärder skulle kunna genomföras med återbetalningstider på i snitt 2-5 år. Vissa åtgärder kan genomföras och uppnå ekonomisk lönsamhet inom trafikutövarens avtalstid, medan andra åtgärder kräver att SL bidrar med den kostnad som överstiger det som förväntas återbetalas inom trafikutövarens avtalstid. Totalt visar uppskattningen på en investeringskostnad på ca 925 mkr för trafikutövare samt ca 290 mkr för SL, med en årlig besparing på 255 mkr till följd av minskade energikostnader. SL:s förtjänst inhämtas i ingången till nya avtal genom sänkta energikostnader och att trafikutövare betalar vissa insatser i SL:s egendom som annars skulle belasta SL.

Riskbedömning

Solceller
Den högst värderade risken är om taken skulle rasa in som en följd av att de inte tål belastningen av solcellerna eller att tätskiktet inte håller vätan ute hela solcellernas livslängd. Därför är det av stor vikt att detta undersöks ytterligare på de depåer där det finns osäkerheter kring takens konstruktion. Bristande underhåll och tillsyn av solcellsanläggningarna är en annan risk som skulle kunna medföra att elproduktionen blir lägre än väntat, vilket i sin tur påverkar den ekonomiska lönsamheten och CO_2-besparingen negativt. Politiska beslut och ändrade stödsystem, samt prognosen för det framtida elpriset är ett par osäkerheter som kan påverka den ekonomiska lönsamheten. En fördel med ett externt ägande i form av ett PPA-kontrakt är att större delen av dessa risker läggs på leverantören istället för trafikförvaltningen. Däremot tillkommer risker i form av att t.ex. PPA-leverantören går i konkurs eller får slut på kapital för att finansiera alternativt driva solcellsanläggningarna.

Energieffektivisering
Risker med de åtgärder som föreslås kommer att utredas i planeringsstudien. En risk med att inte genomföra planeringsstudien är att trafikförvaltningen satsar på fel energieffektiviseringsåtgärder med fel incitament för trafikutövare. Resultatet av studien kommer att kunna utgöra underlag för att säkerställa att trafikförvaltningen satsar på de typer av åtgärder som i störst utsträckning bidrar till att minimera energiförbrukning, miljöpåverkan samt livscykelkostnader.

Upphandlingsstrategi
En modell har tagits fram som kommer användas för att definiera prisramar för vad PPA elen får kosta i ingången till respektive delprojekt. Inför en upphandling behöver ansvarsfördelning mellan PPA-entreprenör, trafikutövare och trafikförvaltningen klargöras, samt specifikation med tidplan och vilka objekt som ska ingå. Frågor som dessa med fler hanteras i en kommande upphandlingsstrategi som kan utgå från de ramverk som SKL kommentus tagit fram som stöd för upphandling av solel samt tillgängliga och beprövade PPA upphandlingar.

Ekonomiska konsekvenser

Solceller
Framtagande av upphandlingsunderlag och upphandling för solkraft som tjänst (PPA), som detta beslut innefattar, bedöms medföra kostnader om 400 000 kr, vilket belastar trafikförvaltningens resultatbudget under 2020 och 2021. Kostnaden finns upptagen i trafikförvaltningens budget för 2020 och inarbetas i förslag till budget för 2021.

Den ytterligare planeringsstudie, som detta beslut omfattar, av det anpassningsbehov som krävs av takytornas kvalitet och bärighet på de undersökta depåerna bedöms medföra kompletterande utgifter om 450 000 kr, vilket belastar trafikförvaltningens investeringsbudget under 2019-2020. Utgiften finns inte upptagen i trafikförvaltningens budget för 2019 och 2020, men bedöms kunna inarbetas i befintlig budgetram under perioden. Resultatet från utredningen kommer att definiera omfattning och tidplan för kommande anpassningsbehov för solceller. Trafikförvaltningen avser återkomma till trafiknämnden med genomförandebeslut för anpassningarna när utredningen är färdig.

Nuvärdesumman av PPA tjänsten baserad på de tretton undersökta depåerna uppgår till ca 70 mkr under en löptid av 25 år. Oberoende av upphandlingen hade krävts att el köps för motsvarande kostnad – sannolikt högre utifrån risker med prisökningar för nätkostnad, kraft- och elskatt.

Energieffektivisering
Trafikförvaltningen avser återkomma med en planeringsstudie som ger underlag för föreslagna energieffektiviseringsarbeten, genomförandebeslut, inklusive behov av finansiering för att genomföra delar av de energisparåtgärder som föreslås.

Konsekvenser för miljön

Solceller
En installation av solceller på SL:s takytor innebär en positiv miljöpåverkan genom att en del av den förnybara el som SL idag förbrukar frigörs åt andra aktörer. Detta innebär en besparing på omkring 101 g CO_2-ekvivalenteter per investerad krona, vilket motsvarar 253 ton CO_2/år för de depåer som ingått i utredningen. Detta skulle bidra till att uppnå Region Stockholms mål om att minska utsläppen av växthusgaser med 50 % till år 2021 jämfört med 2011. Solceller har en negativ miljöpåverkan under produktionsfasen i form av materialåtgång och energiförbrukning, medan de under användningsfasen har en försumbar påverkan. I slutet av livscykeln är det möjligt att återvinna stora delar av innehållet i solcellsmodulerna, för kiselbaserade solceller som är den vanligaste typen är denna siffra 96 %.

Energieffektivisering
Generellt bör åtgärder inom energieffektivisering framförallt bidra med positiva konsekvenser för miljön. Konsekvenserna beror dock på vilken typ av åtgärd som ska genomföras. Möjliga konsekvenser kommer att studeras vidare i planeringsstudien.

Trafikförvaltningen
Strategisk utveckling

TJÄNSTEUTLÅTANDE
2019-10-30

Ärende
SL 2018-0241

Infosäkerhetsklass
K1 (Öppen)

Sociala konsekvenser

Solceller
Solceller, bedöms främst kunna medföra negativa sociala konsekvenser vid utvinning av råvaror samt vid tillverkning av komponenter. Krav avseende hållbarhet i hela produktionskedjan bör ställas i en eventuellt kommande upphandling. Ett sätt att bedöma solcellers hållbarhet, både vad gäller miljömässig och social hållbarhet, är genom det så kallade *Solar Scorecard* som rankar majoriteten av de tillverkare som finns på marknaden ur hållbarhetssynpunkt.

Fortsatt arbete

- Riktlinjer och styrande dokument uppdateras med krav på att solceller ska utredas som en del av lämpliga typer av projekt vid ny- och ombyggnationer.

- I syfte att säkerställa hur solkraften som tjänst fortsatt ska utvecklas eller om det ska övertas i internt ägande följs utfall från ett antal solcellsprojekt upp och utvärderas under de första åren efter installation.

Sara Catoni
Tf förvaltningschef

Jens Plambeck
Chef Strategisk utveckling

Trafikförvaltningen
Strategisk utveckling
Hållbar utveckling

RAPPORT
2019-11-25
Version

Ärende/Dok. id.
SL 2018-0241

Infosäk. klass
K1 (Öppen)

Handläggare
Erik Dunkars
08-6863547
erik.dunkars@sll.se

Utredningsstudie: Fastighetsnära förnybar energiproduktion

Trafikförvaltningen
Strategisk utveckling
Hållbar utveckling

RAPPORT
2019-11-25
Version

Ärende/Dok. id.
SL 2018-0241

Infosäk. klass
K1 (Öppen)

Innehållsförteckning

Sammanfattning 4
Solceller 4
Alternativ fastighetsnära förnybar energiproduktion 7
1 Inledning 11
1.1 Bakgrund till studie 11
1.1.1 Solceller 11
1.1.2 Alternativ fastighetsnära förnybar energiproduktion 12
1.2 Studiespecifika omvärldsförutsättningar 14
1.2.1 Solceller 14
1.2.2 Alternativ fastighetsnära förnybar energiproduktion 17
1.3 Upplägg av studiearbete 17
1.3.1 Solceller 18
1.3.2 Alternativ fastighetsnära förnybar energiproduktion 18
2 Mål, utvärderingsparametrar och krav 20
2.1 Övergripande mål 20
2.2 Effekt- och systemmål 21
2.3 Målkonflikter 22
2.4 Krav 23
3 Nulägesbeskrivning 25
3.1 Solceller 25
3.2 Alternativ fastighetsnära förnybar energiproduktion 27
4 Utredning av inriktningar eller lösningar 28
4.1 Beskrivning av studerade inriktningar eller lösningar 28
4.1.1 Solceller 28
4.1.2 Alternativ fastighetsnära förnybar energiproduktion 36
4.2 Motivering till val av alternativ/lösningar för vidare studie 45
5 Konsekvensbedömning och riskanalys 48
5.1 Konsekvensbedömning 48

5.1.1 Solceller 48
5.1.2 Gaslösningar 55
5.2 Riskanalys 57
5.2.1 Solceller 57
5.2.2 Gaslösningar 58
6 Samlad bedömning och rekommendation 60
6.1 Rekommendation 60
6.1.1 Solceller 60
6.1.2 Gaslösningar 62
6.2 Förslag till fortsatt arbete 62
6.2.1 Solceller 62
6.2.2 Gaslösningar 64
7 Bilagor 65

Sammanfattning

För att bidra till att uppnå internationella, nationella och regionala miljömål såväl som trafikförvaltningens egna miljömål har en utredningsstudie genomförts med syfte att utreda möjliga lösningar i form av fastighetsnära förnybar energiproduktion för att uppnå dessa mål. Både vad gäller att minska klimatpåverkan, öka andelen förnybar energi och att minimera energiförbrukningen. På global nivå gäller det så kallade Parisavtalet med mål om att begränsa den globala uppvärmningen till väl under 2 grader, samt FN:s Agenda 2030 med mål om att säkerställa tillgång till energi samt genomföra åtgärder för att bekämpa klimatförändringarna. Nationellt finns mål om att Sverige år 2045 inte ska ha några nettoutsläpp av växthusgaser, att elproduktionen ska vara 100 % förnybar elproduktion till år 2040 samt att energianvändningen ska vara 50 % mer effektiv till år 2030 jämfört med år 2005. Utredningsstudien har delats in i två delar; en del som utreder möjligheter med att installera solceller på SL:s depåer och en del som utreder andra möjliga lösningar för fastighetsnära förnybar energiproduktion.

Solceller
Solceller blir allt vanligare såväl i Sverige som i övriga världen, och är en viktig del i omställningen till ett förnybart energisystem. I dagsläget har trafikförvaltningen solcellsanläggningar installerade på två depåer, men enligt ett examensarbete som genomfördes under våren 2017 finns det en god potential för att installera solceller på fler takytor än så. För att avgöra hur trafikförvaltningen ska gå vidare och vilka anläggningar solceller skulle kunna installeras på har denna utredningsstudie genomförts. Inom studien har detaljerade undersökningar gjorts på 15 depåer med potential att installera större anläggningar på 255 kW, samt på depåer med pågående ny- och ombyggnationer. Såväl placering av solceller som takkvalité och bärighet, ägandeformer samt ekonomiska och miljömässiga parametrar har undersökts.

Potential för solceller inom trafikförvaltningens verksamhet
Utredningen visar att det finns en god potential för att installera solceller på depåer inom trafikförvaltningens verksamhet, och att solceller skulle kunna bidra både till att minska klimatpåverkan och vara ekonomiskt lönsamt. Enligt resultatet uppgår kostnaden i form av LCOE (*Levelized cost of Electricity*) till 0,82 kr/kWh som ett snitt för de undersökta depåerna, förutsatt att investeringsstöd på 20 % erhålls. Återbetalningstiden är beräknad till 17 år. Om solceller installeras på samtliga undersökta objekt skulle en CO_2-besparing på 253 ton/år kunna uppnås, vilket under solcellernas livslängd motsvarar 7 600 ton CO_2 eller 101 g CO_2 per investerad kr.

Inom utredningsstudien har även takkvalité och bärighet på de aktuella depåerna undersökts. Av de befintliga depåerna bedöms solceller kunna installeras utan vidare utredningar eller åtgärder på Charlottendals bussdepå, samt troligtvis även på Fredriksdals bussdepå och Ulvsundadepån, med reservation för att viss dokumentation inte kunnat hittas.

Depå	Effekt [kW]	El-produktion [MWh/år]	Investerings-kostnad [tkr]	LCOE [kr/kWh]	Återbetalnings-tid [år]	CO_2-besparing per investerad kr [g/kr]	Total CO_2-besparing [ton/år]
Befintliga depåer							
Bro	255	229	2 470	0,80	16	100	18,3
Charlottendal	236	227	2 490	0,80	16	100	18,3
Fredriksdal	188	163	2 220	0,98	23	82	13,0
Hammarby	255	249	2 680	0,78	16	103	19,9
Kallhäll	62,5	50	920	1,35	>30	59	4,0
Nyboda	255	233	2 060	0,68	12	118	18,6
Södertälje	255	235	2 170	0,70	12	114	18,8
Ulvsunda	255	226	2 730	0,77	14	104	18,1
Vällingby	255	228	2 060	0,70	12	114	18,2
Befintliga depåer med planerad om-/nybyggnation							
Botkyrka	68	57	810	1,11	30	72	4,6
Högdalen	255	231	2 060	0,69	12	116	18,5
Rissne	255	232	2 170	0,71	12	113	18,6
Älvsjö	253	238	2 150	0,69	12	116	19,0
Kommande depåer							
Enlunda	255	249	2 470	0,74	13	108	19,9
Molnby	373	312	3 320	0,79	16	101	25,0
Total	**3 476**	**3 159**	**32 780**	**0,82**	**17**	**101**	**253**

Konsekvenser och risker
Solceller har störst negativ miljöpåverkan under produktionsfasen i form av material- och energiåtgång. I den här utredningen har klimatpåverkan för solceller antagits vara 45 g CO_2 per producerad kWh solel, jämfört med ett antagande om 125 g CO_2/kWh för el från elnätet. Detta innebär alltså en CO_2-besparing på 80 g CO_2/kWh. Negativa sociala konsekvenser bedöms främst kunna uppstå vid utvinning av råvaror och tillverkning av komponenter. Krav avseende hållbarhet i hela produktionskedjan bör ställas i en eventuellt kommande upphandling.

För 13 av de 15 depåer som ingått i studien bedöms egenproducerad el med solceller leda till minskade elkostnader. I snitt är kostnaden för egenproducerad solel 0,82 kr/kWh, jämfört med en antagen kostnad på i snitt 1,1 kr/kWh för att köpa el från elnätet under de kommande 30 åren. Däremot finns det en del osäkerheter i bedömningen vad gäller svårigheter i att förutsäga elprisets utveckling samt hur lagar och stödsystem kommer att se ut i framtiden, t.ex. vad gäller energiskatten och investeringsstödet för solcellsinstallationer. Om trafikförvaltningen investerar i solceller är det även viktigt att avtal utformas med trafikutövarna på de depåer där solceller installeras, bland annat vad gäller hur betalning av solel ska ske på de depåer där det annars är trafikutövaren som står för abonnemang med en elleverantör. För att maximera den ekonomiska lönsamheten bör en så stor del som möjligt av solcellernas elproduktion användas inom den del av Trafikförvaltningens verksamhet som betalar full energiskatt.

Vad gäller ägande av solcellsanläggningarna finns det i huvudsak två alternativ; internt eller externt ägande. Internt ägande innebär att trafikförvaltningen har ett helhetsansvar för anläggningarna med alltifrån investering till underhåll och att ha koll på gällande lagar och regler. Ett externt ägande sker vanligtvis i form av ett så kallat PPA-kontrakt (*Power Purchase Agreement*) där en annan aktör ansvarar för solcellsanläggningarna, medan trafikförvaltningen förbinder sig till att köpa den el som solcellerna producerar. Betalning sker per producerad kWh, precis som i ett vanligt elavtal, till ett förbestämt pris. Livscykelkostnaden bedöms vara ungefär densamma oavsett om ett internt eller externt ägande väljs. Trafikförvaltningens affärsprinciper skulle kunna tala för ett externt ägande i och med att man då ger ett ökat ansvar till leverantören, man ger incitament till leverantören att skapa goda förutsättningar för att maximera produktionen genom att betalningen sker per producerad kWh, och man överlåter en stor del av riskerna med solceller på leverantören som i sin tur har en god kompetens och erfarenhet av att hantera dessa risker.

Rekommendation
Utifrån resultatet av utredningen rekommenderas att solceller installeras på de takytor där det är praktiskt möjligt. En sådan installation skulle bidra till att minska trafikförvaltningens klimatpåverkan samtidigt som att det bedöms vara ekonomiskt lönsamt. Vad gäller ägandeform rekommenderas upphandling av solceller i extern regi i form av ett PPA-kontrakt. Bedömningen har gjorts utifrån trafikförvaltningens riktlinjer, affärsprinciper och riskhantering eftersom kostnaden för ägande i intern och extern regi bedömts vara densamma. En fördel med externt ägande är att investeringskostnaden som

skulle ha krävts vid ett internt ägande kan läggas på andra, förslagsvis klimatnyttiga åtgärder, för att på så sätt uppnå en större nytta totalt sett.

I första hand rekommenderas att solceller installeras på nybyggda depåer, samt pågående och kommande ny- och ombyggnationer. På de befintliga depåer som undersökts rekommenderas att solceller installeras i takt med att takytorna upprustas enligt underhållsplaner för respektive depå. Vidare utredning föreslås på depåer och andra takytor inom trafikförvaltningens verksamhet med potential att installera mindre än 255 kW. Även möjligheten att installera solceller på andra ytor än takytor, samt användning av byggnadsintegrerade solceller föreslås utredas.

Alternativ fastighetsnära förnybar energiproduktion
De lösningar för fastighetsnära förnybara energiproduktion som undersökts i studien är uppvärmning med gasinfravärme drivna på biogas samt el- och värmeproduktion med gasmotor. Gasinfra har en potential att minska energiförbrukningen i kollektivtrafikens fastigheter genom att fokusera på att värma upp ytor, vilka i sin tur avger värme till omgivningen, istället för att värma upp all luft i ett rum. I rapporten presenteras även resultatet av en tidigare studie där möjliga uppvärmningsalternativ för att ersätta de befintliga oljepannorna på Mörbydepån jämförts, samt användning av tilläggsvärmare och optimering av systemen för att minska energiförbrukningen vid bussramper. Fokus har varit att undersöka spridbara lösningar med potential att implementeras även på andra fastigheter inom trafikförvaltningens verksamhet än de som undersökts i den här studien.

