

RAPPORT

Införandetakt av ERTMS-systemet

Effektbedömning och samhällsekonomisk analys

Maj 2017



Trafikverket

Postadress: 781 89 Borlänge

E-post: trafikverket@trafikverket.se

Telefon: 0771-921 921

Dokumenttitel: Införandetakt av ERTMS-systemet. Effektbedömning och samhällsekonomisk analys.

Författare: Kristina Schmidt m fl.

Dokumentdatum: 2017-06-19

Version: 1.01

Kontaktperson: Håkan Persson, Trafikverket

Innehåll

SAMMANFATTNING.....	4
1. BAKGRUND OCH SYFTE	6
2. INFÖRANDE AV ERTMS	7
2.1 Reinvestering i signalanläggningar.....	7
2.2 Core network och resterande järnvägsnät	8
2.3 Scenarier med olika tidpunkt och takt för införande	9
3. KOSTNADER.....	12
3.1 Reinvestering signalanläggningar och anpassning till ERTMS.....	12
3.2 Kostnader för trimningsåtgärder i infrastrukturen.....	13
3.3 Kostnader för konvertering av ombordutrustning	13
3.4 Monopolliknande situation för befintliga signalsystemet ATC.....	16
3.5 Drift och underhållskostnader	17
3.6 Övriga, ej monetärt värderade, kostnader och risker	18
3.7 Sammanfattning kostnader	18
4. EFFEKTERNA AV ERTMS – BESKRIVNING	19
4.1 Vilka skillnader i nyttor finns mellan ERTMS och ATC?	19
4.2 Kravbild ERTMS och dess relation med de mått som används	19
4.3 Driftsäkerhet	20
4.4 Ökad interoperabilitet och standardisering	23
4.5 Säkerhet	24
4.6 Initiala inkörningsproblem	25
5. KVANTIFIERING OCH VÄRDERING AV EFFEKTER	26
5.1 Kvantifiering av nyttor.....	26
5.2 Effekt på förseningstid av ökad driftsäkerhet	26
5.3 Kapacitetshöjning av trimningsåtgärder (i känslighetsanalys)	27

5.4 Nyttornas fördelning över tid	28
5.5 Tidsvärden.....	29
5.6 Värderade effekter	29
6. RESULTAT SAMHÄLLSEKONOMI	31
6.1 Huvudanalys.....	31
6.2 Känslighetsanalyser för kontroll av antaganden.	32
6.3 Känslighetsanalys med högre antagna kapacitetseffekter	32
6.4 Effekter som inte kvantifierats i kalkylen.....	33
6.5 Slutsats	33
BILAGA 1 KAPACITETSEFFEKTER AV ERTMS-INFÖRANDET	34
BILAGA 2 FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR FORDONSINSTALLATIONER AV ETCS OMBORDUTRUSTNING.....	41
BILAGA 3 BESKRIVNING AV TILLVÄGAGÅNGSSÄTT SAMT VALIDERING AV RESULTAT FÖR MÄTNING AV DRIFTSÄKERHET.....	45

Sammanfattning

I detta PM beskrivs hur kostnader och nyttor av att införa ERTMS på det svenska järnvägssystemet påverkas av i vilken takt och vid vilken tidpunkt som införandet sker. Utredningsalternativet, att införa ERTMS enligt nuvarande plan, jämförs med två andra alternativ. Det ena jämförelsealternativet innebär att man skjuter på införandet med tre år och det andra att ERTMS inte införs förrän nuvarande systems livslängd är slut, vilket har antagits inträffa ca år 2035. I samtliga alternativ förutsätts att nuvarande ca 800 ställverk byts ut mot ca 160 moderna datorställverk under tidsperioden 2021 till 2035. Reinvesteringsbehovet i anläggningen är således inte knutet till val av signalsystem utan har antagits behöva genomföras oavsett systemval. Den redovisade samhällsekonomiska kalkylen skiljer sig därför från en nyttokalkyl för ett "vanligt" investeringsobjekt.

En förskjutning av införandet med tre år innebär något ökade investeringskostnader i infrastrukturen, eftersom en konverteringskostnad av de först installerade ställverken tillkommer. Tågoperatörernas kostnader för ombordutrustning blir något lägre i detta alternativ, eftersom fler äldre lok fasats ut och ersatts med nya.

Om man väntar med att införa ERTMS till 2035 så tillkommer ytterligare kostnader för konvertering av anläggningarna. Dessutom får man räkna med en ökad kostnad för underhåll och reinvestering i det gamla signalsystemet (ATC) därför att en monopolliknande situation har uppkommit.

Effekten på reinvesteringskostnaden i infrastrukturen motiverar ensamt tidigt införande av ERTMS. Men det finns också några andra effekter av ERTMS som går att kvantifiera och som kan tillgodoräknas i ett tidigt införande. Framförallt kan man visa att driftsäkerheten påverkas av ERTMS, vilket förutom lägre underhållskostnader innebär färre signalfel med snabbare åtgärd vilket får effekt på punktlighet och förseningstider. Svårare att kvantifiera nyttan av är att införandet av ERTMS i hela Europa medför en standardisering och en ökad interoperabilitet över gränserna. Standardiseringen bedöms i sin tur kunna leda till ökad innovation och ökade möjligheter till optimerad fordonsflotta på grund av fordonsdelning mellan länder.

Tågoperatörernas kostnader blir lägre vid senareläggning. På minussidan för tidigt införande finns också större risk för inkörningsproblem för ombordsystemet.

Kalkylen visar tydligt att senareläggning av ERTMS-införande medför ökade kostnader och minskade nyttor för samhället. Ju tidigare Sverige inför ERTMS desto tidigare kan dess nyttor tillgodoräknas. Samhället som helhet bedöms vinna på tidigt införande då infrastrukturhållare, resenärer och godstransportköpare gynnas av detta. Tågoperatörer gynnas av ett senare införande.

1. Bakgrund och syfte

Signalsystemet är en väsentlig del av järnvägen som bidrar till säkerhet och organiserar trafiken så att kapaciteten på spåren kan utnyttjas på ett bra sätt. Idag används ett antal olika signalsystem i Europa. Gränsöverskridande fordon måste därför ha flera signalsystem installerade och lokföraren måste ha utbildning för vart och ett av dessa. ERTMS (European Rail Traffic Management System) är ett gemensamt europeiskt signalsystem som, på europeisk nivå, syftar till att underlätta gränsöverskridande trafik och att gemensamt driva utvecklingen av en ny generation signal- och säkerhetssystem. Ur ett svenskt perspektiv utgör ERTMS-införandet en moderniserings- och reinvesteringsåtgärd då nuvarande system är ålderstiget. Det nuvarande signalsystemet i Sverige, liksom i Norge, är ATC (Automatic Train Control).

EU:s genomförandeplan för ERTMS är juridiskt bindande för medlemsstaterna och i planen ingår de delar av det svenska järnvägsnätet som ingår i det så kallade Core-nätverket. Detta nätverk ska enligt EU-förordning 1315/2013 vara färdigutrustat med ERTMS senast år 2030. Därefter fortsätter införandet av ERTMS på resterande delar av det svenska järnvägsnätet och beräknas pågå till och med år 2035.

Regeringen har tilldelat Trafikverket huvudansvaret för införande av ERTMS i Sverige. I detta uppdrag ingår att redovisa kostnader för hela införandet samt redogöra för nyttan för infrastrukturhållare och användare av järnvägen.

Kostnader för ERTMS fördelas på infrastrukturhållare och operatörer, vilka måste installera ombordutrustning på tågen. Sverige har Europas mest avreglerade marknad med ca 40 operatörer, överlag med små marginaler och heterogen fordonsflotta.

I detta PM görs ett försök att beskriva och kvantifiera hur kostnader och nyttor av att införa ERTMS på det svenska järnvägssystemet påverkas av i vilken takt och vid vilken tidpunkt som införandet sker. Utredningsalternativet, att införa ERTMS enligt nuvarande plan, jämförs med två andra alternativ. Det ena jämförelsealternativet innebär att man skjuter på införandet med tre år och det andra att ERTMS inte införs förrän nuvarande systems livslängd är slut, vilket beräknas inträffa ca år 2035. I samtliga alternativ förutsätts att nuvarande ca 800 ställverk byts ut mot ca 160 moderna datorställverk under tidsperioden 2021 till 2035. Reinvesteringen i anläggningen som beror på anläggningens nuvarande skick är inte knutet till val av signalsystem utan antas behöva genomföras oavsett systemval.

