Strategisk utveckling

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

TJÄNSTEUTLÅTANDE
2019-05-10

Trafiknämnden
2019-06-18, punkt 8

Ärende
SL 2018-0133

Infosäkerhetsklass
K1 (Öppen)

Inriktningsbeslut avseende samkörbarhet av pendeltågsfordon och anpassning till europeiskt signalsäkerhetssystem (ERTMS)

Ärendebeskrivning

Ärendet behandlar inriktningsbeslut avseende tekniska anpassningar av pendeltågsflottan inför införandet av ERTMS, European Rail Traffic Management System - europeiskt standardiserat trafikstyrningssystem för järnväg, år 2025, samkörbarhet av pendeltågsfordon samt övriga nödvändiga livscykelåtgärderåtgärder för att säkerställa pendeltågstrafiken på det nationella järnvägsnätet efter 2025.

Beslutsunderlag

Förvaltningschefens tjänsteutlåtande samt nedanstående underlag:

- Rapport utredningsfas pendeltågsfordon X60 - samkörbarhet, ERTMS och livscykelåtgärder
- Investeringskalkyl avseende planeringsfasen

Förslag till beslut

Trafiknämnden föreslås besluta att föreslå regionstyrelsen besluta

att fatta inriktningsbeslut avseende planeringsfasen för införande av ERTMS, samkörbarhet och övriga identifierade åtgärder till en investeringsutgift om 33 500 000 kronor inklusive index inom ramen för 2019 års investeringsbudget med planår 2020-2028.

Trafiknämnden föreslås för egen del besluta

att godkänna utredning ” Rapport Utredningsfas pendeltågsfordon X60 - samkörbarhet, ERTMS och livscykelåtgärder”

att uppdra åt förvaltningschefen att efter genomförd planeringsfas återkomma till trafiknämnden för redovisning och beslutsunderlag för genomförandebeslut.

Förslag och motivering

Bakgrund

Införandet av ERTMS är en tvingande åtgärd för samtliga fordonsägare som trafikerar det nationella järnvägsnätet. För pendeltågstrafiken i Stockholms och angränsande län innebär detta att samtliga fordon måste vara ombyggda senast vid utgången 2024. Mot bakgrund av detta fattades ett utredningsbeslut att genomföra en utredning (LS 2018-0078). Utredningen omfattade analys och förslag till genomförande av ombyggnadsåtgärder och införande av nytt signalsäkerhetssystem ERTMS på pendeltågsflottan samt samkörbarhet mellan fordonsgenerationer (X60/X60A respektive X60B). Utredningen har även identifierat vilka samtidiga underhålls- och upprustningsåtgärder som kan utföras eftersom fordonen kommer att vara avställda under åtgärdstiden.
De åtgärder som utretts är sådana som positivt påverkar trafiktätheten, passagerarnyttan och robustheten för pendeltågstrafiken samt åtgärder som är nödvändiga för att säkerställa fordonens planerade livslängd. Ombyggnationen avses även i största möjliga mån samplaneras med lågfrekventa stora underhållsåtgärder för att minimera påverkan på fordonsutsättningen.

Utredningen har genomfört en omfattande nulägesanalys av fordonsflottan med fokus på de äldre X60/A ur ett antal perspektiv. Resultaten av analysen påvisar att flottan i nuläget presterar godtagbart men att utnyttjandegraden kan ökas. Vidare har ett antal delsystem, eller komponenter i delsystem identifierats vara obsoleta/ha uppnått sin tekniska livslängd, vilket behöver omhändertas både i den löpande förvaltningen av flottan och inom ramen för en ombyggnad. Utredningen har även identifierat ett antal genomförandealternativ vilka ytterligare skall analyseras i planeringsfasen när omfattningen av ombyggnadsprojektet slutligt är definierad. Ett antal risker är identifierade under utredningsfasen där trafikpåverkan en av de större riskerna. En orsak är tillgången till depåkapacitet under ombyggnadsperioden eftersom ombyggnad sker av Älvsjödepån samtidigt som lågfrekvent underhåll skall genomföras på flottan. Vidare kommer samtidigt ett antal större infrastrukturprojekt att pågå

under perioden, bland annat Mälarbanan etapp 3, 4-spår Ostkustbanan till Uppsala, ombyggnad Stockholm central m.m. vilka kan komma att skapa inlåsningseffekter i depåerna vissa perioder och total reducerad infrastrukturkapacitet i systemet. Bristen på depåkapacitet kommer dessutom vara ett faktum på det nationella planet då en stor mängd fordon måste byggas om för att trafikera ERTMS-banor som driftsätts 2023—2027 (södra och västra stambanan). Mot bakgrund av detta har, inom ramen för ett av genomförandealternativen, en möjlighet att tillfälligt eller permanent utöka verkstadskapaciteten i pendeltågssystemet identifierats och avses utredas vidare.

Under planeringsfasen skall ett antal delsystem analyseras djupare i syfte att skapa underlag för bedömning i vilken omfattning livscykelåtgärder behöver vidtas och vid vilken tidpunkt. Vidare skall genomförandealternativen analyseras och ett slutligt alternativ skall tas fram och kostnadsbedömas tillsammans med förslag till upphandlingsinriktning som underlag för genomförandebeslut.

För att stimulera och stödja omställningen till ERTMS finns EU-bidrag att söka inom CEF – Connecting Europe Facility. Trafikverket har regeringens uppdrag att samordna dessa ansökningar nationellt. Trafikförvaltningen har för AB SL:s räkning ansökt om bidrag för ERTMS ombordutrustning under 2018 i ansökningsomgången CEF Transport blending call 2017:2. Ett besked avseende tilldelning av medel erhölls under hösten 2018.
Sverige ansökte om bidrag för totalt cirka 500 fordonsinstallationer, varav Trafikförvaltningens andel utgjorde 129 st.

Utfallet av ansökan blev ett avslag[1] för hela den Svenska delen avseende fordonsinstallationer eftersom den totala bidragsramen överskreds. Signaler har dock kommit att ytterligare möjlighet kan komma för att söka bidrag under 2020 och en ny ansökan bör då inlämnas av Trafikförvaltningen. Tidigare utlysningar av bidrag har medgett ca 50% av investeringen upp till ett definierat tak för ombordsystem, vilket för Trafikförvaltningen skulle kunna innebära ett bidrag omfattande 150 miljoner kronor.

[1] EUROPEAN COMMISSION, Innovation and Networks Executive Agency, Programme Support & Resources Department, Unit R1 – Programme Support, Coordination & Communication. Ref. Ares(2018)5255164 - 12/10/2018, Final decision on the rejection of proposal 2017-SE-TM-0081-W submitted in response to the 2017 CEF Transport call for proposals (CEF-T-2017-Blending-2)

Överväganden och motivering

Att genomföra de föreslagna åtgärderna är en förutsättning för att trafikeringen med pendeltåg ska kunna bedrivas efter 2025 på trafikverkets infrastruktur samt på ett robustare och tillförlitligare sätt. Utredningen gör bedömningen att den inriktning för omfattningen av genomförandet som förordas med ERTMS och samkörbarhet tillsammans med de övriga föreslagna åtgärderna är nödvändiga att genomföras under denna fas i fordonens livscykel, samordnat med lågfrekvent underhåll. Genom att klustra dessa åtgärder till ett ombyggnadstillfälle kan åtgärderna ske på ett koordinerat och samordnat sätt med minsta trafikpåverkan jämfört med att genomföra ombyggnader löpande.

De åtgärder som föreslås genomföras samordnat i denna ombyggnad av fordonsflottan beskrivs nedan. Åtgärderna har under utredningen noga avvägts och prioriterats utifrån ett antal urvalskriterier.

a) Tillföra förmåga att trafikera Trafikverkets ERTMS-banor med X60/A och X60 B i rätt systemversion av ETCS ombordsystem genom att utrusta X60/A och uppgradera ETCS i X60B. Denna åtgärd är tvingande för att kunna trafikera ERTMS-utrustade sträckor i pendeltågssystemet som driftsätts från 2025.

b) Tillföra förmåga till samkörbarhet mellan X60/A och X60B i syfte att öka utnyttjandegraden av fordonsflottans kilometeruttag till trafikproduktion samt tillföra ökad flexibilitet i trafikprogram och minska trafikala konsekvenser vid störningar och återställningar.
Den uppskattade nyttan med samkörbarhet kan delas upp i besparingar i form av bättre utbudsanpassning och ett minskat antal tomtransporter, och positiva effekter för resenärer i form av färre förseningsminuter, ett minskat antal operativt kortade tåg och en ökad robusthet.
Nyttan av en samkörbarhet är komplicerad att kvantifiera och är starkt kopplad till specifikt trafikprogram. För utbudet i uppdragsavtalet mellan SLL och MTR beräknas samkörbarhet på sikt leda till besparingar om 38 miljoner kronor per år, varav 95 % utgörs av undviken överproduktion mellan för- och eftermiddagsrusningen. Besparingarnas storlek beror dock i hög grad på valet av trafikprogram. Liknande besparingar kan förväntas erhållas för komplexa trafikprogram med stora mängder varierande tåglängder och ett stort antal sammanlänkande linjer. Förutsättningarna är dock att erforderlig vänd- och till och frånkopplingskapacitet finns i infrastrukturen och ett trafikprogram används som omfattar varierande tåglängder över trafikdygnet. Med ett stipulerat operativt nyttjande av X60-flottan till

2045 innebär det en total kostnadsbesparing på kring 750 miljoner kronor.

c) Genomföra viss harmonisering av förarmiljön i X60/A i syfte att anpassa den för ETCS ombordsystem, skapa bättre ergonomi och arbetsmiljö samt bidra till en högre tillförlitlighet, robusthet och säkerhet.

d) Tillföra system för automatisk trafikanträkning (ATR) på samtliga X60/A i syfte att ge utökat underlag till trafikplaneringen vilket bidrar till en robustare trafik som bättre möter efterfrågan.

e) Tillföra en fordonsövergripande stamnätsarkitektur för att möjliggöra kostnadseffektivt införande av trafikanträkningssystem (ATR) samt möjliggöra ett framtida kostnadseffektivt införande av t ex utökad passagerarinformation, utbyte av säkerhetskameror och skapa förutsättningar för införande av framtida digitala resenärsnära tjänster. Detta bidrar till en kostnadseffektiv förvaltning och framtida utveckling av fordonen samt möjliggör förmåga till ökad trygghet och service för resenärerna.

f) Genomföra nödvändiga livscykelåtgärder på fordonets tågkontrollsystem (TCMS) i syfte att säkerställa fordonens funktion efter 2025, möjliggöra samkörbarhet och harmonisering med X60B samt ge möjlighet att öka fordonens tillförlitlighet i framtiden med utökade övervakningsfunktioner vilket bidrar till en robustare trafik.

g) Om fortsatt analys påvisar behov, genomföra nödvändiga livscykelåtgärder på passagerarinformationssystemet (PIS).

Utifrån resultatet av det arbete och de analyser som har genomförts i denna utredning så rekommenderas att beslut tas att investeringsprocessen fortskrider med planering av den föreslagna inriktningen i planeringsfasen syftande till ett genomförandebeslut under 2020.

Ekonomiska konsekvenser
Detta beslut omfattar inriktningsbeslut om 33,5 miljoner kronor för objekt Samkörbarhet. Bilagd utredning har genomförts under 2018 och 2019 och utgör underlag för detta beslut. Planeringsfasen finns upptagen i Trafiknämndens budget och innebär inga utökade utgifter utöver av Regionfullmäktige beslutad budget för 2019 med planår 2020-2028 (LS 2017-1455).

Totalutgiften för Samkörbarhet och ERTMS är budgeterad till 447 miljoner i beslutad budget 2019 med planår 2020-2028 (LS 2017-1455). Trafikförvaltningen avser återkomma med underlag för genomförandebeslut och kalkylerad totalutgift när planeringsfasen är genomförd.

Objektet beräknas vara klart med garantiperiod 2026 där det största arbetet och ekonomiska utfallet beräknas ske 2020-2024.

Riskbedömning
Utredningen har genomfört ett antal riskanalyser och där identifierat ett antal övergripande risker för planering och genomförande.

De största effektriskerna är:

- En utebliven eller försenad ERTMS-ombyggnad av fordonen riskerar att leda till utebliven trafikering på de driftsatta ERTMS-sträckorna på Trafikverkets infrastruktur.
- En försening eller förändring av planeringen i Trafikverkets utbyggnad av ERTMS-sträckorna i regionen kan innebära att den planerade investeringen i flottan är genomförd lång tid i förväg. Detta kan medföra behov av systemuppgraderingar på fordonen.
- En utebliven medfinansiering från EU/CEF medför ökade kostnader för ERTMS-ombyggnaden.
- En utebliven samkörbarhetsombyggnad ökar kilometeruttaget på fordonsflottan och minskar möjligheterna av att införa flexiblare trafikutbud över dygnet. Detta i sin tur ökar risken att tänkta trafikökningar uteblir eller måste senareläggas.
- Uteblivna livscykelåtgärder kommer att medföra lägre tillgänglighet på flottan och succesivt leda till fler avställda fordon och med det en risk för en påtaglig trafikpåverkan.

De största riskerna under genomförandefasen är:

- Eftersom ombyggnaden av fordonsflottan kommer att ske samtidigt med lågfrekvent underhåll och en viss trafikökning jämfört med dagens trafik samtidigt som depåkapaciteten kommer vara reducerad i Älvsjö finns påtagliga risker för fordonsbrist och trafikpåverkan. Därav är det av yttersta vikt att genomförandeprojektet med leverantörer är organiserat på ett väl integrerat sätt med den operativa trafikdriften.
- Risken för verkstadskapacitetsbrist i depå är påtaglig under delar av ombyggnadsperioden vilket ställer noggranna krav på planering och

analys av behovet samt erforderliga åtgärder för att säkerställa kapaciteten under genomförandeperioden.
- Risk för sena förändringar/beslut från projektets beställarorganisation kan leda till förseningar och ökade kostnader.
- Otydliga ansvarsgränser och intressekonflikter mellan SL, trafikutövaren och leverantören kan leda till förseningar och ökade kostnader.

Konsekvenser för miljön
Den föreslagna inriktningen omhändertar identifierade brister i miljön som:
- Förbättrad arbetsmiljö kopplat mot förarmiljö och personsäkerhet
- Energibesparingar genom minskade tomkörningskilometrar

Arbete med att identifiera miljökonsekvenser för genomförandet kommer att ske under planeringsfasen.

Sociala konsekvenser
Arbete med att identifiera sociala konsekvenser för genomförandet kommer att ske under planeringsfasen.

Caroline Ottosson
Förvaltningschef

Jens Plambeck
Chef Strategisk utveckling

Trafikförvaltningen
STOCKHOLMS LÄNS LANDSTING

Veksamhetsstyrning och ekonomi
Verksamhetsstyrning och uppföljning
Central styrning

Handläggare
Anna-Maria Nordman
070-786 3624
anna-maria.nordman@sll.se

KALKYL
2018-05-23
Version 1.4

Kalkyl inför investeringsbeslut

Syftet med detta dokument är att fungera som kalkylunderlag inför beslut om finansiering av projekt. Dokumentet ingår som en del av Ekonomihandboken under avsnitt "Investeringar".

För instruktioner kring användandet av kalkylmallen hänvisas till dokumentet "Instruktion för kalkyl inför investeringsbeslut", Ekonomihandboken alternativt kontakta handläggaren enligt kontaktuppgifter ovan.

Länk till instruktion: **Ekonomihandboken**

Observera att vid initiering av ett beslutat projekt så ska den för detta avsedda **projektregistreringsblanketten** användas. Denna blankett hittas som mall bland trafikförvaltningens

2. Information

Program (namn)	Samkörbarhet	
Program (nummer)	30034	
Huvudprojekt (namn)	Samkörbarhet	
Huvudprojekt (nummer)	10336	
Projekt (namn)	Samkörbarhet och ERTMS	
Projekt (nummer)	502014	
Ärendenummer för beslut - Utredning	LS 2018-0724	
Ärendenummer för beslut - Planering		
Ärendenummer för beslut - Genomföran		

Observera att vid initiering av ett beslutat projekt så ska den för detta avsedda projektregistreringsblanketten användas. Denna blankett hittas som mall bland trafikförvaltningens Excel-mallar i menyn ovan.

För instruktioner kring användandet av kalkylmallen hänvisas till dokumentet "Instruktion för kalkyl inför investeringsbeslut", Ekonomihandboken alternativt kontakta handläggaren enligt kontaktuppgifter ovan.

Länk till instruktion: **Ekonomihandboken**

3. Utredning (Fas 10)

Program: Samkörbarhet
Huvudprojekt: Samkörbarhet
Projekt: Samkörbarhet och ERTMS
Ärendenr: LS 2018-0724

Kalkylår	2018

Investeringar exkl. index (tkr)	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	**2026**	**2027**	**Totalt**
Timkostnad	2 000										2 000
Köpta utredningstjänster	1 500										1 500
											0
											0
											0
Total exkl. index	**3 500**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**3 500**
Indexprognos	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	
Totalt indexpåslag (%)	100%	103%	106%	109%	113%	116%	119%	123%	127%	130%	
Total investeringar inkl. index	**3 500**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**3 500**

Kostnader exkl. index (tkr)	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	**2026**	**2027**	**Totalt**
[Kostnadspost]											0
											0
											0
											0
											0
Total exkl. index	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
Indexprognos	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	
Totalt indexpåslag (%)	100%	103%	106%	109%	113%	116%	119%	123%	127%	130%	
Total kostnader inkl. index	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**

Total beslut inkl. index	**3 500**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**3 500**

Kalkyl utförd av: Ole Robertsson

Kommentarer

4. Planering (Fas 20)

Program: Samkörbarhet
Huvudprojekt: Samkörbarhet
Projekt: Samkörbarhet och ERTMS
Ärendenr: 0

Kalkylår	2019

Investeringar exkl. index (tkr)	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	**2026**	**2027**	**2028**	**Totalt**
TF projektkostnader	3 000	9 000									12 000
TU och extern leverantör	4 500	16 243									20 743
											0
											0
											0
Total exkl. index	**7 500**	**25 243**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**32 743**
Indexprognos	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	
Totalt indexpåslag (%)	100%	103%	106%	109%	113%	116%	119%	123%	127%	130%	
Total investeringar inkl. index	**7 500**	**26 000**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**33 500**

Kostnader exkl. index (tkr)	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	**2026**	**2027**	**2028**	**Totalt**
[Kostnadspost]											0
											0
											0
											0
											0
Total exkl. index	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
Indexprognos	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	
Totalt indexpåslag (%)	100%	103%	106%	109%	113%	116%	119%	123%	127%	130%	
Total kostnader inkl. index	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**

Total beslut inkl. index	**7 500**	**26 000**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**33 500**

Kalkyl utförd av: Jon Malmström

Kommentarer

Trafikförvaltningen
STOCKHOLMS LÄNS LANDSTING

Sammanfattning

Alla belopp i tusen kronor

Program	Samkörbarhet
Huvudprojekt	Samkörbarhet
Projekt	Samkörbarhet och ERTMS

Fas 10 - Utredning

Beslut

Kalkylår	
Investeringar	
Kostnader	
Utredningsbeslut	**0**

Nominella värden

Kalkyl utförd av: Ole Robertsson

Tidigare beslut

Investeringar	3 500
Kostnader	
Totala utgifter	**3 500**

Nominella värden

Utfall

Investeringar	346
Kostnader	
Totala utgifter	**346**

Nominella värden

Fas 20 - Planering

Beslut

Kalkylår	2019
Investeringar	33 500
Kostnader	0
Planeringsbeslut	**33 500**

Nominella värden

Kalkyl utförd av: Jon Malmström

Tidigare beslut

Investeringar	
Kostnader	
Totala utgifter	**0**

Nominella värden

Utfall

Investeringar	346
Kostnader	
Totala utgifter	**346**

Nominella värden

Totalt alla faser

Beslut

Utredning	0
Planering	33 500
Genomförande	0
Total utgift	**33 500**

Nominella värden

Tidigare beslut

Utredning	3 500
Planering	0
Genomförande	0
Total utgift	**3 500**

Nominella värden

Strategisk Utveckling
Trafik och infrastrukturutveckling

RAPPORT
2019-03-13
Version 1

Ärende/Dok. id.
SL 2018-0133

Infosäk. klass
K1 (Öppen)