Resultat
En detaljerad utredning av gasinfra har gjorts på Alviks tunnelbanestations västra entré och Charlottendals bussdepå. Enligt resultatet skulle en installation på Charlottendals bussdepå kunna minska energiförbrukningen med 11-17 % jämfört med det befintliga uppvärmningssystemet baserat på fjärrvärme. Däremot skulle ekonomisk lönsamhet inte uppnås, vilket till stor del beror på att alternativkostnaden för att behålla det befintliga systemet är noll. På en depå där uppvärmningssystemet behöver bytas ut är det däremot möjligt att gasinfra skulle kunna vara ett kostnadseffektivt alternativ. Även sett till klimatpåverkan är fjärrvärme ett bättre alternativ än gasinfra på Charlottendals bussdepå. En osäkerhet gällande lösningens spridbarhet är att CO_2-besparingen varierar mycket beroende på vilket företag som levererar fjärrvärmen, vilket gör att gasinfra skulle kunna vara ett bra alternativ på en depå med en annan fjärrvärmeleverantör. En mindre omfattande utredning har även gjorts på Hornsbergs bussdepå, med en uppskattad energiförbrukning på 98-225

MWh/år beroende på om värmen enbart ska användas för att värma bussarna i depån eller även för uppvärmning av lokalen i sin helhet. Detta bör jämföras med andra uppvärmningsmetoder för att avgöra vilken som är den mest energieffektiva och klimatneutrala lösningen.

På Alviks tunnelbanestation är förslaget att tillföra värme med gasinfravärmare istället för luftridåer vid stationens in- och utgångar. En fördel med infravärmare är att vänthallen kan värmas upp oavsett om dörrarna är öppna eller stängda utan att det blir alltför stora värmeförluster, samt att värmen kan riktas. Däremot har det inte gått att uppskatta vilken energibesparing som skulle kunna uppnås eftersom uppgifter om den befintliga energiförbrukningen i just den del av stationen som gasinfravärmare föreslås installeras saknas, samt på grund av svårigheter i att uppskatta hur stor del av tiden infravärmarna behöver vara på.

Vad gäller användning av gasmotor för produktion av el och värme visar resultatet att en sådan installation inte skulle vara ekonomiskt lönsamt. För att ekonomisk lönsamhet ska uppnås krävs antingen att gasmotorns verkningsgrad ökar, alternativt att priset på biogas sjunker. En anledning till att installera gasmotorer för el- och värmeproduktion på SL:s depåer även om det inte finns någon ekonomisk lönsamhet i dagsläget i en sådan installation är om kostnaderna för effekt skulle öka i framtiden, eller att använda som reserv vid avbrott i den befintliga el- och värmeförsörjningen.

På Mörbydepån har tre metoder för uppvärmning undersökts; ombyggnad av befintliga oljepannor för att klara biodiesel i form av HVO, anslutning till fjärrvärmenätet samt installation av en bergvärmeanläggning. Av dessa alternativ har bergvärme både den lägsta livscykelkostnaden och högst CO_2-besparing per investerad kr, medan både fjärrvärme och biodiesel ger en högre årlig CO_2-besparing.

Två huvudsakliga alternativ för att minska energiförbrukningen på bussramper har undersökts. Dels möjligheten att optimera energiförbrukningen med det befintliga rampvärmesystemet, dels att ersätta rampvärmen med bussens egen värmare. Båda metoderna har en potential att minska energiförbrukningen för uppvärmning av bussar med ungefär 84 %, vilket motsvarar ungefär 26 GWh/år. Detta skulle i hög grad kunna bidra till att uppnå målet om att minska energiförbrukningen i kollektivtrafikens fastigheter med 10 % till år 2021.

Konsekvenser och risker
Biogas har en positiv miljöpåverkan genom att det bidrar till en effektiv avfallshantering med biogas och gödsel som restprodukter. Jämfört med fossila bränslen har biogas lägre utsläpp av kväveoxider, svaveloxider samt andra luftföroreningar och partiklar. Om biogasen däremot ersätter andra förnybara energikällor är det viktigt att miljöpåverkan för de båda produktionssätten jämförs. Negativa sociala konsekvenser bedöms främst kunna uppstå vid utvinning av råvaror och tillverkning av komponenter. Krav avseende hållbarhet i hela produktionskedjan bör ställas i en eventuellt kommande upphandling.

Enligt utredningen skulle varken gasinfra eller el- och värmeproduktion med gasmotor vara ekonomiskt lönsamt på de depåer som undersökts. Däremot är det möjligt att ekonomisk lönsamhet kan uppnås på en depå där det befintliga uppvärmningssystemet behöver bytas ut, eller på depåer med ett sämre klimatskal än på Charlottendals bussdepå. På Alviks tunnelbanestation och Hornsbergs bussdepå har inga beräkningar gjorts, utan ytterligare utredningar alternativt genomförande av en testinstallation behövs.

De främsta riskerna med de gaslösningar som ingått i utredningen är en felaktigt utförd installation samt bristande tillsyn, vilket skulle kunna medföra skador på egendom och personskador. Den viktigaste åtgärden för att minimera de risker som finns med gasinstallationer är att följa de så kallade energigasnormerna, samt att en oberoende systemgranskning genomförs innan anläggningarna tas i drift för att upptäcka eventuella felaktigheter.

Rekommendation
Vad gäller gasinfra rekommenderas att en testinstallation genomförs på någon av SL:s stationer, t.ex. Alviks tunnelbanestation eller Solna station för att utreda om gasinfra skulle kunna leda till en minskad energiförbrukning. Resultatet ska utgöra grund för att avgöra om gasinfra bör installeras även på andra stationer där möjlighet att ansluta till gasnätet finns. På depåer där det befintliga uppvärmningssystemet ska bytas ut bör gasinfra ingå som ett alternativ eftersom det har potential att minska energiförbrukningen. För Hornsbergs bussdepå rekommenderas en vidare utredning där gasinfra jämförs med andra uppvärmningsmetoder för att avgöra vilken som är den mest energieffektiva och klimatneutrala lösningen.

Vad gäller användning av gasmotor för produktion av el och värme rekommenderas inget genomförande i nuläget då resultatet visar att en sådan installation inte skulle vara ekonomiskt lönsam. Lösningen kan bli intressant som effektreserv om det skulle visa sig att nätbolagen tar ut en större avgift för

effekt i framtiden, samt som reserv vid avbrott i den befintliga el- och värmeförsörjningen.

1 Inledning

1.1 Bakgrund till studie

Trafikförvaltningen har, som en del av Region Stockholm, ett stort ansvar för att bidra till en hållbar utveckling och en minskad klimatpåverkan. Ett av regionens mål är att minska klimatpåverkan med 50 % till år 2021 jämfört med 2011. Inom Region Stockholm utgör användning av el, värme, kyla och köldmedier i fastigheter ungefär 21 % av den totala klimatpåverkan.[1] Utöver det ska energiförbrukningen minska och andelen förnybar energi öka i kollektivtrafikens fastigheter. Som en del av detta har en utredningsstudie genomförts som utreder möjligheterna med att installera solceller och annan fastighetsnära förnybar energiproduktion på trafikförvaltningens fastigheter, med fokus på depåer inom kollektivtrafiken. I viss omfattning har även åtgärder för uppvärmning på stationer undersökts.

Studien har genomförts som en del av SLL:s budget för 2018, enligt vilken möjligheten att installera solceller på SL:s fastigheter undersökas där det är kostnadseffektivt och inte försvårar för befintlig eller framtida verksamhet. Även energieffektivisering lyfts fram som en viktig åtgärd.[2] Studien ligger även i linje med Region Stockholms miljömål och trafikförvaltningens strategier och riktlinjer.

1.1.1 Solceller

Solceller blir allt vanligare såväl i Sverige som i övriga världen, och är en viktig del i omställningen till ett förnybart energisystem samt för att nå de nationella målen om en ökad andel förnybar elproduktion.

Inom trafikförvaltningen genomfördes under våren 2017 ett examensarbete med syfte att utreda potentialen med att installera solceller på AB SL:s befintliga takytor. Arbetet visade på att det finns en god potential för att installera solceller på SL:s takytor, med en total potentiell takyta på ungefär 160 000 m^2. Med hänsyn tagen till dagens skatteregler och för att installationen ska vara ekonomiskt lönsam visar studien att installationen bör begränsas till 255 kW per anläggning, vilket ger en lämplig takyta på 71 000 m^2 där solceller kan installeras. Återbetalningstiden för en sådan installation har enligt examensarbetet beräknats till 16-17 år.[3]

[1] Region Stockholm, Miljöredovisning 2018
[2] Stockholms läns landstings Mål och budget 2018
[3] Potentialstudie – Installation av solceller på AB SL:s takytor

För att avgöra vilka anläggningar trafikförvaltningen bör installera solceller på fanns ett behov av en mer detaljerad utredning för att säkerställa en god elproduktion samt för att maximera den ekonomiska lönsamheten och miljönyttan. Ytterligare ett behov var att utreda vilka skatteregler som gäller och hur trafikförvaltningen ska hantera dessa vid en framtida satsning på solceller.

Redan i dagsläget finns krav i ett flertal om- och nybyggnationsprojekt på att projekten ska förbereda för eller åtminstone inte omöjliggöra en framtida installation av solceller. Exempel på projekt som har dessa krav är ombyggnationerna av Älvsjödepån och Högdalsdepån. I Riktlinjer Miljö ställs det även krav på att möjligheter för fastighetsnära energiproduktion ska undersökas vid ny- och ombyggnationer.[4]

1.1.2 Alternativ fastighetsnära förnybar energiproduktion

Utöver solceller finns ett behov av att utreda andra metoder för fastighetsnära förnybar energiproduktion. Exempel på sådana metoder är användning av gasmotor/gasturbin för el- och värmeproduktion och användning av gasinfra för att minska energiförbrukningen för uppvärmning av kollektivtrafikens fastigheter. I och med trafiknämndens beslut om att utöka satsningen på elbussar finns en möjlighet att en del av den biogas som tidigare använts som drivmedel till bussar istället kan användas till uppvärmning och elproduktion. Eftersom det redan finns en utbyggd infrastruktur för biogas till ett par bussdepåer finns det ett intresse av att undersöka om den befintliga biogasinfrastrukturen skulle kunna användas till andra ändamål. De depåer där biogasförsörjning finns utbyggt är Charlottendal, Fredriksdal, Frihamnen och Gubbängen. Det är även möjligt för flera depåer att utnyttja gasnätet i Stockholm.

Studien tar även upp andra projekt inom trafikförvaltningen där möjligheter till fastighetsnära förnybar energiproduktion har eller håller på att undersökas. Exempel på detta är en bergvärmeutredning på Mörbydepån för att ersätta den befintliga oljepannan samt användning av tilläggsvärmare för att minska energiförbrukningen på bussramper. Även på Molnbydepån utreds möjliga fastighetsnära energilösningar för värmeförsörjning eftersom det inte finns något fjärrvärmenät i närheten. Totalt handlar det om ett effektbehov på 2,5 MW för etapp 1 och 2 för att tillgodose värmebehovet på 1 600 MWh/år, exkl. avsining. Det finns även planer på att bygga ut ytterligare efter etapp 2, vilket skulle ge ett totalt behov på 4 MW exkl. avisning.

[4] Riktlinjer Miljö

Infravärme med gas

Infravärme lämpar sig för uppvärmning av större lokaler med hög takhöjd, och kan användas antingen som enda uppvärmningskälla eller som extra tillskottsvärme. Istället för att värma upp all luft i rummet med konventionella metoder som t.ex. ett radiatorsystem eller en luftvärmepump, värmer infravärmaren istället upp ytorna i rummet, vilka i sin tur avger värme till omgivningen. Detta resulterar i en mer effektiv uppvärmning med möjlighet att endast värma upp de ytor där personer befinner sig och under de tider då personerna befinner sig där, istället för att luften i en hel lokal ska värmas upp större delen av dygnet. Dessutom går uppvärmning snabbare, inom 5 minuter är 95 % av effekten uppnådd, och systemet kan hålla en lägre temperatur utan att sänka komfortnivån. Metoden lämpar sig väl för lokaler där portar öppnas och stängs, som på en depå där bussar och tåg kör in och ut, i och med att de uppvärmda ytorna kommer fortsätta att vara varma även om kall luft kommer in i lokalen till skillnad från system baserade på uppvärmning av luft. Infravärme har en potential att i de flesta fall minska energiförbrukningen med minst 30 % för uppvärmning av lokaler.[5]

Gasmotor/gasturbin för el- och värmeproduktion

En gasturbin eller gasmotor kan användas för att producera el och värme samtidigt. Med en gasturbin blir andelen värme större, medan en gasmotor genererar en högre andel el. Totalverkningsgraden är ungefär 80-90 %, varav elverkningsgraden för en gasturbin är ungefär 30 % medan den för en gasmotor kan nå upp till omkring 40 %.

En utredning genomfördes under 2018 med syfte att utreda kostnader för att hantera effekttoppar i el- och värmeförbrukning med hjälp av lokal energiproduktion med gasturbin driven med biogas. I utredningen undersöktes möjligheterna på Charlottendals och Fredriksdals bussdepåer. För båda depåerna varierar värmebehovet under året och är nära noll under sommarmånaderna, medan elförbrukningen i stort sett är konstant över året. Utredningen tar även hänsyn till att elbehovet kan komma att öka till följd av att dagens biogasbussar ersätts med elbussar. Resultatet av utredningen visar dock att det i dagsläget inte skulle vara lönsamt att installera en gasturbin för att producera el och värme i förhållande till vad det kostar att köpa el och värme från el- och fjärrvärmenätet. Däremot finns det en del osäkerheter, bland annat hur priset på biogas kommer att utvecklas i framtiden. Studien visar även att

[5] http://www.gasvarmesystem.se/filarkiv/Infravarme.pdf

endast en bråkdel av den biogas som idag används som bränsle i bussflottan skulle användas till den föreslagna gasturbinen.[6]

På grund av ett antal osäkerheter i den tidigare utredningen beslutades om att göra en ny simulering med ett par uppdaterade antaganden. Bland annat genom att använda en gasmotor istället för en gasturbin, vilket påverkar verkningsgraden, fördelningen mellan el- och värmeproduktion samt investeringskostnaden. Utöver det testades ett scenario med 100 % elbussar, och känslighetsanalyser har gjorts på el- och gasprisets utveckling.

1.2 Studiespecifika omvärldsförutsättningar

I kommande avsnitt presenteras studiespecifika omvärldsförutsättningar i form av framför allt vilka lagar, regelverk och stödsystem som trafikförvaltningen behöver förhålla sig till om man väljer att investera i solceller eller de gaslösningar som undersökts och därmed bli en småskalig energiproducent.

1.2.1 Solceller

Lagen om skatt på energi och skatteskyldighet

Enligt lagen om skatt på energi (1994:1776) är den som installerar solceller med en effekt på 255 kW eller mer inom ett och samma organisationsnummer skyldig att betala en energiskatt på den del av den egenproducerade elen som förbrukas i byggnaden. Detta kommer vara fallet för trafikförvaltningens del om man väljer att satsa på solceller. Skatten betalas i de flesta fall varje månad. Om ägaren av solcellsanläggningen betalar mindre än 50 000 kr/år i energiskatt kan dock skatten betalas en gång per år.[7] För enskilda anläggningar med en installerad effekt lägre än 255 kW, är energiskatten 0,5 öre/kWh för den del av den egenproducerade elen som förbrukas i byggnaden. Om det inom samma organisationsnummer även finns enskilda anläggningar med en effekt på 255 kW eller mer gäller en högre skattesats på 34,7 öre/kWh för dessa anläggningar. Vad som menas med en anläggning återstår att definiera, men branschföreningen Svensk Solenergi rekommenderar tills vidare att allt inom en och samma anslutningspunkt till elnätet ska räknas som en anläggning.[8]

Ett problem som uppstår när en juridisk person blir skattepliktig för den egenproducerade elen, vilket inträffar om den totala installerade effekten inom

[6] Kostnadsbedömning av gasturbindrift för hantering av effekttopp
[7] https://www.svensksolenergi.se/upload/nyheter/nyheter-2017/PM-Energiskatte-och-momsregler-for-solcellsagare.pdf
[8] https://www.svensksolenergi.se/nyheter/nyheter-2017/energiskatte-och-momsregler-foer-solelproducenter

ett organisationsnummer överstiger 255 kW, är att den som äger solcellsanläggningarna i samband med detta även blir skatteskyldig för energiskatt. Det innebär att ägaren av solcellsanläggningarna blir ansvarig för att mäta och deklarera skatt inte bara för den egenkonsumerade elen från solcellerna, utan även för den el som förbrukas från elnätet, vilket för en omfattande verksamhet som trafikförvaltningens skulle kunna innebära en stor administrativ börda. I vanliga fall ligger skatteskyldigheten för elen från elnätet på elnätsleverantören.[8] Däremot är trafikförvaltningen sedan 2018 frivilligt skatteskyldig, vilket innebär att man redan rapporterar in elförbrukning och en schablonmässigt beräknad skattesats till Skatteverket varje månad. Anledningen till detta är att nätbolagen endast får rapportera full skattesats, medan delar av Trafikförvaltningens verksamhet är helt skattebefriad eller har en reducerad skattesats. I dagsläget sker detta genom att Entelios förser Trafikförvaltningen med uppgifter om elförbrukning. Utifrån detta beräknas den skatt som ska betalas, och betalningen sker genom *Verksamhetsstyrning och ekonomi* (VE).

De skattenivåer som gäller inom trafikförvaltningen är:

- 0 öre/kWh för el till tågdrift och tillhörande hjälpsystem, t.ex. växelvärme, signalsystem och telesystem.
- 0,5 öre/kWh för el till verksamheter inom depåfastigheter som klassas som industriell verksamhet
- 34,7 öre/kWh för övrig verksamhet

För att maximera den ekonomiska lönsamheten bör en så stor del som möjligt av solcellernas elproduktion användas inom den del av verksamheten som betalar full energiskatt. Eftersom Trafikförvaltningen redan är frivilligt skatteskyldig bör hanteringen av energiskatt för förbrukning av egenproducerad solel inte medföra några större kostnader, utan kan ske genom ett tillägg till den rapportering som redan sker.