Kalkylen som redovisats i denna SEB skiljer sig därmed från en "vanlig" investeringskalkyl, i vilken man jämför kostnaden/nyttor för en åtgärd mot att inte göra någonting. Att inte reinvestera alls i anläggningen utgör dock i praktiken inget alternativ.

Effektbedömningen har utförts i samarbete mellan Projektet, Expertcenter och Nationell Planering.

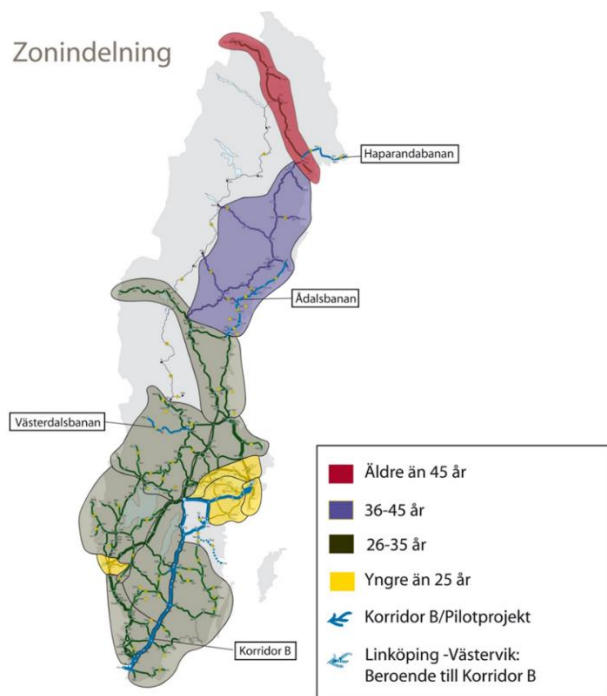
2. Införande av ERTMS

2.1 Reinvestering i signalanläggningar

Signalanläggningarna i nuvarande signalsystem börjar bli föråldrad och är i behov av reinvestering. Av kartan nedan framgår att en mycket stor del av nuvarande anläggning närmar sig den ekonomiska livslängden på 40 år. Dessutom är majoriteten av ställverken av omodern reläteknik. Den existerande anläggningen är också mycket heterogen. I dagsläget finns omkring 13 generationer av ställverk med individuella variationer i varje generation, vilket gör förvaltningen komplex och dyr, inte minst ur ett kompetens- och materialförsörjningsperspektiv.

För att få en modernare, pålitligare och mer övervakningsbar anläggning på sikt så har Trafikverket beslutat att ta ett helhetsperspektiv på reinvesteringen av signalanläggningen. Det innebär att Trafikverket under år 2021-2035 kommer att byta ut samtliga signalställverk till moderna, standardiserade datorställverk. Man kommer därmed bort från den stora variationen av olika ställverk och får istället en standardiserad anläggning med modern teknik. Standardiseringen, det vill säga att det kommer finnas betydligt färre olika generationer och individuella variationer av ställverk ger fördelar på sikt. Exempelvis medför standardisering av signalanläggningen ett betydligt mer kostnadseffektivt underhåll på sikt. Dessutom blir inköpsvolymerna större, upphandlingsproceduren förenklas och fler aktörer kan vara med.

I och med att reinvesteringen i signalanläggningen genomförs med ett helhetsperspektiv, det vill säga, att hela reinvesteringen planeras som helhet, så har man möjlighet att tänka om ställverksarkitekturen. Till följd av detta, samt till följd av att man reinvesterar till datorteknik så kan man nyttja datorställverkens fördel av att kunna kontrollera mycket större geografiska områden än vad de gamla reläställverken kan. Därmed kan man minimera antalet ställverk. Detta innebär att dagens omkring 800 ställverk kommer bytas ut mot ca 160 ställverk med utbredda styrområden. Detta ger naturligtvis stora nyttor på sikt i och med att det då kommer finnas omkring 640 färre ställverk att underhålla och reinvestera. Dessutom finns det stora fördelar i form av ökad möjlighet att övervaka och kontrollera ställverken.



Figur 1 Signalanläggningarnas ålder

Reinvesteringsbehovet är inte knutet till val av signalsäkerhetssystem utan det som driver reinvesteringsbehovet är anläggningens skick, det vill säga, att anläggningen är heterogen och är föråldrad. Alternativet till att reinvestera signalanläggningen med ERTMS-teknik är att reinvestera anläggningen med ATC-teknik. **Att inte reinvestera i anläggningen utgör inget alternativ.**

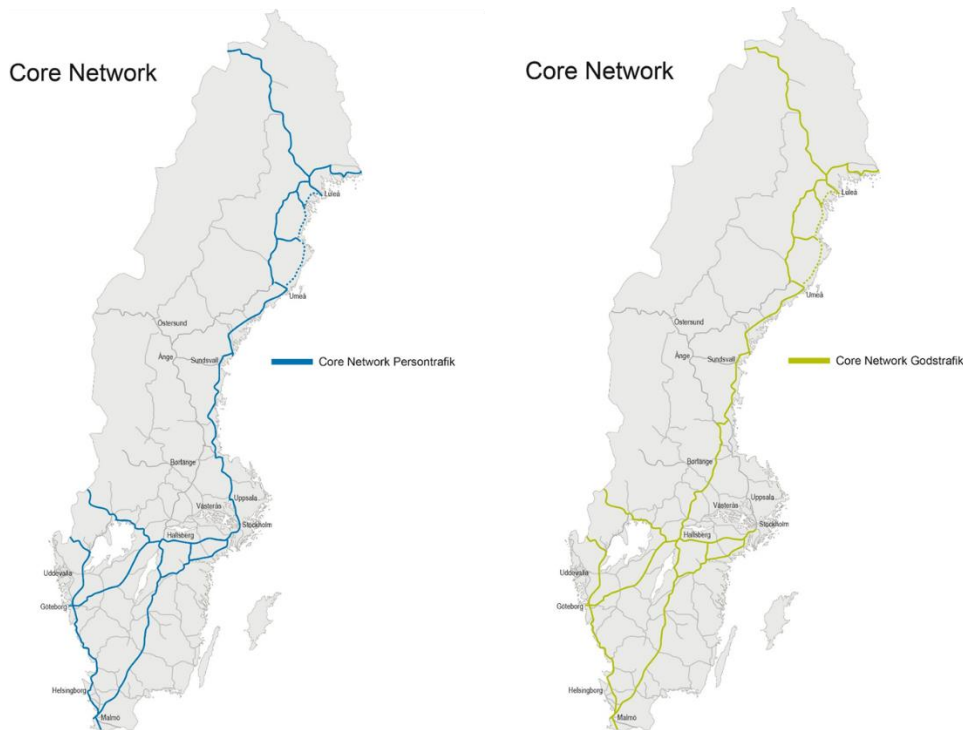
Reinvesteringen i signalanläggningen är därför en fast förutsättning i såväl utrednings- som jämförelsealternativ i denna kalkyl, som endast avser att utreda val av signalsäkerhetssystem. Kalkylen jämför kostnaden för att reinvestera i ERTMS-utrustad signalanläggning med att reinvestera i ATC-utrustad signalanläggning som konverteras till ERTMS senare. De två alternativa anläggningarna innebär reinvesteringar i ungefär samma hårdvara, men utan optiska signaler i ERTMS och utan radioblockcentraler i ATC. Eftersom kalkylen enbart avser val av signalsystem och takten med vilken det införs så är det endast nyttor knutna till signalsäkerhetssystemet som är inkluderade. Nyttor som beror enbart på reinvesteringarna i signalanläggningen har inte inkluderats.

2.2 Core network och resterande järnvägsnät

Enligt EU-förordning 1315/2013 ska ERTMS vara infört på Core Network (för omfattning, se figur 2 nedan) till 2030. I och med att detta utgör ett lagkrav så förutsätts det, i samtliga alternativ då ERTMS införs innan ATC fasas ut, att Trafikverket följer lagen och därmed inför Core Network till 2030, oavsett vilket år som utgör byggstart för ERTMS-projektet. Detta är att betrakta som en fast förutsättning. Därefter bedöms det ta ytterligare 5 år att utrusta resten av nätet. Det vill säga, år 2035 förutsätts hela det svenska järnvägsnätet vara utrustat med ERTMS.