Handläggare
Robert Lagnebäck
+46707861965
robert.lagneback@sll.se

Rapport utredningsfas Pendeltågsfordon X60 – samkörbarhet, ERTMS och livscykelåtgärder



Innehållsförteckning

1 SAMMANFATTNING 4

BAKGRUND 4
ÖVERVÄGANDEN OCH MOTIVERING 5

2 FÖRKORTNINGAR 6

3 BAKGRUND, UPPDRAG, FÖRUTSÄTTNINGAR OCH METOD 8

3.1 BAKGRUND 8
3.2 STUDIENS UPPDRAG 9
3.3 FÖRUTSÄTTNINGAR OCH STYRANDE DOKUMENT 10
3.4 METOD 13
3.5 AVGRÄNSNINGAR OCH ANTAGANDEN 15

4 MÅL, UTVÄRDERINGSPARAMETRAR OCH KRAV 16

4.1 ÖVERGRIPANDE MÅL 16
4.2 EFFEKTMÅL 17
4.3 KRAVOMRÅDEN 17

5 NULÄGESANALYS AV FORDONSFLOTTAN 19

5.1 INLEDNING 19
5.2 ANALYS AV BEFINTLIGA DELSYSTEM 19
5.3 RESULTAT OCH SLUTSATS ANALYS AV BEFINTLIGA DELSYSTEM 36

6 BEHOV AV ÅTGÄRDER INTILL 2025 38

6.1 SIGNAL/TÅGSKYDDSSYSTEM - ERTMS 38
6.2 SAMKÖRBARHET 44
6.3 TRAFIKANTRÄKNINGSSYSTEM – ATR 47
6.4 TÅGRADIO – FRMCS 52

7 GENOMFÖRBARHET 53

7.1 INLEDNING 53
7.2 KRAV PÅ ETT GENOMFÖRANDE 53
7.3 OPERATIVA FÖRUTSÄTTNINGAR 53
7.4 SAMORDNING MED LÅGFREKVENT UNDERHÅLL 54
7.5 GENOMFÖRANDESCENARIER 56
7.6 TIDPLAN 57
7.7 RISKER OCH MÖJLIGHETER 57
7.8 ORGANISATION 58
7.9 SAMMANFATTNING 58

7.10 BEHOV AV FORTSATT ARBETE I PLANERINGSFASEN 59

8 EKONOMISKA KONSEKVENSER 60

9 SOCIALA KONSEKVENSER 60

10 KONSEKVENSER FÖR MILJÖN 60

11 DISKUSSION OCH SLUTSATSER 61

11.1 FORDONSFLOTTANS STATUS 61
11.2 BEHOV AV ÅTGÄRDER 62
11.3 GENOMFÖRBARHET 64

12 REFERENSER 65

1 Sammanfattning

Bakgrund
Införandet av ERTMS är en tvingande åtgärd för samtliga fordonsägare som trafikerar det nationella järnvägsnätet. För pendeltågstrafiken i Stockholms och angränsande län innebär detta att samtliga fordon måste vara ombyggda senast vid utgången 2024. Mot bakgrund av detta fattades ett utredningsbeslut att genomföra en utredning (LS 2018-0078). Utredningen omfattade analys och förslag till genomförande av ombyggnadsåtgärder och införande av nytt signalsäkerhetssystem ERTMS på pendeltågsflottan samt samkörbarhet mellan fordonsgenerationer (X60/X60A respektive X60B). Utredningen har även identifierat vilka samtidiga underhålls- och upprustningsåtgärder som kan utföras eftersom fordonen kommer att vara avställda under åtgärdstiden.
De åtgärder som utretts är sådana som positivt påverkar trafiktätheten, passagerarnyttan och robustheten för pendeltågstrafiken samt åtgärder som är nödvändiga för att säkerställa fordonens planerade livslängd. Ombyggnationen avses även i största möjliga mån samplaneras med lågfrekventa stora underhållsåtgärder för att minimera påverkan på fordonsutsättningen.

Utredningen har genomfört en omfattande nulägesanalys av fordonsflottan med fokus på de äldre X60/A ur ett antal perspektiv. Resultaten av analysen påvisar att flottan i nuläget presterar godtagbart men att utnyttjandegraden kan ökas. Vidare har ett antal delsystem, eller komponenter i delsystem identifierats vara obsoleta/ha uppnått sin tekniska livslängd, vilket behöver omhändertas både i den löpande förvaltningen av flottan och inom ramen för en ombyggnad.

Utredningen har även identifierat ett antal genomförandealternativ vilka ytterligare skall analyseras i planeringsfasen när omfattningen av ombyggnadsprojektet slutligt är definierad. Ett antal risker är identifierade under utredningsfasen där trafikpåverkan en av de större riskerna. En orsak är tillgången till depåkapacitet under ombyggnadsperioden eftersom ombyggnad sker av Älvsjödepån samtidigt som lågfrekvent underhåll skall genomföras på flottan. Vidare kommer samtidigt ett antal större infrastrukturprojekt att pågå under perioden, bland annat Mälarbanan etapp 3, 4-spår Ostkustbanan till Uppsala, ombyggnad Stockholm central m.m. vilka kan komma att skapa inlåsningseffekter i depåerna vissa perioder och total reducerad infrastrukturkapacitet i systemet. Bristen på depåkapacitet kommer dessutom vara ett faktum på det nationella planet då en stor mängd fordon måste byggas om för att trafikera ERTMS-banor som driftsätts 2023—2027 (södra och västra stambanan). Mot bakgrund av detta har, inom ramen för ett av

genomförandealternativen, en möjlighet att tillfälligt eller permanent utöka verkstadskapaciteten i pendeltågssystemet identifierats och avses utredas vidare.

Under planeringsfasen skall ett antal delsystem analyseras djupare i syfte att skapa underlag för bedömning i vilken omfattning livscykelåtgärder behöver vidtas och vid vilken tidpunkt. Vidare skall genomförandealternativen analyseras och ett slutligt alternativ skall tas fram och kostnadsbedömas tillsammans med förslag till upphandlingsinriktning som underlag för genomförandebeslut.

Överväganden och motivering
Att genomföra de föreslagna åtgärderna är en förutsättning för att trafikeringen med pendeltåg ska kunna bedrivas efter 2025 på trafikverkets infrastruktur samt på ett robustare och tillförlitligare sätt. Utredningen gör bedömningen att den inriktning för omfattningen av genomförandet som förordas med ERTMS och samkörbarhet tillsammans med de övriga föreslagna åtgärderna är nödvändiga att genomföras under denna fas i fordonens livscykel, samordnat med lågfrekvent underhåll. Genom att klustra dessa åtgärder till ett ombyggnadstillfälle kan åtgärderna ske på ett koordinerat och samordnat sätt med minsta trafikpåverkan jämfört med att genomföra ombyggnader löpande.

De åtgärder som föreslås genomföras samordnat i denna ombyggnad av fordonsflottan har under utredningen noga avvägts och prioriterats utifrån ett antal urvalskriterier. Det åtgärder som rekommenderas utöver ett harmoniserat införande av ERTMS är samkörbarhet, passagerarräkningssystem, fordonsövergripande nätverk samt livcykelåtgärder på fordonets tågkontrollsystem. Det har även i ett sent skede identifierats ett behov av åtgärder på fordonets passagerarinformationssystem vilket kommer utredas vidare i planeringsfasen.

Utifrån resultatet av det arbete och de analyser som har genomförts i denna utredning så rekommenderas att beslut tas att investeringsprocessen fortskrider med planering av den föreslagna inriktningen i planeringsfasen syftande till ett genomförandebeslut under 2020.

2 Förkortningar

Förkortning	Betydelse
AGATE	Advanced Generic Alstom Transport Electronics
AGTU	Huvudkompressor
AT	Alstom Rolling stock
ATC	Automatic Train Control
ATR	Automatisk TrafikantRäkning
AU	Avhjälpande Underhåll
CEF	Connecting Europe Facility
DeBo	Utsedda organ, Designated Body, i Sverige Transportstyrelsen
DMI	Drivers management interface, ETCS-displayen i förarhytten
DSD	Driver safety device, dödmansgrepp
ED-broms	Elektro-Dynamisk Broms
EMC	Elektromagnetisk kompabilitet (Electromagnetic compatibility)
EPAC	Electro Pneumatic Advanced Control - Bromskontrollenhet
ERA	European Railway Agency
ERTMS	European Rail Traffic Management System
ETCS	Ombordutrustning ERTMS
EUP	Ej utförd produktion
EVC	European Vehicle computer
FRMCS	Ny tågradio, Future Railway Mobile Communication System
FU	Förebyggande Underhåll
GSM-R	Tågradio
HVAC	Klimatanläggning
ISA	Independent safety asessor
LCC	Life Cycle Cost
LSC	Life Support Cost
NoBo	Anmält organ, (Notified Body)
PIS	Passagerarinformationssystem
RUFS	Regional Utvecklingsplan för Stockholmsregionen
STM	Specific Transmission Module
TCMS	Train Control Monitoring System
TSD	Tekniska Specifikationer för Driftskompatibilitet

TSD CCS	Trafikstyrning och signalering
TSD LOC&PAS	Lok och passagerarfordon
TSD NOI	Buller
TSD PRM	Tillgänglighet för funktionshindrade
TSD SRT	Säkerhet i järnvägstunnlar
UH	Underhåll

3 Bakgrund, uppdrag, förutsättningar och metod

3.1 Bakgrund

Trafikförvaltningens pendeltågsflotta består idag av 129 st pendeltågsfordon av typen Coradia Nordic X60, X60A och X60B. Fordonen är levererade av Alstom och leveransavtalet tecknades 2002. Leveransen av fordon inleddes 2006 och kom att omfatta 71 st X60. Inför trafikstarten av Uppsalatrafiken utlöstes 2010 en option omfattande ytterligare 12 st fordon av den snarlika typen X60A. 2012 tecknades ett avtal med Alstom avseende leverans av ytterligare 46 st fordon av typ X60B för att ersätta X10-fordonen, säkerställa trafikeringen i Citybanan samt möjliggöra ett utökat trafikutbud. Se tabell 1.

Översikt X60-flottan			
Serie	Fordonsnummer	Leverans	Kommentar
X60	X6001-X6071	2005–2006	
X60A	X6072-X6083	2012	Små skillnader mot X60
X60B	X6084-X6129	2016–2018	Anpassad till TSD PRM, TSD CCS (ETCS), TSD NOI samt TSD SRT

Tabell 1. Översikt pendeltågsflottan

Med ambitionen att fram till 2025 successivt utöka trafikutbudet i pendeltågsnätet i takt med att järnvägsinfrastrukturen byggs ut krävs det att fordonsflottan förvaltas väl så att den kan utnyttjas optimalt med hög tillgänglighet. År 2025 kommer 70 % av flottan att ha uppnått halva sin tekniska livslängd och erfarenhetsmässigt behöver då vissa åtgärder genomföras för att säkerställa en god tillgänglighet till dess att fordonen har uppnått sin planerade (dimensionerande) tekniska livslängd om 30 år. Med den ambition och prediktering som i dagsläget finns avseende trafikökning kommer dagens fordonsflotta behöva utökas genom anskaffning av en ny generation fordon. Den exakta tidpunkten då fler fordon behövs är idag ej känd då den beror på en mängd faktorer såsom trafikökning, kapacitet i infrastrukturen och befolkningstillväxt, men en nulägesbedömning är att tidpunkten infaller kring år 2025-2028. Den av förvaltningschefen initierade systemanalysen för pendeltågssystemet kan komma att ge ytterligare klarhet i denna fråga.

Trafikförvaltningen har identifierat behov av ett antal åtgärder inom ett 10-årsperspektiv som styrs av myndighetskrav och är tvingande; nytt signalsystem ERTMS och nytt kommunikationssystem (tågradio) för järnvägen FRMCS . Vidare finns ett starkt incitament för att kunna använda en större del av fordonsflottan i trafiken i förhållande till tid för underhållsåtgärder och

stillestånd. Detta kan ske framförallt genom ett väl planerat och optimerat underhåll samt genom ett effektivt trafikalt utnyttjande av fordonsflottan. Ett hinder för det sistnämnda är det faktum att X60 och X60A i dagsläget ej är samkörbara med de modernare X60B, vilket bidrar till en lägre nyttjandegrad och till en högre kostnad.

Tidigare utredningar och analyser har pekat på att det finns stora vinster ur ett flertal perspektiv att samordnat genomföra nödvändiga modifieringar och ombyggnader. Installationerna av ERTMS och samkörbarhet är tämligen omfattande och bedöms ta 3 veckor per fordon. För att minimera trafikal påverkan under installationsperioden om 3-4 år för flottan bör dessa installationer så långt det är möjligt koordineras med övriga nödvändiga åtgärder. Med anledning av detta bör det samlade behovet av åtgärder identifieras, beslutas och genomföras samordnat.

3.2 Studiens uppdrag

Utredningens huvudsakliga uppdrag har sammanfattningsvis varit att:

- Analysera behov, alternativ och föreslå åtgärder för införande av europeiskt signalsäkerhetssystem ERTMS.
- Analysera nyttor och kostnader samt föreslå tekniska lösningar för en samkörbar fordonsflotta i syfte att öka utnyttjandegraden av fordonen samt medge flexiblare trafikeringsprogram och öka förmågan till störningsåterställning.
- Analysera utförd trafikproduktion och fordonsutsättning i syfte att identifiera eventuella tekniska brister i fordonen och ge förslag på åtgärder som kan förbättra trafikproduktionen med ett effektivare utnyttjande av fordonsflottan.
- Identifiera och analysera X60-flottans tekniska status och identifiera det samlade behovet av övriga åtgärder ur ett livscykelperspektiv samt föreslå de åtgärder som är mest fördelaktiga att genomföra samordnat med ERTMS- och samkörbarhetsombyggnaden ur ett ekonomiskt och trafikalt perspektiv.
- Sammanställa behoven av periodiskt förebyggande underhåll och översyner fram till och med 2025, analysera och föreslå samordnat genomförande med en ERTMS- och samkörbarhetsombyggnad.
- Identifiera det totala åtgärds-/ombyggnadsbehovet i syfte att generera huvudalternativ för genomförandet med avseende på behov av depåkapacitet som underlag för det fortsatta utredningsarbetet.

- Ta fram underlag för genomförandealternativ i planeringsfasen inklusive tidplan, kostnadsbedömningar och riskbedömningar.
- Ta fram underlag för inriktningsbeslut och sammanställa behov av fortsatt utredningsarbete budget.
- Samordna genomförandet med nuvarande trafikutövare i överensstämmelse med E24-avtalet.

En tillkommande uppgift har varit att kartlägga befintligt trafikeringsavtal E24 med trafikutövaren för att klarlägga förvaltningsansvaret och hitta gränssnitt mellan uppgradering och ordinarie underhållsansvar för X60.

Utredningen har genomförts av Strategisk utveckling, sektion trafik- och infrastrukturutveckling i samverkan med Trafikavdelningen, sektion järnväg. Vidare har MTR Pendeltågen medverkat i sin roll som trafikutövare samt Alstom Rolling Stock i rollen som fordonsleverantör.

3.3 Förutsättningar och styrande dokument

3.3.1 Förutsättningar

Vid upphandling och konstruktion av X60 specificerades dimensionerande teknisk livslängd till 30 år vid en årlig körsträcka om 180 000 km. Fordonen ska då teoretiskt fasas ut 2036-2046. Utfallsmässigt, historiskt, brukar spårfordon inom SL-trafiken vara i bruk längre än ursprungligt specificerat och tidpunkt för när X60 ska ersättas är ännu inte fastställt. X60 upplevs idag fortfarande som ett modernt fordon med mycket bra komfort. De första fordonen når sin halva teoretiska livslängd runt år 2021.

I och med att trafikeringen till Uppsala startade så ökade fordonens kilometerförbrukning under perioden 2010 till 2016 till 215 000 km per år. Den äldre fordonstypen X10 började utrangeras/skrotas för att ersättas av 26 st X60B. För att täcka en framtida trafikökning så utökades fordonsflottan med ytterligare 20 st X60B (vilket motsvarar 40 st X10). Utökningen i sin tur har inneburit att kilometerproduktionen 2018 sjunkit dramatiskt till c:a 155 000 km per fordon och år.

För en översikt av flottans livscykel, se Tabell 2. X60-flottans livscykel.

X60	Period
Specifierad livscykel	30 år
Driftsättning av nya fordon	2006-2016
Teoretisk livslägd	2036-2046
Teoretisk midlife	2020-2030
Planerad uppgradering	2022-2025
Bedömd livslängd	40-50 år
Trolig utfasningsperiod	2045+

Tabell 2. X60-flottans livscykel

3.3.2 *Påverkande faktorer*

Det finns ett flertal styrande och vägledande måldokument som förstudien beaktat i arbetet med att kartlägga krav och behov för uppgradering av X60.

3.3.2.1 *Interna styrande dokument*

Följande styrande dokument har identifierats som relevanta för utredningsarbetet:

Trafikförvaltningens trafiksäkerhetspolicy

En god arbetsmiljö bidrar till att förare och annan personal arbetar på ett sätt som är säkert för så väl resenärer som personal. Arbetsmiljön skall därför utformas på ett sätt som ger personalen bästa möjliga förutsättningar.
Förarens arbetsmiljö skall avseende värme och ventilation, ergonomi, reglage och instrumentering, sikt och sikthjälpmedel ut och invändigt, etc. vara utformad på ett sådant sätt att misstag undviks.
Fordon som används i SL-trafiken skall ha audiovisuella system för att kunna informera resenärer och personal om säkerhetsrelaterade händelser i trafiken.
Fordon och fordonets tekniska system skall utformas för att minst uppfylla, vid var tid, gällande säkerhetskrav och skall då säkerhetsbrister påvisas, utvecklas mot högre säkerhet för resenärer och personal.

E24 - Uppdragsavtal avseende pendeltågsverksamheten i Stockholms län

Trafikförvaltningen har ett omfattande uppdragsavtal med trafikoperatören MTR Pendeltågen som bl.a. omfattar fordonsunderhåll och förvaltning av X60. En uppgradering av fordon har flera kopplingar till underhåll och trafikdrift av fordonen. I den fördjupade förstudien behöver en gemensam plan tas fram med MTR Pendeltågen för bästa samverkan kring uppgradering och underhåll.

I uppdragsavtalet med MTR Pendeltågen möjliggörs uppgraderingsarbete inom ramen för avtalet, om parterna så finner lämpligt. Denna möjlighet kommer den fördjupade studien att beakta och utreda. I vissa fall kan en uppgradering bli föremål för delat kostnadsansvar och ska då regleras mellan parterna.

Alstom Rolling Stock (AT) är fordonsleverantör av X60 och är därför en viktig partner i fortsatt vidmakthållande, utveckling och uppgradering av fordonen över dess livslängd. I dagsläget finns inget avtal med fordonsleverantören avseende systemstöd över livscykeln.

Både MTR Pendeltågen och Alstom är potentiella anbudsgivare om trafikförvaltningen väljer att upphandla olika uppgraderingsarbeten. I trafikförvaltningens affärsstrategi förespråkas ökat ansvar till leverantören om det leder till att trafikförvaltningens mål uppnås.