Värt att nämna är också att skatteplikten för solel som förbrukas där den produceras kan komma att tas bort enligt ett förslag från regeringen i augusti 2018, även för juridiska personer som har mer än 255 kW installerat. För att förslaget ska träda i kraft måste det godkännas av den Europeiska kommissionen.[9]

[9] Regeringen, Lagrådsremiss: *Ytterligare utvidgning av skattebefrielsen för egenproducerad solel*

Investeringsstöd
Investeringsstöd för nätanslutna solcellsanläggningar kan ansökas hos Länsstyrelsen, och ansökan ska skickas in innan ett solcellsprojekt har påbörjats. Sedan den 1 maj 2019 uppgår stödet till maximalt 20 % av investeringskostnaden, jämför med 30 % tidigare, med ett tak på 1,2 miljoner kronor per solcellssystem.[10] Anledningen till den ändrade stödnivån är bland annat att fler ska ges möjlighet att ta del av stödet. Totalt är det budgeterade stödet 736 miljoner kronor under 2019.[11]

Elcertifikat
Möjligheten att tilldelas elcertifikat finns för den som äger en anläggning för förnybar elproduktion. Anläggningen kan tilldelas elcertifikat i 15 år, dock längs fram till dess att elcertifikatssystemet avvecklas vid utgången av år 2045. Ansökan om att tilldelas elcertifikat lämnas till Energimyndigheten. Elcertifikaten kan sedan säljas till kvotpliktiga företag, vilka enligt lag måste köpa en viss andel elcertifikat. Detta för att främja utbyggnaden av förnybar elproduktion. Kvotpliktig är den som har en anläggning för elproduktion med en installerad effekt på 50 kW eller mer och som använder mer än 60 MWh egenproducerad el per år, elintensiva industrier, elleverantörer och elanvändare som importerat eller köpt el på den nordiska elbörsen.[12] Även kvotplikt anmäler man till Energimyndigheten. Hur stor andel elcertifikat som måste köpas beror på vilken kvotnivå som gäller det aktuella året. Priset på elcertifikat varierar utifrån marknaden, men ett rimligt antagande är ungefär 50 kr/MWh.

Övrig lagstiftning
En solcellsanläggning räknas i de flesta fall som en starkströmsanläggning, och ägaren är skyldig att följa elsäkerhetslagen (2016:732). Enligt lagen är ägaren skyldig att kontinuerligt kontrollera anläggningen så att fel och brister inte hinner orsaka skada på person eller egendom innan de upptäcks. Dessutom ska allt arbete som utförs på anläggningen utföras av personer med rätt kompetens.

I vissa kommuner krävs det bygglov för att installera solceller i och med att solcellerna påverkar byggnadens yttre utseende. Troligtvis kommer bygglov krävas för samtliga installationer inom SL:s fastighetsbestånd.

[10] http://www.energimyndigheten.se/fornybart/solelportalen/vilka-stod-och-intakter-kan-jag-fa/stod-vid-investering/
[11] https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2019/04/fortsatt-stod-till-solceller/
[12] http://www.energimyndigheten.se/fornybart/elcertifikatsystemet/kvotpliktig/

Utöver de lagar som tagits upp ska ägaren till solcellsanläggningen även följa arbetsmiljölagen, plan- och bygglagen och ellagen. Även lagen om ursprungsgarantier för el och inkomstskattelagen kan vara aktuella, främst om trafikförvaltningen väljer att sälja det eventuella överskott som produceras.

1.2.2 Alternativ fastighetsnära förnybar energiproduktion

Vad gäller gaslösningar på depå finns det en del lagar som styr detta, exempelvis arbetsmiljölagen, lagen om skydd mot olyckor, naturgaslagen samt lagen om brandfarliga och explosiva varor. För att säkerställa att lagarna efterlevs bör allt arbete med den gastekniska verksamheten genomföras i enlighet med de så kallade Energigasnormerna. Innan anläggningen tas i bruk bör en systemgranskning genomföras av en behörig systemgranskare.[13]

För en gasanläggning där gasen distribueras i ett lågtrycksnät (< 4 bar), och där nätbolaget ansvarar för efterlevnad av regler och lagar, kräver har ingen tillståndsplikt. Nätbolaget ansvarar då även för att anläggningen kontrolleras kontinuerligt utifrån ett fastställt intervall. Om dessa förutsättningar inte är uppfyllda krävs tillståndsprövning av kommunen för hantering av brandfarliga varor. Inte heller att installera och använda infravärmare kräver tillstånd vid användning av ledningsburen gas eftersom ingen explosiv vara förvaras hos brukaren. Vid installation av värmare i publika utrymmen skall placering av värmare och avstängningsventil placeras i samråd med räddningstjänsten.[13]

Vid produktion av el- och värme i en gasmotor driven med biogas ska full energiskatt betalas på den del av den egenproducerade elen som förbrukas i fastigheten. Anläggningar med en installerad generatoreffekt som understiger 50 kW är dock fråntagen energiskatt. Den värme som produceras är däremot skattebefriad, både vad gäller energiskatt och koldioxidskatt, enligt lagen om skatt på energi (1994:1776).

1.3 Upplägg av studiearbete

Studien är uppdelad i två delprojekt, en del som utreder möjligheter med att installera solceller på SL:s depåer och en del som utreder andra möjliga lösningar för fastighetsnära energiproduktion. Nedan beskrivs tillvägagångssätt och avgränsningar för de båda delarna. För beräkning av CO_2-besparing har uppgifter från Naturvårdsverkets *Vägledning i klimatarbetet – Beräkna utsläppsminskning* använts där det har varit möjligt.

[13] Underlag från Stockholm Gas och Gasnätet Stockholm

1.3.1 Solceller

Som ett första steg i studien gjordes ett urval av lämpliga depåer att utreda. Urvalet gjordes utifrån tillgänglig yta (på tak och mark), takkvalité i den omfattning att nybyggda depåer prioriterades, pågående ny- och ombyggnationer där solceller skulle kunna ingå som en del av pågående projekt, samt utifrån diskussioner med förvaltare på Trafikavdelningen. För att maximera nyttan, i form av ekonomisk lönsamhet och CO_2-besparing, av en framtida solcellsinstallation valdes att i första hand fokusera på större depåer med plats för minst 255 kW solceller utifrån resultatet av det tidigare examensarbetet på trafikförvaltningen. Detta resulterade i att 15 depåer valdes ut för vidare utredning, se tabell 1.

Tabell 1. Depåer som utretts för installation av solceller.

Befintliga depåer	Nybyggda depåer	Depåer med planerad ombyggnation	Kommande depåer
Bro Hammarby Nyboda Södertälje Vällingby	Charlottendal Fredriksdal Ulvsunda	Botkyrka Högdalen Märsta Rissne Älvsjö	Enlunda Molnby

Trafikförvaltningen har tagit hjälp av solcellsutredare hos Solkompaniet och Eneo Solutions för att utifrån platsbesök och ritningar ge förslag på utformning av solcellsanläggningar, samt beräkna den ekonomiska lönsamheten och den potentiella CO_2-besparingen. Takytornas bärighet och kvalité har bedömts med hjälp av konstruktör och takspecialist på ÅF.

Utöver att de objekt som rekommenderas att installera solceller på ska ha bra förutsättningar avseende solinstrålning, bärighet och takkvalité är det viktigt att större delen av den el som produceras ska kunna förbrukas inom fastigheten för att maximera den ekonomiska lönsamheten. Ett annat krav på de tak- och markytor där solceller ska installeras är att solcellerna ska kunna stå där i minst 30 års tid utan att t.ex. taken behöver läggas om.

1.3.2 Alternativ fastighetsnära förnybar energiproduktion

Inom studien har fastighetsnära energiproduktion i form av att utnyttja biogas för uppvärmning med gasinfravärme samt el- och värmeproduktion med gasmotor undersökts. I rapporten presenteras även resultatet av en tidigare

studie där möjliga uppvärmningsalternativ för att ersätta de befintliga oljepannorna på Mörbydepån jämförts, samt användning av tilläggsvärmare och optimering av systemen för att minska energiförbrukningen vid bussramper. Fokus har legat på att ge förslag på spridbara lösningar som ska kunna implementeras även på andra fastigheter inom trafikförvaltningens verksamhet än de som har legat till grund för den här studiens resultat.

En detaljerad utredning av gasinfravärme har gjorts på Charlottendals bussdepå samt Alviks tunnelbanestation. Dessa objekt ansågs lämpliga att undersöka eftersom Charlottendals bussdepå redan idag har gasförsörjning, medan Alviks tunnelbanestation ligger bra till för att kunna anslutas till Gasnätet Stockholms gasnät. För undersökningen av el- och värmeproduktion med gasmotor har förutsättningarna på Charlottendals och Fredriksdals bussdepåer undersökts. Arbetet utgår från en tidigare utredning avseende användning av gasturbin för att hantera effekttoppar på depåerna, men har uppdaterats med ett antal nya antaganden i form av annan verkningsgrad för gasmotor jämfört med gasturbin, uppdaterad investeringskostnad samt med känslighetsanalyser på biogas- och elprisets utveckling.

2 Mål, utvärderingsparametrar och krav

2.1 Övergripande mål

På global nivå gäller det så kallade Parisavtalet som tecknades vid COP21 (*21st Conference of the Parties*) i Paris år 2015, enligt vilket målet är att begränsa den globala temperaturökningen till väl under 2 grader, med sikte på 1,5 grader.[14] Även FN:s Agenda 2030 och de globala hållbarhetsmålen är av betydelse. Framför allt mål 7 ”Säkerställa tillgång till ekonomiskt överkomlig, tillförlitlig, hållbar och modern energi för alla” och mål 13 ”Vidta omedelbara åtgärder för att bekämpa klimatförändringarna och deras konsekvenser” är mål som fastighetsnära förnybara energilösningar kan bidra till att uppnå.

Senast år 2045 har riksdagen beslutat att Sverige inte ska ha några nettoutsläpp av växthusgaser för att därefter uppnå negativa utsläpp. Målet innebär att de kvarvarande utsläppen ska vara minst 85 % lägre än år 1990. För att nå målet har delmål beslutats om att utsläppen för de sektorer som inte omfattas av EU:s system för handel med utsläppsrätter ska ha minskat med 63 % till år 2030 och 75 % år 2040 jämfört med utsläppsnivån 1990.[15] Ett övergripande mål för den svenska miljöpolitikens fokus är det så kallade generationsmålet, enligt vilket det samhälle som lämnas över till nästa generation ska vara sådant att de stora miljöproblemen är lösta, utan att ha orsakat ökade miljö- och hälsoproblem utanför Sveriges gränser.[16] Ett av etappmålen kopplade till generationsmålet är att minst 50 % av matavfallet från hushåll, storkök, restauranger och butiker ska tas tillvara, samt att minst 40 % av matavfallet ska behandlas så att energin tas tillvara till år 2020.[17] Detta gör att tillgången till bioenergi kommer att öka.

Vad gäller elproduktionen så har Sverige och Norge har ett gemensamt mål om att öka den förnybar elproduktion med 28,4 TWh till år 2020 jämfört med år 2012. Till år 2030 har Sverige som mål att öka produktionen med ytterligare 18 TWh.[18] År 2040 är målet att andelen förnybar elproduktion ska vara 100 % [19]. Energimyndigheten har på uppdrag av regeringen tagit fram en rapport med ett förslag på hur användningen av solel ska kunna öka i Sverige, samt hur det ska kunna bidra till att uppnå målet om en 100 % förnybar elproduktion. I rapporten föreslås att el från solceller bör utgöra 5-10 % av Sveriges

[14] https://www.regeringen.se/regeringens-politik/parisavtalet/
[15] https://www.regeringen.se/artiklar/2017/06/det-klimatpolitiska-ramverket/
[16] http://sverigesmiljomal.se/miljomalen/generationsmalet/
[17] https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Sveriges-miljomal/Etappmal/
[18] Näringsutskottets betänkande 2016/17:NU20
[19] Energiöverenskommelsen

elproduktion år 2040.[20] Ett mål skulle därför kunna vara att trafikförvaltningen bidrar med att installera så pass mycket solceller så att det täcker åtminstone 10 % av elförbrukningen år 2040. Vad gäller energieffektivisering är målet att energianvändningen ska vara 50 % mer effektiv till år 2030, uttryckt som tillförd energi i relation till BNP, jämfört med år 2005.[21]

Enligt det regionala trafikförsörjningsprogrammet ska andelen förnybar energi i kollektivtrafikens fastigheter vara 95 % år 2021 och 100 % år 2030. Dessutom finns mål om att energianvändningen i kollektivtrafikens fastigheter ha minskat med 10 % till år 2021 och 30 % till år 2030 jämfört med år 2011.[22] I SLL:s miljöprogram 2017-2021 finns även ett mål om att landstingets utsläpp av växthusgaser ska ha minskat med 50 % till år 2021 jämfört med år 2011.[23] Även i *Klimatfärdplan 2050 för Stockholmsregionen* tas lokal elproduktion med exempelvis solceller samt en ökad produktion och användning av biogas upp som viktiga åtgärder för att regionen ska nå netto-noll-utsläpp senast år 2045.[24]

2.2 Effekt- och systemmål

De effektmål som en installation av solceller och annan fastighetsnära förnybar energiproduktion ska bidra till att uppnå är en ökad andel förnybar energi och energieffektivisering i kollektivtrafikens fastigheter, samt en minskad klimatpåverkan. Vilka effektmål solceller respektive de alternativa förnybara energikällorna som undersökts i studien ska uppnå framgår av figur 1 nedan.

Effektmål	Solceller	Alternativ fastighetsnära förnybar energiproduktion
Ökad andel förnybar energi	✓	✓
Ökad energieffektivisering		✓
Minskad klimatpåverkan	✓	✓

Figur 1. Beskrivning av vilka effektmål de olika delprojekten avser uppnå.

[20] Energimyndigheten, Förslag till strategi för ökad användning av solel.
[21] https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2016/11/overenskommelse-om-sveriges-mal-for-energieffektivisering/
[22] SLL, Regionalt trafikförsörjningsprogram för Stockholms län
[23] SLL, Miljöprogram 2017-2021
[24] Region Stockholm, Klimatfärdplam 2050 för Stockholmsregionen

Systemmål för projektet är att det inte ska ha en negativ påverkan på den befintliga driften på depåerna, lösningar som implementeras ska vara kostnadseffektiva, samt att negativ påverkan på miljömässiga och sociala hållbarhetsaspekter ska minimeras för de lösningar som implementeras, inklusive påverkan som sker vid produktion av solceller och annan utrustning.

2.3 Målkonflikter

Målkonflikter bedöms främst kunna uppstå avseende kostnadseffektivitet, där ekonomiska kostnader måste vägas mot de positiva miljönyttor som projektet medför. Det är inte självklart hur dessa aspekter ska vägas mot varandra. För att de ekonomiska beräkningarna ska ge en så rättvisande bild som möjligt är det viktigt att investeringarna beaktas ur ett livscykelperspektiv. En annan målkonflikt gäller depåer där takytorna är för gamla eller i för dåligt skick för att kunna installera solceller på, men som ändå har ett flertal år kvar av sin livslängd. Frågan är då om man ska byta ut takytorna i förtid för att kunna installera solceller, vilket i så fall ger en högre total kostnad, eller om man ska vänta med att installera solceller till dess att taken måste bytas ut av andra skäl.

Ytterligare en målkonflikt är den negativa påverkan på miljömässiga och sociala hållbarhetsaspekter som uppstår vid produktionen av utrustning för de olika energiproduktionsmetoderna i form av solceller, gasmotorer och infravärmare. En annan potentiell målkonflikt avseende solcellsinstallationer kan uppstå på depåer med sedumtak, där förnybar elproduktion ställs mot omhändertagande av dagvatten. Däremot är det möjligt att kombinera solceller och sedumtak, vilket bland annat påvisas i en rapport framtagen av Energiforsk.[25]

En målkonflikt kopplat till en ökad användning av biogas för uppvärmning och elproduktion på depåer och stationer är att efterfrågan på biobränslen kan komma att öka även från andra aktörer. Framförallt finns en osäkerhet i hur det framtida transportsystemet kommer att se ut, och vilken typ av drivmedel som kommer att ersätta de fossila bränslena. Om det sker en kraftig ökning av andelen biobränslen inom transportsektorn kan det uppstå en brist på biobränslen.[26] Enligt en rapport av Energiforsk finns det dock en potential att öka produktionen av biogas från dagens ca 2 TWh till 22 TWh till år 2030 och 70 TWh år 2050.[27] Om det istället sker en elektrifiering av transportsektorn är det möjligt att det uppstår ett överskott av biobränslen. Generellt för

[25] Energiforsk, 2018. *Solceller på svarta, vita och gröna tak*.
[26] Naturskyddsföreningen, 2014. *Biobränslen för en hållbar framtid – Utmaningar för ett 100 % förnybart energisystem i Sverige*.
[27] Energiforsk, 2015. *Gasens roll i det framtida energisystemet*.

biobränslen är det viktigt att markanvändning för biomassa avsedd för energiproduktion inte konkurrerar ut produktion av livsmedel.[28] För biogas som i huvudsak produceras från avfall och restprodukter är däremot denna aspekt inte lika relevant som för andra typer av biobränslen.

2.4 Krav

Trafikförvaltningens arbete utgår ifrån ett par strategier, vilka i sin tur är nedbrutna i ett antal riktlinjer används vid kravställning i upphandlingar. Enligt Riktlinjer Miljö är det ett krav att nya tekniker och innovativa lösningar för att minska miljöpåverkan ska undersökas. Det ställs även krav på att möjligheter för fastighetsnära energiproduktion ska undersökas vid ny- och ombyggnationer.[29]

För att underlätta utbyggnaden av solceller har projektet identifierat ett behov av riktlinjer för vad kommande ny- och ombyggnationer bör ta hänsyn till för att förbereda för eventuellt kommande solcellsinstallationer. Sådana förberedelser kan exempelvis utgöras av att tänka på att i den mån det är möjligt placera föremål och högre byggnadsdelar på norra delen av taket placeras, att se till att taket har en tillräcklig bärighet samt att förbereda plats i teknikutrymmen och undercentraler Därför föreslås att den solcellshandbok som Belok har tagit fram[30] hänvisas till i Riktlinjer Miljö. Det har dessutom tagits fram ett komplement till solcellshandboken inom utredningsstudien som mer specifikt riktar sig till trafikförvaltningens verksamhet, och som tar upp områden som saknas i Belok:s solcellshandbok, t.ex. dimensionering av solcellsanläggningar, byggnadsintegrerade lösningar, taksäkerhet samt el- och brandsäkerhet. Även för denna föreslås en hänvisning till i Riktlinjer Miljö.