Enligt EU-förordning 2016/919 finns det även ett åtagande gällande att alla nya och ombyggda fordon måste utrustas med ETCS ombord. Kalkylen förutsätter att även detta lagkrav följs och därmed utgör även ETCS-utrustning av nya fordon en fast förutsättning för kalkylen, oavsett val av marksystem.

Omfattningen av Core Network för person- respektive godstrafik visas i nedanstående figur



Figur 2 Core Network för svenska järnvägen. Som synes skiljer sig godsnätet något från persontrafiknätet. Det svenska järnvägsnätet omfattar ca 12'000km, av det är ca 1/3 Core Network (3'600km). Core Network omfattar dock ca 20 000 av de totalt 30 000 signalobjekten.

2.3 Scenarier med olika tidpunkt och takt för införande

Utredningsscenariet innebär att införa ERTMS enligt Trafikverkets plan, det vill säga att ERTMS-utrusta hela svenska nätet mellan år 2021 och 2035. Utredningsscenariet jämförs med två olika alternativ: Ett där starten av införandet förskjuts tre år framåt i tiden (JA1), för att ge tågoperatörer mer tid till att utrusta sina äldre fordon med ETCS, samt ett där ERTMS inte införs förrän vid den tidpunkt när ATC har fasats ut (JA2).

Tidpunkten för när ATC har fasats ut kan naturligtvis diskuteras. Trafikverket har antagit år 2035 beroende på att majoriteten av operatörernas fordon vid den tidpunkten bedöms vara ETCS-utrustade, uppskattningar om att det för leverantören kommer vara olönsamt att behålla produkten då en så stor andel av deras marknad kommer bestå av ERTMS samt att nya funktioner så som Automatic Train Control (ATO) bedöms efterfrågas allt mer.

Eftersom det är en fast förutsättning att reinvesteringen i omkring 160 moderna datoriserade ställverk genomförs enligt samma tidsplan i samtliga alternativ (se beskrivning ovan i kapitel

2.1), så innebär det att reinvesteringskostnad, reinvesteringstakt samt restvärde på befintlig anläggning blir likvärdig i alla tre alternativen. Det som istället skiljer alternativen är kostnader för konvertering, ombordutrustning, monopolliknande situation samt nyttor. När ERTMS är helt infört - år 2035 för UA och JA1 samt år 2041 i JA2 blir skillnaderna mellan alternativen noll.

Som beskrivet i kapitel 2.2 ovan så utgör uppfyllandet av lagkravet på ERTMS-utrustning av Core Network till 2030 en fast förutsättning i utredningsalternativet och i JA1.

De viktigaste förutsättningar för de olika scenarierna sammanfattas nedan.

I utredningsalternativet (UA) införs ERTMS enligt plan, vilket innebär:

- Mellan 2021 och 2035 byts dagens ca 800 ställverk ut till ca 160 moderna datorställverk med ERTMS-teknik.
- Byggstart enligt plan (Första driftsättningen på Malmbanan 2021, första driftsättningen på Södra Stambanan 2023)
- Core network klart 2030, enligt EU-förordning
- Hela nätet klart 2035
- ATC är helt utfasat från och med 2035
- Så jämn införandetakt och finansieringsvolym som möjligt
- Kostnaden för konvertering av ombordutrustning på befintliga fordon uppstår direkt

Det första jämförelsealternativet (JA1) innebär att införandet av ERTMS förskjuts tre år i tiden, vilket innebär:

- Samma investerings- och reinvesteringstakt som i Utredningsalternativet: mellan 2021 och 2035 byts dagens ca 800 ställverk ut till ca 160 moderna datorställverk
 - De första tre åren driftsätts de nya ställverken med ATC teknik
 - Resterande år driftsätts de nya ställverken med ERTMS teknik
 - Därutöver behöver de ställverk som de tre första åren driftsattes med ATC teknik konverteras till ERTMS teknik innan år 2030, detta sker till en kostnad på ytterligare 40 % av reinvesteringskostnaden för ställverken och anläggningsförändringen.
- ATC är även här utfasat år 2035
- Nyttorna senareläggs
- Kostnad för konvertering av ombordutrustning på befintliga fordon uppstår upp till 3 år senare än i UA, dock tillkommer forceringskostnader

I det andra jämförelsealternativet (JA2) fortsätter man med ATC till år 2035, då systemets livslängd också antas vara slut. Det innebär:

- Samma investerings- och reinvesteringstakt som i Utredningsalternativet: mellan 2021 och 2035 byts dagens ca 800 ställverk ut till ca 160 moderna datorställverk. Samtliga nya ställverk utrustas med ATC-teknik.
 - Fram till 2024 med nuvarande priser

- Efter 2024 med ökade priser
- Initialt behöver endast tåg som kör över gränsen till Norge och Danmark konvertera till ETCS-utrustning, och kostnaderna för konvertering av äldre tåg skjuts upp och blir lägre därför att flertalet tåg fasas ut.
- Nya tåg kommer säljas med ETCS som standard.
- Sverige kommer sannolikt utsättas för påtryckningar från EU till följd av att Sverige ej uppfyller EU-förordning.
- Efter 2035, alternativt vid av leverantören fattat beslut om end of life för ATC, kommer konvertering till ERTMS
- Kostnaden för konverteringen av signalanläggningen, som sker mellan 2036 och 2041, beräknas vara ytterligare 40 % av reinvesteringskostnaden för då befintlig signalanläggning
- De nyttor som kan uppkomma av ERTMS senareläggs med ca 15 år.

I UA och JA1 förutsätts införandet av systemet vara klart 2030 för Core network och 2035 för övrigt nät. I JA2 sker konvertering till ERTMS 2036 på Core network och 2040-2041 för övriga nätet. Tabellen nedan sammanfattar detta.

Tabell 1 Införandetid olika scenarier

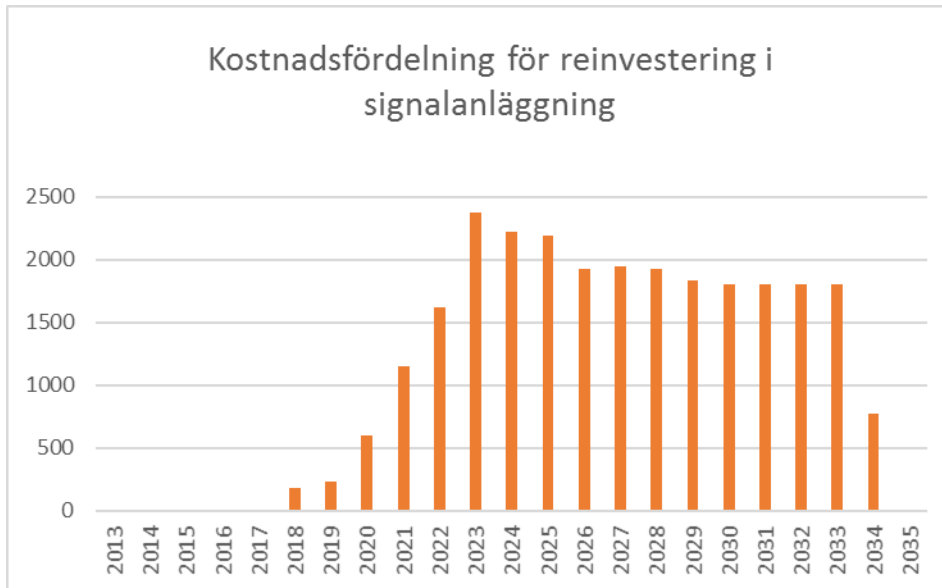
	Införandeperiod Core	Införandeperiod övrigt nät
UA	2021-2030	2028-2035
JA1	2024-2030	2031-2035
JA2	2036-2039	2040-2041

3. Kostnader

3.1 Reinvestering signalanläggningar och anpassning till ERTMS

I samtliga alternativ kommer dagens ca 800 ställverk bytas ut mot ca 160 moderna datorställverk under tidsperioden 2021 till 2035. Denna reinvestering i signalanläggning, det vill säga utbyte av ställverk mm kommer således att ske i samma takt i samtliga alternativ.

Reinvesteringskostnaden har beräknats till 26184 MSEK i 2014 års prisnivå. Investeringarna startar år 2019 och är som högst mellan 2024 och 2027 enligt nedanstående diagram.