För nuvarande uppdragsavtal E24 i pendeltågstrafiken som omfattar åren 2016 – 2024 med eventuell option till 2030, finns följande övergripande målområden beskrivna:

- Kundnöjdhet
- Punktlighet
- Minskade stopp i trafiken
- Minskat antal inställda turer

3.3.2.2 Externa styrande dokument och förutsättningar

I utredningsarbetet har en mängd styrande dokument och förutsättningar beaktats, nedan redovisas ett urval:

- Nationell plan för infrastruktur
- Trafikverkets genomförandeplan 2018-2023
- Trafikverkets utbyggnadsplan för ERTMS
- Trafikverkets pågående utredningar och projekt som påverkar t. ex åtgärdsvalsstudie pendeltåg för Storstockholm

3.3.2.3 Inom TF pågående utredningar och projekt

- Systemanalys pendeltågssystemet
- Älvsjödepåns ombyggnad
- System för automatisk trafikanträkning
- Utveckling av framtida trafikinformation

3.3.2.4 Lagar och förordningar

- Järnvägslagen och järnvägsförordningen
- 4:e järnvägspaketet. Transportstyrelsen håller på att ta fram ett antal nya föreskrifter med anledning av införandet av det fjärde järnvägspaketet i svensk lag.

3.3.2.5 TSD (Tekniska Specifikationer för Driftskompatibilitet)

En viktig princip i driftskompatibilitetsdirektivet och järnvägstekniklagen är att både fasta installationer och fordon ska godkännas innan de tas i bruk eller släpps ut på marknaden. För godkännande krävs bland annat en EG-kontrollförklaring vilken bygger på att en bedömning av överensstämmelse har gjorts för dels de europeiska kraven som återfinns i olika Tekniska Specifikationer för Driftskompabilitet (TSD), dels för de nationella reglerna. Enkelt uttryckt kan sägas att det finns krav som är EU-gemensamma och gäller för alla medlemsstater. Det finns också nationella krav som inte ryms inom TSD och därför hanteras på nationell nivå i respektive land.

- TSD PRM, Tillgänglighet för funktionshindrade
- TSD CCS ,Trafikstyrning och signalering (ERTMS)
- TSD NOI, Buller
- TSD SRT, Säkerhet i järnvägstunnlar
- TSD LOC&PAS, Lok och passagerarfordon

3.3.2.6 Övriga interna faktorer som påverkar

Utredningsarbetet har bedrivits med hänsyn till en rad påverkande faktorer. Eftersom den planerade ombyggnaden kommer att ske under ett antal år med hög trafikutsättning i förhållande till flottans storlek, en samtidig period med lågfrekvent underhåll samt Älvsjödepåns ombyggnad så har dessa faktorer varit dimensionerande i utredningsarbetet för att planera ett genomförande med minimal trafikpåverkan och störningar. Vidare har samverkan skett med pågående systemanalys pendeltåg.

3.4 Metod

Utredningsprojektet har bestått av personal från Trafikförvaltningen som lett och genomfört utredningsarbetet.
Efter att ha definierat de olika utredningsbehoven har externa parter getts i uppdrag att stödja utredningsarbetet med analyser vilka redovisas nedan.

En nyttoanalys för samkörbarhet har genomförts av MTR Pendeltågen i syfte att identifiera nyttor och kvantifiera dessa i form av kostnadsbesparingar och andra effekter av en samkörbar fordonsflotta.

För att kunna dimensionera och utreda genomförbarhet har ett uppdrag getts till fordonsleverantören i syfte att djupare utreda och föreslå tekniska lösningar för samkörbarhet och ERTMS. Dessa har sedan gett underlag för operativ måluppfyllelse för effektbedömning av samkörbarhet, kostnadsbedömningar samt tidsuppskattning för installationer.

Ett ytterligare uppdrag har getts till MTR Pendeltågen och fordonsleverantören Alstom för operativa och tekniska analyser med rapporter omfattande:

- Teknisk nulägesbedömning av fordonsflottan – fordonen med dess delsystem.
- Analys av historiska trafikhändelser (förseningar, inställd trafik mm.) och sammanlänkning till avhjälpande underhållsåtgärder
- Inhämtande av resenärsåsikter avseende fordonen genom Pendelpanelen
- Analys av behov av verkstadsspårkapacitet för genomförandet samt i förhållande till kommande operativ verksamhet under ombyggnadsfasen
- Analys av kostnader för underhåll kopplat till delsystem, samt inflöde av skador med hög prioritet och där avhjälpande underhåll tar lång tid
- Visuell statusbesiktning av två X60-fordon
- Inhämtning av förarerfarenheter
- Erfarenhetsintervjuer med C20-projektet

Ytterligare metodbeskrivningar går att finna i respektive kapitel i rapporten.

Under utredningsfasen har ett större antal förbättringsåtgärder identifierats och föreslagits att genomföras på fordonsflottan. För bedöma och prioritera samt avgränsa förbättringsförslagen har två workshops genomförts internt på Trafikförvaltningen med berörda affärsförvaltare och andra intressenter.

Följande urvalskriterier har använts för de övriga förbättringsåtgärderna:

- Åtgärden stora synergieffekter eller utgöra förutsättningar för en ERTMS och samkörbarhetsombyggnad.
- Åtgärden skall vara av en sådan art att den passar in i ett tänkt produktionsflöde.
- Åtgärden skall finansieras av Trafikförvaltningen.

- Åtgärden bedöms inte behövas genomföras tidigare inom ramen för ordinarie fordonsförvaltning.
- Åtgärden är tvingande på grund av tekniska begränsningar, livslängd eller obsolescens.

3.5 Avgränsningar och antaganden

Följande avgränsningar och antaganden har gjorts i utredningsfasen:

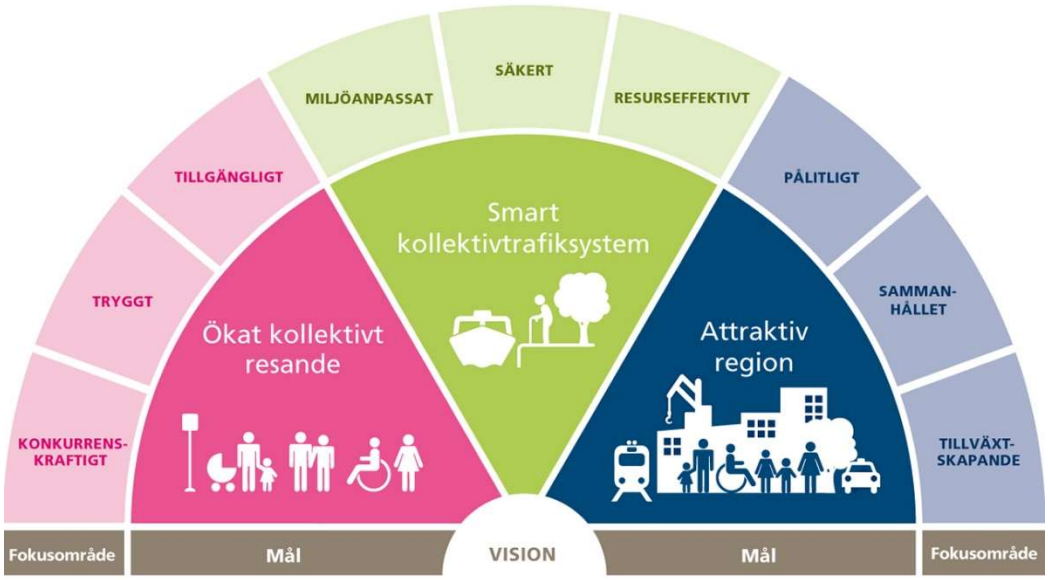
- I utredningsfasen skall omfattningen avgränsas till ETMS, samkörbarhet, samt identifiering av nödvändiga åtgärder som bör genomföras i samband med en ombyggnad av fordonen. Övriga nödvändiga åtgärder skall omhändertas inom ramen för ordinarie fordonsförvaltning och utveckling.
- Utredningen har utgått ifrån nationell plan för infrastruktur samt Trafikverkets genomförandeplan när det gäller utbyggnadsplaner för järnvägsinfrastrukturen och ERTMS. Vidare har dialog förts med Trafikverkets ERTMS-projekt för att få tillgång till mer detaljerad information avseende utbyggnadsplanen.
- Utredningen har utgått ifrån trafikprogram och fordonsutsättning som maximalt uppgår till 111 av 129 fordon under projektgenomförandet.
- Som underlag till nytto- och livscykelanalyserna har ett antagande har gjorts avseende fordonsflottans verkliga livslängd att de äldsta fordonen bedöms avvecklas från ca 2045.
- Som underlag för nyttoanalyser för samkörbarhet har det dimensionerande trafikprogrammet i E24 uppdragsavtal använts som referens.

4 Mål, utvärderingsparametrar och krav

4.1 Övergripande mål

Det regionala trafikförsörjningsprogrammet för Stockholms län är regionens viktigaste styrdokument för kollektivtrafikens utveckling. Syftet med programmet är att fastställa långsiktiga mål för den regionala kollektivtrafiken. Målen pekar ut den strategiska inriktningen för landstingets och andra aktörers arbete inom området, och styr mot den gemensamma visionen enligt den regionala utvecklingsplanen (RUFS), det vill säga att Stockholmsregionen ska vara *Europas mest attraktiva storstadsregion*.

Trafikförsörjningsprogrammet har tre övergripande mål: *Ökat kollektivt resande*, *Smart kollektivtrafiksystem* och *Attraktiv region*. Målen beskriver övergripande vad som ska kännetecknas kollektivtrafiken i Stockholms län år 2030. Varje mål preciseras i tre fokusområden, se Figur 1 nedan.



Figur 1. Trafikförsörjningsprogrammets övergripande mål

4.2 Effektmål

Följande effektmål är definierade:

a) Tillföra förmåga att trafikera Trafikverkets ERTMS-banor med fordonsflottan. Denna åtgärd är tvingande för att kunna trafikera ERTMS-utrustade sträckor i pendeltågssystemet som driftsätts från 2025. Åtgärden bidrar till att öka säkerheten och kan på sikt öka kapaciteten vilket bidrar till ett smart kollektivtrafiksystem.

b) Tillföra förmåga till samkörbarhet mellan X60/A och X60B i syfte att öka utnyttjandegraden av fordonsflottan samt tillföra ökad flexibilitet i trafikplaneringen och minska trafikala konsekvenser vid störningar och återställningar. Detta bidrar till en högre resurseffektivitet, ett ökat resande och ett smart kollektivtrafiksystem.

c) Identifiera och prioritera samt eventuellt genomföra ett antal nödvändiga åtgärder som är lämpliga att samordna med ombyggnaden på fordonsflottan i syfte att säkerställa att fordonsflottan, med en fortsatt aktiv fordonsförvaltning, kan användas resurseffektivt med en hög tillgänglighet till 2045. Detta bidrar till en pålitlig pendeltågstrafik och en attraktiv region.

d) Tillföra utökat antal system för automatisk trafikanträkning (ATR) på pendeltågsflottan i syfte att ge utökat underlag till trafikplaneringen vilket bidrar till en robustare trafik med bättre resursutnyttjande och som bidrar till att möta efterfrågan på ett smart kollektivtrafiksystem.

e) Planera genomförandet av ombyggnaden på ett sätt så att den kan genomföras inom given tidsram, med hög kvalitet och på ett resurseffektivt sätt samtidigt som den skall genomföras med minsta möjliga trafik- och resenärspåverkan.

4.3 Kravområden

Nedan tydliggörs vilka av Trafikförvaltningens riktlinjer som anses tillämpbara för kommande skeden i investeringsprocessen. Samtliga riktlinjer som finns tillgängliga på intranätet (2019-04-01) har inventerats inom projektet. I Tabell 3 nedan listas de riktlinjer som är applicerbara på detta projekt.

Riktlinje	Kommentar
Brandskydd i byggnad, anläggning och fordon	Kravställer brandskyddskrav på bl a fordon som används i Trafikförvaltningens alla verksamheter.
Buller & vibrationer	Kravställer utformning och gränsvärden, påverkar primärt utredningsstudien och genomförandeprojektet.
Fordon	Kravställer funktionella och tekniska krav och mål som ska/bör ställas på ett fordonskoncept i förhållande till gällande krav och förutsättningar samt Trafikförvaltningens övergripande strategier och utvecklingsplaner.
Informationssäkerhet inom trafikförvaltningen	Kravställer primärt informationshantering i projektet samt om uppkopplade IT-system utvecklas eller nyanskaffas.
Inköp av varor och tjänster	Övergripande riktlinje för inköp
IT-arkitektur	Kravställande om anskaffning eller utveckling av informationstjänster och IT-infrastruktur blir aktuell.
Miljö	Dokumentet kravställer primärt miljöinventering, utvärderingsparametrar för lösningsalternativ (buller, energi, LCC etc) samt certifiering under studieskedena.
Planering av kollektivtrafiken i Stockholm	Kravställer primärt utformning och samspel mellan kollektivtrafikens olika delar
Social hållbarhet	Kravställer primärt konsekvensbeskrivningar i utredningsstudien samt upphandling av entreprenader i genomförandeprojektet.
Tillgänglighet för barn, äldre och personer med funktionsnedsättning	Kravställer primärt miljöer där passagerare vistas
Trafikaffärer	Ej ny trafikaffär, dock måste upprustningen hanteras inom ramen för E24-avtalet.
Trafikinformation	Kravställer trafikförvaltningens verksamhet för landbaserad buss- och spårtrafik samt trafik på vatten
Varumärke	Kravställer exempelvis kommunikation med länsinvånare och resenärer

Tabell 3. Riktlinjer som är applicerbara på utredningen

5 Nulägesanalys av fordonsflottan

5.1 Inledning

I syfte att få en helhetsbild över fordonsflottans nulägesstatus och kartlägga behovet av eventuella nödvändiga åtgärder har en nulägesanalys genomförts av utredningsgruppen i nära samverkan med Trafikavdelningen sektion järnväg. För att erhålla nödvändig information och underlag för Trafikförvaltningens bedömningar har ett uppdrag har getts till MTR Pendeltågen och fordonsleverantören Alstom för att genomföra operativa och tekniska analyser med rapporter omfattande:

- Teknisk nulägesbedömning av fordonsflottan – fordonen med dess delsystem.
- Analys av historiska trafikhändelser avseende förseningar, inställd trafik och sammanlänkning till avhjälpande underhållsåtgärder
- Inhämtande av resenärsåsikter avseende fordonen genom Pendelpanelen.
- Analys av behov av verkstadsspårkapacitet för genomförandet samt i förhållande till kommande operativ verksamhet under ombyggnadsfasen
- Analys av kostnader för underhåll kopplat till delsystem, samt inflöde av skador med hög prioritet och där avhjälpande underhåll tar lång tid.
- Visuell statusbesiktning av två X60-fordon.
- Inhämtning av förarerfarenheter.
- Erfarenhetsintervjuer med C20-projektet.

5.2 Analys av befintliga delsystem

X60-fordonens samtliga delsystem har analyserats i form av sju olika analysområden. Analysen är genomförd avseende fordonstyperna X60/A, men där statistik erhållits för X60B redovisas även den som referens.

5.2.1 Metod

Analysen har genomförts med stöd av MTR Pendeltågen och Alstom och resultaten är dokumenterade i en rapport med 19 delsystembilagor.
De sju analysområdena beskrivs kort i Tabell 4 nedan.

Beskrivning av analysområden	
Område	Beskrivning
Passagerarupplevelse	Analys av insikter från resenärer gällande utformning av delsystemen
Erfarenhet från åkandepersonal	Analys av insikter från operativ personal hos operatören gällande utformning av delsystemen
Resenärspåverkande fel	Analys av resenärspåverkande fel inom kategorierna ej utförd produktion samt förseningar
Påverkan fordonstillgänglighet från depå	Analys av materialkostnader för avhjälpande underhåll, tidsåtgång för underhållsaktiviteter, fordon som varit avställda samt underhåll med hög prioritet
Teknisk och ekonomisk livslängd	Analys av delsystemens skick vid inspektion, jämförelse med nuvarande state-of-the-art, kostnad för avhjälpande underhåll i förhållande till LCC
Obsolescens	Analys av huruvida delsystemen redan är eller inom en snar framtid är kända att vara obsoleta
Energieffektivisering	Analys av möjliga energieffektiviserande åtgärder i form av nya komponenter, uppdateringar och/eller effektivare mjukvarustyrning

Tabell 4. Beskrivning av analysområden för befintliga delsystem

För varje område har en analys per delsystem gjorts för att analysen ska bli heltäckande. Indelningen av de befintliga delsystemen på fordonen redovisas i Tabell 5. Beskrivning av analysområden och följer standard SS-EN 15380 i enlighet med projektets förutsättningar.

Beskrivning av fordonens delsystem	
Delsystem	Innehåll
Vagnskorg	Korgstruktur, golv, tak, krockzon, aerodynamik, fönster samt frontruta
Dörrar och fotsteg	Passagerardörrar, hyttdörrar, interna dörrar samt fotsteg
Löpverk	Löpverk, växellåda, boggi, draglänk, samt gardjärn m.m.
Interiör	Säten, skiljeväggar, handledare, innerväggar, klimatanläggning, samt förarhytt
Belysning	Extern och intern belysning
Energiförsörjning	Strömavtagare, huvudbrytare, transformator, jordningsdon för återledning, hjälpkraft samt batteri
Framdrivning och bromsning	Strömriktare, traktionsmotor, ED-broms, tryckluftsbroms, magnetskenbroms samt parkeringsbroms
Information och kommunikation	Ombordkommunikation, PIS, tågradio, Traintracer/netbox/RVM samt Tyfon
Kontroll	Tågkontroll (EPAC, dörrstyrning, AGATE), TCMS, ETCS/ATC, DSD samt högspänningsövervakning
Sammankoppling	Kortkoppel, automatkoppling samt övergångar
Skyltning	Dekaler, destinationsskyltar (PIS-displayer)
Displayer (i förarhytt)	Displayer i förarhytt såsom DDU, PIS-skärm, ETCS-display

Brandsäkerhet	Branddetekteringssystem
Tryckluft	Huvudkompressor (AGTU), hjälpkompressor, tryckluftsförbrukare, tryckluftstankar

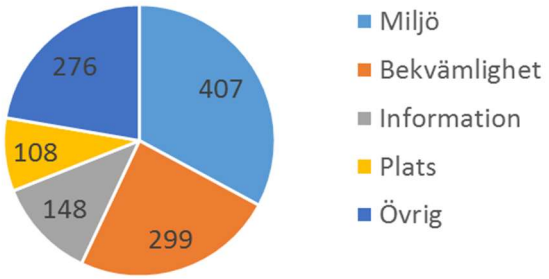
Tabell 5. Beskrivning av analysområden

5.2.2 *Passagerarupplevelse*

Insikter från resenärerna gällande befintliga delsystem har samlats in genom analys av den månatliga kundmätningen Upplevd kvalitet, inkomna kundsynpunkter och undersökningar genomförda i resenärspanelen Pendelpanelen.

5.2.2.1 *Inkomna kundsynpunkter*

Kundsynpunkter inkommer till SL Kundtjänst som besvarar och kategoriserar synpunkterna innan de delas med respektive berörd operatör. Förutom kategorisering anges också ett område (Trafik, Station, Fordon eller Lokalvård) som synpunkten främst är kopplad till.
Under perioden december 2016 till och med september 2018 inkom totalt 24 942 synpunkter varav 1 238 stycken av dessa (ca 5%) var kopplade till området Fordon. Av inkomna synpunkter inom området Fordon fördelade sig 854 av dessa i de tre största kategorierna Miljö, Bekvämlighet och Information.