Vad gäller alternativ fastighetsnära förnybar energiproduktion finns det krav i Riktlinjer Miljö både vad gäller energieffektivisering och att öka andelen förnybar energi. Vid ny- och ombyggnation är det till exempel ett krav att energieffektiva lösningar utreds för energiintensiv verksamhet. Det finns även krav på att fastighetsnära energiproduktion ska utredas som ett alternativ vid nybyggnation. De krav som finns i Riktlinjer Miljö avseende fastighetsnära förnybar energiproduktion utöver solceller anses vara tillräckliga för att säkerställa att den energiförsörjning som är mest kostnadseffektiv ur ett

[28] Skogsstyrelsen, 2017. *Bioenergi på rätt sätt – Om hållbar bioenergi i Sverige och andra länder.*
[29] *Riktlinjer Miljö*
[30] Belok, Solceller på tak – möjligheter och fallgropar

livscykelperspektiv väljs, samtidigt som att miljöpåverkan beaktas och vägs in i bedömningen.

3 Nulägesbeskrivning

Trafikförvaltningen har ett stort fastighetsbestånd bestående av omkring 45 depåer, 82 bussterminaler, 233 stationer samt mindre byggnader i form av teknikhus och likriktarstationer. Förutom på byggnader finns takytor i form av plattformstak och väderskydd vid busshållplatser. Den totala energiförbrukningen i trafikförvaltningens fastigheter var år 2018 252 GWh, med en fördelning på el, värme och kyla enligt tabell 2. Även andelen förnybar energi framgår av tabellen, och uppgick totalt sett till 89 %. Sedan flera år tillbaka ställs dock krav i nya trafikavtal på att den el som används på depåerna ska vara 100 % förnybar. Även den del av värmeförbrukningen som utgörs av fjärrvärme väntas nå 100 % förnybar inom de närmaste åren då Stockholm exergi har som mål att fasa ut det fossila bränslet i fjärrvärmeproduktionen till år 2022.[31]

Tabell 2. Energiförbrukning och andel förnybar energi i trafikförvaltningens fastigheter år 2018.[32]

	Energiförbrukning år 2018 [MWh]	Andel förnybar energi år 2018 [%]
El	141 000	90
Värme	108 900	89
Kyla	1 800	100
Total	**251 600**	**89**

3.1 Solceller

Trafikförvaltningen har i nuläget solceller installerade på två depåer, Gubbängens bussdepå och Södertälje pendeltågsdepå. Anläggningen i Gubbängen har varit i drift sedan 2011 och har en installerad effekt på 123,5 kW, medan anläggningen i Södertälje har en installerad effekt på 32,6 kW och har varit i drift sedan 2009.[33] Tabell 3 visar förväntad och uppmätt elproduktion på dessa anläggningar. Vid platsbesök under examensarbetet 2017 framgick det att underhållet av anläggningarna har varit bristfälligt då inget underhåll alls hade skett på anläggningen i Södertälje sedan togs i bruk, och den mindre av de tre anläggningarna på Gubbängens bussdepå inte fungerat under ett par månader utan att detta upptäckts. En anledning till avsaknaden av underhåll uppgavs vara oklarheter kring om det är trafikutövarens personal eller SL som har ansvaret för solcellsanläggningarna. Detta visar att det är av stor vikt med en

[31] https://www.stockholmexergi.se/nyheter/det-sista-kolet-ska-fasas-ut-i-stockholm/
[32] Trafikförvaltningens miljöredovisning 2018
[33] Potentialstudie – Installation av solceller på AB SL:s takytor

tydlig kravställning och ansvarsfördelning om AB SL väljer att själva äga solcellerna vid en framtida satsning. Trots avsaknaden av underhåll har dock elproduktionen från anläggningarna nära eller över den förväntade produktionen, se tabell nedan.

Tabell 3. Förväntad och uppmätt elproduktion på trafikförvaltningens befintliga solcellsanläggningar.[34]

Depå	Förväntad elproduktion [MWh]	Produktion 2016 [MWh]	Produktion 2017 [MWh]	Produktion 2018 [MWh]
Gubbängen	110	96	106	101
Södertälje	26	30[35]	32	30

Enligt det examensarbete som genomfördes på trafikförvaltningen 2017 finns en total takyta på ungefär 340 000 m² på depåer, plattformstak, bussväderskydd samt teknikhus och likriktarstationer, varav 160 000 m² lämpar sig för installation av solceller. Av dessa återfinns 125 000 m² på trafikförvaltningens depåer. Om solceller installeras på alla dessa takytor skulle produktionen kunna uppgå till omkring 20 GWh/år, vilket motsvarar ungefär 14 % av elförbrukningen i trafikförvaltningens fastigheter. På grund av gällande skatteregler visar studien dock att solcellsinstallationen bör begränsas till 255 kW per anläggning för att installationen ska vara ekonomiskt lönsam. Det gör att den potentiella takytan minskar till 71 000 m², vilket skulle kunna ge en elproduktion på 9 GWh/år. Utöver de takytor som undersöktes i examensarbetet kan det även finnas ytterligare potential i form av installation på markytor. Bland annat på Brodepån, Vällingbydepån, Rissnedepån och den kommande Molnbydepån har detta pekats ut som en möjlighet.

Även om större delen av den el som förbrukas i trafikförvaltningens fastigheter är förnybar är en fördel med att installera solceller att det frigörs förnybar el som andra aktörer kan använda istället. På så sätt bidrar en solcellsinstallation med en positiv miljönytta i samhället i stort, även om det inte specifikt är trafikförvaltningens egna utsläpp som minskar. Om solcellerna ersätter den del av trafikförvaltningens elförbrukning som inte är förnybar kan även trafikförvaltningens klimatpåverkan minska. Ytterligare en fördel med att installera solceller är att man minskar beroendet av andra aktörer och att man inte påverkas på samma sätt av elprisets utveckling.

[34] Trafikförvaltningens miljöredovisning 2018
[35] Utgör ett snitt för produktionen mellan år 2009-2016. Sedan ibruktagandet 2009 var produktionen 236 MWh.

3.2 Alternativ fastighetsnära förnybar energiproduktion

Uppvärmningen på depåerna sker i nuläget till största delen med fjärrvärme. Ett fåtal depåer, bland annat lokalbanedepån i Mörby, förses med värme från en oljepanna. Värmeförbrukningen går både till att täcka värmebehovet för depåernas fastigheter, samt för att värma fordonen på depån nattetid. Framförallt vad gäller uppvärmning av bussar, som på många depåer står utomhus på uppställningsramper, är energibehovet stort.

På de depåer som redan har en utbyggd infrastruktur för biogas (Charlottendal, Fredriksdal, Frihamnen och Gubbängen) finns krav i leveransavtalen på att biogasen i första hand ska användas för framdrift av fordon. Dessa avtal gäller fram till 2022-2026. Därefter är det upp till trafikutövarna att välja om de vill fortsätta köpa in biogas och nya biogasbussar. Annars är tanken att de befintliga biogasbussarna successivt ska bytas ut till elbussar i takt med att de uppnår slutet av deras livslängd. Det är svårt att säga om det kommer att bli någon biogas över att använda till andra ändamål än framdrift av fordon innan de nuvarande avtalen har löpt ut. Efter att avtalen löpt ut är det möjligt för trafikförvaltningen att fortsätta köpa in biogas för el- och värmeproduktion samt användning av gasinfra. Detta förutsätter dock att trafikutövarna inte väljer att fortsätta köra biogasbussar.

Mörby bergvärmeutredning

I nuläget sker uppvärmningen på Mörbydepån med två oljepannor med tillhörande varmvattenberedare. Det finns ingen möjlighet att ansluta depån till Norrenergis fjärrvärmenät utan omfattande åtgärder. Därför har en utredning om alternativa uppvärmningsmöjligheter utförts. Det årliga energibehovet för uppvärmning är ungefär 870 MWh. Detta motsvarar en förbrukning av eldningsolja på 102,5 m^3/år. Med varmvattenförbrukningen inräknad blir energibehovet ungefär 940 MWh/år.[36]

Tilläggsvärmare på bussramper

De bussramper som finns installerade har en effekt på ungefär 10 kW och en årlig energiförbrukning på omkring 14 MWh per rampplats. I dagsläget sker på de flesta bussramper ingen styrning av när värmen ska vara på, utan den står på hela tiden som bussen är inne på rampen, oavsett hur lång tid det är kvar tills bussen ska användas. Detta gör att stora mängder energi förbrukas helt i onödan. Kravet är att bussen ska ha en temperatur på 10°C när det är dags för föraren att hämta ut bussen.

[36] Bergvärmeutredning Mörby depå, PH Projektpartner (2019)

4 Utredning av inriktningar eller lösningar

4.1 Beskrivning av studerade inriktningar eller lösningar

4.1.1 Solceller

En sammanställning av resultatet från de utredningar som gjorts av Eneo Solutions, Solkompaniet och ÅF visas i tabell 5. Även resultatet från en separat utredning genomförd av Nobina för Kallhälls bussdepå presenteras i tabellen. För att bedöma den ekonomiska lönsamheten har livscykelkostnaden per producerad kWh beräknats i form av *Levelized Cost of Electricity* (LCOE). De viktigaste antagandena i beräkningarna presenteras i tabell 4.

Tabell 4. Sammanställning över antaganden i de ekonomiska beräkningarna.

Parameter	Värde
Kalkylränta	3,9 %
Investeringsstöd	20 %, maximalt 1,2 Mkr
Pris köpt el	1,1 kr/kWh
Pris elcertifikat	0,05 kr/kWh
Anläggningens livslängd	30 år
Restvärde efter 30 år	0 kr[37]
Antal år med elcertifikat	15 år
Genomsnittlig kvotplikt	27,5 %
Växelriktarens livslängd	15 år
Årlig degradering	0,2 %
Investeringskostnad solceller	Enligt bilaga 2
Investeringskostnad utöver solceller	125 480 kr/anläggning[38]
Fast underhållskostnad	6 050 kr/anläggning[38]
Rörlig underhållskostnad	90 kr/kW

Den beräknade CO_2-besparingen är baserad på emissionsfaktorer enligt Naturvårdsverkets vägledning för ansökan till Klimatklivet vad gäller den nordiska elmixens klimatpåverkan, samt underlag från beräkningarna till trafikförvaltningens årliga miljörapportering för solel. Det innebär utsläpp på

[37] Eventuellt kan solcellerna producera el en längre tid än så, men intäkter av detta antas i så fall motsvara kostnaden för demontering av anläggningen.
[38] Utifrån kostnader för hantering av risker i bilaga 4 och vid installation av 15 anläggningar.

45 g CO_2/kWh för solceller ur ett livscykelperspektiv, samt 125 g CO_2/kWh för den nordiska elmixen.[39] Detta resulterar i en CO_2-besparing på 80 g CO_2/kWh.

Om trafikförvaltningen installerar solceller på samtliga undersökta anläggningar skulle det vara möjligt att installera 3 480 kW med en årlig elproduktion på 3 160 MWh. Detta motsvarar ungefär 2,2 % av elförbrukningen inom trafikförvaltningens fastigheter. Investeringskostnaden uppgår för de 15 anläggningarna till 32,8 Mkr, eller i snitt 2,2 Mkr per anläggning. Kostnaden inkluderar material och installation av solcellsanläggning samt kostnader för projektledning, upphandling, bygglov, besiktning och etablering av rutiner för drift och förvaltning av solcellsanläggningarna. LCOE-kostnaden för de olika anläggningarna varierar mellan 0,69 och 1,23 kr/kWh, med ett snitt på 0,82 kr/kWh. Återbetalningstid är i snitt 17 år, med ett lägsta värde på 12 år. För två av depåerna, Botkyrka och Kallhäll, uppnås inte ekonomisk lönsamhet under solcellernas ekonomiska livslängd. Samtliga anläggningar förutom Botkyrka, Fredriksdal och Kallhäll skulle vara ekonomiskt lönsamma även utan investeringsstöd. En CO_2-besparing på i snitt 17 ton/år eller 101 g per investerad krona skulle kunna får per anläggning, medan den totala CO_2-besparingen om solceller installeras på samtliga undersökta anläggningar uppgår till 253 ton/år. Totalt under solcellernas livslängd motsvarar detta 7 600 ton CO_2.

[39] Naturvårdsverket, *Vägledning i Klimatklivet – Beräkna utsläppsminskning*

Tabell 5. Resultat av solcellsutredning på de studerade depåerna, förutsatt att investeringsstöd om 20 % erhålls.

Depå	Effekt [kW]	El-produktion [MWh/år]	Investerings-kostnad [tkr]	LCOE [kr/kWh] [40]	Återbetalnings-tid [år]	CO_2-besparing per investerad kr [g/kr] [41]	Total CO_2-besparing [ton/år]
Befintliga depåer							
Bro	255	229	2 470	0,80	16	100	18,3
Charlottendal	236	227	2 490	0,80	16	100	18,3
Fredriksdal	188	163	2 220	0,98	23	82	13,0
Hammarby	255	249	2 680	0,78	16	103	19,9
Kallhäll[42]	62,5	50	920	1,35	>30	59	4,0
Nyboda	255	233	2 060	0,68	12	118	18,6
Södertälje	255	235	2 170	0,70	12	114	18,8
Ulvsunda	255	226	2 730	0,77	14	104	18,1
Vällingby	255	228	2 060	0,70	12	114	18,2
Befintliga depåer med planerad om-/nybyggnation							
Botkyrka	68	57	810	1,11	30	72	4,6
Högdalen	255	231	2 060	0,69	12	116	18,5
Rissne	255	232	2 170	0,71	12	113	18,6
Älvsjö	253	238	2 150	0,69	12	116	19,0
Kommande depåer							
Enlunda	255	249	2 470	0,74	13	108	19,9
Molnby	373	312	3 320	0,79	16	101	25,0
Total	**3 476**	**3 159**	**32 780**	**0,82**	**16**	**101**	**253**

Takkvalité och bärighet

Tabell 6 visar en sammanställning över resultatet av den undersökta takkvalitén och bärigheten på de depåer som ingått i studien. På de befintliga depåerna bedöms takkvalitén vara tillräcklig på 5 depåer, och bärigheten på 3 depåer. På ett antal depåer har bärigheten inte kunnat bedömas på grund av att tillräckligt underlag saknats. Av de befintliga depåerna bedöms solceller kunna installeras utan vidare utredningar eller åtgärder på Charlottendals bussdepå, samt troligtvis även på Fredriksdals bussdepå och Ulvsundadepån, med reservation för att viss dokumentation saknas.

[40] Gäller om solceller installeras på 15 depåer. Kostnaden blir lägre ju fler anläggningar som installeras på grund av fasta kostnader som inte beror på antalet anläggningar.
[41] Utifrån en antagen livslängd på installationerna på 30 år, och installationernas livscykelkostnader.
[42] Utifrån utredning genomförd av Nobina.

Tabell 6. Sammanställning av takkvalité och bärighet på depåerna.[43]

Depå	Takkvalité	Bärighet
Befintliga depåer		
Bro	Större skador på uppställningshallens takduk, behöver läggas om. Övriga takytor okej, solceller kan installeras.	Har ej kunnat bedömas, relevanta ritningar saknas.
Charlottendal	Återstående brukstid ca 35 år.	Tillräcklig bärighet.
Fredriksdal	Går ej att bedöma, men utifrån att anläggningen endast är 2 år bedöms den lämplig att installera solceller på.	Tillräcklig bärighet förutom för verkstadsbyggnader hus 03 och 07 där underlag saknas för bedömning.
Hammarby	Solceller kan installeras utan åtgärder.	Har ej kunnat bedömas, relevanta ritningar saknas.
Nyboda	Skador i takduk behöver repareras. Kostnad 475-950 tkr (för 1 900 m²).	Har ej kunnat bedömas, relevanta ritningar saknas.
Södertälje	Reparationer och omläggning krävs, ev. garantiärende. Uppskattad kostnad 100 tkr (för 200 m²).	Har ej kunnat bedömas, relevanta ritningar saknas.
Ulvsunda	Återstående brukstid ca 35 år, med reservation för att viss dokumentation kring utförandet inte gått att hitta.	Tillräcklig bärighet, med reservation för att viss dokumentation kring utförandet inte gått att hitta.
Vällingby	Yttertak behöver läggas om och breddavlopp installeras.	Har ej kunnat bedömas, relevanta ritningar saknas.
Befintliga depåer med planerad om-/nybyggnation		
Botkyrka	Nybyggnation tvätthall – antas vara tillräckligt bra kvalité och bärighet.	
Högdalen	Tätskiktets livslängd uppnådd, behöver läggas om. Uppskattad kostnad 350 tkr (för 700 m²).	Uppställningshallen bör ha tillräcklig bärighet, medan verkstadshallen inte klarar belastning från solceller.
Rissne	Skador i takduk behöver repareras. Uppskattad kostnad 75 tkr (för 300 m²).	Delar av taket bedöms ha tillräcklig bärighet, andra delar behöver förstärkas.
Älvsjö	Ombyggnation – takkvalité och bärighet har inte undersökts. Enligt projektledare för ombyggnation kan det vara möjligt att inom projektet förstärka taket för att solceller ska kunna installeras i framtiden.	
Kommande depåer		
Enlunda	Nybyggnation – antas vara tillräckligt bra kvalité och bärighet.	
Molnby	Nybyggnation – antas vara tillräckligt bra kvalité och bärighet.	

[43] För fullständiga bedömningar och beräkningar hänvisas till utredning av konstruktör och takspecialister på ÅF samt W-con Tak och Fasadkonsult.

Ägande i intern eller extern regi

Det finns två huvudsakliga alternativ för ägande av solceller; att trafikförvaltningen själva äger dem, eller att man låter en annan aktör äga anläggningen, vanligtvis genom ett så kallat *Power Purchase Agreement* (PPA). Att själv äga solcellsanläggningen är den vanligaste lösningen i Sverige i nuläget, medan PPA är vanligare internationellt sett.

Att äga solcellerna i intern regi innebär att trafikförvaltningen har ett helhetsansvar för anläggningarna. Alltifrån den initiala investeringen till drift, underhåll samt lagefterlevnad och rapportering till myndigheter. Drift och underhåll kan antingen upphandlas som en tjänst av exempelvis en solcellsleverantör, eller så skulle det kunna ingå som en del i trafikutövarnas ansvar på depåerna. Vid ägande i intern regi behöver tid och resurser avsättas för rapportering till myndigheter, t.ex. vad gäller ansökan om elcertifikat och ursprungsgarantier, försäljning av elcertifikat och eventuell överskottsel samt rapportering av energiskatt.