Figur 3 Investeringstakt signalanläggning, utredningsalternativ.

I utredningsalternativet utförs anpassning till ERTMS direkt vid införandet och inga övriga kostnader beräknas uppkomma.

I JA 1 kommer uppskattningsvis de ca 26 nya ställverk som byggs under de första tre åren att först utrustas med ATC-teknik. Resterande ställverk utrustas med ERTMS direkt. De första 26 ställverken som måste före år 2030 konverteras till ERTMS; detta till en kostnad av ytterligare 40% av investeringskostnaden.

I JA 2 kommer samtliga ca 160 nya ställverk att utrustas med ATC teknik under 2021-2035. Därefter, 2036-2040, kommer konvertering till ERTMS ske av hela anläggningen till en kostnad av 40 % av investeringskostnaden. I JA2 bedöms det dessutom ske en prisutveckling mot ökade priser efter år 2024 då nuvarande kontrakt kommer omförhandlas. Detta innebär att de ca 94 ställverk som byggs under perioden 2025 till 2035 kommer att prissättas enligt det nya kontraktet. Kostnaden för prisökningen av ATC kommer beskrivas mer utförligt i avsnitt 3.3 nedan.

I samband med byggande av nya järnvägslänkar kommer ERTMS att medföra lägre kostnader för signalåtgärder än om ATC behålls. Nyare investeringskalkyler av järnväg utgår från detta och därför ingår den kostnadsminskningen inte i denna bedömning.

3.2 Kostnader för trimningsåtgärder i infrastrukturen

När en ny signalanläggning tas i bruk måste åtgärder vidtas för att uppnå full funktionalitet. T ex är de gamla ställverken projekterade med reläteknik vilket är tillgänglighetssänkande.

Kostnadsbilden för trimningsåtgärderna skiljer lite beroende på om man använder ERTMS eller ATC. Den summerade skillnaden bedöms dock försumbar, vilket också antas gälla för effekterna av de flesta trimningsåtgärder. Kostnaden för åtgärderna är inkluderade i investeringskostnaden för anläggningen.

I bilaga till detta PM beskrivs beräkningar av möjlighet till optimering av hastighetsprofilen samt införande av samtidig infart på enkelspåriga banor, som är några trimningsåtgärder som blir aktuella vid införande av ERTMS, men som inte antagits vara en direkt effekt av signalsystem och därför inte ingår i huvudkalkylen. Effekten är beräknad i en känslighetskalkyl.

3.3 Kostnader för konvertering av ombordutrustning

Konvertering av gamla fordon

En del av kostnaderna för ERTMS-införandet rör den ETCS-ombordutrustning som måste installeras i fordonen och som betalas av fordonsägarna.

ETCS-ombordutrustning är standard för nya fordon (enligt 2016/919/EU), oavsett om markinstallationerna är införda eller inte. Det är således endast för befintliga, äldre, fordon som kostnader uppkommer.

Det gör att fordonens ålder och fordonsägarnas utbytesstrategier spelar in i hur stor merkostnaden för installation av ETCS-ombordutrustning blir.

För det första fordonet i en serie uppkommer särskilda kostnader för typgodkännande. Därför är en ytterligare viktig faktor är hur stora serierna av varje tågtyp är. Ett antal fordonsägare driver sedan några år ett arbete för att reducera antalet fordonstyper och öka standardiseringen. Det medför att ett antal av fordonen och fordonstyper aktivt väljs bort och återinvesteras i nyare och moderna fordon och fordonstyper. Detta arbete reducerar kostnaden för konverteringen till ETCS och det är rimligt att ta hänsyn till detta.

Trafikverket har samlat in information från olika källor avseende ombordkostnader, dels för typgodkännande och dels för installation. En närmare redogörelse av dessa lämnas i bilaga till denna rapport. Det visar sig att det skiljer mycket i bedömningarna av både kostnader per fordon och hur många fordon som behöver utrustas mellan olika aktörer.

Trafikverket har i denna kalkyl utgått från den enkät bland BTO's (Branschorganisationen Tågoperatörerna) medlemmar som genomfördes av BTO år 2017 och gjort följande antaganden och modifieringar.

- **Investeringskostnader per fordon:** Trafikverket har valt att räkna konservativt genom att använda de högsta insamlade kostnaderna, de som framkom i sammanställningen av BTO:s enkät till sina medlemmar under första kvartalet 2017; 12 MSEK för pilotinstallation och 3,26MSEK för serieinstallation (båda siffrorna snitt för hela fordonsflottan).
- **Fordonsantal:** Både Trafikverket och BTO har utgått från Transportstyrelsens fordonsdatabas, men kommit fram till olika antal fordon. Trafikverket har valt att använda sig av BTO:s tolkning av antal fordon 1700 st.
- **Fordonstyper:** Både Trafikverket och BTO har utgått från Transportstyrelsens fordonsdatabas, men kommit fram till olika mängder fordonstyper. Trafikverket anser att de 90 fordonstyper som BTO redovisar är en hög siffra av tre anledningar. Dels har ett antal fordonstyper redan godkänd pilotinstallation, dels är ytterligare fordonstyper under beredning för kommande CEF-finansiering och en rad fordonstyper är under utfasning i fordonsägarnas egna fordonseffektiviseringar. Trafikverket har valt att använda 60st kvarvarande pilotinstallationer.
- **Fordonsmodernisering:** Det är rimligt att anta att fordonsägarna byter ut sina fordon i takt med att de når slutet av sin livslängd. Detta sker med olika tidsintervall, förutsättningar och prioriteringar beroende av fordonsägare. Det saknas en enhetlig vägledning i dessa val och Trafikverket har utgått från att lok återinvesteras var 50:e år och motorvagnar var 30:e år. Räknat på befintlig fordonsflotta innebär detta en förnyelsetakt på i snitt 2,7 % per år.
- **Effektivisering:** Många av de framlyfta problemen med de initiala installationerna av ETCS-ombordutrustning har resulterat i kvalitetsbristkostnader. Det är naturligtvis inte önskvärt. Samtidigt är det orimligt att inte anta en kontinuerlig effektivisering vid framtida installationer. Trafikverket har utgått från en effektivisering av -3 % per år.
- **Gränsöverskridande trafik:** Till följd av ERTMS-konvertering i våra grannländer kommer gränsöverskridande fordon behöver konverteras till ETCS i takt med Norge och Danmarks införandeplan. Detta innebär att uppskattningsvis 12 % av den Svenska fordonsflottan kommer behöva konverteras mellan 2020 och 2022 oavsett införandeplan på ETCS mark i Sverige.

STM i fordon

Under en övergångsperiod, när bara vissa banor är utrustade med ERTMS, behövs även en STM-modul (Specific Transmission Module). STM översätter signaler från det tidigare signalsystemet så att det kan tolkas av ERTMS-utrustningen så att fordonet ska kunna framföras på ej konverterade banor. Eftersom de gamla signalsystemen skiljer sig från land till land behövs en STM för varje land där fordonet ska framföras på en bana som är utrustad med landets tidigare signalsystem.

Till och med år 2035 så kommer alla fordon med ETCS ombord också behöva STM och de två komponenterna kommer att köpas tillsammans i de fall fordonen ska trafikera banor med olika signalsäkerhetssystem, det vill säga ERTMS och ATC. I kalkylen har därför kostnaden för dessa två komponenter slagits samman och benämns hädanefter "ombordkostnader". Mellan år 2035 och 2041 finns i UA och JA1 inte längre något behov av STM och då kommer ETCS-utrustade fordon att köpas utan STM medan fordon i JA2 fortsatt kommer att behöva STM till och med

2041. På grund av diskonteringen kommer dock den tillkommande kostnaden för STM under år 2035 till 2041 i JA2 att bli försumbar under dessa år, och därmed har den inte inkluderats i kalkylen.

Förtydligande av konverteringskostnader i de olika scenarierna

Som beskrivet i antagandet ovan så kommer minst 12 % av fordonsflottan av konverteras mellan år 2020 och 2022 på grund av den gränsöverskridande trafiken. Detta gäller för samtliga tre alternativ.