Figur 2. Kategorisering av inkomna kundsynpunkter - Fordon

Kundsynpunkterna har översiktligt gåtts igenom inom de tre största kategorierna Miljö, Bekvämlighet och Information. Nedan redovisas synpunkter inom områden som är kopplade till pendeltågsfordonens delsystem och funktioner. Samtliga av dessa bedöms från genomgången vara relativt vanligt förkommande:

- Temperaturen är inte rätt/ventilationen ombord och funktionaliteten på klimatsystem fungerar inte som den ska

- Funktionaliteten med att dörrarna ska öppnas när man trycker på knappen fungerar inte
- Smutsiga säten
- Eluttag som inte fungerar som de ska
- Bristfällig ljudkvalitet på högtalarna, ibland svårt att uppfatta utrop
- Önskemål om utökad information ombord, i synnerhet vid störningar

5.2.2.2 Undersökning i pendelpanelen

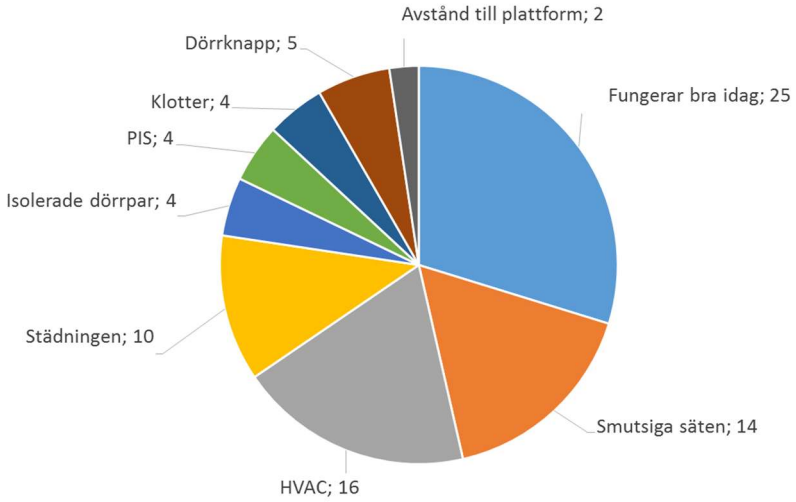
Metoden i arbetet med att samla in insikter gällande fordonen via Pendelpanelen har bestått av två undersökningssteg. I det första steget har panelmedlemmarna med fritext fått svara på fem öppna frågor inom utvalda områden. Utifrån inkomna fritextsvar har sedan ett frågeformulär med slutna frågor tagit fram och gått ut till delar av panelen.

Resultat från undersökning steg 1

Totalt svarade 238 resenärer ur panelen på de öppna frågorna. Resultatet på redovisas område för område nedan.

Skick på pendeltågen

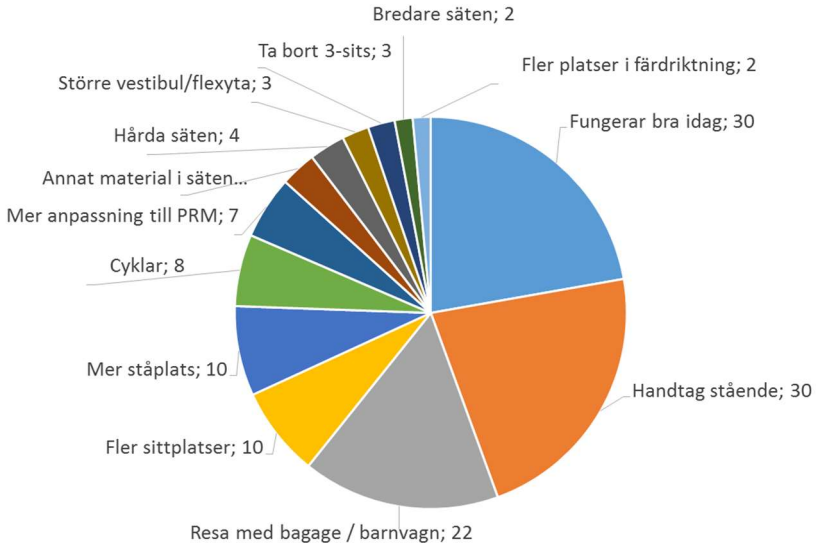
Avseende skicket på pendeltågen svarade ungefär en fjärdedel att de upplever att det fungerar bra som det är idag, se nedan. Bland de som angav ett område som behöver förbättras var temperaturen/ventilationen ombord (i figuren redovisat som HVAC), smutsiga säten och städning de vanligast förekommande svaren. Temperaturen ombord/ventilationen framkommer även från inkomna kundsynpunkter som ett område där resenärerna inte är helt nöjda.



Figur 3. Fördelning enkätsvar, skick på pendeltågen

Pendeltågens inre utformning

Avseende utformningen inuti tågen var det ungefär en fjärdedel som upplever att nuvarande utformning är bra som den är, se Figur 4. Nästan lika många framförde önskemål om fler handtag eller liknande att hålla sig i när man står upp. Vidare är bättre möjlighet att resa med barnvagn och/eller bagage ett vanligt förekommande svar. Ungefär lika många anger att de vill ha fler sittplatser såväl som fler ståplatser. Ett antal framför önskemål om bättre möjlighet att ta med cykel ombord. Samtliga av ovan nämna områden inkluderas i den kvantitativa undersökningen.



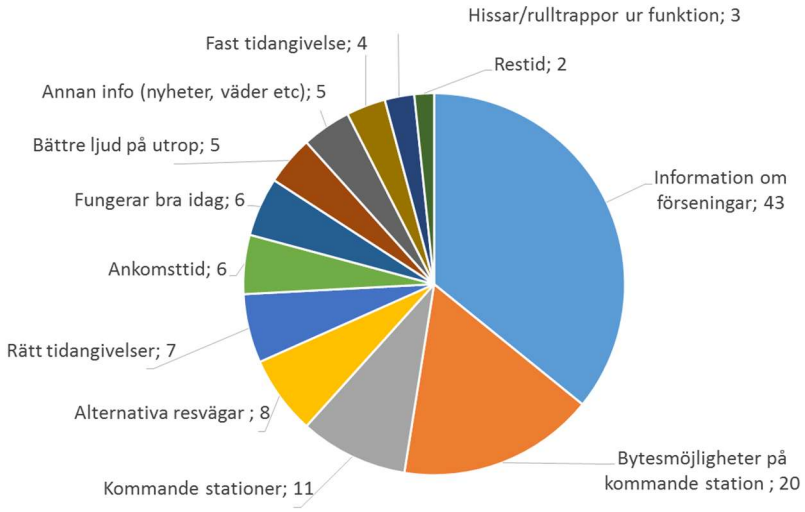
Figur 4, Antal svar - inre utformning

Trygghet under resan
Fler och mer synlig personal i tåget är det absolut vanligaste svaret på frågan om vad som skulle kunna öka upplevelsen av trygghet; det anger ungefär hälften av de som svarade på frågan. Vidare är önskemål om övervakningskameror i tågen och synpunkter på belysningen ombord vanligt förekommande. Av dessa valdes området belysning att tas vidare till steg 2 av undersökningen. Syftet var att förstå i vilken utsträckning man är nöjd med belysningen som den är idag.
Fler och mer synlig personal samt mer kameraövervakning valdes ej att tas vidare till steg 2 av undersökningen. Personal är inte en del av fordonets delsystem och kameror finns redan i tågen i relativt hög utsträckning.

Tillgång till information under resan
Inom området trafikinformation/störningsinformation framkom främst önskemål om en möjlighet till utökad information ombord via antingen befintliga digitala skyltar och/eller utökade digitala skyltar. Flertalet resenärer önskade att den befintliga skylten skulle visa både tågets destination och kommande stationer samtidigt. Vidare framkom önskemål om tillgång till ytterligare information ombord, se även Figur 5:

- anslutande trafik på kommande station
- eventuella störningar på anslutande trafik
- eventuella avstängda rulltrappor på kommande station
- beräknad avgångstid vid stopp under färd
- alternativa färdvägar vid eventuell störning

- beräknad ankomsttid
- planerade avstängningar
- övriga positiva budskap, såsom väder, etc.



Figur 5. Antal svar inom området information ombord

Resultat från undersökning steg 2

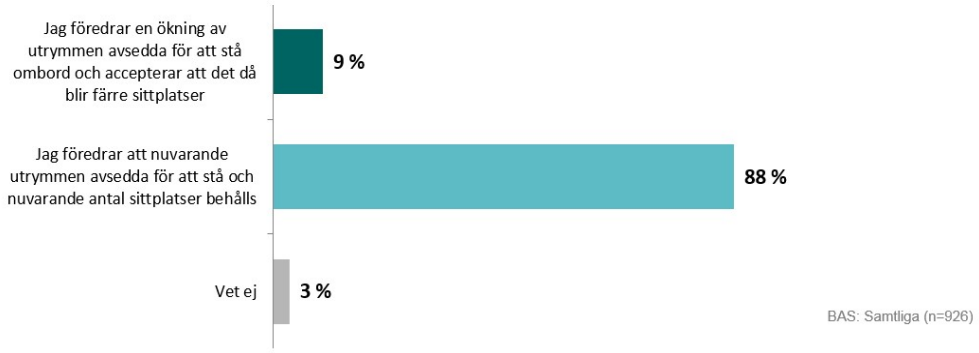
I steg 2 genomfördes med slutna frågor utifrån utvalda områden från steg 1. Syftet med undersökningen var att verifiera olika justeringar/förbättringar av delsystem och funktioner på pendeltågen på ett kvantitativt sätt. De områden som inkluderades var:

- Behov av olika typer av utrymmen i pendeltågen
- Behov av eluttag
- Behov av anordningar att hålla sig i när man står upp
- Nöjdhet vad gäller belysning
- Möjlighet att ta med cykel

Undersökningen gick ut till ett slumpmässigt urval av pendelpanelen om totalt 2015 personer. Nedan följer en sammanfattning av resultatet.

Behov av olika typer av utrymmen i pendeltågen

För att undersöka behov av olika typer av ytor och utformningen inuti fordonen ställdes fyra frågor. Utfallet avseende om resenärerna önskar en förändring av fördelningen av utrymmet för stå- respektive sittplatser var tydligt. Totalt 88% föredrog att nuvarande fördelning bibehålls medan endast 9% önskade en ökning av antalet ståplatser på bekostnad av antalet sittplatser, se Figur 6.



Figur 6. Önskemål om förändring av fördelning sitt- och ståplatser

Vidare undersöktes vilken av utformningarna av utrymmet in mot sittplatsytorna som resenärerna föredrar. 43% av resenärerna föredrar utformningen i X60B med den mer öppna ytan in mot sittplatserna i mitten av fordonet medan 35% av resenärerna föredrar utformning i X60/A. Var femte svarande uppfattar båda som lika bra.

Flexytor
Den tredje frågan som ställdes gällde de flexibla öppna ytor som idag finns på de nya fordonen. 57% av de som svarade ansåg att det räcker med de ytor som finns idag medan 38% skulle vilja se flera flexibla öppna ytor. Endast 6% svarade annat eller vet ej.

Plats för bagage
På frågan om ytterligare plats för bagage behövs svarade totalt 52% att det behövs och 48% att det inte behövs.

Sammanfattningsvis vad gäller behov av olika ytor och utformningen inuti fordonen vill resenärerna behålla antalet sittplatser som finns idag och inte öka ståplatsytan ytterligare på bekostnad av sittplatser. Dock välkomnar man utformningen med de öppna flexibla ytorna som finns i X60B men ser sig inte behöva fler sådana per fordon. Vidare välkomnar och uppskattar man även den öppnare ingången till sittplatserna i mitten av fordonet som finns i X60B och en lösning för att underlätta att ta med bagage, särskilt under sätena skulle välkomnas av stora delar av resenärerna.

Eluttag
Det andra området som undersöktes var eluttagen. 38% av de svarande uppgav att de använder eluttagen minst en gång i månaden och 18% minst veckovis. 24% uppgav att de aldrig använder eluttagen och 7% visste inte att de fanns. Sammanfattningsvis finns ett behov av de eluttag som finns idag.

Handtag
I den första delen av undersökningen framkom ett behov av att kunna hålla i sig på ett bättre sätt när man står upp. Detta behov kvantifierades i den andra delen av undersökningen. Totalt utryckte 69% av de svarande ett behov av någon ytterligare typ av anordning för att hålla i sig medan 34% tyckte nuvarande anordningar räckte. 31% av resenärerna ansåg att det finns behov av ytterligare något att hålla i sig både inne i gångarna och i ståplatsutrymmet innanför dörrarna.

Belysning och cyklar
De sista områdena i undersökningens andra del var belysning och möjligheten att ta med cykel ombord på pendeltåget. Gällande belysning var 92% av de som svarade nöjda med dagens belysning på pendeltågen, vilket motsvarar 89% av respondenterna.

Avseende möjligheten att ta med sig cykel ombord var det 47% som svarade ”Vet ej” och alltså 53% som angav ett svar. Av de som angav ett svar var 44% nöjda och 38% missnöjda. Om man inkluderar de som svarat vet ej bland de som angivit 4 på frågan blir motsvarande utfall 23% nöjda och 20% missnöjda.

Summerat kan man konstatera att belysningen ombord på pendeltågen uppfyller resenärernas behov och önskemål. När det gäller möjligheten att ta med sig cykel är frågan polariserad med en stor grupp som inte har någon åsikt eller inte vet samt två mindre men ungefär lika stora grupper som är nöjda respektive missnöjda. Bedömningen är att det hos resenärerna i dagsläget inte finns något samlat stöd för förändrade möjligheter att ta med sig cykel.

5.2.3 Resultat och slutsats passagerarupplevelse
I nedan punkter summeras de förbättringar som är önskvärda att genomföra från ett resenärsperspektiv. De återspeglar de insikter som framkommit ur granskningen av upplevd kvalitet, kundsynpunkter och undersökningarna i Pendelpanelen.

- Utökad funktionalitet hos destinationsskyltar (PIS-displayer) ombord samt möjlighet till snabbare uppdatering och korrigering av information som visas.
- Rätt styrning och prestanda av temperatur och ventilation ombord.
- Funktionaliteten hos passagerardörrarna inklusive öppningsknappen.
- Funktionalitet av högtalarsystemen ombord.
- Anpassning av X60/A så att de får samma utformning som X60B avseende den flexibla öppna ytan samt den öppnare ingången till mitten av tåget.
- Lösning för att placera bagage under säten.
- Eluttag på samtliga fordon såsom på X60B. Utvärdering av placering och modell.
- Fasta ledstänger eller fasta handtag att hålla sig i som stående. Både i ytorna innanför dörrarna och i gångarna.

Utöver de konkreta resenärsönskemålen ska nämnas att förbättringar i fordonens funktion och/eller delsystem som gynnar möjligheten att framföra trafiken på ett punktligare sätt är mest betydelsefullt för upplevelsen av pendeltåget ur ett resenärsperspektiv.

5.2.4 Erfarenhet från ombordpersonal

En analys av de befintliga delsystemen har gjorts utifrån ombordpersonalens perspektiv och bygger på erfarenheter av X60/A i trafik samt händelserapporter och aktuella ärenden om arbetsmiljö. Sammanställningen är gjord utifrån erfarenheter inhämtade från skyddsombud, historik från arbete med framtagning av hytt X60B, nya arbetsrutiner i och med trafikering av Citybanan samt deras egna förarupplevelser.

Resultatet för erfarenhet från åkandepersonal sammanfattas nedan:

- Frontljuset – dåligt ljus vid mörka körförhållanden
- Frontrutan – svår att få ren från insekter samt dagens begränsning att max 80km/h tillåts om frontrutevärmen ej fungerar och utomhustemperaturen understiger +8°C
- Fotsteg till passagerardörrar, både rörligt och fast, ansamlar snö och is vid vissa förhållanden
- HVAC i resandeutrymmet bristfällig – problem för viserande personal
- Förarhytt – slitet förarbord, eluttag saknas, skrymmande placering av PIS-skärm
- Broms – ojämn bromseffekt då ED-broms ej tillgänglig, omständligt att isolera parkeringsbroms
- PIS – begränsad funktionalitet för förare

5.2.5 *Resenärspåverkande fel*

I förstudien har befintliga delsystem analyserats utifrån resenärspåverkan då fordonsfel medfört störningar i form av förseningar och/eller inställda tåg under pågående trafik.

5.2.5.1 *Definitioner*

Resenärspåverkande fel kan delas in i två grupper, merförseningar och ej utförd produktion.
En merförsening uppstår då ett tåg ökar sin försening mellan två mätpunkter i tågets körplan och mäts i antal minuter. Alla merförseningar på 3 minuter eller mer kodas av Trafikverket och kodas i fem huvudnivåer: driftledning, följdorsaker, järnvägsföretag, infrastruktur samt olyckor/tillbud och yttre faktorer. Varje huvudnivå har ytterligare nedbrytning i två undernivåer.

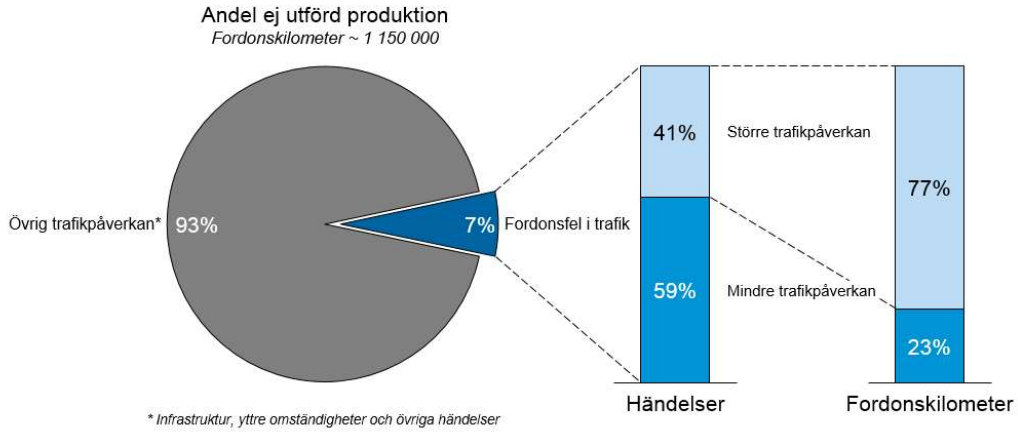
Ej utförd produktion (EUP) uppstår då den verkligt utförda trafikproduktionen avviker från den produktion som är beställd av Trafikförvaltningen. Detta inkluderar när ett tåg ställs in helt eller delar av sin sträcka, avgår mer än en minut för tidigt eller körs med färre fordon än beställt. Enligt uppdragsavtalet mellan Trafikförvaltningen och MTR Pendeltågen ska även tåg som är mer än 15 minuter försenade i vissa fall räknas som inställda.
Ej utförd produktion mäts i antal tåg- respektive multipelkilometer. Summan av tåg- och multipelkilometer blir totalt antal fordonskilometer, vilket är det mått som speglar det totala bortfallet av trafikutbudet till resenär.

Alla händelser som medfört ej utförd produktion kategoriseras i MTR Pendeltågens leveransrapporter. Händelser där ansvarskategoriseringen varit Fordon har analyserats i förstudien. Fordonsfelen som uppstår i trafiken och rapporteras av åkandepersonalen, pendeltågens operativa center samt kodas av Trafikverket är symptombeskrivningar. Rapporter från operativ personal gällande fordonsfel rapporteras vidare till underhållssystemet.

Analysen inkluderar samtliga händelser som påverkat ordinarie pendeltåg efter trafiksättning 11 december 2016 till och med 30 september 2018, vilket var den senaste avslutade trafikmånaden vid utredningens start. Händelser som varit kopplade till fordonen, men orsakats av handhavandefel, där tydlig beskrivning av felet saknas eller där felet orsakats av den tidigare fordonstypen X10 har exkluderats.
Statistik för X60B är endast redovisade som referensvärden då de innehåller garantifel.

5.2.5.2 *Ej utförd produktion (EUP)*

Under analysperioden uppgick den ej utförda produktionen till drygt 1,15 miljoner fordonskilometer. Av dessa har 7% kopplats till fordonsfel i trafik på X60/A eller X60B. Detta motsvarar 0,23% av den totala planerade trafikproduktionen.
41% av händelserna med fordonsfel i trafik har medfört en större trafikpåverkan (100 fordonskilometer eller mer). All ej utförd produktion har analyserats, för X60/A såväl som X60B för att återge hela omfattningen.