Ägande i extern regi i form av PPA innebär att trafikförvaltningen låter en tredje part, vanligtvis en solcellsleverantör, äga solcellsanläggningarna på SL:s fastigheter, medan trafikförvaltningen i sin tur förbinder sig till att köpa den el som solcellerna producerar. Leverantören ansvarar för installation, drift och underhåll, inklusive lagefterlevnad och rapportering till myndigheter. Trafikförvaltningens personal kan dock komma att behöva delta vid återkommande möten för avstämning, rapportering och uppföljning, även om det är leverantören som har det övergripande ansvaret. Betalning sker genom att trafikförvaltningen betalar ett förbestämt pris per kWh på den el som solcellerna producerar. I slutändan kan ägande i extern regi bli både mer eller mindre lönsamt än ett internt ägande, men med fördelen att man från början vet vad lösningen kommer att kosta. Däremot kan det finnas orsaker till att ändra priset per kWh i ett PPA-kontrakt, t.ex. om bygg- och driftkostnaderna blir högre än väntat eller om nya lagar ändrar förutsättningarna för att producera egen el. Villkor för detta regleras i avtal med leverantören. Exempel på en offentlig aktör som har valt att upphandla solceller som ett PPA är Järfälla kommun.[44] Figur 2 nedan visar en sammanställning över för- och nackdelarna med de olika ägandeformerna.

---

[44] https://www.upphandlingsmyndigheten.se/hallbarhet/stall-hallbarhetskrav/framgangsfaktorer/solel-som-tjanst/?utm_campaign=nyhetsbrev_190131&utm_content=unspecified&utm_medium=email&utm_source=apsis

Intern regi	Extern regi
Fördelar: + Trafikförvaltningen har full rådighet över anläggningarna + Trafikförvaltningen behöver inte blanda in ytterligare en aktör i det operativa arbetet	Fördelar: + Ingen grundinvestering krävs, betalas löpande per kWh + Förutsägbart med ett förbestämt elpris + Lägre risk när någon annan har ansvar för anläggningarna
Nackdelar: – Stor investeringskostnad – Större risk att anläggningarna inte sköts optimalt – Mer tidskrävande	Nackdelar: – Ytterligare en aktör behöver tillgång till SL:s fastigheter – Man låser sig till en annan aktör under en lång period

Figur 2. Fördelar och nackdelar med ägande i intern och extern regi.

Solkompaniets bedömning är att det bästa och mest kostnadseffektiva alternativet är att trafikförvaltningen själva äger solcellsanläggningarna, och att PPA främst är intressant för fastighetsägare som inte har möjlighet att frigöra kapital för att betala investeringskostnaden. Den trygghet som ett PPA-kontrakt innebär finns det även möjlighet att uppnås genom ett serviceavtal och eventuell produktionsgaranti. Eneo Solutions menar å andra sidan att kostnaden för de olika ägandeformerna är ungefär densamma, och att valet istället bör baseras på kvalitativa termer i form av t.ex. trafikförvaltningens strategier och riktlinjer. Enligt Eneo Solutions tolkning talar trafikförvaltningens affärsstrategi för att solceller upphandlas med PPA-kontrakt, och man framhäver även att ett PPA-kontrakt minskar riskerna med solceller för trafikförvaltningens del.

Några av de affärsprinciper som skulle kunna påverka valet av ägandeform är:

2. ”Trafikförvaltningen ska utveckla affärerna i syfte att skapa intäkter till verksamheten”
4. ”Trafikförvaltningen ska ge ett ökat ansvar till leverantören i de fall det är marknadsmässigt möjligt och det leder till att Trafikförvaltningens mål långsiktigt uppnås”
5. ”Trafikförvaltningen ska skapa drivkrafter hos leverantören genom ersättningsmodeller som styr mot Trafikförvaltningens mål”
6. ”Trafikförvaltningen ska eftersträva rådighet över strategiskt viktiga tillgångar”

7. ”Trafikförvaltningen ska fördela risker i varje specifik affär på den part som bäst kan förutse, förebygga och hantera risken, i syfte att minimera kostnader”
8. ”Trafikförvaltningen ska eftersträva en ökad grad av funktionsinriktad kravställning, utifrån trafikförvaltningens behov och leverantörsmarknadens kapacitet och förmåga”

Affärsprinciperna skulle kunna tala för att ett PPA-kontrakt är en bra lösning i och med att man då ger ett ökat ansvar till leverantören, man ger incitament till leverantören att skapa goda förutsättningar för att maximera produktionen genom att betalningen sker per producerad kWh, och man överlåter en stor del av riskerna med solceller på leverantören som i sin tur har en god kompetens och erfarenhet av att hantera dessa risker. Det som eventuellt skulle kunna tala emot PPA är affärsprincip 6 genom att depåerna inom trafikförvaltningens verksamhet utgör strategiskt viktiga tillgångar, och att solcellerna skulle bli en del av dessa. Däremot skulle trafikförvaltningen fortfarande kunna anses ha rådighet över anläggningarna, och möjlighet att köpa loss solcellerna vid behov. Även affärsprincip 2 skulle delvis kunna tala emot ett PPA-kontrakt genom att man riskerar att intäkterna blir lägre över solcellernas livslängd i och med att priset per kWh är förutbestämt. Å andra sidan är risken att ett internt ägande leder till högre kostnader om anläggningarna inte sköts på rätt sätt. Affärsprinciperna kan dock efterlevas vid internt ägande genom att ha ett serviceavtal med krav på hur mycket solcellerna ska producera eller genom ytterligare kravställning på trafikutövarna på depåerna. Ytterligare en aspekt är att solceller och elproduktion inte utgör en del av trafikförvaltningens kärnverksamhet. Därför behöver trafikförvaltningen ta ställning till om man ska äga och förvalta ett stort antal solcellsanläggningar, eller om man ska överlåta det till en extern part. Antingen genom ett PPA-kontrakt eller ett serviceavtal.

Vad gäller utformning av budget så beror det på vilket av alternativen för ägande Trafikförvaltningen väljer. Om Trafikförvaltningen äger solcellsanläggningarna i intern regi skulle man kunna tänka sig att det inom Trafikförvaltningen finns en central budget som projekt kan ansöka om finansiering ifrån för att utreda förutsättningarna för att installera solceller och för genomförande av en sådan installation. Ett annat alternativ skulle kunna vara att trafiknämnden fattar ett beslut om att man inom trafikförvaltningens projektverksamhet ska investera i solceller, och att projekten själva får ansöka om en budget för det. Om Trafikförvaltningen istället väljer att låta en tredje part äga anläggningarna genom ett PPA kontrakt finns inte samma behov av en budget för att investera i solceller, i och med att man i så fall slipper stora investeringskostnader. Istället kan det hända ett kostnaderna för elförbrukning

blir högre de närmaste åren, medan de i ett senare skede av solcellernas livslängd kan förväntas vara lägre än motsvarande kostnad för att köpa el från elnätet.

4.1.2 *Alternativ fastighetsnära förnybar energiproduktion*

I kommande avsnitt presenteras resultatet från utredning om gaslösningar på depå i form av gasinfra samt el- och värmeproduktion med gasmotor. Även resultatet från Mörby bergvärmeutredning och utredning om tilläggsvärmare vid bussramper presenters. Tabell 7 visar en sammanställning från Stockholm Gas över vilka depåer som är möjliga att ansluta till Gasnätet Stockholms gasnät. Utöver depåerna nedan finns redan en utbyggd infrastruktur för gas på Charlottendal, Fredriksdal, Frihamnen och Gubbängens bussdepåer.

Tabell 7. Depåer och stationer med möjlig anslutning till Gasnätet Stockholms gasnät.

Trafikslag	Enkla anslutningar	Svåra anslutningar
Buss	Hornsberg Lunda Nyboda Råsta Tomteboda	Enlunda Täby
Pendeltåg (depå)	Älvsjö	
Pendeltåg (station)	Solna Sundbyberg Årstaberg Älvsjö	
Tunnelbana (depå)	Högdalen Nyboda Vällingby	
Tunnelbana (station)	Alvik Blackeberg Hammarbyhöjden Hökarängen Islandstorget Kristineberg Rågsved Skärmarbrink Ängbyplan	Abrahamsberg Bandhagen Brommaplan Blåsut Gullmarsplan Högdalen Sockenplan Råcksta Skogskyrkogården Stora Mossen Thorildsplan Vällingby Åkeshov

Infravärme med gas

En detaljerad utredning av infravärme har gjorts på Alviks tunnelbanestations västra entré och Charlottendals bussdepå. Alvik ligger bra till för att kunna anslutas till Gasnätet Stockholmsgasnät, och Charlottendal har redan en förbindelse till gasnätet.

Vid Alviks tunnelbanestation finns det tre ingångar vid den västra entrén till stationen där infravärmare skulle kunna användas. Infravärmarna skulle i så fall kunna ersätta värmen i de befintliga luftridåerna vid stationens in-/utgångar som startar när dörrarna öppnas. Idag innebär det att resenärer tenderar att ställa sig under ridåerna med resultatet att dörrarna står öppna för länge och för ofta. En fördel med infravärmare är att vänthallen kan värmas upp oavsett om dörrarna är öppna eller stängda utan att det blir alltför stora värmeförluster. Dessutom kan man rikta värmen så att resenärerna ställer sig där det blir varmt utan att dörrar öppnas. Luftridåerna föreslås dock vara kvar för att minimera värmeförluster från stationen, men värmen i ridåerna kan stängas av. Det är svårt att uppskatta energiförbrukningen med gasinfra jämfört med ridåvärmare, eftersom det beror på hur genomströmningen av resenärer ser ut under dagen och därmed hur stor del av tiden gasinfran behöver vara på. För att ta reda på det bör en testinstallation göras och energiförbrukningen jämföras mot den nuvarande. Enligt det förslag som Stockholm Gas och Gasvärmesystem tagit fram föreslås för den nordliga tunnelbaneuppgången i den västra entrén en installation av två stycken infravärmare med en effekt på 13,5 kW och med möjlighet att låta systemet varva ned till 4,05 kW utifrån det aktuella behovet. Systemet kan styras utifrån temperatur eller tid, alternativt en kombination av båda. En uppskattning av kostnader för installation av gasinfra på Alviks tunnelbanestation visas i tabell 8.

Tabell 8. Uppskattade kostnader för installation av gasinfra på Alviks tunnelbanestation.

	Kostnader [kr]
Gasinstallation exkl. el och håltagning	83 000
Infravärmare	52 000
Total investeringskostnad	**135 000**
Årliga underhållskostnader	2 000
Fast avgift till gasnätet per år	6 000
Rörligt gaspris per timme	4-13,5

Resultatet för Charlottendals bussdepå visar att ett system med gasinfra skulle kunna minska energiförbrukningen för uppvärmning på depån med 11,3-17,2 % beroende på vilken inomhustemperatur man väljer att ha, se tabell 9. Vad gäller klimatpåverkan i form av koldioxidutsläpp är dock gasinfra baserad på biogas ett sämre alternativ än fjärrvärme för Charlottendals bussdepå. En osäkerhet gällande lösningens spridbarhet är att CO_2-besparingen varierar mycket beroende på vilket företag som levererar fjärrvärmen. Det är därför viktigt att miljönyttan undersöks från fall till fall. För fjärrvärmen har utsläpp på 11 kg CO_2/MWh använts i beräkningarna, baserat på statistik från Energiföretagen.[45] På depåer där Stockholm Exergi levererar fjärrvärmen är utsläpp istället 82 kg CO_2/MWh, vilket i det fallet ger en CO_2-besparing på 12 ton/år, och gör gasinfra till ett bättre alternativ ur klimatsynpunkt. Ytterligare en aspekt är att fjärrvärmens klimatpåverkan troligtvis kommer att minska i framtiden för samtliga leverantörer i takt med att den fossila inblandningen fasas ut.

Tabell 9. Jämförelse av energiförbrukning och CO_2 besparing mellan dagens fjärrvärmesystem och uppvärmning med gasinfra på Charlottendals bussdepå.

	Fjärrvärme	Gasinfra med 17°C innetemp	Gasinfra med 15°C innetemp
Energiförbrukning [MWh/år]	379[46]	336	314
Energislag	Fjärrvärme	Biogas	Biogas
Utsläpp [kg CO2/MWh]	11	46	46
Årlig CO_2-besparing [ton/år][47]	-	– 11,3	– 10,3
CO_2-besparing per investerad kr [g/kr][48]	-	– 28	– 26

En livscykelkostnadsanalys för installation av gasinfra på Charlottendals bussdepå visar att det inte skulle vara ekonomiskt lönsamt med en sådan

[45] Anläggning Gustavsberg, Vattenfall Värme AB: https://www.energiforetagen.se/statistik/fjarrvarmestatistik/miljovardering-av-fjarrvarme/
[46] Uppskattad förbrukning för de delar av verkstadsbyggnaden där gasinfra föreslås placeras.
[47] Utifrån Stockholm Exergis fjärrvärmemix 2017 och emissionsfaktorer enligt Trafikförvaltningens miljöredovisning 2018.
[48] Utifrån en antagen livslängd på installationerna på 20 år, och utifrån installationernas livscykelkostnader.

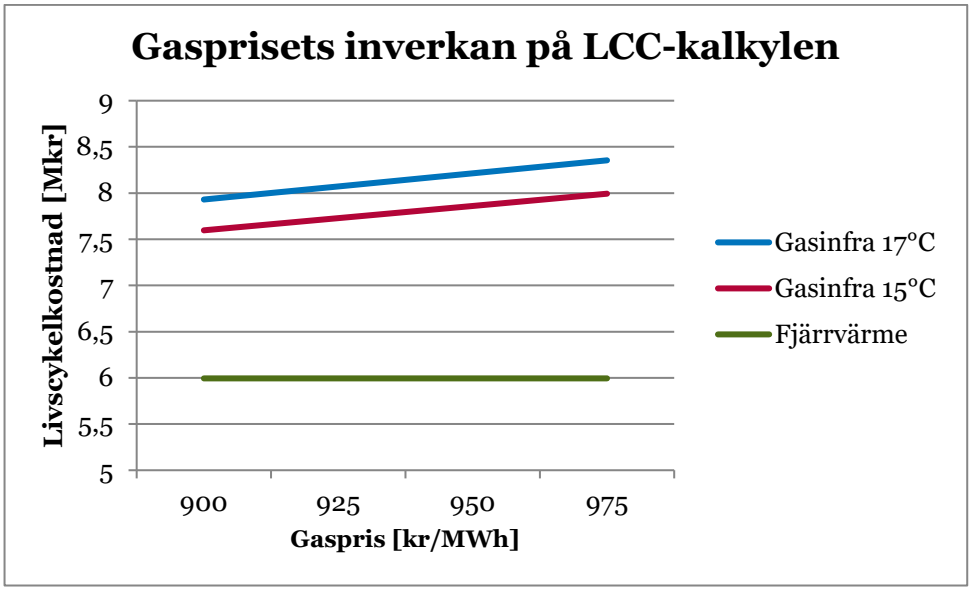
installation. Detta beror framförallt på att bussdepån är relativt nybyggd med ett välisolerat klimatskal, vilket innebär att energibesparingen inte blir lika hög som på en depå med ett sämre klimatskal, och utan behov av att byta ut det befintliga uppvärmningssystemet. Alternativkostnaden för investeringen är därmed noll för att behålla det befintliga uppvärmningssystemet, jämfört med en betydande kostnad för nyinvestering i gasinfra. Den årliga energikostnaden är något lägre med gasinfra baserad på biogas än med fjärrvärme, men inte tillräcklig för att investeringen ska återbetalas. Resultatet presenteras i tabell 10.

Tabell 10. Livscykelkostnader för uppvärmning med gasinfra jämfört med dagens fjärrvärmesystem på Charlottendals bussdepå.

	Fjärrvärme	Gasinfra med 17°C innetemp	Gasinfra med 15°C innetemp
Investeringskostnad [tkr]	0	2 250	2 250
Energislag	Fjärrvärme	Biogas	Biogas
Energikostnad [kr/MWh]	950	938[49]	938[49]
Årlig energikostnad [tkr]	360	328	306
Årlig underhållskostnad [tkr]	13	35	35
Livscykelkostnad [tkr]	**5 994**	**8 142**	**7 795**

Figur 3 visar hur livscykelkostnaden varierar med gaspriset. För att gasinfra ska vara ekonomiskt lönsam på Charlottendals bussdepå där det redan finns ett relativt nytt uppvärmningssystem baserat på fjärrvärme installerat och ett nytt och välisolerat klimatskal skulle det krävas att priset på gas minskar till 550-590 kr/MWh, vilket inte är ett troligt scenario. På en depå som däremot har ett sämre klimatskal och/eller behov av att byta ut värmesystemet kan gasinfra vara ett alternativ med möjlighet till både energi- och kostnadsbesparingar.

[49] Medelvärde av 900-975 kr/MWh enligt uppgifter från Stockholm gas



Figur 3. Känslighetsanalys som visar hur gaspriset påverkar LCC-kalkylen.

En mindre omfattande uppskattning av energiförbrukning med infravärmare har även gjorts på Hornsbergs bussdepå. Effektbehovet är beräknat utifrån en utomhustemperatur på -16°C och en inomhustemperatur på 5°C, samt med förutsättningen att temperaturen i bussarna ska höjas till 10°C under den sista timmen innan bussarna lämnar depån. Detta ger ett behov av en installerad effekt på 1 888 kW, samt en drifteffekt på 400 kW. Den uppskattade energiförbrukningen blir då 98-225 MWh/år. Den lägre energiförbrukningen gäller om fokus är på att värma upp bussarna till 10°C till dess att de ska användas, medan den högre energiförbrukningen även inkluderar uppvärmning av lokalen. För att maximera energibesparingen kan anläggningen delas in i zoner för att kunna värma enbart de områden som används för tillfället. Det är även möjligt att utnyttja värmen i avgaserna från gasinfran i ventilationens värmeåtervinningssystem. Detta är dock inte inkluderat i den beräknade energiförbrukningen.