Utöver de gränsöverskridande fordonen bedömer Trafikverket att konvertering av de fordon som ska trafikera de första (efter befintliga pilotbanor) svenska ERTMS-banorna bör startas 2 år innan första driftsättning. Detta för att minimera risken för produktionsstörningar för operatörerna. Detta innebär att konvertering av fordon utöver den gränsöverskridande trafiken påbörjas år 2019 för UA och 2022 för JA1. Vidare bedömer Trafikverket att sista konverteringen behöver ske 3 år innan sista driftsättning på Core network. Detta beroende på att ytterst få fordon kommer att användas uteslutande på okonverterade banor efter det att både Malmbanan och Scanmed Öst och Väst har ERTMS utrustats. Eftersom detta antal fordon är försumbara så har antalet satts till 0 efter 2027.

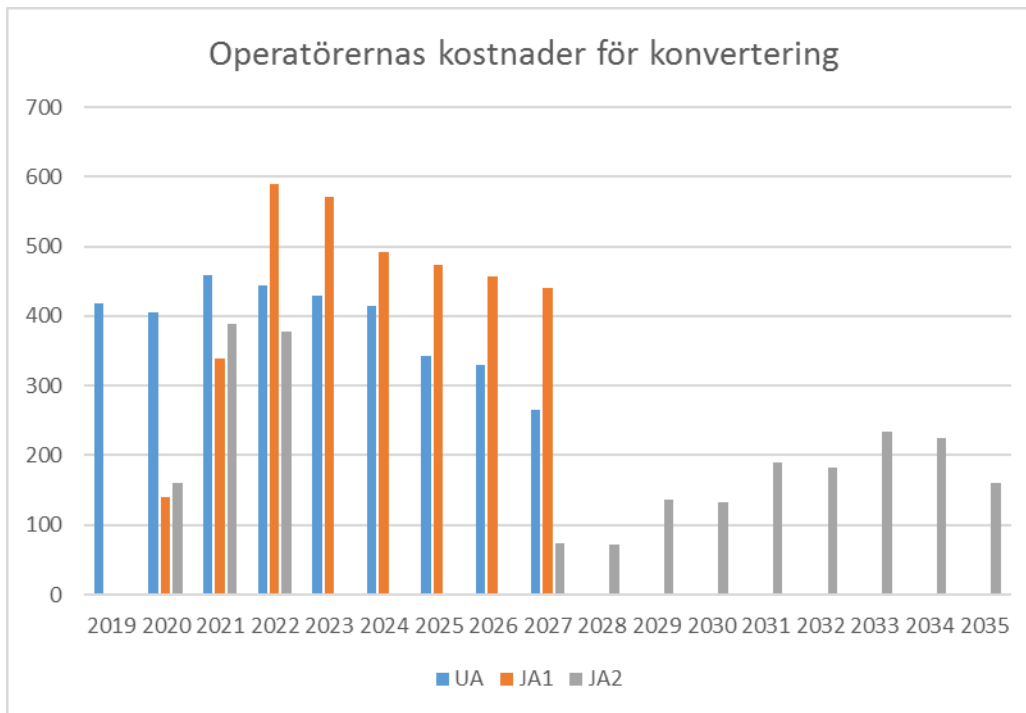
Det är rimligt att anta att det i JA1 även ha ett visst produktionsbortfall då konverteringen av samma antal fordon sker under kortare tid än i UA och därmed blir mer forcerat. Detta kan bland annat innebära att det blir svårare att passa in konverteringen i den normala avställningstiden för respektive fordon. Trafikverket har dock valt att räkna konservativt och därmed inte göra någon estimering av detta produktionsbortfall.

För JA2 så kommer konvertering av icke gränsöverskridande trafik starta först år 2027. Till följd av utbytestakten på 2,7 % per år innebär detta att totalt endast 35 % av fordonen behöver konverteras till jämfört med totalt 57 % i UA och JA1.

Tabell 2 Kostnader för konvertering och installation av ombordutrustning

<i>Scenario</i>	<i>MSEK</i>
<i>UA, införande enligt plan MSEK</i>	<i>3510</i>
<i>JA1, senareläggning med 3 år MSEK</i>	<i>3500</i>
<i>JA2, senareläggning med ca 15 år MSEK</i>	<i>2330</i>

Operatörernas samlade kostnader och dessa fördelning över tid i de olika scenarierna redovisas i diagrammet nedan.



Figur 4 Antagen kostnadsfördelning för ombordutrustning för att utrusta äldre tåg med ETCS.

3.4 Monopolliknande situation för befintliga signalsystemet ATC

Kostnaden för ställverk med ATC bedöms öka efter år 2024.

Införandet av ERTMS är dels en harmonisering och standardisering av ställverk och dels ett utbyte av tågskyddssystem. Den flora av ställverksgenerationer som idag finns är komplex, den är resurskrävande och dyr att förvalta. Oavsett vilket av de tre alternativen (UA, JA1 & JA2) som används så avser Trafikverket att harmonisera och standardisera ställverk och signalanläggning för att skapa bättre förutsättningar för förvaltning av järnvägens signalsystem.

I dagsläget har Trafikverket ett kontrakt för ställverk och signalanläggning med två leverantörer, som sträcker sig fram till 2024, då ett nytt kontrakt måste skrivas. Kontraktet inkluderar bland annat utveckling av ställverksmjukvara för att kunna trafikera med både ERTMS och ATC som tågskyddssystem. Trafikverket önskar, om möjligt, att ha möjlighet att använda sig av mer än en leverantör för att inte vara i en större monopolsituation än nödvändigt.

ERTMS utvecklas och levereras idag av båda leverantörerna. Det pågår också en kontinuerlig utveckling och leverans av ERTMS runt om i Europa där samtliga EU-medlemsländer är

förbundna att följa TENtec (2015/1315) om ERTMS införande och flertalet redan har ERTMS-banor i drift, något som driver effektiviseringar och innovation, se Shift2Rail och EULynx.

ATC förvaltas för att tågtrafiken ska kunna upprätthållas tills ERTMS är infört. ATC utvecklas och levereras idag av en leverantör och en andra leverantör håller på att utveckla systemet. Marknadsfördelningen mellan dessa leverantörer är mycket ojämn och inga andra leverantörer förväntas att bryta sig in på marknaden då ATC är ett nischsystem med betydligt mindre marknadsvolym än ERTMS.

År 2024 kommer Norge, som är den enda andra kunden av ATC-system att vara mitt inne i sin ERTMS-utrustning och den svenska marknaden får därför ensam ta prisökningen för fasta kostnader. Det finns också en överhängande risk för att de två nuvarande leverantörerna beslutar att lägga ned ATC då den enda marknaden (Sverige) är begränsad och inte ligger i linje med den större ETCS-marknaden som finns i resten av Europa och världen.

Prisökningen har i kalkylen försiktigtvis uppskattats till i genomsnitt 10 % från och med år 2024. Denna siffra bedöms vara konservativt beräknad.

3.5 Drift och underhållskostnader

Jämfört med ATC bedöms underhållskostnaderna bli mindre för ERTMS. Detta beror på en rad olika faktorer. För det första kommer man med ERTMS ha färre komponenter ute i fält i och med att de optiska signalerna försvinner. Därutöver visar statistik, se kapitel 4.3 driftsäkerhet, att ERTMS endast har 0,25 gånger så många fel som ATC. Detta innebär att kostnaden för felavhjälpning kan minskas.

Det ovanstående avser drift- och underhållskostnader i infrastrukturen. När det gäller ombordsystemen är det inte säkert att felen minskar, utan man kan tvärtom räkna med att en del fel i infrastrukturen flyttas till fordonen när ERTMS införs. Ombordsystemen är i dagsläget inte lika utprovade som infrastrukturdelarna, men på sikt bedöms det bli minskad felfrekvens även i fordonen.

I den samhällsekonomiska effektbedömning som gjordes för ERTMS år 2013 uppskattades kostnadsbesparingarna för drift och underhåll till i storleksordningen 30 miljoner per år (1 miljard för hela kalkylperioden).

Flera anledningar gör det dock svårt att beräkna vinsterna i underhållskostnader för ERTMS-införandet. Dels för att även moderniseringen och standardiseringen av signalanläggningen minskar underhållskostnaderna och det gör det svårare att bedöma storleken för den kostnadsminskning som enbart beror på val av signalsystem. Trafikverket har därför valt att räkna konservativt och har därmed exkluderat underhållskostnader från kalkylen.

3.6 Övriga, ej monetärt värderade, kostnader och risker

Bland övriga kostnadsposter som inte kvantifierats kan nämnas att

- Projektriskerna ökar i JA1 då införandet forceras.
- JA2 innebär att man ej uppfyller en EU-förordning. Detta kan medföra konsekvenser för svenska staten. Effekterna av detta är ej kända.