Figur 7. Fordonsfelens andel av ej utförd produktion

Den 10 december 2017 inleddes trafikprogram T18 vilket innebar en ökning av trafikproduktionen med 20 %. Från och med starten av T18 var även samtliga 46 X60B-fordon levererade och tagna i regelbunden drift.

Fordonsfel som leder till inställd trafik är en liten del av den totala resenärspåverkan i form av ej utförd produktion i pendeltågstrafiken. De stora volymerna är kopplade till infrastrukturen eller yttre omständigheter. Under T18:s tre första kvartal är andelen ej utförd produktion pga. fordonsfel lägre än under T17.
Vid nedbrytning av den ej utförda produktionen för fordonsfel i trafik per delsystem under T18 står fel inom nedanstående fem delsystem för nära 85% av ej utförda fordonskilometer.

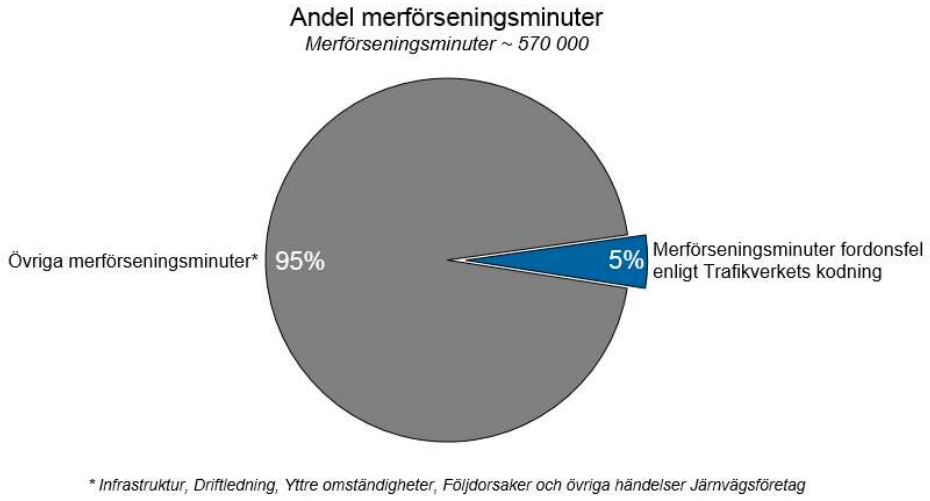
- Kontroll (37%)
- Energiförsörjning (15%)
- Framdrivning och bromsning (15%)
- Dörrar och fotsteg (13%)

- Vagnskorg (5%)

Övriga delsystem utgör mindre än 4% vardera av den ej utförda produktionen. Händelser där X60/A har varit orsakande utgör 52% (19 000 km) och X60B 48% (18 000 km), av totalt 37 000 km för T18. Notera att X60B den relativt stora andelen fel på X60B är garantirelaterade samt att statistiken för X60B endast redovisas som referens.

5.2.5.3 *Merförseningar*

Under analysperioden uppgick det totala antalet merförseningsminuter för pendeltågen till drygt 570 000 minuter. Likt ej utförd produktion är merförseningar som av Trafikverket kodats som fordonsfel en liten andel av merförseningsminuter som påverkar pendeltågen.



Figur 8. Fordonsfel som andel av merförseningsminuter

Antalet merförseningsminuter ett fordonsfel orsakar beror av många faktorer. Exempelvis tiden det tar att felsöka och åtgärda eller transportera undan ett fordon, men även hur många omgivande tåg som påverkas beroende på tid på dygnet och platsen felet uppstår. Händelsernas totala påverkan kan vara allt från tre minuter på ett enskilt tåg till över 100 minuter totalt. Därav blir antalet händelser omfattande. Mot bakgrund av detta har analysen avgränsats till att omfatta händelser som:

- Inträffat under 2018
- Omfattar 50 eller fler merförseningsminuter,

- Händelsen har orsakat både merförseningsminuter och ej utförd produktion.
- Inträffat i mars och september för att inkludera även kortare förseningar

Med detta angreppssätt har strax över 70% av merförseningsminuter med möjlig koppling till fordonsfel under perioden 1 januari – 30 september 2018 granskats. Efter exkludering av en större händelse kopplat till strömavtagare som misstänks ha orsakat en kontaktledningsrivning, felaktig hantering eller annat där inget tydligt fel på fordonet står fel inom följande fem delsystem för 92% av merförseningarna som granskats. Även här redovisas statistik för X60B som referens.

- Kontroll
- Dörrar och fotsteg
- Framdrivning och bromsning
- Energiförsörjning
- Vagnskorg

Vid summering av resenärspåverkan i form av ej utförd produktion och merförseningar har fem delsystem fått en klassning som innebär att de har orsakat medelstor trafikpåverkan eller större trafikpåverkan. Övriga nio delsystem har orsakat ingen eller mycket liten trafikpåverkan.

Delsystem som fått en högre klassning är kontroll, framdrivning och bromsning, energiförsörjning, dörrar och fotsteg och vagnskorg, för vilka det bör genomföras fördjupad analyser av vilka modifieringar som kan göras för att öka delsystemens tillförlitlighet under fordonens livslängd.

5.2.6 Påverkan fordonstillgänglighet från depå

En analys av befintliga delsystem har gjorts ur ett underhållsperspektiv för att utröna vad som slår på fordonstillgängligheten. Fokus för analysen har varit det avhjälpande underhållet sett till fyra områden, där de två första är kopplade till kostnader som uppstår vid underhåll och de två senare är kopplade till tidsåtgång:

- Material (återkommande komponenter, kostnad och kvalitet)
- Tidsåtgång kopplat till urval av avhjälpande underhållsaktiviteter
- Fordon som avställda för avhjälpande underhåll
- Avhjälpande underhåll med hög prioritet, vilket innebär att det är en skada på fordonet som gör att det inte får lämna depå innan felet är avhjälpt.

Materialkostnaden för avhjälpande underhållet analyserades och tidsåtgång för de största materialposterna adderades till materialkostnad. Parallellt undersöktes fordon som varit avställda länge för att försöka utröna delsystem

som kräver mycket felsökning. Inflödet av skador med hög prioritet sammanställdes för att komplettera kostnadsbilden.

Vid summering av det avhjälpande underhållet, vilket speglar tillgängligheten ur ett kostnadsperspektiv, har sex delsystem identifierats att de utgör en distinkt andel av kostnaden för avhjälpande underhåll samt två delsystem utgör en betydande del av kostnaden för avhjälpande underhåll. Övriga delsystem utgör ingen eller liten andel. De sex delsystemen som utgör en distinkt kostnad är:

- Strömriktare
- Tryckluftbroms
- Hjulpar
- Hjälpkraft
- Tågkontroll
- Strömavtagare

5.2.7 Teknisk och ekonomisk livslängd

Med den tekniska livslängden hos ett delsystem eller en komponent avses hur länge delsystemet eller komponenten är konstruerad att hålla. För X60/A stipulerades i kontraktet att de stora komponenterna skulle konstrueras för en teknisk livslängd på minst 10 år.
När livslängden som komponenten och/eller delsystemet är konstruerat för är passerad, kommer komponenter att få en ökad felfrekvens och eventuellt behöva repareras eller ersättas i en takt som teoretiskt antas i livscykelkostnaden (LCC), i vilken även ett felutfall under den tekniska livslängden finns med.

Ekonomisk livslängd är den tid som en investering är eller bedöms vara lönsam. X60-fordonen antas kunna vara i bruk fram till 2040–2045 vilket gör att den tekniska livslängden för många komponenter och delsystem passeras flera gånger om. Under den långa livslängden för fordonen sker parallellt en teknikutveckling och därför anses det relevant att jämföra den tekniska lösningen på X60-fordonen med vad som nu är modern eller aktuell teknik. Två fordon har inspekterats under utredningen, där båda fordonen tillhör de som gått längst i flottan.

Genom att väga samman den tekniska och ekonomiska livslängden (dvs. resultat av fordonsinspektioner, designkriterier, kostnad för avhjälpande underhåll jämfört LCC samt vad som nu är state-of-the-art) identifieras de

delsystem/komponenter där en åtgärd bedöms lämplig nu eller på kort sikt utan att delsystemet/komponenten har blivit obsolet.

En sammanställning av de delsystem som utmärker sig inom området redovisas i Tabell 6. Detaljerad information om varje delsystem återfinns i respektive delsystemrapportbilaga till MTR Pendeltågens rapport.

Resultat teknisk och ekonomisk livslängd

Delsystem	**Delsystem – nivå 2**	**Skick vid inspektion**	**Teknik hos X60/A alltjämt state-of-the-art?**	**Utfall jämfört LCC-kalkyl**
Vagnskorg	Korgstruktur	Repor, ej ner till metall Påverkad av graffittisanering	Ja	N/A
Vagnskorg	Fönster	Lacksläpp från graffittisanering	Ja	N/A
Vagnskorg	GRP	Stenskott och sprickor	Ja, men hos X60B har ytterligare delning för ökad underhållsmässighet	Yttre faktorer (påkörningar av vilt mm) ej del av LCC
Dörrar och Fotsteg	Utvändiga nödöppnings-handtag	Många trasiga lås	Ja, förbättrad lösning och placering införd på X60B (Bode)	Överskrids.
Dörrar och Fotsteg	Rörligt fotsteg	Permanent avstängt	Nej, nuvarande fotsteg fälls ej in helt i fordonskaross	N/A. Fotsteg permanent avstängda pga. låg tillförlitlighet
Löpverk	Hjulpar	N/A	Ja	LCC överskrids, hjulen räcker inte 900000km
Interiör	Handledare	Slitna	Ja	N/A
Interiör	Golvmatta	Lagningar av blandad kvalitet, luft under matta på sina ställen	Ja	N/A
Interiör	HVAC	N/A	Nej, mindre förbättringar införda i X60B. Reglering avs. CO_2 samt elektriska fläktar	LCC överskrids, kompressor periodiskt byte 15 år men hög utbytesfrekvens avhjälpande
Interiör	Förarbord	Slitet och skadat	Nej, ergonomi, belysning och komfort förbättrad till X60B	N/A
Energiförsörjning	Kolskena	N/A	Ja	Högt slitage, ”normalt” är utbyte 1 gång/år
Energiförsörjning	VCB och huvudfläkt	N/A	Ja	Förhöjd nivå mot LCC
Framdrivning och Bromsning	Strömriktare	N/A	Ja, men luftkylda istället för vattenkylda effektmoduler X60B	Design life 10 år på effektmoduler. Förhöjd LCC
Framdrivning och Bromsning	WSP	N/A	Nej, Förbättras WSP i X60B. Sensorlös design är State-of-the-art	Förhöjd LCC, seriefel X60A.
Information och kommunikation	PIS	N/A	Nej, tekniksprång sen X60/A	Åtgång på handhållna mikrofoner överskrider LCC; handhavande?
Information och kommunikation	Tågradio GSM-R	N/A	Nej	Uppgift saknas.
Kontroll	EPAC	N/A	Ja	Förhöjd LCC avseende RP-switchar. Positiv trend i och med avhjälpande införande av förbättrad RP-switch
Kontroll	ATC	N/A	Nej, ersätts av ERTMS + STM-ATC2	Förhöjd jämfört med LCC
Kontroll	TCMS	N/A	Nej	N/A

			Ethernetbaserad arkitektur likt X60B, högre kapacitet hos MPU	
Sammankoppling	Övergångsbälgar	Slitet ytterskikt	Ja	N/A, ska bytas först vid 20 år.
Tryckluft	AGTU	N/A	Ja, oljefri kompressor ett vanligare val	Förhöjd mot LCC

Tabell 6. Bedömning av livslängdsstatus

5.2.8 *Obsolescenser*

När ett delsystem, helt eller delvis, är föråldrat genom att komponenter ingående i det har uppnått sin tekniska livslängd är systemet att betrakta som obsolet – en obsolescens har uppstått. Det kan röra sig om att reservdelar inte längre går att anskaffa eller att en komponent ej kan repareras då delar i den ej längre finns tillgänglig från leverantören. Vidare kan obsolescenser uppstå i datorbaserade system med dess programvaror om de ej kan underhållas eftersom operativsystem eller utvecklingsmiljö ej längre underhålls av programvaru- eller plattformsleverantören.

Fordonsleverantören Alstom har tillsammans med underleverantörerna av delsystem och komponenter gjort en analys av nuvarande kända och potentiella obsolescenser på kort sikt. De delsystem där obsolescenser identifierats föreligga eller är förestående är:

- Passagerarinformationssystem (PIS)
- Tågkontrollsystem (TCMS)
- Dörrstyrning DCU
- Tågradio GSM-R
- Tågskyddssystem ATC (ska ersättas av ETCS)

För de delsystem där ingen information är presenterad finns ingen nu känd obsolescens.

5.2.9 *Energieffektivisering*

MTR Pendeltågen har tillsammans med MTR Nordic och Emtrain genomfört en övergripande energikartläggning för verksamheten, inklusive tågdrift, där fördjupad energianalys nu pågår för den betydande energianvändningen. Ett antal energieffektiviserande åtgärder på X60-fordonen har identifierats, där det krävs investeringar i form av nya komponenter, uppdateringar och/eller effektivare mjukvarustyrning.
Slutsatsen är att potentiella energieffektiviseringar finns inom nästan alla delsystem på fordonen. MTR Pendeltågen kommer fortsatt bedriva arbetet med energieffektiviseringsåtgärder inom ramen för uppdragsavtalet E24.

5.3 Resultat och slutsats analys av befintliga delsystem

Resultaten av analyserna visar på att fordonsflottan överlag presterar godtagbart och att antalet fordonsfel som påverkar trafiken eller orsakar utebliven kilometerproduktion är påfallande liten (0,23%), men att ett antal delsystem bör utredas och följas upp ytterligare inom ramen för en aktiv fordonsförvaltning och livscykelhantering.
Resultatet av passagerarundersökningarna påvisar att det finns ett antal olika önskemål om smärre förbättringar av resenärsmiljön, vilket vid behov kan omhändertas inom ramen för ordinarie förebyggande underhåll. Förbättringar av passagerarinformation kan med fördel omhändertas vid livscykelåtgärder på passagerarinformationssystemet.
Ombordpersonalens synpunkter på fordonen är, utöver en god förar- och arbetsmiljö, ett antal förslag på förbättringar på specifika avgränsade system vilka bedöms kunna omhändertas i den löpande förvaltningen av fordonen.
Vidare har det identifierats att den tekniska livslängden för ett antal delsystem redan är eller snart är passerad, vilket föranleder ett behov att djupare analysera konsekvenserna av detta samt ta fram förslag på åtgärder som potentiellt kan genomföras i samband med ERTMS och samkörbarhetsombyggnad. Slutligen har ett antal potentiella förbättringsåtgärder identifierats på en rad områden, men dessa har ej bedömts vara nödvändiga att ingå i en större ombyggnad, utan kan genomföras successivt inom ramen för ordinarie fordonsförvaltning.

Nedan redovisas ett antal system som uppvisat brister och som bör följas upp djupare i det fortsatta förvaltningsarbetet:

Interiör

- Klimatanläggning (HVAC); passagerare men även viserande personal påverkas av den bristfälliga funktionen vid framförallt höga utomhustemperaturer. HVAC-kompressorerna kräver i stor omfattning byte innan den periodiska underhållet föreskriver. Regleringen av HVAC kan förbättras och då även ge en energibesparing. Stort inflöde av prioriterade skador.

Framdrivning och Bromsning

- Strömriktare - trasiga effektmoduler är en av orsakerna till ej utförd produktion och utgör den största enskilda kostnaden för avhjälpande underhåll. Felutfallet är förhöjt mot LSC.

- Tryckluftsbroms - ojämn bromseffekt då elbroms ej är tillgänglig, omständligt att isolera parkeringsbroms, stort bidrag till ej utförd

produktion, hög kostnad för slitage av bromsbelägg och trasiga hastighetsgivare.

Information och kommunikation

- Passagerarinformationssystem - dagens system motsvarar ej passagerarnas eller förarnas förväntningar och flertalet obsoleta komponenter är identifierade.

- Tågradio GSM-R - befintlig tågradio är obsolet och går ej att reparera längre. Ersätts successivt av en ny modell vid fel.

Kontroll

- Tågkontroll (tågstyrning och övervakning, bromsstyrning, dörrstyrning, traktionsstyrning) - utgör den största orsaken till ej utförd produktion, orsakar även hög underhållskostnad. Dörrdator är obsolet, TCMS har begränsad datorkraft och är i slutet av sin livslängd.
- ATC – Orsakar både ej utförd produktion och förseningar, behöver ersättas med ETCS innan 2025.

Energiförsörjning

- Hjälpkraft - utgör den största enskilda orsaken till prioriterade skador. Relativt högt bidragande faktor till ej utförd produktion, samt utgör relativt hög underhållskostnad. Systemet är ett försörjningssystem och är vitalt för funktion hos övriga system.
- Strömriktare – högt felutfall och förhöjd underhållskostnad
- Slitage kolskena – förhöjt felutfall

6 Behov av åtgärder intill 2025

6.1 Signal/tågskyddssystem - ERTMS

European Rail Traffic Management System (ERTMS) är ett standardiserat europeiskt säkerhetssystem för järnväg och införs successivt i Europa. ERTMS består av två delar: radiosystemet GSM-R och ETCS (European Train Control System). GSM-R är fullt utbyggt i Sverige, men ETCS finns än så länge endast på Botniabanan, Ådalsbanan, Haparandabanan och Västerdalsbanan. Nya fordon och järnvägar ska dock enligt direktiv utrustas med ETCS, och X60B levererades redan från början med ETCS tillsammans med en modul (STM) som gör att fordonen även kan köras på banor utrustade med det svenska signalsäkerhetssystemet ATC. X60/A har idag enbart utrustning för ATC och behöver ersättas med utrustning för ETCS tillsammans med STM för att klara nuvarande och kommande lagkrav och framtida utbyggnader av ERTMS.

Ett ETCS/STM-system måste finnas installerat och vara fungerande på samtliga 83 X60/A innan 2025 enligt Trafikverkets införandeplan, då sträckan Gnesta – Järna – Älvsjö enligt nuvarande plan ska anpassas till ERTMS. Samtidigt krävs uppgradering av befintlig ETCS på X60B till den kommande standarden TSI CCS 2019, ETCS Baseline 3 Release 2 samt GSM-R Baseline 1.

Utöver tekniska krav och specifikationer för ETCS är det viktigt att systemet är anpassad till den operativa miljö och speciella förutsättningar som gäller för trafikering och underhåll i pendeltågstrafik i storstadsregionen. En jämförelse mellan olika operativa förarprocedurer på X60/A respektive X60B används för att beskriva den förändring som en installation av ETCS i X60/A kommer innebära. Utifrån detta kan ytterligare krav på lösningen formuleras som behövs för att den ombyggda fordonsflottan skall kunna nyttjas på ett så effektivt sätt som möjligt i pendeltågssystemet.

6.1.1 Operationell påverkan - införande av ETCS

Ur ett förarperspektiv så har tillkomsten av ETCS i X60B inneburit förändringar i förarens hantering av fordonet. Det modernare fordonet X60B har en mer ändamålsenlig utformning av förarhytten med bättre ergonomi. Vidare har ett antal delsystem moderniserats. En analys har genomförts av ett antal förarprocedurer och påvisar att det är ett antal procedurer som skiljer sig signifikant mellan fordonstyperna då har förändrats till följd av införande av ETCS jämfört med X60/A. Följande procedurer har identifierats:

- Klargöring

- Byte och bemanning av förarhytt
- Körning
- Vändning
- Till- och frånkoppling (multipelkoppling)
- Växling

Av dessa procedurer i X60B är det framförallt byte och bemanning av förarhytt där ETCS har inneburit problem, främst när det gäller den tid som krävs för uppstart, då den är längre på X60B. För övriga procedurer bedöms funktionaliteten i X60B vara godtagbar och skillnaden jämfört med X60/A vara marginell. Därför inriktades analysen på tidsåtgången vid uppstart. En närliggande procedur är förarens prov av bromssystemet där det finns skillnader mellan X60/A och X60B. Dessa två moment påverkar den vändtid som ansätts för planeringen av trafiken med dess tågvändningar i pendeltågssystemet.