Ytterligare en möjlig applikation för infravärmare är vid avisning av tåg. Med infravärmare på sidan om och under tågen möjliggör detta en snabb avisning på omkring 20 minuter.[50] Det finns ett flertal exempel där denna typ av system installerats, bland annat i Tyskland, Ryssland, USA, Estland och Ukraina.[51] Det främsta användningsområdet som lyfts fram i produktblad är att kunna lasta av

[50] https://www.gogas.com/sites/default/files/downloads/railcar_defrosting_installation.pdf
[51] Lista på referensprojekt hos GoGas tillhandahållen av Stockholm Gas.

t.ex. kol som frusit fast i godsvagnarna, men det är möjligt att metoden även skulle kunna användas för avisning av tåg inom SL. I så fall krävs dock att metoden testas eftersom metoden inte har använts för passagerartåg tidigare, åtminstone inte hos GoGas som trafikförvaltningen haft kontakt med under projektet.

Gasmotor/gasturbin för el- och värmeproduktion
Resultatet från den nya simuleringen med uppdaterade antaganden visar att den ekonomiska lönsamheten med en gasmotor är högre än med en gasturbin. Kostnadsbesparingen är störst för elproduktionen, medan värme nästan i samtliga fall är billigare att köpa från nätet. Viktigt för den ekonomiska lönsamheten är att i så stor utsträckning som möjligt producera el- och värme med gasmotorn när alternativkostnaden för att köpa el- och värme från nätet är som högst. Resultatet av den aktuella simuleringen och dess antaganden visar att inte heller en gasmotor skulle vara en lönsam investering i dagsläget. För att investeringen ska vara ekonomiskt lönsam skulle det krävas att gasmotorns verkningsgrad ökar alternativt att priset på biogas sjunker med ungefär 20 % till 5,5 kr/Nm^2 från det antagna 7 kr/Nm^2, vilket är ett osannolikt scenario. Ett sätt att öka verkningsgraden skulle kunna vara att använda rökgaskondensering för att nyttja värmen i avgaserna, samt användning av en så kallad organisk rankinecykel (ORC) för att öka verkningsgraden för el.

Vad gäller driftfallet med 100 % elbussar på Fredriksdals bussdepå kan man inte heller där få någon kostnadsbesparing jämfört med det befintliga systemet. Det är inte heller rimligt att anpassa storleken på gasmotorn utifrån det ökade elbehovet eftersom detta skulle resultera i ett överskott av värme som det inte finns något behov av. Som det ser ut just nu går det inte heller att få tillräckligt med ersättning för överskottsvärme för att ekonomisk lönsamhet ska kunna uppnås.

En ekonomisk kalkyl och beräkning av CO_2-besparing har genomförts för det driftfall på för Fredriksdals bussdepå som påvisat bäst ekonomisk lönsamhet. Resultatet presenteras i tabell 11 och 12, och visar att ekonomisk lönsamhet inte skulle uppnås utifrån de antaganden som gjorts, men att en CO_2-besparing på 14 g per investerad kr och 78 ton/år skulle kunna uppnås. Energiförbrukningen blir däremot högre vid el- och värmeproduktion med gasmotor jämfört med att köpa el och fjärrvärme från nätet.

Tabell 11. Jämförelse av energiförbrukning och CO_2-besparing för fjärrvärme och el från elnätet jämfört med användning av gasmotor på Fredriksdals bussdepå.

	Fjärrvärme/el från elnät	Gasmotor med biogas[52]
Energiförbrukning [MWh/år]	6 327	6 786
Energislag värmeförbrukning	Fjärrvärme	Biogas/fjärrvärme
Utsläpp värme [kg CO2/MWh]	82	46/82
Energislag elförbrukning	El	Biogas/el
Utsläpp el [kg CO2/MWh]	125	46/125
Årlig CO_2-besparing [ton/år][53]	-	78
CO_2-besparing per investerad kr [g/kr][54]	-	14

Tabell 12. Ekonomisk jämförelse av undersökta metoder för uppvärmning och eltillförsel på Fredriksdals bussdepå.

	Fjärrvärme/el från elnät	Gasmotor med biogas[55]
Investeringskostnad [tkr]	0	2 103
Energislag värmeförbrukning	Fjärrvärme	Biogas/fjärrvärme
Energikostnad värme [kr/MWh]	950	938/950
Energislag elförbrukning	El	Biogas/el
Energikostnad el [kr/MWh]	1000	938/1000
Årlig energikostnad [tkr]	6 146	6 514
Årlig underhållskostnad [tkr]	40	43
Livscykelkostnad [tkr]	**101 714**	**109 919**

[52] Vid användning av gasmotor för el- och värmeproduktion täcker gasmotorn endast en del av el- och värmebehovet. Resterande behov förses av el- och fjärrvärmenäten.
[53] Utifrån Stockholm Exergis fjärrvärmemix 2017 och emissionsfaktorer enligt Trafikförvaltningens miljöredovisning 2018.
[54] Utifrån en antagen livslängd på installationerna på 20 år, och utifrån installationernas livscykelkostnader.
[55] Vid användning av gasmotor för el- och värmeproduktion täcker gasmotorn endast en del av el- och värmebehovet. Resterande behov förses av el- och fjärrvärmenäten.

En anledning till att installera gasmotorer för el- och värmeproduktion på SL:s depåer även om det inte finns någon ekonomisk lönsamhet i dagsläget i en sådan installation är om kostnaderna för effekt skulle öka i framtiden, eller att använda som reserv om el- och fjärrvärmenäten inte skulle kunna leverera som vanligt, och/eller helt slås ut i perioder, t.ex. på grund av kapacitetsbrist, väderrelaterade händelser eller attacker mot elnätet. Med en större andel elbussar ökar beroendet av en tillförlitlig elförsörjning, vilket skulle kunna tala för att ha tillgång till någon form av reservkraft.

Mörby bergvärmeutredning
I utredningen av PH Projektpartner har tre uppvärmningsmetoder undersökts; ombyggnad av befintliga oljepannor för att klara biodiesel i form av HVO, anslutning till Norrenergis fjärrvärmenät samt installation av en bergvärmeanläggning bestående av 28 borrhål med tillhörande värmepumpar.

För beräkning av CO_2 besparing har de emissionsfaktorer enligt Naturvårdsverket för beräkningar vid ansökning till Klimatklivet legat till grund.[56] Detta innebär för scenariot att ingen förändring görs, det vill säga vid fortsatt eldning med fossil olja, utsläpp på 295 kg CO_2/MWh. Utifrån det årliga värmebehovet på 940 MWh/år, samt en verkningsgrad på 85 % fås en oljeförbrukning på 1 110 MWh/år, vilket motsvarar utsläpp av 326 ton CO_2/år. Per investerad krona ger bergvärme den högsta CO_2-besparingen, medan både fjärrvärme och biodiesel ger en högre årlig CO_2-besparing, enligt tabell 13.

Tabell 13. CO_2-besparing jämfört med dagens oljepannor.

	Biodiesel exkl. kylbehov	**Fjärrvärme exkl. kylbehov**	**Bergvärme med frikyla**
Energiförbrukning [MWh/år]	1 025	870	337
Energislag	Biodiesel	Fjärrvärme	El (nordisk elmix)
Utsläpp [kg CO_2/MWh]	40	4	125
Årlig CO_2-besparing [ton/år]	285	323	216
CO_2-besparing per investerad kr [g/kr][57]	127	291	456

[56] Naturvårdsverket, *Vägledning i Klimatklivet – Beräkna utsläppsminskning*
[57] Utifrån en antagen livslängd på installationerna på 20 år, och utifrån installationernas livscykelkostnader.

De ekonomiska beräkningarna som presenteras i tabell 14 visar att av dessa alternativ är installation av en bergvärmeanläggning det avsevärt billigaste alternativet sett ur ett livscykelperspektiv. Detta som en följd att den årliga energiförbrukningen, och därmed även energikostnaden, är lägst med bergvärme.

Tabell 14. Ekonomisk jämförelse av undersökta metoder för uppvärmning på Mörbydepån.

	Biodiesel exkl. kylbehov	**Fjärrvärme exkl. kylbehov**	**Bergvärme med frikyla**
Investeringskostnad [tkr]	900	6 500	5 820
Energislag	Biodiesel	Fjärrvärme	El
Energikostnad [kr/MWh]	1 800	950	1 000
Årlig energikostnad [tkr]	1 845	827	337
Årlig underhållskostnad [tkr]	110	30	60
Livscykelkostnad [tkr]	**44 893**	**22 164**	**12 471**

Tilläggsvärmare på bussramper

Två huvudsakliga alternativ för att minska energiförbrukningen på bussramper har undersökts. Dels möjligheten att optimera energiförbrukningen, dels att ersätta rampvärmen med bussens egen värmare. Båda alternativen kan användas även med en större andel elbussar på depåerna.

Om rampvärmesystemet hade varit optimerat för att kunna värma bussen från -20°C till 5°C på två timmar, och att det fanns ett styrsystem som startar rampvärmen två timmar innan bussen hämtas av föraren, skulle energiförbrukningen per rampplats vara 2,2 MWh/år. Det innebär alltså att det finns en potential att minska energiförbrukningen för uppvärmning av bussar med ungefär 84 %. Räknar man med samma uppvärmningsbehov för alla ca 2 200 bussar inom SL-trafiken innebär det att det finns en potential att spara ungefär 26 GWh/år. Det motsvarar ungefär 10 % av den totala energiförbrukningen på trafikförvaltningens depåer.[58] Enligt den årliga miljörapporteringen de genomsnittliga CO_2-utsläppen för fjärrvärme på samtliga bussdepåer inom trafikförvaltningens verksamhet 43,7 g/kWh. Antaget

[58] Trafikförvaltningens miljöredovisning 2018

att bussramperna på samtliga depåer drivs av fjärrvärme och att energibesparingen är jämnt fördelad mellan depåerna skulle en energibesparing på 26 GWh/år innebära en besparing på 1 136 ton CO_2/år. För en mer exakt beräkning krävs dock en noggrannare genomgång av bussramper och nuvarande energikällor.

Det andra alternativet i form av att utnyttja bussarnas egna bränslevärmare, vilket de flesta bussar har, skulle innebära ungefär samma energibesparing som att optimera rampvärmesystemet. Bränslevärmarna har vanligtvis en effekt på omkring 23-30 kW jämfört med bussrampernas 10 kW. Detta innebär att uppvärmningen kommer att gå ännu snabbare än de två timmar som uppskattningsvis skulle krävas med ett optimerat bussrampssystem. Fördelarna med detta alternativ är att mindre underhåll kommer att krävas i och med att bussramperna tas ur drift samt att bussarna kan parkeras utan krav på specifika uppställningsplatser. Styrning av värmarna kan i vissa fall integreras i bussarnas så kallade *Fleet management system*.

4.2 Motivering till val av alternativ/lösningar för vidare studie

Enligt tabell 15 och 16 visar resultatet i form av CO_2-besparing, livscykelkostnader och återbetalningstid för de lösningar som undersökts. Resultatet visar att en installation av solceller skulle kunna bidra till att uppnå målen om 100 % förnybar energi i kollektivtrafikens fastigheter och minskade utsläpp av växthusgaser, samtidigt som att en sådan installation skulle vara ekonomiskt lönsam.

Tabell 15. Jämförelse av CO_2-besparing för de lösningar som undersökts.

	Nollscenario: CO_2-utsläpp [ton/år]	**CO_2-besparing per investerad kr [g/kr]**	**Total CO_2-besparing [ton/år]**
Solceller – samtliga 15 anläggningar	395	101	253
Solceller – snitt per anläggning	26	101	17
Gasinfra (Charlottendal)	4	– 27	– 11
Gasmotor (Fredriksdal)	635	14	78
Bergvärme (Mörby)	326	456	216

Tabell 16. Jämförelse av LCOE/LCC och återbetalningstid för de lösningar som undersökts.

	Nollscenario: LCOE [kr/kWh]	**LCOE [kr/kWh]**	**Återbetalnings-tid [år]**
Solceller – samtliga 15 anläggningar	1,1	0,82	16
Solceller – snitt per anläggning	1,1	0,82	16
	Nollscenario: LCC [tkr]	**LCC [tkr]**	**Återbetalnings-tid [år]**
Gasinfra (Charlottendal)	5 994	7 967[59]	>20
Gasmotor (Fredriksdal)	101 714	109 919	>20
Bergvärme (Mörby)	–[60]	12 471	3,5

Endast att byta ut oljepannan på Mörbydepån mot någon av de undersökta lösningarna ger en nästan lika stor eller större klimatnytta per år som att installera solceller på samtliga av de 15 depåer som undersökts. Sett till CO_2-besparing per investerad krona ger ett utbyte till bergvärme på Mörbydepån överlägset störst positiv klimatpåverkan, och skulle därmed bidra till att uppnå målet om minskade utsläpp av växthusgaser. Denna slutsats gäller dock för det specifika fallet på Mörbydepån där det nuvarande uppvärmningssystemet drivs av en oljepanna. Även livscykelkostnaden och återbetalningstiden blir lägst med bergvärme.

På Charlottendals bussdepå skulle en installation av gasinfra bidra till att minska energiförbrukningen på depån med 11-17 %. Däremot skulle en sådan installation leda till högre utsläpp av koldioxidekvivalenter jämfört med det befintliga systemet baserat på fjärrvärme. Detta beror på att den fjärrvärme som levereras till Charlottendals bussdepå redan har en relativt låg klimatpåverkan, samt att depån är relativt nybyggd och därmed har ett bättre klimatskal än många äldre depåer. Livscykelkostnaden med gasinfra skulle vara högre än att fortsätta använda fjärrvärme, vilket till stor del beror på att det nuvarande uppvärmningssystemet baserat på fjärrvärme redan finns och inte kräver någon investeringskostnad. Att gasinfra kan vara ett bra uppvärmningsalternativ som bidrar till att minskar energiförbrukningen, och samtidigt även är

[59] Snitt mellan 15 och 17°C inomhustemperatur.
[60] Att behålla oljepannan ingår inte som ett alternativ.

kostnadseffektivt och leder till en minskad klimatpåverkan, på andra depåer samt på stationer bör inte uteslutas, utan behöver utredas vidare.

Det nuvarande systemet med rampvärme på bussdepåer bör optimeras alternativt bytas ut mot att använda bussarnas egna bränslevärmare. Båda alternativen har potential att ge en likartad energibesparing på omkring 84 %, vilket motsvarar 26 GWh/år. Enbart denna åtgärd skulle därmed kunna bidra till att minska energiförbrukningen med 10 % i samtliga fastigheter kopplade till trafikförvaltningens verksamhet, vilket i hög grad skulle bidra till att uppnå målen om energieffektivisering. Det skulle även bidra till att uppfylla målet om minskade utsläpp av växthusgaser, med en uppskattad CO_2-besparing på 1 136 ton/år. Ingen kostnadsuppskattning för de båda alternativen har gjorts, utan detta bör undersökas vidare.

5 Konsekvensbedömning och riskanalys

5.1 Konsekvensbedömning

I följande avsnitt presenteras de konsekvenser som en investering i solceller och de studerade gaslösningarna skulle kunna medföra. Avsnittet tar bland annat upp konsekvenser i form av miljömässiga, sociala och ekonomiska konsekvenser, kommunikation och konsekvenser kopplade till val av internt eller externt ägande vad gäller solceller.

5.1.1 Solceller

Solceller har en möjlighet att bidra till en minskad klimatpåverkan och positiva kommunikativa värden, samtidigt som det bedöms vara ekonomiskt lönsamt. Störst risk för negativ påverkan på miljömässiga och sociala aspekter finns vid produktionen av solcellerna. Ytterligare en aspekt som tas upp är vilka konsekvenser ett internt och externt ägande skulle kunna medföra.

Miljömässiga och sociala konsekvenser

Solceller har störst negativ miljöpåverkan under produktionsfasen i form av material- och energiåtgång, medan de under användningsfasen har en försumbar påverkan. Miljöpåverkan kan beräknas genom energiåtervinningstid eller klimatpåverkan i form av utsläpp av CO_2-ekvivalenter. För solceller i Sverige är energiåterbetalningstiden omkring 2 år, medan klimatfotavtrycket i dagsläget är ungefär 20 kg CO_2 per producerad kWh. I den här studien har dock en högre siffra på 45 g CO_2/kWh använts eftersom trafikförvaltningen använder denna siffra i den årliga miljörapporteringen. I slutet av livscykeln är det möjligt att återvinna stora delar av innehållet i solcellsmodulerna, för kiselbaserade solceller är denna siffra 96 %. Alla tillverkare som är med i det internationella systemet PV Cycle åtar sig att samla in och återvinna solcellsmoduler.

Den vanligaste typen av solceller är kiselbaserade solcellsmoduler. Dessa består av bland annat kisel och aluminium, som är några av de vanligaste förekommande ämnena i jordskorpan. En annan typ av solceller är tunnfilmssolceller. Dessa innehåller en större andel farliga och mindre vanliga ämnen, till exempel kadmium som är giftigt och cancerframkallande samt tellur som är ett relativt ovanligt ämne, och vars brist kan utgöra en begränsande faktor för denna typ av solceller.

Ett sätt att bedöma solcellers hållbarhet, både vad gäller miljömässig och social hållbarhet, är genom det så kallade *Solar Scorecard* som rankar majoriteten (runt 80 %) av de tillverkare som finns på marknaden. Bedömningen görs utifrån intervjuer, enkäter och annan tillgänglig information, t.ex. information

på tillverkarnas hemsidor. Ett vanligt krav vid upphandling av solceller är att de moduler som upphandlas ska finnas i toppen eller på den övre halvan av Solar Scorecard. Däremot finns det än så länge ingen certifiering som ställer krav på tillverkarna.