3.7 Sammanfattning kostnader

I nedanstående tabell redovisas en samlad bild av kostnadsposterna i de olika scenarierna.

Summorna avser miljoner kronor.

Tabell 3 Sammanfattning kostnadsposter för de olika scenarierna

Scenario	Anläggning	ERTMS Konvertering	Ombord- utrustning	ATC, monopol- kostnader	Summa
UA2	26184	0	3509	0	29693
JA1	26184	1781	3503	0	31468
JA2	26184	10474	2331	1780	40768

Enligt resonemanget ovan är reinvesteringskostnaderna samma oavsett tidpunkt för införande av ERTMS-systemet. Skjuter man upp införandet så tillkommer kostnader för att man måste konvertera till ERTMS i ett senare skede. Operatörernas kostnad för ombordutrustning blir högre när fler äldre fordon måste utrustas för ERTMS vid tidigt införande, medan det beräknas tillkomma höga kostnader på grund av monopolsituationen för ATC.

Tabellen visar en betydligt högre total kostnad om man väntar med införande av ERTMS till efter livslängden för ATC.

I den samhällsekonomiska kalkylen kommer skillnaderna mellan alternativen att minska eftersom nuvärdet av kostnader som uppkommer längre in i framtiden är lägre. I den kalkylen belastas anläggningskostnaderna också av en skattefaktor.

4. Effekterna av ERTMS – beskrivning

4.1 Vilka skillnader i nyttor finns mellan ERTMS och ATC?

Ett signalsystems främsta uppgift är att förhindra olyckor, vilket både ERTMS och ATC gör. Övergången från punktvis till kontinuerlig övervakning kan dock bidra till ökade möjligheter att nödstoppa tåg vid säkerhetskritiska situationer.

ERTMS är helt digitaliserat och införandet en del av digitalisering av järnvägen. De optiska signalerna vid spåret tas bort. Föraren får istället körbesked och annan information i realtid på en monitor i sitt fordon. Driften av järnvägen blir mer flexibel och järnvägen blir övervakningsbar från driftledningscentralerna.

Analys av statistiska data visar att ERTMS ger bättre tillförlitlighetsprestanda än ATC. Den ökade tillförlitligheten har kvantifierats med hjälp av förseningsminuter och beskrivs närmare kapitel 4.3

Skillnaden i kapacitet mellan de två systemen bedöms vara försumbar. Kapacitetseffekter är dock möjliga genom olika trimningsåtgärder så som optimering av bromsparametrar och hastighetsprofil, signaloptimering och samtida infart på enkelspåriga banor. Dessa trimningar blir möjliga att införa till en mindre kostnad vid ett införande. Eftersom samtliga scenarion innehåller en reinvestering av signalanläggningen så är det sannolikt att motsvarande trimningsåtgärder går att genomföra även i JA1 och JA2. Därför har effekterna exkluderats ur huvudanalysen och redovisas enbart i en känslighetskalkyl.

Vid ERTMS kan en del godståg tillåtas att köra 100 km/h istället för 80 km/h, vilket minskar kapacitetsutnyttjandet och därmed får viss effekt på gångtider för andra tåg. Även denna effekt är sannolikt möjlig att uppnå även i ATC genom trimningsåtgärder i samband med anläggningsförändringarna. Därmed är även denna effekt enbart inkluderad i känslighetsanalysen.

Införande av ERTMS i hela Europa medför en standardisering och en ökad interoperabilitet över gränserna. Standardiseringen bedöms på lite sikt kunna bidra till ökad innovation, lägre kostnad för anläggningskomponenter samt ge ökad möjlighet till optimerad fordonsflotta på grund av fordonsdelning mellan länder. Dessa effekter beskrivs mer i kapitel 4.4.

På plussidan av senareläggning av införandet kan finnas minskad risk för tekniska inkörningsproblem för ombordsystemet. Gällande inkörningsproblem i marksystemet är dessa inte beroende av när införandet sker utan på hur väl ett aktivt test och kvalitetsarbete sker under systemutvecklingen. Effekten av inkörningsproblem beskrivs i kapitel 4.6.

4.2 Kravbild ERTMS och dess relation med de mått som används

För ERTMS införandet så finns ett krav på att systemet skall vara minst lika bra som befintligt signalsäkerhetsystem. Trafikverket har därmed fastslagit att inget införande av ERTMS görs om inte de kvalitativa kraven är uppfyllda. Dessa krav för signalsäkerhetsystemets prestation har

tidigare inte funnits i absoluta tal för ATC. Trafikverket har därmed behövt mäta prestation på såväl befintligt ATC-system som det på pilotbanor installerade ERTMS-systemet. Denna kravbild har legat till grund för att en noggrann driftsuppföljning för respektive signalsäkerhetssystem har inletts.

Vidare finns det i EU-förordning 2016/919 ett europeiskt krav gällande att kvantifiera skillnader mellan systemen avseende kapacitet, säkerhet och tillförlitlighetsprestanda i en kostnads-nyttoanalys.

Dessa kravbilder ligger till grund för mycket av det arbete för att följa driftsäkerhet som beskrivs i kapitel 4.3 nedan samt till att även effekter på säkerhet diskuteras i kapitel 4.5 nedan.

4.3 Driftsäkerhet

Beskrivning av driftsäkerhet

Driftsäkerheten (operativ tillgänglighet) definieras som *”förmågan hos en enhet att kunna utföra avkrävd funktion under angivna betingelser vid ett givet tillfälle eller under ett angivet tidsintervall, förutsatt att erforderliga stödfunktioner finns tillgängliga”*.

Driftsäkerheten är beroende av två parametrar: antal fel och den tid då systemet inte är i drift per fel (nertid). Driftsäkerheten för en bana visar den tid som banan är tillgänglig för trafik, oavsett om banan var tänkt att trafikeras vid den tidpunkten eller ej, i relation till total tid.

För att kunna kvantifiera faktisk effekt på trafiken så har Trafikverket valt att använda måttet förseningsminuter som är den delmängd av driftsäkerheten som har en faktisk trafikpåverkan. En brist med måttet är att förseningsminuter bara räknas för tåg som når sin slutdestination vilket innebär att inställda tåg inte är inkluderade i statistiken. Detta innebär att den faktiska trafikpåverkan är något högre än vad förseningsminuterna indikerar.

Big data analys

Den analysmetod som har använts för beräkningar av driftsäkerhet är en form av big data analys. Detta innebär att man analyserar en mycket stor mängd data med statistiska verktyg. Mängden data ger en hög tillförlitlighet i den trend som datan pekar på. Däremot är det svårt att dra slutsatser om exakta siffror.

Tillvägagångssätt

Nedan följer en kortfattad beskrivning av tillvägagångssätt, för mer utförlig beskrivning, se bilaga 3.

Till följd av det ovan beskrivna kontinuerliga arbete med datainsamling för driftuppföljning hämtas data, avseende bland annat förseningsminuter, för respektive system från Trafikverkets databaser, till största del från LUPP. Detta innebär att data för båda systemen kommer från samma källa. Denna data kan mätas och jämföras på en rad olika sätt.

Det mått som har använts är faktiskt antal förseningsminuter för respektive system. För att få bort skillnader som beror på olika mängd trafikering på olika banor så har antalet faktiska förseningsminuter delats på antalet tågkilometer. Därmed fås ett mått på mängden förseningsminuter justerat för skillnader i trafikering mellan de olika systemet. Siffran för respektive system har sedan skalats upp för hela nätet genom att multiplicera med total mängd estimerad trafikering (i form av tågkilometer) per år för hela nätet.

Urval

För ERTMS så har samtliga banor utrustade med L2 inkluderats (det vill säga ej Västerdalsbanan). För ATC har samtliga ATC-ställverk på Core network inkluderats. Anledningen till att Core network har valts är att datakvalitén är bättre för Core än för övriga nätet, därmed bedöms Core network ge den mest tillförlitliga jämförelsen.