6.1.1.1 Operationella krav

När X60/A byggs om med ETCS är det av stor vikt att uppstartstiderna inte ökar. Det får stor påverkan på hur långa vändtider som krävs för en punktlig trafik och i slutändan hur många fordon som krävs för att köra ett önskat trafikprogram. Tiden kan kortas om antalet inmatningar och knapptryckningar från föraren kan minimeras. Utformningen begränsas av de formella specifikationerna för ETCS, vilket gör att möjligheten att anpassa momenten kan vara begränsade. Men en målbild för utformningen bör vara att så långt det är möjligt efterlikna de enkla principerna för uppstart av befintligt ATC-system i X60/A. Inmatning av förardata underlättas om förvalda värden kan användas och bekräftas av föraren utan att varje individuellt värde måste matas in.

Om fordonen byggs om för samkörbarhet måste även installationen av ETCS utformas så att den är fullt fungerande i alla fordonskombinationer samt vid körning i back-up mode och bogsering. Vidare bör systemen och procedurerna för handhavandet av de olika fordonsvarianterna så långt det är ekonomiskt försvarbart vara harmoniserade för att undvika handhavandefel och bidra till punktlighet och hög säkerhet.

6.1.1.2 Underhållstekniska krav

Även ur ett underhålls- och livscykelkostnadsperspektiv är ett harmoniserat system att föredra, dels för att kunna effektivisera reservdelshanteringen, säkerställa tillgång till reservdelar över livslängden, men även för att underhåll, felsökning och diagnostik för de både fordonstyperna så lång möjligt likställs vilket bidrar till en lägre livscykelkostnad. Dessutom bör installationen göras så

att god tillgänglighet till komponenterna tillåts så att avhjälpande av eventuella fel underlättas. Så långt det går bör komponenterna installeras i anslutning till varandra, så att installationen inte decentraliseras och sprids över hela fordonen i enskilda stuvutrymmen.

6.1.1.3 X60/A – nyinstallation av ETCS

För X60/A erfordras en komplett ombyggnad av signalsäkerhets- och tågskyddssystemet. Det gamla ATC-systemet skall demonteras och ett ETCS-system med STM skall installeras på fordonet och integreras med fordonets delsystem. ETCS-systemet skall enligt regelverket uppfylla kraven TSI CCS 2019 och Trafikverket rekommenderar att fordonsägare planerar för att anskaffa system som uppfyller kraven enligt Baseline 3.6

På marknaden finns idag ett antal leverantörer som kan tillhandahålla ett ETCS-system och systemen som levereras på marknaden har en tämligen homogen kostnadsbild. Generellt sett så är ETCS-systemen skapade för att erhålla interoperabilitet och gränsöverskridande trafik och är därav hårt specificerade genom regelverk, men de skiljer sig åt i det operativa handhavandet och i dess presentationssystem. Utredningen gör bedömningen att, om Trafikförvaltningens avsikt är att skapa en homogen samkörbar flotta som kan utnyttjas resurseffektivt som möjligt såväl trafikalt samt sett i ett livscykelperspektiv, så rekommenderas att ett ETCS-system av samma typ som på X60B installeras på fordonen.
I ett framtida utvecklingsperspektiv av pendeltågssystemet med potentiellt införande av åtgärder för ökad kapacitet i form av signalsystemrelaterade åtgärder som till exempel dynamiska blocksträckor och delvis automatiserad tågdrift, bidrar ett homogent systemval till att möjliggöra detta på ett kostnadseffektivare sätt.

Vidare skall systemet mekaniskt integreras i fordonens förarhytt på ett trafiksäkerhetsmässigt och ergonomiskt godtagbart sätt. Vid införandet av ERTMS kommer de gamla optiska signalerna på banan att tas bort och alla körbesked, hastighetsbesked och övrig information kommer att ges till lokföraren på ETCS-displayen (DMI) i förarhytten. På grund av detta är det av yttersta vikt att denna placeras ändamålsenligt och säkert i förarens huvudsakliga siktfält. Då det befintliga förarbordet i X60/A ej är utformat för detta kommer förarbordet med sannolikhet behöva genomgå omfattande modifieringar alternativt bytas ut, helt eller delvis vilket har identifierats som en tids- och kostnadsdrivande faktor i ombyggnaden. Bilderna nedan visar

förarborden i förarhytt i X60/A respektive X60B med den väsentliga skillnaderna i utformning som förarborden har.



Figur 9. Förarbord X60/A



Figur 10. Förarbord X60B

6.1.1.4 *X60B – Uppgradering av ETCS*

X60B är idag utrustat med ETCS och STM från fordonsleverantören Alstom och för X60B kommer endast en anpassning av nuvarande delsystem till TSI CCS

2019 krävas. Anpassningen omfattar uppgradering av ETCS från Baseline 3.3.0 till Baseline 3.6.0 genom en programvaruppdatering, utbyte av styrkort i EVC samt en uppgradering av radion för att nyttja det utökade frekvensbandet för GSM-R. Vidare krävs för STM en uppgradering från FRS 6.0 till FRS 6.1 omfattande mjukvaruuppdatering samt en mindre uppdatering av kablage.

6.1.2 Myndighetsgodkännande

Nedanstående aktiviteter förväntas behöva genomföras för ett myndighetsgodkännande för X60/A respektive X60B.

6.1.2.1 X60/A

Nyinstallation av ETCS på X60/A kommer att kräva certifiering enligt TSI CCS på fordonsnivå, inklusive driftkompatibilitetstest för banor med både ATC-2 och ERTMS. ETCS påverkar inte gällande certifikat för EMC, broms- eller traktionssystem. Det första fordonet kommer vara taget ur trafikdrift från det att ombyggnad påbörjas till dess att ERA/Transportstyrelsen godkänner drift med det nya signalsystemet. Under denna period kommer följande steg att genomföras:

- Installation
- Provningsfas (idrifttagning, funktionsprov, odometritest)
- Certifieringsaktiviteter (säkerhetsarbetet färdigställs, ISA och NoBo certifiering, DeBo bedömning, driftkompatibilitetstest)
- Godkännande av ERA
- Provdrift för att säkerställa driftsäkerhet i pendeltågssystemet

Vid någon tidpunkt kommer det att krävas ombyggnad av ytterligare minst ett fordon innan ett fordonsgodkännande finns för att möjliggöra multipeltest samt validera installationen. Samtliga fordon kommer vid serieinstallation att behöva genomgå idrifttagningsprov innan de åter trafiksätts.

6.1.2.2 X60B

Eftersom omfattningen av uppgraderingen på ETCS för X60B är ytterst avgränsad bedöms att en förenklad godkännandeprocess kan nyttjas. Processen består av re-homologering med en säkerhetsbedömning som ej kräver medverkan av utsett tredjepartsorgan, och som granskas av ERA. Angreppssättet motiveras av uppgradering som krävs inte har en påverkan på befintliga delsystem, samtidigt som en tidigare homologering är gjord för X60B och att ny homologering krävs för X60/A. Detta angreppssätt behöver verifieras med Transportstyrelsen och ERA under nästa steg då den nya godkännandeprocessen ännu inte trätt i kraft.

6.1.3 Systemöversikt

Ett komplett ETCS-system med STM omfattar ett antal komponenter som skall installeras på fordonet omfattande främst ETCS/STM Centralenhet, förarhyttutrustning, radioantenner, eurobalisantenner, dopplerradar och hjulsensorer.

6.1.4 Installation i fordonet

En nyinstallation av ETCS innebär att nya komponenter behöver installeras i X60/A-fordonen samtidigt som ATC avinstalleras. Olika alternativ för placering har undersökts och för att inrymma installationen kommer ett nytt
Det som främst skiljer lösningarna åt är placering av ETCS-centralenhet, som antingen föreslås inne i fordonet eller på taket. För felsökning och underhåll krävs för den senare lösningen åtkomst till fordonets tak, vilket inte behövs i samma utsträckning för en lösning som är monterad inne i fordonet. Att placera ett apparatskåp inne i passagerarutrymmet på bekostnad av två passagerarsäten är en kostnadseffektiv lösning och underlättar underhåll men är en sämre lösning ur ett resenärsperspektiv. Dock kan ett nytt apparatutrymme inne i fordonet sannolikt utformas så att det ger plats för andra tillkommande framtida installationer av IT-karaktär, till exempel centralenhet för utökad passagerarinformation, trafikanträkning m.m.
Givet dessa två förslag rekommenderas att en mer uttömmande analys för installation genomförs i nästa fas.

6.1.5 Risker och möjligheter

- ETCS-systemen skall levereras i ny systemversion baseline 3.6. Denna finns ej ännu utvecklad hos någon leverantör och försenas den generella produktutvecklingen finns risk för förseningar.
- Den nya EU-gemensamma godkännandeprocessen via ERA är ej etablerad vilket kan medföra risk för förseningar.
- Placeringen av ETCS-utrustningen i förarhytten är komplicerad ur ett antal perspektiv vilket kan medföra mer omfattande åtgärder än förväntat vilket kan leda till en längre installationstid.
- Placeringen av centralenheten på fordonets tak eller inne i fordonet medför antingen svårare åtkomst för underhåll eller minskat passagerarutrymme för två sittande, dock kan det ge möjlighet för framtida kostnadseffektiva installationer.

6.1.6 Resultat och slutsatser ERTMS

Med anledning av införandet av ERTMS i Stockholmsområdet 2025 måste samtliga X60/A ha fungerande ETCS med STM innan 2025. Samtidigt krävs en uppgradering av X60B:s befintliga ETCS. För båda lösningarna anses det

lämpligt att väga in de operationella krav som tidigare beskrivits, varav den mest signifikanta gäller uppstartstid och vändtid. Med anledning av ambitionen att ha en enhetlig samkörbar flotta behöver det även säkerställas att de olika fordonsvarianterna går att köra i samtliga kombinationer och att de operativa förarprocedurerna långt möjligt harmoniseras. Ur ett underhålls- och livscykelperspektiv är det en klar fördel med så identiska system som möjligt samt att systemens komponenter så långt som möjligt är samlade i anslutning till varandra på fordonen.

Installationen på X60/A kommer kräva certifiering på fordonsnivå och prov på driftkompatibilitet med både ATC-2 och ETCS. Det kommer även kräva att ett till två fordon tas ur trafik till dess att signalsystemet är godkänt av Transportstyrelsen/ERA, med behov av ytterligare ett fordon för multipel-tester. För X60B föreslås en säkerhetsbedömning som granskas av ERA.

Två huvudsakliga lösningsförslag för installation av X60/A har redovisats, ett i passagerarmiljö vilken kommer kräva en reduktion av två passagerarsäten per fordon, alternativet i en apparatlåda på taket.

6.2 Samkörbarhet

6.2.1 Bakgrund

De 129 X60-fordonen har byggts och levererats i tre omgångar. De två första fordonstyperna, X60 och X60A går att göra i multipel, medan X60B endast kan multipelkopplas med sig själv. Befintlig fordonsflotta är därmed funktionellt delad i två delar med 83 respektive 46 fordonsenheter.

6.2.2 Nytta med samkörbarhet

Under utredningen har en nyttoanalys genomförts där nyttorna med samkörbarhet har kvantifierats så långt det är möjligt. Resultaten av nyttoanalysen redovisas nedan.
En samkörbar fordonsflotta där X60, X60A och X60B kan multipelkopplas till långa tåg beräknas ge en årlig besparing om 35–40 miljoner kronor för ett utbud som överensstämmer eller i stora drag liknar det som anges i uppdragsavtalet mellan SLL och MTR Pendeltågen. Uppemot 95 % av besparingen utgörs av undviken överproduktion mellan för- och eftermiddagsrusningarna över fordonens återstående livstid.
Beroende på val av trafikprogram varierar kostnadsbesparingen, men för komplexa trafikprogram med stora mängder varierande tåglängder förväntas liknade resultat. Dock krävs kompletteringar i infrastrukturen omfattande uppställningsspår och växelförbindelser för att vinsterna med samkörbarheten

ska kunna realiseras fullt ut. För enklare trafikprogram kan vinsterna i den planerade produktionen bli mindre men minst ge en besparing om 3,5 miljoner kronor årligen, utöver den ökade flexibiliteten och robustheten som en samkörbar fordonsflotta innebär. Ju högre trafikutsättningsgrad. speciellt med ett trafikprogram med en maximal fordonsutsättning om 111 fordon i högtrafik, vilket motsvarar 14% i underhållsreserv, är känsligheten större för störningar utan samkörbarhet.

Med en framgent ökande fordonsutsättning ökar trycket på att få ut de sista fordonen från varje depå. Med samkörbarhet ökar möjligheten att de sista fordonen i depån kan multipelkopplas som ett långt tåg. Dessutom leder en icke samkörbar flotta till fler tjänstetåg för att få ut de sista tågen i trafik varje dygn. En ej samkörbar fordonsflotta kräver extraväxlingar i depåer som leder till 8–10 timmar i utebliven produktionstid varje dygn.

Det finns en klar nytta med samkörbarhet som är kvantifierbar, men även en nytta (i form av flexibilitet) som inte på förhand går att kvantifiera. Dock kommer valet av trafikprogram (och dess robusthet) alltid att göras med utgångspunkt i om fordonsflottan är samkörbar eller ej.
Således ger samkörbarhet ökad robusthet för resenären och ger fordon som i och med undviken överproduktion håller längre och kostar mindre, vilket i sin tur istället möjliggör andra investeringar.

I samband med att X60/A utrustas med ETCS och X60B ETCS uppgraderas till Baseline 3.6 finns möjlighet att även göra erforderliga anpassningar i fordonen för att uppnå samkörbarhet. I det följande beskrivs hur fordonsleverantören Alstom föreslår att en sådan anpassning görs. Orsaken till detta är att den ETCS-installation/uppgradering som nu är förestående öppnar för en mer kostnadseffektiv realisering av samkörbarhet.

6.2.3 Omfattning av en samkörbarhetsuppgradering

Ett stort antal delsystem i fordonen är sådana att de inte påverkar förmågan till samkörbarhet, eftersom information om status hos dessa delsystem inte skickas mellan sammankopplade fordon. För ett antal andra delsystem sker kommunikation mellan sammankopplade fordonsenheter när de körs kopplade. För dessa delsystem krävs dels kompletterande hårdvara (tågskyddssystem, elkoppel, dörrar/rörliga fotsteg, PIS samt TCMS), dels uppgraderad mjukvara i TCMS och i delsystem.

För X60B krävs endast en mjukvaruuppdatering för samkörbarhet.

Tågkontrollsystemet TCMS har en nyckelroll för samkörbarhet. I X60B har systemarkitekturen utformats på ett modernt sätt, bland annat genom att bussarkitekturen i X60/A ersatts med ett stamnätverk för Ethernet. Både hårdvara och mjukvara är olika för dataöverföring i de två fordonstyperna. Detta innebär att modifieringar av dessa är nödvändiga för att uppnå samkörbarhet i X60/A. Dessa innebär utbyte av centralenheterna för TCMS och ett antal närliggande komponenter mot modernare varianter.

6.2.4 Verifiering och godkännandeprocess

Nya normer och standarder har trätt i kraft efter att X60-fordonen beställdes. Detta innebär att säkerhetspåverkande modifieringar måste godkännas för att säkerställa att fordonen är säkra enligt gällande normer och standarder. Tester behöver genomföras för singel- och multipelkörda X60/A, blandad multipel X60/A+X60B samt multipelkörda X60B.

6.2.5 Övergångsfasen

Särskilda villkor kommer att gälla under övergångsfasen under den tid fordonen uppgraderas. Eftersom ett uppgraderat fordon inte kommer att kunna köras med ett som inte uppgraderats uppstår en övergångsfas. Mot bakgrund av de ändringar som krävs för samkörbarhet, där X60B endast kräver en mjukvaruuppdatering, förutses en övergångsperiod som föreslås ske i tre steg.

På detta sätt minimeras tiden med tre icke samkörbara fordonsgrupper, då det är svårt att planera och utföra trafik med långa tåg med en tredelad fordonsflotta vars fordonsfördelning dessutom successivt ändras.
I diskussioner med fordonsleverantören har framkommit att anpassningen av X60B kan vara så begränsad i omfattning att den kan göras på samtliga 46 fordon under en helg eller annan kortare period, till exempel under högsommaren då fordonsbehovet är lägre, vilket innebär att steg 2 ovan sker momentant, vilket i sin tur ger en mer hanterbar situation både i trafikplaneringen och i den operativa driften.

Under övergångsfasen kommer det också att behöva ske utbildning av ombordpersonal i de nya systemen, vilket också bidrar till komplexiteten i denna transformation.

6.2.6 Resultat och slutsatser samkörbarhet

I samband med den förestående ERTMS-anpassningen av X60/A och uppgraderingen av ERTMS i X60B till Baseline 3.6 finns möjlighet att även göra

erforderliga anpassningar i fordonen för att uppnå samkörbarhet. Utredningen visar att modifieringar är nödvändiga på såväl X60/A som X60B.
De anpassningar som krävs innebär att ett tiotal av fordonens delsystem modifieras. I hälften av dessa krävs ny hårdvara, men i övrigt är det främst mjukvaran i TCMS som behöver uppgraderas liksom vissa andra programvaror. Dessa anpassningar bedöms vara rimliga och fullt genomförbara. De är dessutom enklare och mer renodlade än de åtgärder som föreslogs i den tidigare samkörbarhetsutredningen som genomförts 2015.

Det faktum att åtgärderna i X60B är mindre omfattande och dessutom bedöms kunna genomföras under en kortare tidsperiod innebär en stor fördel i genomförandefasen, eftersom tidsperioden med tre fordonstyper, som inte är samkörbara då kan begränsas till en helg eller en kortare högsommarperiod.

Utredningen om nyttan med samkörbarhet för X60-flottan visar påvisar vinster med en samkörbar fordonsflotta, främst i form av minskat överutbud på linjer som efterfrågemässigt kan köras med korta tåg mellan högtrafikperioderna. Vinster finns också i färre kortade tåg, eftersom samkörbarhet ökar möjligheterna att få ut de sista tågen från depå som långa tåg. Detta kommer att bli särskilt tydligt när fordonsutsättning når 111 fordon av 129 vilket beräknas inträffa inom kort. Samkörbarhet kan också minska behovet av växlingar i depåerna, vilket i praktiken innebär att fler fordon kan hanteras i en depå av en given storlek och att verkstadstid för underhåll frigörs då växlingstiden före verkstadsbesök respektive trafiksättning kan minskas.

Om ombyggnaden för samkörbarhet färdigställs runt 2025 skulle alltså investeringen vara återbetald tidigast någon gång runt 2030. Eftersom realiseringen av vinsterna med samkörbarheten förutsätter kompletteringar i infrastrukturen som ännu inte börjat planeras, är det troligt att investeringen är återbetald först någon gång i mitten på 2030-talet när infrastrukturen förstärkts så att från- och tillkoppling kan ske i den omfattning som samkörbarheten medger.