Om solceller installeras på samtliga objekt som undersökts skulle det ge en CO_2-besparing på 253 ton/år, vilket skulle bidra till att uppnå målet om att minska utsläppen av växthusgaser med 50 % till år 2021 jämfört med 2011. En osäkerhet är att den beräkningsfaktor som använts för att beräkna CO_2-besparing skulle kunna vara för hög eftersom beräkningarna utgår från att solcellernas elproduktion ersätter el med utsläpp motsvarande den genomsnittliga elproduktionen i Norden, medan större delen av den el som förbrukas på depåerna i verkligheten är 100 % förnybar. Just nu pågår dock ett projekt med att ta fram ett beräkningsverktyg för klimatpåverkan i byggbranschen kallat Tidstegen[61]. Verktyget lanseras senare i år och kan komma att använda en högre siffra än 125 g CO_2/kWh för den el från den nordeuropeiska elmarknaden som produktionen från solcellerna ersätter, vilket skulle kunna medföra att även Klimatklivet ändrar sin beräkningsfaktor. Ytterligare en osäkerhet är att utsläppen från solceller sett ur ett livscykelperspektiv kan vara överskattade i och med att utsläppen minskar med ungefär 20 % för varje gång som den installerade kapaciteten i världen fördubblas, och det finns studier som visar på en lägre påverkan än de 45 g CO_2/kWh som har antagits i den här studien.[62]

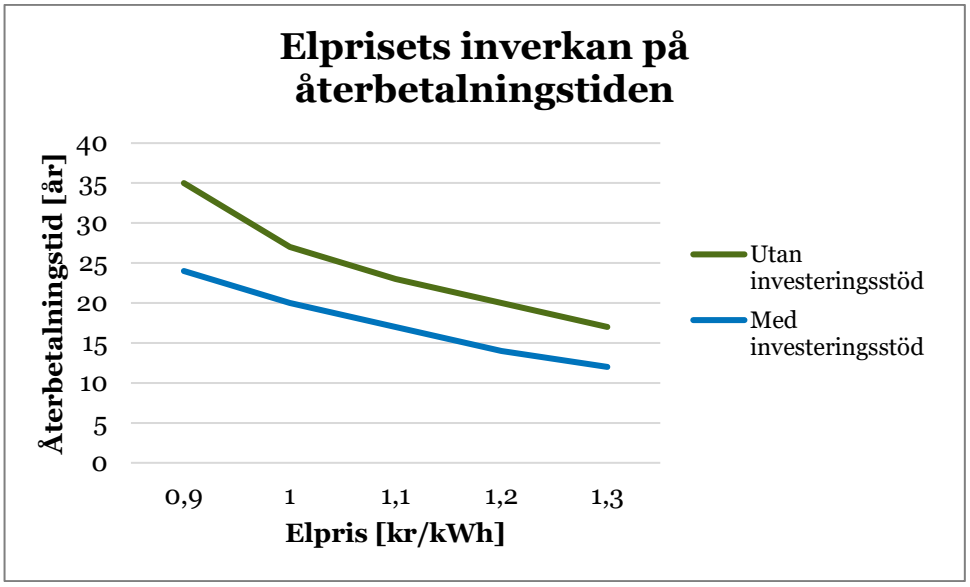
Beroende på typ av elavtal och om den el som förbrukas från elnätet är förnybar eller inte kan en solcellsinstallation även bidra till att uppnå målet om att 100 % av den energi som förbrukas i kollektivtrafikens fastigheter ska vara förnybar till år 2030. För att bidra till att uppnå målet skulle fokus kunna vara att i första hand installera solceller på de depåer där det befintliga elavtalet inte innebär att 100 % förnybar energi köps in. Däremot är det krav i de senaste avtalen på att den energi i form av el, värme och kyla som används i depåerna ska vara 100 % förnybar. Detta innebär att målet med största sannolikhet kommer att uppnås oavsett om solceller installeras eller inte i takt med att de äldre avtalen löper ut, men för att kunna nå det nationella målet om en 100 % förnybar elproduktion till år 2040 krävs det att flera aktörer samarbetar och bidrar till att nå målet.

[61] https://www.energiforsk.se/nyhetsarkiv/nytt-verktyg-for-energivardering-av-byggnader/
[62] Bilaga 1 – Objektsbeskrivningar solceller

Ekonomiska konsekvenser

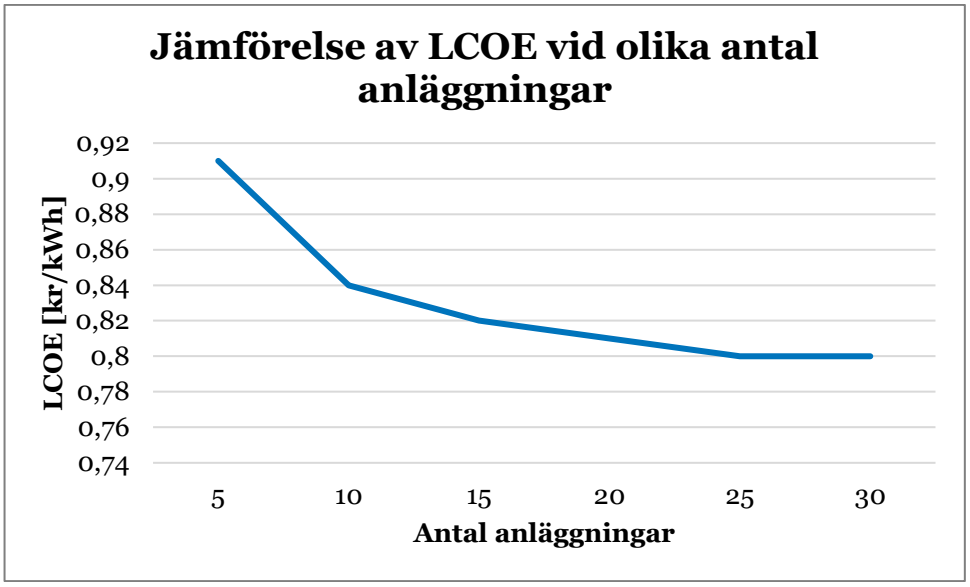
Installation av solceller leder för 13 av de studerade depåerna till minskade elkostnader jämfört med att köpa el från nätet. I genomsnitt fås en LCOE-kostnad på 0,82 kr/kWh för de 15 anläggningar som undersökts, med en återbetalningstid på i snitt 17 år jämfört med att fortsätta köpa el från elnätet där kostnaden de kommande 30 åren har antagits vara i snitt 1,1 kr/kWh. LCOE-kostnaden varierar mellan de olika anläggningarna, och för två av dessa är kostnaden för att producera solel högre än att köpa el från nätet, vilket innebär att solcellerna inte uppnår ekonomisk lönsamhet under dess ekonomiska livslängd på de depåerna. Om solceller inte installeras på dessa depåer blir istället den genomsnittliga LCOE-kostnaden för de 13 övriga depåerna 0,76 kr/kWh, med en återbetalningstid på 14 år. För att maximera den ekonomiska lönsamheten bör en så stor del som möjligt av solcellernas elproduktion användas inom den del av Trafikförvaltningens verksamhet som betalar full energiskatt.

Däremot finns det vissa osäkerheter i beräkningarna, t.ex. svårigheter med att förutsäga elprisets utveckling de kommande 30 åren och hur lagar och regler för solceller kommer att se ut i framtiden. Bland annat är det inte säkert att det nuvarande investeringsstödet kommer att finnas kvar eller räcka till alla som ansöker. Däremot visar de ekonomiska beräkningarna att ekonomisk lönsamhet uppnås för de flesta anläggningarna även utan investeringsstöd. Vad gäller elprisets utveckling så visar figur 4 att om investeringsstöd på 20 % fås, så kommer ekonomisk lönsamhet uppnås även om elpriset i snitt skulle vara 20 öre lägre per kWh de kommande 30 åren än vad som har antagits. Utan investeringsstöd uppnås inte ekonomisk lönsamhet om elpriset i snitt är lägre än 1 kr/kWh.



Figur 4. Känslighetsanalys på elprisets inverkan på återbetalningstiden.

Även utformningen av energiskatten och huruvida solceller kommer att omfattas av den eller inte är någonting som skulle kunna ändras i framtiden, och som kan påverka den ekonomiska lönsamheten både positivt och negativt beroende på vilka ändringar som sker. En annan osäkerhet som de ekonomiska beräkningarna inte tagit hänsyn till är att nätavgiften ofta består av en fast avgift som inte påverkas av hur mycket el man köper från elnätet. Det minskade behovet av köpt el medför därför att priset per kWh kan komma att öka något för den el som handlas från elnätet. De verkliga kostnaderna fås däremot först vid en upphandling om trafikförvaltningen väljer att gå vidare med ett externt ägande i form av ett PPA-kontrakt eller vid slutet av solcellernas livslängd vid ett internt ägande. Figur 5 visar även hur LCOE-kostnaden påverkas av antalet anläggningar som installeras, där fler anläggningar innebär en högre ekonomisk lönsamhet till följd av fasta kostnader som är samma oavsett antalet installerade anläggningar.



Figur 5. Känslighetsanalys på hur antalet anläggningar som installeras på trafikförvaltningens depåer påverkar LCOE-kostnaden. Återbetalningstiden varierar mellan 17-20 år.

En aspekt som trafikförvaltningen bör ta hänsyn till vid en kommande upphandling är att säkerställa att trafikförvaltningen får ta del av den ekonomiska vinsten. Eftersom det på de flesta depåerna är trafikutövaren som köper in elen finns det en risk att det även blir trafikutövarna som får ta del av den ekonomiska vinsten om detta inte regleras i avtal. Detta gäller framförallt om trafikförvaltningen själva äger anläggningarna. Om man istället upphandlar solcellsanläggningarna med ett PPA-kontrakt där betalning sker per kWh precis som i ett vanligt elavtal är det rimligt att trafikutövaren får stå för kostnaden precis som de skulle gjort om de köpt el från elnätet. Ett problem med detta är dock att kWh-priset i ett PPA-kontrakt är konstant över hela tidsperioden som kontraktet löper över. Detta gör att priset för att köpa solel de första åren kommer att vara högre än att köpa el från elnätet, medan kostnaden utifrån dagens prognoser förväntas bli lägre än att köpa el från elnätet under den senare delen av solcellernas livslängd. Om trafikutövarna på de depåer där solceller installeras byts ut under den kommande 30-års-perioden, vilket med största sannolikhet kommer att vara fallet, blir det i högre grad den trafikutövare som är på plats under solcellernas första år som får betala för investeringen. Detta kan hanteras t.ex. genom att i upphandlingen efterfråga att PPA-leverantören lämnar ett kWh-pris för ett par år framöver som är i nivå med dagens elpris och att priset sedan trappas upp så att den totala kostnaden blir densamma som om priset hade varit konstant under hela kontraktstiden. Ett

annat alternativ är att PPA-leverantören lämnar ett kWh-pris i nivå med dagens elpris för hela kontraktstiden, och att resterande kostnader betalas som en fast initial kostnad. Ett tredje alternativ är att kostnaden för solelen enbart regleras i avtal med trafikutövaren och sätts utifrån det aktuella elpriset under avtalstiden med respektive trafikutövare.

Kommunikation
Solceller är en hållbarhetsåtgärd som de flesta svenskar ställer sig positiva till och vill se mer satsningar inom, enligt undersökningar av bland andra Sifo och SOM-institutet på Göteborgs universitet.[63] En satsning på solceller kan därmed vara ett sätt att stärka trafikförvaltningens hållbarhetsprofil och varumärke. Ytterligare en positiv aspekt är att solceller är en åtgärd som syns, vilket kan göra miljönyttan enklare att kommunicera, exempelvis med hjälp av skyltar vid fastigheterna där det framgår hur mycket solel som produceras. Visualisering av produktionen kan även göra att medvetenheten inom fastigheten ökar, vilket skulle kunna leda till energibesparingar.

Det finns även en möjlighet att en satsning på solceller inom trafikförvaltningen kan öka medvetenheten inom miljö- och energiområdet i samhället i stort, samt att man genom att våga satsa på solceller även kan påverka andra att fatta samma beslut, såväl privatpersoner som annan offentlig verksamhet och företag som äger fastigheter.

Internt eller externt ägande
Oavsett vilken ägandeform trafikförvaltningen väljer visar resultatet av utredningen att det är billigare att producera egen solel än att köpa el från nätet. Angående kostnaderna för de olika ägandealternativen så visar den Eneo Solutions utredning att kostnaden för internt och externt ägande blir densamma, medan Solkompaniet menar på att det skulle bli billigare för trafikförvaltningen att själva äga solcellsanläggningarna.

Trafikförvaltningens affärsprinciper skulle kunna tala för ett externt ägande i och med att man då ger ett ökat ansvar till leverantören, man ger incitament till leverantören att skapa goda förutsättningar för att maximera produktionen genom att betalningen sker per producerad kWh, och man överlåter en stor del av riskerna med solceller på leverantören som i sin tur har en god kompetens och erfarenhet av att hantera dessa risker. Affärsprinciperna kan dock efterlevas vid internt ägande genom att ha ett serviceavtal med krav på hur mycket solcellerna ska producera eller genom ytterligare kravställning på trafikutövarna

[63] Bilaga 1 – Objektsbeskrivningar solceller

på depåerna. Ytterligare en aspekt är att solceller och elproduktion inte utgör en del av trafikförvaltningens kärnverksamhet. För en mer omfattande diskussion hänvisas till avsnitt 4.1.1.

Ett externt ägande innebär att större delen av riskerna förknippade med en installation av solceller läggs på leverantören istället för på trafikförvaltningen. Framförallt vad gäller juridiska risker, risken att elproduktionen blir sämre än vad som skulle kunna vara möjligt som en följd av att solcellerna inte sköts på rätt sätt eller att elproduktionen inte följs upp kontinuerligt samt att kostnaderna blir högre än väntat till följd av t.ex. oförutsedda händelser och högre installations- och projektkostnader än väntat. Även risken för en minskad elproduktion kan få finansiella konsekvenser eftersom en maximal elproduktion är den viktigaste inkomstkällan för en solcellsinstallation, och även leda till en minskad miljönytta. Att överlåta dessa risker på en tredje part genom ett externt ägande skulle därför kunna vara ett sätt att få ut största möjliga nytta av solcellsanläggningarna till lägsta möjliga risk. Till stor del skulle dessa risker även kunna minimeras med ett serviceavtal som tillägg inom ett internt ägande, eller genom kravställning på trafikutövarna på de aktuella depåerna. Risker som tillkommer vid ett externt ägande är t.ex. att leverantören går i konkurs eller får slut på kapital för att finansiera alternativt driva solcellsanläggningarna. En annan risk är om trafikförvaltningen i framtiden av någon anledning skulle behöva köpa loss solcellsanläggningarna, vilket skulle innebära en merkostnad för trafikförvaltningens del. Vad som gäller om något av detta skulle inträffa bör regleras i avtal med leverantören.

En fördel med PPA som gäller oavsett om ett serviceavtal tecknas vid ett internt ägande, är att man slipper investeringskostnaden för solcellsinstallationerna samt för att bygga upp en organisation för drift och förvaltning. Enligt tabell x i avsnitt 4.1.1 är investeringskostnaden 32,8 Mkr, eller i snitt 2,2 Mkr per anläggning, om solceller installeras på samtliga 15 undersökta depåer. Genom att inte äga solcellerna internt, utan endast betala per producerad kWh, kan dessa pengar istället läggas på andra åtgärder för att uppnå Region Stockholms och trafikförvaltningens miljömål. På så sätt kan en större nytta uppnås till samma kostnad, även om elpriset för att köpa solel i ett PPA-kontrakt de första åren kan komma att vara dyrare än att köpa el från elnätet.

Konsekvenser om ingen investering görs
Konsekvenserna om ingen investering görs gäller framför allt ekonomiska och miljömässiga parametrar. Det finns en stor risk om ingen investering görs att trafikförvaltningen kommer att ha lagt mer pengar på elförbrukning av el från elnätet de kommande 30 åren än om man hade valt att investera i solceller. Man

skulle inte heller bidra till att nå det nationella målet om 100 % förnybar elproduktion år 2040, och Energimyndighetens förslag om att el från solceller bör utgöra 5-10 % av Sveriges elproduktion till dess.

Ytterliga en aspekt som trafikförvaltningen skulle kunna gå miste om är de positiva kommunikativa värden som solceller kan bidra med i form av att solceller ses som en positiv insats för miljön. Om trafikförvaltningen föregår med gott exempel finns stora chanser att andra aktörer, både företag och privatpersoner, följer efter i samma spår.

5.1.2 Gaslösningar

Biogas är en förutsättning för att Sverige ska kunna nå de nationella och internationella miljömålen, och används framförallt inom transportsektorn, men även vid uppvärmning samt produktion av el och värme. Kommande avsnitt tar upp miljömässiga, sociala och ekonomiska konsekvenser med de lösningar i form av gasinfra och gasmotor som undersökts i studien, samt möjliga konsekvenser om ingen investering görs.

Miljömässiga och sociala konsekvenser

Biogas består huvudsakligen av metan och produceras främst av matavfall, avloppsslam och rester från livsmedelsindustrin, vanligtvis genom rötning. Vid produktionen av biogas uppstår även restprodukter som kan användas som gödsel, vilket innebär en miljönytta i form av att behovet av att producera gödningsmedel på andra sätt minskar.[64] Fördelarna med biogas utgörs alltså av att det är en effektiv avfallshantering som samtidigt producerar biogas och gödsel. Biogas har även en positiv miljöpåverkan genom att utsläppen av kväveoxid och svaveldioxid är lägre än vid förbränning av fossila bränslen, vilket minskar miljöpåverkan genom försurning och övergödning. Även utsläpp av luftföroreningar och partiklar minskar.[65] Om biogasen däremot ersätter annan förnybar energiproduktion är det viktigt att miljöpåverkan för de båda produktionssätten jämförs. I den här utredningen har emissionsfaktorer från Naturvårdsverkets vägledning för ansökan till Klimatklivet använts, vilket innebär utsläpp på 46 kg CO_2/MWh.

En installation av gasinfra skulle kunna bidra till att uppnå mål om energieffektivisering. För Charlottendal visar resultatet på en energibesparing på ungefär 11-17 %, beroende på vilken inomhustemperatur man väljer att ha.

---

[64] Energimyndigheten, 2018. *Produktion och användning av biogas och rötrester år 2017.*
[65] Naturvårdsverket, 2011. *Biogasproduktion för miljö och ekonomi.*

För en fastighet med ett sämre klimatskal är det möjligt att energibesparingen kan bli ännu större. Vad gäller målet om minskade utsläpp av växthusgaser beror det på vilken energikälla för uppvärmning som biogasen ersätter. På de flesta depåerna sker uppvärmningen med fjärrvärme. Beroende på vilken fjärrvärmeleverantör en viss fastighet är kopplad till varierar utsläppen av koldioxidekvivalenter. I fallet Charlottendal skulle en installation av infravärmare drivna med biogas bidra till högre utsläpp än det nuvarande uppvärmningssystemet baserat på fjärrvärme.

Användning av gasmotor för el- och värmeproduktion skulle kunna bidra till att minska utsläpp av växthusgaser med 78 ton/år, utifrån beräkningar genomförda på Fredriksdals bussdepå för det driftfall som i utredningen visat på bäst ekonomisk lönsamhet. Liksom för Charlottendal beror dock beräkningarna på klimatpåverkan från de energikällor som gasmotorns produktion ersätter. Vad gäller energiförbrukningen så skulle en användning av gasmotor innebära en ökning av energiförbrukningen på Fredriksdals bussdepå med ungefär 7 %.