Core network har för ATCs del ställverk av olika modeller och blandad teknik. Analyser där ATC-utrustade ställverk av modell M95 har valts ut specifikt för att vara särskilt jämförbara med ERTMS har genomförts. Dessa analyser är dock, till följd av hur datan är sorterad i LUPP, något mindre tillförlitlig än de analyser då samtliga ställverksmodeller inkluderas. Dessutom var resultatet för dessa M95or sämre, det vill säga hade fler förseningsminuter per tågkilometer, än de analyser då samtliga ATC-ställverk inkluderats. Därmed anses en jämförelse mot samtliga ATC-utrustade ställverk på Core network vara både mer tillförlitlig och mer konservativ än att enbart välja ut ATC-utrustade M95or.

För att undersöka om skillnader i prestation mellan ERTMS och ATC beror på andra faktorer så som moderna ställverk eller komplexitet i anläggningen har en rad andra analyser genomförts för att validera resultatet. Mer information om detta finns i avsnittet "validering av resultat" nedan samt i bilaga 3.

Utifrån valda anläggningar så har samtliga förseningsminuter orsakade av någon komponent i signalanläggningen inkluderats. Den data som används för att göra jämförelsen kommer från jan-dec 2016. Att ta data för ett helt år innebär en utjämning av säsongsrelaterade effekter. Detta är konsekvent med hur Trafikverket normalt sett gör mätningar.

Resultat

Resultatet av analysen visas i tabell 4 nedan.

Tabell 4: Förseningsminuter per 1000 tåg km

	Förseningsminuter helår 2016/1000 tåg km	Uppskalat till hela nätet
ERTMS	1,3	287 354
ATC	3,4	781 031

Baserat på faktiska siffror för Core network under 2016 så genererar ATC nära 3 gånger så många förseningsminuter som ERTMS.

Validering av resultat

För att verifiera resultaten så har ett flertal kompletterade analyser genomförts.

För att undersöka om skillnaden i prestation mellan ATC och ERTMS beror på skillnader i hur modern och/eller komplex anläggningen är har en riktad jämförelse gjorts mellan ERTMS-utrustade ställverk av modell M95 och M11 exklusive Västerdalsbanan (totalt 5 ställverk) och ATC-utrustade ställverk av modell M95 (totalt 20 stycken). För denna analys har måttet antal fel delat på mängd logiska objekt valts. Anledningen till att antal fel istället för förseningsminuter har valts är att på grund av hur datan är kategoriserad så är det inte möjligt att med tillräckligt god säkerhet separera ut exakt vilka förseningsminuter som beror på ATC-utrustade ställverk av modell M95. Anledningen till att felen divideras med antalet logiska objekt är att man då justerar för grad av komplexitet för att se hur många fel som skulle uppstå inom respektive system om anläggningarna för respektive system hade samma grad av komplexitet.

Tabell 5 Antal fel per logiska objekt

	Antal fel per logiska objekt
ERTMS M95 och M11	0,031
ATC M95	0,056

Analysen visar att justerat för grad av komplexitet så presterar ERTMS-utrustade ställverk av modell M95 och M11 bättre än ATC-utrustade ställverk av modell M95.

För att säkerställa att inte andra skillnader i arkitektur än antalet logiska objekt påverkar resultatet så har samma analys gjorts även för 5 utvalda ställverk som är särskilt jämförbara med

de ERTMS-utrustade ställverken avseende arkitektur. Dessa 5 är Kiruna, Folkesta-Rekarne, Hisingen, Växjö och Alingsås. Även i denna jämförelse presterar ERTMS bättre.

Utöver analyserna beskrivna ovan har dels en jämförelse avseende hel och delad konfiguration har gjorts. Därutöver har ERTMS och ATC jämförts i ytterligare 18 mått. Detta beskrivs i bilaga 3. För samtliga mått presterar ERTMS bättre än ATC.

Slutsatser

Resultatet och valideringen av resultatet visar tydligt att ERTMS har en högre driftsäkerhet än ATC. Detta har kvantifierats genom förseningsminuter utslaget per mängd trafikering då detta anses vara det mått som utgör den bästa återspeglings av faktisk trafikpåverkan.

4.4 Ökad interoperabilitet och standardisering

Ett av de viktigaste skälen till att man inom EU fattat beslut om att införa ERTMS är för att öka graden av interoperabilitet och standardisering på den europeiska järnvägsmarknaden.

Detta skapar en större marknad – och ökad konkurrens - för såväl tågoperatörer som leverantörer av signalsystem. Den ökade konkurrensen för tågoperatörerna kommer transportköpare och resenärer till godo genom större utbud och pressade priser medan fler leverantörer på sikt sänker kostnaden för infrastrukturhållare. Den större marknaden bedöms också främja teknikutveckling och innovation.

Den ökade graden av interoperabilitet leder bland annat till att med ERTMS kan lok lånas fram och tillbaka mellan länder vilket torde leda till ett mer effektivt resursutnyttjande, både i de fall då det råder brist på lok i Sverige och i de fall då det finns outnyttjade lok i Sverige. Utbyte mellan länder förekommer redan i viss omfattning inom de nordiska länderna. Genom ERTMS blir det också möjligt att ha ett utbyte av lok med andra länder där man i övrigt har likartade förutsättningar, så som exempelvis Tyskland.

Standardisering kan ske i teknik/mjukvara, komponenter/hårdvara, gränssnitt, regler, utbildningar, certifieringar etc. och kan leda till samhällsekonomiska vinster på flera sätt.

Exempelvis kan man uppnå kostnadsminskningar genom att standardisera gränssnitt för komponenter så som exempelvis vägskydd och växeldriv. Standardisering av dessa gränssnitt innebär att man inte, så som tidigare varit fallet, enbart kan köpa komponenter av en eller ett fåtal leverantörer anpassade till den nationella marknaden. Istället kommer en betydligt större marknad finnas till förfogande vilket ger en större möjlighet till pressade priser inom branschen. EUlynx är ett europeiskt samarbetsprojekt som bedriver just ett sådant standardiseringsarbete av gränssnitt kopplat till ETCS. EUlynx bedömer att standardisering av gränssnitt på sikt skulle kunna ge minst 30 % kostnadsbesparingar bara i specifikation- och valideringskostnader, och då är inte kostnadsbesparingen av anläggningskomponenter medräknad. En bedömning från Tyskland är att besparingen för anläggningskomponenter genom denna standardisering av gränssnitt mot ETCS är upp emot 50 % av kostnaden per signalobjekt.

Ett annat exempel på vad standardisering kan bidra till är gemensam utveckling av tilläggfunktioner. Inom ramen för det europeiska forskningsprogrammet Shift-2-Rail analyseras hur ERTMS-plattformen successivt kan utvecklas med nya tilläggfunktioner som kan bidra till järnvägstransporternas utveckling och konkurrenskraft. Ett exempel på en sådan tilläggfunktion är förarlösa tåg (ATO) som är ett forskningsområde som drivs framåt i och med ERTMS-införande.

Med ERTMS blir Sverige en del av strukturomvandlingen i Europa där en harmonisering av förutsättningar och reduktion av handelshinder för järnvägstrafiken ger möjlighet till ökad innovation och effektivare järnvägstransporter.

En viktig aspekt är att alla europeiska länder som skrivit avtal om införandet av ERTMS förr eller senare kommer att genomföra åtgärden. Att genomföra det tidigt innebär möjlighet att dra nytta av de operativa fördelarna tidigt men samtidigt är man med i en process där det för ombordsystemen kan finnas inkörningsproblem och nyttan av standardiseringen av komponenter och drifrutiner inte är fullt utvecklad.

En modern, standardiserad digital signalanläggning med ERTMS-standard utgör tillsammans med flera andra stora förändringsprojekt som Trafikverket driver: Nationell Trafikledning (NTL), Marknadsanpassad Planering av Kapacitet (MPK) och Anläggningsdata (ANDA) med flera, viktiga delar för att säkerställa morgondagens järnväg i Sverige.

4.5 Säkerhet

Införandet av ERTMS innebär en övergång från punktvis till kontinuerlig övervakning vilket ger en ökad möjlighet att nödstoppa tåg vid säkerhetskritiska situationer.

Oavsett signalsäkerhetssystem så har naturligtvis lokföraren själv alltid möjlighet att stanna fordonet. Dock utgör signalsäkerhetssystemet ett stöd för lokföraren att stanna fordonet, ifall fordonet överskrider sin tillåtna hastighet eller passerar en stoppunkt utan tillstånd. I nödsituationer finns det däremot olika sätt att stoppa tåg beroende på trafikeringsystem. För ATC2 behöver antingen Trafikledningen ringa lokföraren och lokföraren får bromsa, eller så får trafikledningen slå av kraftmatningen till banan (vilket stannar all trafik som kör med elmatning inom kraftområdet). För ERTMS kan trafikledningen direkt nödstoppa tåget eller grupper av tåg, utan kommunikation med lokföraren. Det torde ge en förbättrad hantering av nödsituationer.