6.3 Trafikanträkningssystem – ATR

6.3.1 Bakgrund

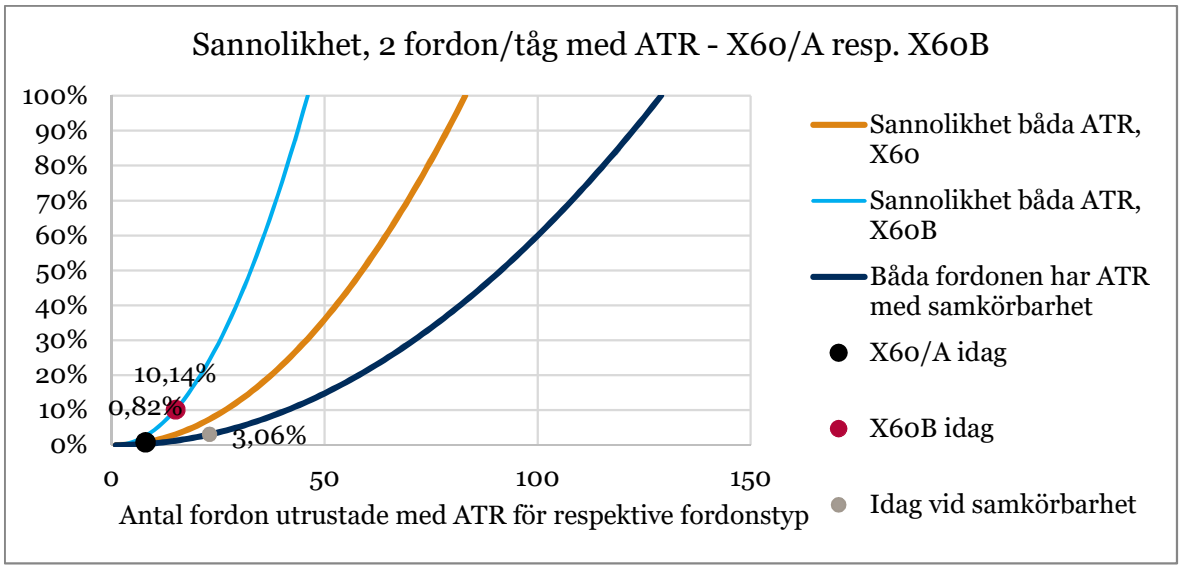
Med hjälp av ett automatiskt trafikanträkningssystem, ATR, räknas antalet avstigande och påstigande passagerare i ett fordon i syfte att fastställa antalet resande mellan olika stationer vid olika tidpunkter. Denna information används

i trafikplaneringssyfte för att anpassa kapacitet till efterfrågan, men också för att bestämma turtäthet och vändmönster (antal linjer som ska vända på respektive vändstation). För pendeltågen handlar det också om när och hur ofta tåg behöver gå långa respektive korta. Att framföra ett kort tåg i högtrafik ger ökad trängsel och minskad kundnöjdhet. Motsatsen är att framföra ett långt tåg i lågtrafik med ökade kostnader som följd.
ATR finns redan idag på 23 st. X60-fordon.

Trafikförvaltningen har fattat ett strategiskt beslut om att införa passagerarräkning på samtliga fordon vid alla dörrar över tid. (Cavalli-Björkman, 2018). Detta gäller för nya fordon samt vid fordonsuppgraderingar. I enlighet med den beslutade strategin har Trafikförvaltningen utrett möjligheten att utrusta övriga 106 fordon med ATR i samband med en ERTMS och samkörbarhetsombyggnad då omfattningen av en ATR-ombyggnad passar in i denna typ av ombyggnad. Detta grundar sig i att med dagens omfattning erhålls för lite data för att ge ett statistiskt bra underlag för att optimera trafikplaneringen för pendeltågstrafiken. Då möjlighet att ta ut statistik från specifika tåg och fordonskombinationer saknas erhålls statistik för olika avgångar slumpvis. I dagens situation med 23 fordon med ATR och 106 fordon utan, har systemet gett i snitt 5–10 observationer per linje och avgång för perioden april 2016 – januari 2018. Ingen avgång har statistik för >20 tillfällen.

6.3.2 Behov av andel fordon med ATR

Den statistiska sannolikheten för båda fordonen i ett långt tåg är utrustade med ATR visas i Figur 11, idag är denna 0,8% för X60/A och 10% för X60B. Den kombinerade statistiska sannolikheten för att båda fordonen i ett långt tåg har ATR är 4% utan samkörbarhet. Om samkörbarhet introduceras minskar den statistiska sannolikheten till att båda fordonen har ATR till 3% med dagens antal installationer.



Figur 11. Sannolikhet för att båda fordonen har ATR i ett långt tåg, X60/A resp. X60B, samt vid samkörbarhet

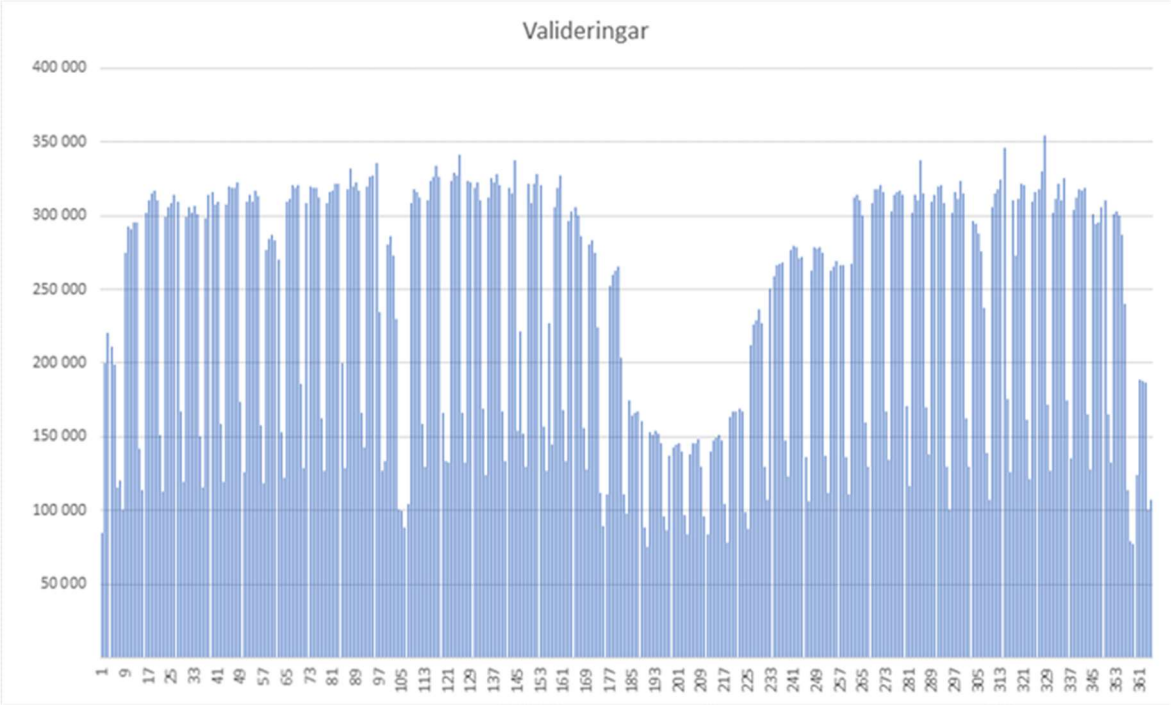
Ett scenario är att en del av flottan utrustas med ATR istället för alla av kostnadsmässiga skäl. Beroende på hur stor andel som utrustas med ATR så minskar det statistiska underlaget för att få data för specifika linjer valda dagar.

6.3.3 Nyttan med ATR

Ett ATR-system är en förutsättning för att trafikprogrammet ska kunna dimensioneras på rätt sätt. Genom att räkna antalet resenärer på flertalet avgångar fås en tydlig bild av hur efterfrågan fördelas över tid och över olika delar av det trafikerade linjenätet. Exempel på frågeställningar där ATR-systemet spelar en avgörande roll är:

- Valet av turtäthet på olika linjer
- Valet av inbördes tidsavstånd mellan tåg på samma linje
- Valet av tåglängd samt tidpunkt och station där av- och tillkoppling bör ske
- Valet av uppehållsmönster
- Dimensionering av hög- respektive lågtrafik
- Dimensionering av helgtrafik, till exempel jul- och påsktrafik

Av ovanstående framgår att ATR-systemet har en central roll för trafikplaneringen. Eftersom syftet med passagerarräkningen är att anpassa trafiken till efterfrågans variationer krävs att så många fordon utrustas med ATR att antalet observationer blir tillräckligt många att variationerna kan studeras. Figur 12 nedan visar hur resandet varierar över ett år (källan är biljettvalideringar i pendeltågssystemet för år 2017).



Figur 12. Antal validerade biljetter per dag i pendeltågssystemet under 2017.

Resandet är relativt regelbundet under flertalet av årets dagar, vilket innebär att ett ganska stort mått av stickprovstagning kan accepteras för avgångarna under dessa dagar. Detta i sin tur innebär att endast en del av fordonen behöver utrustas med passagerarräkningssystem för att få tillräckligt många observationer under dessa dagar.

Det som istället dimensionerar antalet fordon med ATR-utrustning är antalet dagar med avvikande resenärsflöden och hur dessa skiljer sig åt. För att veta hur trafiken under exempelvis Nyårsafton bör dimensioneras räcker det inte med att mäta 50 andra dagar med lördags- eller söndagstrafik under året. Detsamma gäller flera av helgerna under året, där en hög precision i trafikplaneringen förutsätter passagerarräkning på just de avgångar som körs dessa dagar.
I vissa lägen önskas även en hög precision på behovet när resenärsströmmarna är som högst vilket dimensionerar trafiken. Exakta trender över resenärsflödet och hur det varierar inom högtrafiken kräver också en hög andel ATR.

Under dagar med avvikande resenärsflöden, exempelvis nyårsafton, varierar inte antalet resenärer mellan tåg på samma linje och inom ett tidsintervall om 1–2 timmar särskilt mycket. Detta öppnar för att beläggningen på tåg utan

passagerarräkning kan interpoleras fram. En lämplig ansats är därför att vartannat tåg är utrustat med ATR. Genom att utrusta ett tillräckligt stort antal fordon med ATR, så att ett tåg statistiskt inte följs av ett eller flera utan ATR för ofta, fås en bra täckning även för dagar som avviker från övriga dagar på året. Med en utrustningsgrad runt 100 fordon fås luckor med mer än ett tåg i 5 % av fallen, vilket motsvarar 2 större luckor per dag och linje för de linjer som körs under hela trafikdygnet (halvtimmestakt).

6.3.4 Sammanfattning

Med ett väl fungerande passagerarräkningssystem ges förutsättningar att utnyttja befintliga fordon på ett optimalt sätt. Data från systemet ligger också till grund för strategiska investeringsplaner inför framtida trafikökningar.
Ett ATR-system kan också användas för att skicka realtidsinformation till olika informationssystem så att resenärerna genom olika kanaler får reda på hur stor trängseln är i olika vagnar. Ett sådant system kräver i princip att samtliga fordon utrustas med ATR. Möjligen kan man tänka sig interpolerande algoritmer som med hjälp av historiska data fyller i de luckor som uppstår för fordon utan ATR-system, men för att erhålla tillförlitliga data vid störningar krävs sannolikt att samtliga fordon är ATR-utrustade.

Ur trafikplaneringssynpunkt är en minsta nivå 80% sannolikhet för ett långt tåg som endera har ett eller två fordon utrustade med ATR, för vilket det krävs minst 71 utrustade fordon. För att dessutom nå 80% sannolikhet för korta tåg krävs 103 fordon med ATR. För en högre statistisk noggrannhet, mätning av båda fordonen i 80% av fallen, krävs 115 ATR-utrustade fordon.
Med en hög (>80%) andel fordon utrustade med ATR tillsammans med en samkörbarflotta erhålls en så hög statistisk sannolikhet för mätdata vilket nästan helt reducerar behovet att av styra fordon med ATR till specifika omlopp.

6.3.5 Befintligt ATR-system

ATR finns idag installerad på 8 st. X60 och 15 st. X60B.
Alla fordon som har ATR idag har samma typ av system installerat. Installationerna skiljer sig något åt då X60B fick sitt kablage draget i samband med nyproduktion av fordonen medan det på X60/A är eftermonterat.
Leverantören till dagens system uppger att noggrannheten är 95% (±2,5% jämfört med verkligt antal resenärer), dock finns idag inom MTR ett pågående projekt att verifiera noggrannheten i dagens system som ifrågasätts för de avgångar som har högt resenärstryck.

6.3.6 Alternativa system

Tre olika system har studerats som alternativ till befintligt system (ÅF-systemet). Systemarkitekturerna liknar varandra och det befintliga systemet i upplägg och i antal komponenter, vilket gör att installationsomfattningen kan antas bli liknande oavsett val av system.
De tre föreslagna systemen, likt dagens system, mäter alla in- och utpasseringar genom dörrarna och tar inte hänsyn till förflyttningar inom fordonet.

6.3.7 Resultat och slutsats ATR

En stor del av investering i att utrusta fordonen med ATR ligger i kablaget, varpå en lösning med ett Stamnät-Ethernetnätverk bör väljas.
Att ha ATR installerat på minst 100 fordon totalt är önskvärt ur flera trafikplaneringsperspektiv. Det skulle kunna realiseras genom att behålla det nyligen installerade ATR-systemet på X60B samt att utrusta samtliga 83 X60/A med ett nytt ATR-system samtidigt som ett Ethernet-nätverk skapas för framtida funktioner. Detta skulle ge totalt 98 installationer. Om Trafikförvaltningen vill ta ytterligare ett steg i noggrannheten bör även återstående X60B utrustas, alternativt att de 8 system som tas bort från X60 för en enhetlig installation istället återinstalleras på X60B, vilket totalt då skulle ge 106 installationer. Beroende på vilken felfrekvens som finns hos ATR-systemet så kan det vara önskvärt att utrusta ytterligare fordon utöver resonemanget ovan. Att utrusta samtliga 83 st X60/A med ATR överensstämmer även med TF strategiska inriktning avseende trafikantmätning.

6.4 Tågradio – FRMCS

Det befintliga tågradiosystemet GSM-R används idag för kommunikation mellan tåg och trafikledning och andra operativa funktioner på järnvägen. Vidare är GSM-R för datakommunikationen mellan fordon och ställverk i ERTMS. GSM-R är på väg att uppnå sin tekniska livslängd kommer att bli obsolet kring 2030. Arbete påbörjades kring 2015 med att ta fram nästa generations tågradiosystem. Trafikverket har planerat en start för införande av FRMCS kring 2027 men förseningar har uppstått i det internationella arbetet med specifikationerna. Under Trafikförvaltningens utredningsarbete avsågs det att undersöka huruvida det skulle kunna genomföras förberedande installationer av t.ex. kablage för FRMCS, men då underlag saknats har denna aktivitet utgått. Införande av FRMCS är beslutat med i nationell plan för infrastruktur och den prognos som erhållits från Trafikverket är att ett införande är att vänta tidigast från 2030.

7 Genomförbarhet

7.1 Inledning

Som tidigare redovisats så är det ett antal åtgärder av större eller mindre omfattning som skall utföras på fordonen. För att genomföra dessa åtgärder så behöver tillgången på depåkapacitet och verkstadsplatser analyseras och utvärderas. I den inledande studien så har ett flertal olika scenarier arbetats fram för fortsatt utvärdering. Visst fokus har lagts på att utreda huruvida det är möjligt att genomföra ombyggnaden inom tillgängliga egna lokaliteter, i första hand i Brodepån. Även tillgången till extern depåkapacitet har översiktligt kartlagts. I den kommande planeringsfasen skall slutligt förslag till genomförandealternativ fastställas.

7.2 Krav på ett genomförande

7.2.1 Generella krav

Följande generella krav har identifierats:

- Genomförandet skall vara klart innan 2025.
- Ombyggnaden skall genomföras med minsta möjliga trafikpåverkan.
- Genomförandet inte får ha någon allvarlig inverkan på det ordinarie underhållsarbetet i depå.
- Säkerställa en stabil och robust trafikutsättning med en marginell ökning under genomförandeperioden.

Uppfyllandet av dessa generella krav är av prioriterad betydelse inför genomförandet av projektet.

7.3 Operativa förutsättningar

Genomförandet skall kunna ske med en befintlig flotta på 129 fordon. Något permanent eget fordonstillskott är inte att räkna med under de närmaste åren. I dagsläget trafiksätts 105 fordon inklusive trafikreserv. För 2020 planeras en trafikutökning till 109 fordon. Under genomförandet så bedöms trafikutsättningen att successivt öka till 110-112 fordon 2025.

Dagens underhållsreserv omfattande 24 fordon kommer då att minska i förhållande till trafikutsättningen. Bedömningen är för närvarande att detta inte kommer att påverka trafikutsättningen förutsatt att en noggrann planering och samordning sker och att underhållsorganisationen fungerar på ett tillfredställande sätt.

Genomförandet planeras att i första hand utföras i Trafikförvaltningens befintliga depåanläggningar och antas kunna ske samordnat med det planerade lågfrekventa underhållet under perioden.

En försvårande faktor i sammanhanget är att Älvsjödepån samtidigt genomgår en omfattande nödvändig ombyggnad. Effekten av denna ombyggnad är inte helt klarlagd då projektet befinner sig i planeringsstadiet. Projekten samarbetar för att finna den optimala lösningen med avseende på tillgängliga verkstadsplatser totalt inom pendeltågstrafiken.

7.4 Samordning med lågfrekvent underhåll

7.4.1 Allmänt

Tilltänkt ombyggnadsperiod för projektet är i samband med nästa gång ett lågfrekvent underhåll inträffar för respektive fordonstyp. Fördelen med detta förfarande är att antalet avställda fordon kan hållas till ett minimum.
Fordonen genomgår regelmässig ett större kilometerbaserat underhåll efter 900 000 km vilket motsvarar 5-6 år beroende på kilometeruttag/år.
Underhållsaktiviteterna är olika omfattande beroende av vilken cykel som fordonet befinner sig i.
Nästa gång som fordonen skall på lågfrekvent underhåll inträffar samtidigt som genomförandet av ombyggnationen är nödvändig att göra vilket framgår av Tabell 7 nedan.

Nästkommande större underhållsintervall			
Fordon	Underhållsintervall	Benämning	Infaller
X60	2 700 000 km	A16, A13, A10	2021 – 2025
X60/A	1 800 000 km	A14, A10	2022 – 2024
X60B	900 000 km	N10	2022 – 2024

Tabell 7. Nästkommande större underhåll

7.4.2 Samordning med lågfrekvent underhåll

Vid tidpunkten för denna rapports skrivande har underhållsaktiviteter kopplade till intervall 1 800 000 km för X60 precis avslutats. X60A har genomgått underhåll kopplat intervall 900 000 km. Leveransen av X60B är slutförd och underhåll kopplade till intervallet 900 000 km kommer att inträffa under ombyggnadsperioden.

Nuvarande årlig km-produktion är ca 150 000 km/fordon för innevarande trafikprogram T19 och den beräknas uppgå till ca 160 000 km/fordon för trafikprogram T25 enligt gällande prognos, vilket innebär att de större underhållspaketen inträffar var 5-6 år.

Det förekommer även andra intervall för lågfrekvent underhåll av mindre omfattning som utförs periodvis mellan de större underhållen.

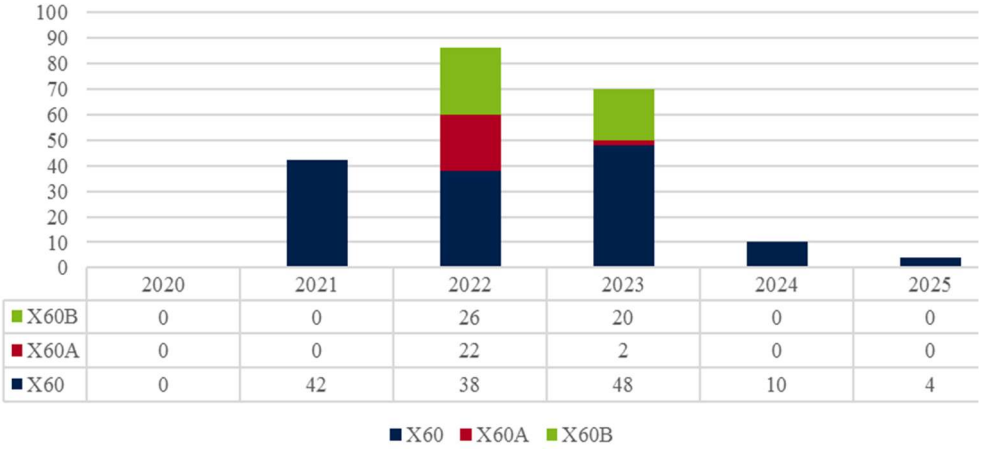
Ett projekt pågår på TF med att se över och synkronisera underhållsintervall utifrån övriga X60-fordon i Sverige (X61, X62). Tanken är även att försöka att renodla underhållsintervallerna med multiplar på 900 000 km. Detta har ej tagits hänsyn till i denna studie då projekten löper parallellt. Resultatet behöver dock beaktas i planeringsfasen.