Vad gäller sociala konsekvenser är risken för negativa konsekvenser troligtvis störst vid utvinning av råvaror och tillverkning av komponenter till gasinstallationer i form av gasmotorer och gasinfravärmare. Någon större utredning av detta har inte gjorts inom projektet. Krav avseende hållbarhet i hela produktionskedjan bör ställas i en eventuellt kommande upphandling.

Ekonomiska konsekvenser
Resultatet av utredningen visar att varken gasinfra eller el- och värmeproduktion med gasmotor skulle vara ekonomiskt lönsamt på de undersökta depåerna. För att ekonomisk lönsamhet ska kunna uppnås behöver antingen gaspriset minska, eller verkningsgraden på installationerna öka. Däremot är det möjligt att ekonomisk lönsamhet kan uppnås på depåer där det befintliga uppvärmningssystemet behöver bytas ut eller depåer med ett sämre klimatskal än på Charlottendals bussdepå, eftersom detta skulle kunna ge upphov till större energibesparingar jämfört med konventionella system där luften i hela lokalerna värms upp. Detta bör utredas vidare. På Alviks tunnelbanestation och Hornsbergs bussdepå har inga beräkningar gjorts, utan ytterligare utredningar alternativt genomförande av en testinstallation behövs.

Någonting som skulle inte har tagits hänsyn till i de ekonomiska beräkningarna, och som skulle kunna bidra till att ekonomisk lönsamhet uppnås både för gasinfra och gasmotor, är möjligheten att använda värmeåtervinning för att ta till vara den överskottsvärme som bildas i processerna.

Konsekvenser om ingen investering görs
Även om varken en installation av gasinfra eller el- och värmeproduktion med gasmotor på de undersökta depåerna skulle vara ekonomiskt lönsamt, så kan det vara intressant av andra anledningar. En gasmotor skulle t.ex. kunna användas som reserv/backup om el- och fjärrvärmenäten inte skulle kunna leverera som vanligt, och/eller helt slås ut i perioder, t.ex. på grund av kapacitetsbrist, väderrelaterade händelser eller attacker mot elnätet. Med en större andel elbussar ökar beroendet av en tillförlitlig elförsörjning, vilket skulle kunna tala för att ha tillgång till någon form av reservkraft. Däremot är det möjligt att det kan finnas andra alternativ än just elproduktion med gasmotor där det även går att få en ekonomisk lönsamhet. T.ex. skulle energilager kunna undersökas. I framtiden är det möjligt att el- och värmeproduktion med gasmotor skulle kunna vara ekonomiskt lönsamt om nätbolagens kostnader för effektanvändning ökar.

För att inte gå miste om potentiella energieffektiviseringsåtgärder bör användning av gasinfra vid stationer utredas vidare eftersom det kan finnas en potential till energibesparing jämfört med de nuvarande systemen med ridåvärmare där en stor del av värmen går till spillo när dörrar öppnas och stängs. Även andra depåer än Charlottendal skulle kunna undersökas för att utreda möjligheter till energibesparing i kombination med ekonomisk lönsamhet.

5.2 Riskanalys

En riskanalys har genomförts avseende installation av solceller och gaslösningar. Nedan sammanfattas de viktigaste riskerna som identifierats. För fullständiga riskanalyserna hänvisas till bilaga 4 och 7. Riskanalyser har inte genomförts på bergvärmeutredningen på Mörbydepån samt för tilläggsvärmare på bussramper eftersom dessa utgör egna projekt utanför den här studien.

5.2.1 Solceller

Den högst värderade risken som har identifierats med en solcellsinstallation är om taken skulle rasa in som en följd av att de inte tål belastningen av solcellerna, vilket skulle kunna orsaka stor skada på de utsatta depåerna och i värsta fall även personskador och/eller dödsfall. Det har under utredningens gång funnits svårigheter med att hitta relevanta ritningar på ett flertal av de undersökta depåerna för att konstruktören i projektet skulle kunna uppskatta bärigheten på takytorna. Därför är det av stor vikt att detta undersöks ytterligare på de depåer där det finns osäkerheter kring takens konstruktion. Även kvalitén på takytorna är en faktor som skulle kunna påverka möjligheterna med att installera solceller.

Bristande underhåll och tillsyn av solcellsanläggningarna är en annan risk som skulle kunna medföra att elproduktionen blir lägre än väntat eller att solcellerna får en kortare livslängd än väntat, vilket i sin tur påverkar den ekonomiska lönsamheten och CO_2-besparingen negativt. En viktig åtgärd är att säkerställa att det är tydligt i avtal vem som ansvarar för underhåll av solcellerna, om det är trafikutövarens personal eller en tredje part, t.ex. ett företag som jobbar med solceller. Det är även viktigt att ha en dialog med de aktuella trafikutövarna om det är så att solceller ska installeras. Ytterligare en aspekt som trafikförvaltningen bör fundera över vid en kommande upphandling är vem som ska få ta del av den ekonomiska vinsten med att installera solceller. I nuläget är det på de flesta depåerna trafikutövaren som står för elkostnaden, och om det inte regleras i något avtal blir det även trafikutövarna som får ta del av vinsten medan det är trafikförvaltningen som planeras stå för investeringskostnaden. Detta skulle i så fall leda till att investeringen inte återbetalas för trafikförvaltningens del.

Politiska beslut och ändrade stödsystem är någonting som skulle kunna påverka genomförbarheten och den ekonomiska lönsamheten med att installera solceller både positivt och negativt beroende på vilka beslut som fattas. Den nyligen ändrade stödnivån på investeringsstödet från 30 till 20 % av investeringskostnaden är ett sådant exempel. En förändring som skulle vara positiv för trafikförvaltningens del är om gränsen på 255 kW för att få den lägre skattesatsen på energiskatt togs bort eftersom detta skulle innebära att trafikförvaltningen skulle kunna utnyttja en större andel av de befintliga takytorna utan att den ekonomiska lönsamheten minskar. Prognosen för det framtida elpriset är en annan osäkerhet som är svår att förutsäga och som kan påverka den ekonomiska lönsamheten.

5.2.2 Gaslösningar

Vad gäller de gaslösningar som undersökts är den största identifierade risken en felaktigt utförd installation och/eller bristande tillsyn, vilket skulle kunna medföra skador på egendom och personskador, t.ex. vid inandning av avgaser om rökgaser från anläggningarna inte ventileras i tillräcklig utsträckning. I värsta fall finns risk för brand eller explosion till följd av en gasläcka. Sannolikheten för att detta skulle inträffa bedöms dock som mycket låg. Vid en korrekt utförd installation är gasinstallationer täta mot omgivningen, vilket innebär att t.ex. risk för gnistbildning i närheten av anläggningen inte påverkar möjligheten att installera en gasanläggning. Den viktigaste åtgärden för att minimera de risker som finns med gasinstallationer är att följa de så kallade energigasnormerna, samt att en oberoende systemgranskning genomförs innan

anläggningarna tas i drift för att upptäcka eventuella felaktigheter. Om trafikförvaltningen väljer att ansluta till något av de gasnät som finns i Stockholm är det i regel gasnätsägaren som ansvarar för att befintliga regelverk följs.

Även vad gäller gasinstallationer finns det en risk att regelverk ändras och att felaktiga antaganden på t.ex. framtida el- och gaspriser gör att den ekonomiska lönsamheten i slutändan kan vara både bättre och sämre än beräknat.

6 Samlad bedömning och rekommendation

6.1 Rekommendation

6.1.1 Solceller

Utredningen visar att en installation av solceller skulle vara ekonomiskt lönsam med en LCOE-kostnad på i snitt 0,82 kr/kWh för de 15 anläggningar som undersökts jämfört med 1,1 kr/kWh som ett snitt för att köpa el från elnätet de kommande 30 åren. Samtidigt skulle en satsning på solceller bidra till att minska klimatpåverkan från trafikförvaltningens verksamhet, motsvarande 253 ton CO_2/år för de 15 anläggningarna eller i snitt 17 ton CO_2/år och anläggning. För att bidra till att uppnå internationella, nationella, Region Stockholms och trafikförvaltningens miljömål, och på samma gång minska elkostnaderna, rekommenderas därför att solceller installeras på de takytor där det är praktiskt och ekonomiskt möjligt. I första hand bör solceller installeras på nybyggda takytor, samt planeras inom befintliga och kommande projekt för ny- och ombyggnation av depåer. Vid nybyggnation bör det vara ett krav att installation av solceller ska ingå som en del av projektet. Detta skulle bidra till att säkerställa att takytorna redan i ett tidigt skede utformas med solceller i åtanke. På befintliga depåer där takytorna behöver läggas om rekommenderas att eventuell installation av solceller sker i takt med att takytorna behöver bytas ut. Vid mindre omfattande åtgärder, t.ex. reparation av mindre delar av tätskiktet, kan genomförande av dessa åtgärder övervägas för att möjliggöra installation av solceller.

Vad gäller ägandeform förväntas kostnaden bli ungefär densamma oavsett om ett internt eller externt ägande väljs. Rekommendationen grundas därför på kvalitativa aspekter i form av trafikförvaltningens affärsprinciper, hantering av risker samt hur finansiella tillgångar kan skapa så stor nytta som möjligt. En sammanfattning av de kvalitativa aspekter som tagits upp tidigare i rapporten och som ligger till grund för rekommendationen visas i figur 6. Utifrån dessa är rekommendationen att trafikförvaltningen upphandlar solceller i extern regi i form av ett PPA-kontrakt, så länge som kostnaden för detta inte skulle visa sig vara mycket högre vid en kommande upphandling än vad som beräknats i den här studien. Detta kan regleras genom att sätta ett maxvärde i upphandlingen på vilket pris leverantören får lämna, t.ex. 0,9 kr/kWh.

Affärsprinciper

Trafikförvaltningens affärsprinciper talar för ett externt ägande genom att:

- Det ger ett ökat ansvar till leverantören
- Ersättningsmodellen skapar drivkrafter hos leverantören
- Risker fördelas på den part som bäst kan hantera dem
- Det ger en ökad grad av funktionsinriktad kravställning

Kan dock även efterlevas genom kravställning i ett serviceavtal som tillägg vid internt ägande.

Risker

Vid ett externt ägande överförs en stor del av riskerna på den externa parten. Framförallt vad gäller:

- Juridiska risker vid elproducerande verksamhet
- Tekniska risker i form av försämrad elproduktion till följd av otillräckligt underhåll och förvaltning. Detta riskerar påverkar den ekonomiska lönsamheten och CO_2-besparingen negativt.

De tekniska riskerna kan dock efterlevas genom kravställning i ett serviceavtal som tillägg vid internt ägande. Risker som däremot tillkommer vid ett externt ägande, och som behöver kravställas i en kommande upphandling, är:

- *Leverantören går i konkurs*
- *Leverantören får slut på kapital för att finansiera/driva anläggningarna*
- *Trafikförvaltningen behöver köpa loss solcellsanläggningarna*

Finansiering

Ingen investeringskostnad krävs vid externt ägande, utan betalning sker per producerad kWh precis som i ett vanligt elavtal. Den investering som ett internt ägande skulle kräva kan därmed läggas på annat, och därmed kan en större nytta uppnås totalt sett.

Förvaltningsbarhet

Vid ägande i extern regi sker förvaltning främst av den externa parten.

Trafikförvaltningen har en stor erfarenhet av att förvalta olika typer av system. Att bygga upp en organisation för förvaltning av solceller bör därför inte utgöra något problem. Om specifik kompetens krävs kan detta upphandlas som ett tillägg.

Figur 6. Kvalitativ värdering inför val av affärsmodell.

6.1.2 Gaslösningar

Resultatet av utredningen visar att en installation av gasinfra inte skulle vara ekonomiskt lönsam eller bidra till minskade utsläpp av växthusgaser på Charlottendals bussdepå, även om energiförbrukningen skulle minska med 11-17 %. Däremot rekommenderas att en testinstallation på någon av SL:s stationer, t.ex. Alviks tunnelbanestation eller Solna station, genomförs. För Alvik är investeringskostnaden för installation av gasinfra i en av tunnelbaneuppgångarna uppskattad till 135 000 kr. Inför en sådan installation bör den befintliga energiförbrukning i den del där gasinfra installeras undersökas för att kunna avgöra om gasinfra bidrar till att minska energiförbrukningen eller inte. Målet med en sådan testinstallation är att avgöra om gasinfra kan bidra till en minskad energiförbrukning samt minskade utsläpp av växthusgaser. Resultatet ska utgöra grund för att avgöra om gasinfra bör installeras även på andra stationer där möjlighet att ansluta till gasnätet finns. För Hornsbergs bussdepå rekommenderas en vidare utredning där gasinfra jämförs med andra uppvärmningsmetoder för att avgöra vilken som är den mest energieffektiva och klimatneutrala lösningen. Vidare utredning av gasinfra som ett alternativ till uppvärmning på de depåer där det befintliga systemet ska bytas ut rekommenderas eftersom detta skulle kunna bidra till att uppnå målet om energieffektivisering.

Vad gäller användning av gasmotor för produktion av el och värme rekommenderas inget genomförande i nuläget då resultatet visar att en sådan installation inte skulle vara ekonomiskt lönsam utifrån dagens förutsättningar. Lösningen kan bli intressant som effektreserv om det skulle visa sig att nätbolagen tar ut en större avgift för effekt i framtiden, samt som reserv vid avbrott i den befintliga el- och värmeförsörjningen.

6.2 Förslag till fortsatt arbete

6.2.1 Solceller

Nästa steg i processen att installera solceller beror på statusen på den depå där solceller föreslås installeras. Om depån är befintlig och projektet ska genomföras som en reinvestering kan ett projekt initieras som en reinvestering av Trafikavdelningen (TA) och genomföras av avdelningen Investeringsprojekt (IP). Samma tillvägagångssätt gäller om det redan finns ett pågående projekt eller program på depån och installation av solceller genomförs som en tilläggsbeställning. I ett kommande projekt där t.ex. en ny depå ska byggas kan det istället hända att beställningen om att solceller ska installeras kommer från Strategisk utveckling (SU) till IP. När projektet är genomfört tar TA över för förvaltning.

Ytterligare utredning av ett antal depåers takytor, enligt tabell 6 i avsnitt 4.1.1, krävs innan solceller kan installeras för att säkerställa att takytorna har en tillräcklig kvalité och bärighet. Då ritningar på takytorna saknas helt eller inte är tillräckligt detaljrika för ett par depåer behöver undersökning ske på plats för att avgöra vilka material taken består av, och om åtgärder behövs innan solceller kan installeras.

Tabell 17. Förslag på prioriteringslista för fortsatt arbete.

Prioriteringslista
1. Ny- och ombyggnation
2. Nybyggda fastigheter/fastigheter med nya tak
3. Vidare undersökning av depåer med plats för 100-255 kW
4. Byggnadsintegrerade solceller i t.ex. tak, fasader, solavskärmning
5. Vidare undersökning av depåer med plats för <100 kW
6. Andra ytor än takytor, t.ex. staket, bullerplank

Ett förslag på prioritering av det fortsatta arbetet visas i tabell 17 ovan. De takytor som inkluderats i utredningen utgör endast en mindre del av SL:s fastighetsbestånd och totala potential för installation av solceller. I studien har främst takytor med plats att installera 255 kW undersökts, samt ett par mindre nybyggda depåer eller med pågående ombyggnation. Nästa steg skulle kunna vara att undersöka depåer med plats att installera över 100 kW. Även andra typer av takytor än depåtak skulle kunna undersökas, t.ex. plattformstak, och takytor på stationer, terminaler och teknikhus.

Möjligheten att installera solceller på andra ställen än takytor, t.ex. staket, bullerplank och i form av byggnadsintegrerade system i t.ex. fönster, väggar och tak är någonting som skulle kunna undersökas i framtida utredningar. Även möjligheten att använda energilager kan undersökas vidare. Framförallt om installationer av större anläggningar genomförs där det blir ett överskott av el, men det skulle även kunna vara intressant om trafikförvaltningen t.ex. vill kunna kommunicera att elbussar inom verksamheten drivs av solel. Så länge som den el som produceras kan användas direkt i fastigheten dagtid är det däremot det mest effektiva sättet att uppnå miljönyttor och ekonomisk lönsamhet med solceller.

6.2.2 Gaslösningar

Ytterligare utredning av gasinfra jämfört med andra uppvärmningsmetoder bör göras på depåer och andra typer av fastigheter där uppvärmningssystemet behöver bytas ut. En testinstallation föreslås även på någon av SL:s stationer för att ta reda på om gasinfra kan bidra till att minska energiförbrukningen. Innan projektet genomförs bör en utredning göras för att ta reda på energiförbrukningen för den del av det befintliga systemet som gasinfran avser ersätta. Projektet bör genomföras under vintermånaderna när behovet av uppvärmning är som störst.

Även möjligheten att använda gasinfra för avisning av tåg är någonting som skulle kunna undersökas vidare. Metoden skulle kunna ge en snabbare avisning, och därmed effektivisera arbetet på depåerna, men måste först testas för att säkerställa att det går att använda på passagerartåg eftersom metoden endast har använts för godståg tidigare.

I den här studien har endast depåer och andra anläggningar med möjlig anslutning till Gasnätet Stockholms gasnät undersökts. Om trafikförvaltningen vill genomföra vidare utredningar av gasinfra som en energibesparande åtgärd bör även depåer som kan anslutas till andra gasnät undersökas. T.ex. pågår utbyggnad av en biogasanläggning av E.ON i Högbytorp och gasnät i Upplands-Bro och Järfälla. Anläggningen kommer att tas i bruk under 2019.[66]

[66] E.ON, *Kretsloppsanläggningen i Högbytorp – En hållbar energilösning för hela Stockholmsregionen*.

Trafikförvaltningen
Strategisk utveckling
Hållbar utveckling

RAPPORT
2019-11-25
Version

Ärende/Dok. id.
SL 2018-0241

Infosäk. klass
K1 (Öppen)

7 Bilagor

Bilaga 1 - Objektsbeskrivningar solceller
Bilaga 2 - Beslutsdel solceller
Bilaga 3 - Takkvalité och bärighet
Bilaga 4 - Riskanalys solceller
Bilaga 5 - Underlag gasinfra
Bilaga 6 - Underlag gasmotor
Bilaga 7 - Riskanalys gas