7.4.3 Behov av verkstadsplatser för lågfrekvent underhåll

Under utredningen så har det utretts hur många verkstadsplatser för lågfrekvent underhåll som krävs under perioden 2021-24 (ev 2025). Utan att gå in på detaljer så kan det konstateras att det åtgår två verkstadsplatser med lyftmöjligheter under hela perioden. I Brodepån finns idag fem verkstadsplatser med lyft. I dagsläget behövs åtminstone tre av dessa för avhjälpande underhåll och kortare periodiserat underhåll.
I Södertäljedepån finns ytterligare ett lyftspår för två fordon. Spåret är inte utrustat för lågfrekvent underhåll utan är avsett för kortare periodiserat underhåll samt felavhjälpande underhåll.
I Älvsjödepån kan ytterligare ett lyftspår tillkomma under den senare delen av perioden, troligen efter 2024, planeringen av detta är i dagsläget inte slutförd. Det spåret kommer att kunna avlasta Bro med avseende på felavhjälpande underhåll.

Den inledande utredningen har visat på att det kommer en rejäl underhållspuckel under 2022-2023. Preliminära undersökningar visar på att det finns möjligheter att fördela fordonen jämnare över perioden. Fördelningen kan göras delvis med hjälp av differentiering av kilometeruttaget samt delvis med hjälp av dispenser (viss förlängning av underhållsintervaller), troligen en kombination. Ambitionen är att under planeringsfasen identifiera det för pendeltågsverksamheten effektivaste upplägget.

I Figur 13 redovisas behovet av verkstadsplatser per år om ingen omfördelning eller dispens ges.



	2020	2021	2022	2023	2024	2025
X60B	0	0	26	20	0	0
X60A	0	0	22	2	0	0
X60	0	42	38	48	10	4

Figur 13. Årsvis behov av verkstadsplatser redovisat i antal veckor

7.4.4 *Behov av verkstadsplatser för uppgradering*

Utredningen har preliminärt uppskattat behovet av verkstadsplatser till två under hela ombyggnadsperioden men i kombination med underhållet kan ytterligare kapacitet vara nödvändig.
Fortsatta analyser kommer att belysa om detta är möjligt att kombinera uppgraderingen med underhållet och om ytterligare åtgärder såsom att temporära verkstadsplatser tillförs eller att en extern verkstad måste anlitas. Oavsett vilket alternativ som än föredras så kommer en kostnad att uppstå.

7.4.5 *Samordning av uppgradering och underhåll*

Arbetshypotesen är att genomföra uppgradering parallellt med underhållet med viss förlängning underhållsintervallet per fordon för att säkerställa genomförandet. Omfattningen av uppgraderingen är i stora drag identifierad och beskrivs på annat ställe i rapporten För att genomföra en fordonsuppgradering i anslutning till nästa lågfrekventa underhåll krävs ett fortsatt kvalificerat utrednings- och planeringsarbete. En av de mest komplicerade uppgifterna är att identifiera hur många fordon som kan vara tillgängliga för underhåll respektive ombyggnad samtidigt, utan att störa trafikutsättningen.

7.5 Genomförandescenarier

Under utredningsperioden så har det analyserats ett antal scenarier om hur ett genomförande skulle kunna realiseras. I det följande redovisas kortfattat de för tillfället mest intressanta alternativen:

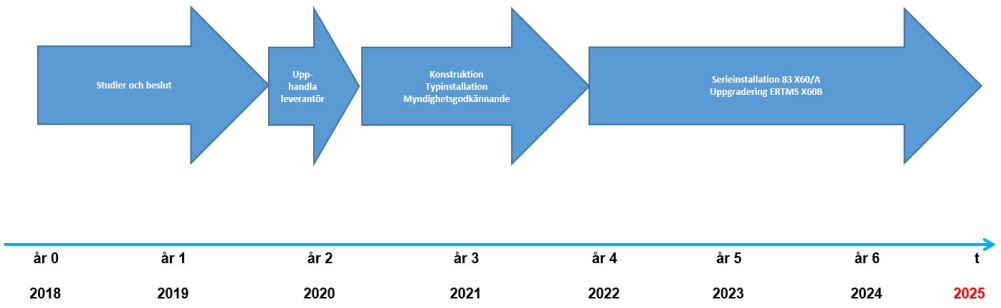
a) Allt utförs i Bro inom givna ramar för tid och tillgängliga lyftspår.
b) Upplåt tre lyftspår i Bro vid sommartidtabell.

c) Utöka kapacitet i Bro 2022 (tre spår eller tillfälligt spår).
d) Utöka kapacitet i Bro depå genom att bygga ett till lyftspår.
e) Flytta UH + uppgradering för del av flottan till extern depå.
f) Flytta UH + uppgradering för alla fordon till extern depå.

Samtliga alternativ har bedömts som realistiska att arbeta vidare med och kommer att utforskas ytterligare under kommande utredningsarbete.

7.6 Tidplan

I Figur 14 nedan redovisas den tidplan som använts som underlag för att identifiera möjliga genomförandescenarier. Ytterligare detaljerade tidplaner för respektive genomförandescenario kommer att tas fram i planeringsfasen.



Figur 14. Översiktlig tidplan

7.7 Risker och möjligheter

Oavsett vilket alternativ för genomförande som väljs kommer samtliga alternativ kräva tydliga gränssnitt och ett beroende kommer att finnas mellan underhåll och uppgradering, där beroendet blir av olika karaktär beroende av vilken strategi som väljs.

- Taktning mellan underhåll och uppgradering
  - Vid parallella aktiviteter är detta ett av de mest kritiska områdena att säkerställa
  - Mindre eller inget beroende vid sekventiella aktiviteter, beroende på om uppgradering tillåts innan underhåll eller endast efter
- Den största möjligheten med att föreslå ett parallellt upplägg är att den kräver färre fordon ur trafik samtidigt.

- Samordningseffekter kan endast realiseras i ett parallellt upplägg
- Materialförsörjning är kritisk att säkerställa oavsett upplägg
- Upplärningskurvan kan se olika ut för uppgradering respektive underhåll

7.8 Organisation

Tänkt organisation för genomförandet kommer att definieras i planeringsfasen. En projektorganisation på Trafikförvaltningen bedöms kunna omfatta 4-6 roller över projekttiden och kommer att skedesanpassas.

7.9 Sammanfattning

Utredningen gör bedömningen att det är rimligt att hela verkställandet av ERTMS och samkörbarhet tillsammans med de övriga föreslagna åtgärderna skall kunna genomföras, samordnat med lågfrekvent underhåll, under den aktuella tidsperioden. Genom att samordna insatserna till ett ombyggnadstillfälle kan genomförandet ske på ett koordinerat och samordnat sätt med minsta trafikpåverkan jämfört med att genomföra ombyggnader löpande. Huruvida ytterligare åtgärder såsom tillfälliga eller permanenta åtgärder i form av utökad depåkapacitet kan tillkomma återstår att utreda i planeringsfasen.

Ett genomförande av en ombyggnad i kombination med underhåll där tidsåtgången för X60/A är 3 veckor och X60B 1–2 veckor bedöms att vara genomförbar, då det på en övergripande tidplan finns tillgänglig tid fram till slutet 2024. En serieinstallation av ERTMS kan ej starta förrän i mitten av 2021, vilket gör att det förmodligen krävs en differentiering av kilometeruttagen för att fördröja X60 så långt det går och istället tidigarelägga X60B.
Om ej en differentiering genomförs, kan underhåll behöva utföras innan en uppgradering görs, dvs. i sekvens. Antingen väljs då detta upplägg för hela flottan eller endast för de fordon som kräver underhåll innan mitten av 2021.

Det finns ännu ingen depåkapacitetssimulering gjord för att verifiera att det går att dedicera två spår i till exempel Brodepån för samtida uppgradering med nästa större underhållsaktiviteter. Inga fördjupade studier kring samordningsvillkor och synergier har heller gjorts. Analyser kring detta problemkomplex kommer att utföras under den fortsatta planeringsfasen.

7.10 Behov av fortsatt arbete i planeringsfasen

Under planeringsfasen skall ett antal delsystem analyseras djupare i syfte att skapa underlag för bedömning i vilken omfattning livscykelåtgärder behöver vidtas och vid vilken tidpunkt. För att kunna bedöma tidsåtgången för en ombyggnad måste en preliminär teknisk design tas fram på hög nivå. Vidare skall genomförandealternativen analyseras och ett slutligt alternativ skall tas fram och kostnadsbedömas tillsammans med förslag till upphandlingsinriktning som underlag för genomförandebeslut.

8 Ekonomiska konsekvenser

Totalutgiften för ERTMS och Samkörbarhet är budgeterad till 447 miljoner i beslutad budget 2019 med planår 2020-2028 (LS 2017-1455). Utredningen visar dock så här långt på att utgifterna för de åtgärderna är mer omfattande och att fler åtgärder är nödvändiga för att X60-flottan ska kunna användas optimalt och bidra till tillförlitligheten och robustheten i hela pendeltågssystemet. De uppskattade kostnaderna under utredningsfasen redovisas i bilaga 1 till denna rapport. Det fortsatta arbetet under planeringsfasen förväntas redovisa mer substantiella kostnader för de nödvändiga tillkommande åtgärderna.

För att stimulera och stödja omställningen till ERTMS finns EU-bidrag att söka inom CEF – Connecting Europe Facility. Trafikverket har regeringens uppdrag att samordna dessa ansökningar nationellt. Trafikförvaltningen har för AB SL:s räkning ansökt om bidrag för ERTMS ombordutrustning under 2018. Ett besked avseende tilldelning av medel erhölls under hösten 2018.
Sverige ansökte om bidrag för totalt ca 500 fordonsinstallationer varav Trafikförvaltningens utgjorde 129 st. Utfallet av ansökan blev ett avslag för hela den Svenska delen avseende fordonsinstallationer eftersom den totala bidragsramen överskreds. Signaler har kommit att ytterligare möjlighet kan komma för att söka bidrag under 2020 och en ny ansökan bör då inlämnas. Tidigare ansökningar har medgett ca 50% av investeringen för ombordsystem vilket för Trafikförvaltningen skulle kunna innebära ca 150 miljoner kronor.

9 Sociala konsekvenser

Arbete med att identifiera sociala konsekvenser för genomförandet kommer att ske under planeringsfasen.

10 Konsekvenser för miljön

Den föreslagna inriktningen omhändertar identifierade brister i miljön som:

- Förbättrad arbetsmiljö kopplat mot förarmiljö och personsäkerhet
- Energibesparingar genom minskade tomkörningskilometrar

Arbete med att identifiera miljökonsekvenser för genomförandet kommer att ske under planeringsfasen.

11 Diskussion och slutsatser

11.1 Fordonsflottans status

11.1.1 Analys av befintliga delsystem

Resultatet från MTR Pendeltågen och Alstom analys av befintliga delsystem är sammanställda i en huvudrapport med vidhängande delsystemrapporter. Under arbetet har det identifierats ett hundratal förslag på åtgärder av olika art som kan förbättra fordonens prestanda i olika perspektiv, tillgänglighet, underhållsmässighet, driftsäkerhet, passagerarmiljö etc.
Utifrån dessa rapporter har sedan utredningsgruppen tillsammans med TA Järnväg analyserat behoven ur Trafikförvaltningens perspektiv och sammanställt förslag till åtgärder. Ett fåtal av åtgärderna av livscykelkaraktär föreslås genomföras i samband med ERTMS och samkörbarhetsombyggnad då de är nödvändiga att genomföra men merparten av de föreslagna åtgärderna bedöms kunna genomföras vid behov i den löpande fordonsförvaltningen, såväl på Trafikförvaltningens som Trafikutövarens initiativ.

11.1.2 Fordonens livslängd

Vidare har en helhetsbedömning kunnat göras avseende fordonens estimerade livslängd och att fordonen i dagsläget bedöms kunna vara i operativ drift intill 2045 förutsatt att de förvaltas på ett adekvat sätt under resterande del av livscykeln. Fortsatta reinvesteringar i delsystem samt moderniseringar kommer successivt att vara nödvändiga och nu när en större del av flottan närmar sig sin andra halva av sin tekniska livslängd kan det förväntas att behoven av reinvesteringar ökar.

11.1.3 Aktiv fordonsförvaltning

De tekniska rapporterna påvisar tydligt behovet av en aktiv och kontinuerlig fordonsförvaltning och uppföljning av fordonsflottan för att livscykelhantera den på ett så ekonomiskt och resurseffektivt. Därav rekommenderas att Trafikförvaltningen säkerställer att processer och resurser avdelas och prioriteras för detta samt att ansvaret tydliggörs internt avseende det kortare och längre tidsperspektivet och gränsdragningarna mellan förvaltning och utveckling av fordonsflottan.
Vidare rekommenderas att Trafikutövarens ansvar gällande omfattningen av livscykelförvaltningen inom uppdraget och att åtaganden och leveranser inom ramen för uppdragsavtalet tydliggörs och följs upp noggrannare av Trafikförvaltningen. Slutligen rekommenderas att ett systemstödsavtal tecknas

med fordonsleverantören i syfte att säkerställa att Trafikförvaltningen och Trafikutövaren vid behov kan avropa erforderligt tekniskt stöd för djupare analyser, erhålla löpande stöd med livslängdsbevakning och säkerställa löpande förvaltning av programvaror. Ett sådant avtals skulle potentiellt kunna samordnas med övriga Coradia Nordicägare genom Transitio.

11.1.4 Tekniska stöd- och analyssystem

För att kunna följa upp fordonsflottan effektivt finns möjligheter att utnyttja fjärrdiagnostik och avancerade skräddarsydda analyssystem. Sådana system kan såväl bidra till ett mer predikterbart avhjälpande underhåll och större möjligheter till felorsaksanalyser. Ett analyssystem kan även nyttjas om det är så utformat för att genomföra analyser riktade mot livscykelperspektivet där större mängder data över tid kan analyseras och i ett tidigt skede kan ge indikationer och trender på förestående livslängdsproblem.

11.1.5 Reservdelsförsörjning

Under utredningsarbetet har det framkommit att det finns ett ytterligare behov av utbytesenheter (högvärdeskomponenter) för X60B. Bakgrunden är att vid anskaffningen av X60B så initialanskaffades ett prioriterat antal utbytesenheter som inrymdes i fordonsprojektets ekonomiska ram. Trafikavdelningen sektion järnväg håller nu på att sammanställa behovet så att det nära förestående lågfrekventa underhållet skall kunna genomföras planenligt, med minsta trafikpåverkan och utan långa ledtider för upparbetning av komponenter. Ansvaret för anskaffningen för dessa skall omhändertas av Trafikförvaltningen i enlighet med E24 uppdragsavtal där ansvaret för anskaffning av högvärdeskomponenter är reglerat.

11.2 Behov av åtgärder

Utredningen gör bedömningen att den inriktning för omfattningen av genomförandet som förordas med ERTMS och samkörbarhet tillsammans med de övriga föreslagna åtgärderna är nödvändiga att genomföras under denna fas i fordonens livscykel, samordnat med lågfrekvent underhåll. Genom att klustra dessa åtgärder till ett ombyggnadstillfälle kan åtgärderna ske på ett koordinerat och samordnat sätt med minsta trafikpåverkan jämfört med att genomföra ombyggnader löpande. Att genomföra de föreslagna åtgärderna är en förutsättning för att trafikeringen med pendeltåg ska kunna bedrivas efter 2025 på trafikverkets infrastruktur samt på ett robustare och tillförlitligare sätt.

De åtgärder som föreslås genomföras samordnat i denna ombyggnad av fordonsflottan beskrivs nedan. Åtgärderna har under utredningen noga avvägts och prioriterats utifrån ett antal urvalskriterier.

a) Tillföra förmåga att trafikera Trafikverkets ERTMS-banor med X60/A och X60 B i rätt systemversion av ETCS ombordsystem genom att utrusta X60/A och uppgradera ETCS i X60B. Denna åtgärd är tvingande för att kunna trafikera ERTMS-utrustade sträckor i pendeltågssystemet som driftsätts från 2025.

b) Tillföra förmåga till samkörbarhet mellan X60/A och X60B i syfte att öka utnyttjandegraden av fordonsflottans kilometeruttag till trafikproduktion samt tillföra ökad flexibilitet i trafikprogram och minska trafikala konsekvenser vid störningar och återställningar. Den uppskattade nyttan med samkörbarhet kan delas upp i besparingar i form av bättre utbudsanpassning och ett minskat antal tomtransporter, och positiva effekter för resenärer i form av färre förseningsminuter, ett minskat antal operativt kortade tåg och en ökad robusthet.

c) Genomföra viss harmonisering av förarmiljön i X60/A i syfte att anpassa den för ETCS ombordsystem, skapa bättre ergonomi och arbetsmiljö samt bidra till en högre tillförlitlighet, robusthet och säkerhet.

d) Tillföra system för automatisk trafikanträkning (ATR) på samtliga X60/A i syfte att ge utökat underlag till trafikplaneringen vilket bidrar till en robustare trafik som bättre möter efterfrågan.

e) Tillföra en fordonsövergripande stamnätsarkitektur för att möjliggöra kostnadseffektivt införande av trafikanträkningssystem (ATR) samt möjliggöra ett framtida kostnadseffektivt införande av t ex utökad passagerarinformation, utbyte av säkerhetskameror och skapa möjligheter för införande av andra resenärsnära tjänster, t.ex. wifi. Detta bidrar till en kostnadseffektiv förvaltning och framtida utveckling av fordonen samt möjliggör förmåga till ökad trygghet och service för resenärerna.

f) Genomföra nödvändiga livscykelåtgärder på fordonets tågkontrollsystem (TCMS) i syfte att säkerställa fordonens funktion efter 2025, möjliggöra samkörbarhet och harmonisering med X60B samt ge möjlighet att öka

fordonens tillförlitlighet i framtiden med utökade övervakningsfunktioner vilket bidrar till en robustare trafik.

g) Om fortsatt analys påvisar behov, genomföra nödvändiga livscykelåtgärder på passagerarinformationssystemet (PIS).

11.3 Genomförbarhet

Bedömningen är att hela verkställandet av ERTMS och samkörbarhet tillsammans med de övriga föreslagna åtgärderna skall kunna genomföras samordnat med lågfrekvent underhåll under den aktuella tidsperioden. Genom att samordna insatserna till ett ombyggnadstillfälle kan genomförandet ske på ett koordinerat och samordnat sätt med minsta trafikpåverkan jämfört med att genomföra ombyggnader löpande. Huruvida ytterligare åtgärder såsom tillfälliga eller permanenta åtgärder i form av utökad depåkapacitet kan tillkomma återstår att utreda i planeringsfasen.

12 Referenser

Cavalli-Björkman, F. (2018). *Beslut om strategisk inriktning avseende passagerarmätsningsutrustning i fordon, TN 2017-1150*. Stockholms Läns Landsting: Trafikförvaltningen.

MTR. (2019) Förstudie X60 livstidsförlängning
Alstom. (2019) Delsystemsutredningar, Bilagor till förstudie X60

MTR. (2018) Utredning om samkörbarhet för X60-flottan

SL. (2013). SL 2013-5469 Programstudierapport C20 Uppgradering.

SL. (den 23 oktober 2018). LS 2018-0724 Utredningsbeslut avseende samkörbarhet av pendeltågsfordon och anpassning till europeiskt signalsäkerhetssystem (ERTMS).