I dagsläget är det dessutom krav för alla nya tågskyddssystem, samt för all vidareutveckling av gamla tågskyddssystem, att följa den internationella säkerhetsstandard CENELEC. ERTMS följer standarden, medan dagens version av ATC utvecklades innan standarden infördes.

Säkerheten bedöms vara likvärdig för de båda systemen men påpekas bör att ERTMS är ett kontinuerligt system utvecklat enligt CENELEC-processen vilket inte gäller för ATC.

4.6 Initiala inkörningsproblem

När Botniabanan med ERTMS togs i bruk uppstod en del inkörningsproblem. En avtagande mängd har även uppkommit vid efterföljande uppdateringar av programvaran. Sådana effekter är inte önskvärda, men inte heller ovanliga vid systemutveckling där felfrekvensen brukar följa en så kallad "badkarskurva", det vill säga många fel i början och slutet av ett systems livslängd. Däremellan är felfrekvensen desto lägre, en trend som redan kan uttydas ur felfrekvensstatistiken på ibruktagna ERTMS-banor. ERTMS-systemen är i dagsläget mer stabila och de banor som använder det nya signalsystemet har som redovisades ovan högre tillgänglighet och färre förseningsminuter än banor med ATC.

De initiala inkörningsproblemen har hanterats genom tester och kvalitetsarbete så väl i labbtester som på ibruktagna pilotbanor. Viktigt att notera är de problem som uppstått i marksystemet i de flesta fall har haft samband med den nationella appliceringen av systemet. Det innebär två saker. För det första att när kvalitetsbrister i systemet är löst för en svensk bana så är det löst för alla svenska banor. Samma problem kommer därmed inte uppstå i kommande driftsättningar på nya banor. För det andra så innebär det att den typen av problem först uppstår vid nationell implementering. Det innebär i sin tur att problemet inte blir löst för att andra länder implementerar sina nationella appliceringar. Det är enbart för ombordsystemen som det kan finnas kvalitetsvinster i att låta andra länder gå före. Det skall dock noteras att Sverige redan enligt befintlig införandeplan inte "går före" övriga europeiska länder utan införandet sker relativt samlat på europeisk nivå.

Både tekniken och kompetensen hos resurser är idag av bättre kvalitet och kan betraktas som mer mogen. Det syns tydligt i statistik och trender att kvalitetsriskerna minskar med tiden.

Ingen kvantifiering av effekten på inkörningsproblem har gjorts i denna utredning.

5. Kvantifiering och värdering av effekter

5.1 Kvantifiering av nyttor

I den samhällsekonomiska huvudkalkylen har förutom kostnader endast effekterna av minskad förseningstid på grund av ökad driftsäkerhet kvantifierats. I en känslighetsanalys beräknas effekten när trimningsåtgärder avseende samtidig infart och hastighetsoptimering är genomförda. I dessa trimningsåtgärder ingår också effekten av att vissa godståg kan höja hastigheten från 80 km/h till 100 km/h.

Effekter av ökad interoperabilitet och standardisering kan i viss mån kvantifieras men bedöms alltför osäkert för att ta in i kalkylen. Detta gäller också kostnader för inkörningsproblem vid tidigare.

Ökad punktlighet och kortare restid leder till ökat resande, vilket i sin tur får effekt för operatörer i form av högre biljettintäkter men även högre fordonskostnader. Byte av transportslag för personresor och gods får också externa effekter på trafiksäkerhet och miljö. Sådana sekundära effekter är i sammanhanget små och har inte beaktats i denna överslagsmässiga kalkyl.

5.2 Effekt på förseningstid av ökad driftsäkerhet

När det gäller effekten på antal fel och nertid används signalsystemets faktiska effekt på förseningstid, som redovisas i kapitel 4.3 i denna rapport. Antalet fel per tåg km förväntas minska och antalet tågförseningstimmar skulle enligt tabell 4 minska med ca 8000 timmar på ett år. Beräkningen baserade sig på 2016 års trafik och avser den summerade effekten på samtliga tåg. För att kunna värdera effekten på ett någorlunda bra sätt behöver man veta hur tidsvinster per tåg km kommer att fördela sig på persontåg och godståg. Dessutom behöver man veta hur de resandet fördelar sig på olika resenärskategorier som är olika känsliga för förseningar och har olika tidsvärdering. Dessutom måste man skriva upp faktiska förseningstidsvinster i dagens system till ett framtida nät.

För att åstadkomma en sådan fördelning gjordes nedanstående antaganden, som dels baserar sig på statistik, dels på Trafikverkets basprognoser.

Tidsvinsterna fördelas i förhållande till andel tåg km för godståg och persontåg (1/3 respektive 2/3). För att tillgodoräkna tidsvinsterna till ungefär rätt resenärskategori fördelades tiden ut på olika typer av persontåg/resenärer med utgångspunkt i fördelningen av tåg km, som skattades till 20 % för snabbtåg, och resten fördelat på 40 % regionaltåg och 40 % lokaltåg.

Trafikmängderna har skrivits upp med tillväxtfaktorer för järnväg 2014-2040 (1,44 respektive 1,53).

På grund av de schablonartade antagandena så utgör resultatet endast en indikation på förseningstidens effekt på samhällsekonomin.

5.3 Kapacitetshöjning av trimningsåtgärder (i känslighetsanalys)

För att i någon mån kunna kvantifiera, värdera och jämföra de nyttor av trimningsåtgärder som beskrivits ovan har deras effekt på gångtid och tidsvinster på grund av ökad kapacitet beräknats. Härvid har kapacitetsutnyttjandeberäkningar genomförts för hela järnvägsnätet uppdelat på fördefinierade linjedelar utifrån infrastrukturtyp och trafikering. Med Trafikverkets basprognos för år 2040 som bas och de linjeanalyser som finns med i beslutad nationell plan har kapacitetsutnyttjande beräknats med ATC i jämförelsealternativet och ERTMS i utredningsalternativet. Utifrån skillnaden i kapacitetsutnyttjande har en kapacitetstidsvinst enligt framtagen beräkningsmetodik tagits fram tillsammans med en faktisk gångtidsvinst.

Restidsvinsten per bana och år har beräknats genom att summera gångtidsvinst och kapacitetstidsvinst för respektive tågtyp (snabbtåg, regionaltåg, persontåg samt godståg)

Beläggings- och godsmängdsschabloner för de olika tågtyperna har använts för att räkna om antal tågsekunder till person- och tontimmar.

Tidsbesparing av kapacitetshöjande åtgärder

För att räkna upp effekten till år har omräkning skett från vardagsdygn till år med faktor 320 för persontrafiken samt 250 för godstrafik. Vidare har antagits en genomsnittlig beläggning av 220 personer per snabbtåg, 120 per lokaltåg samt 105 per övriga persontåg. Denna beläggning är i nivå med SAMPERS-prognosen för 2040. För godståg har använts en genomsnittslast på 550 nettoton.

Med dessa antagande om beläggning och genomsnittlig godsmängd för de olika tågtyperna resulterar beräkningarna i restidsvinster för prognosår 2040 enligt nedanstående tabell.

Tidsbesparingen redovisas för såväl hela järnvägsnätet som separat för nätet utanför Core.

Tabell 6 Tidsbesparing i tusentals timmar år 2040 .

Tidsbesparing per år, 1000-tals timmar	Snabb-tåg	Regional-tåg,	Lokal-tåg	Summa person-timmar	Summa godståg tontim
Godståg 80 km/h till 100 km/h)	206	180	84	469	14325
<i>Varav ej Core</i>	<i>10</i>	<i>50</i>	<i>27</i>	<i>87</i>	<i>929</i>
Trimningsåtgärder för samtidig infart och hastighetsoptimering alla tåg	981	1157	800	2939	42466
<i>Varav ej Core</i>	<i>145</i>	<i>736</i>	<i>591</i>	<i>1472</i>	<i>4302</i>

Man kan notera att restidsnyttorna av åtgärder som dessa till största delen uppkommer på Core-nätet. Det beror framförallt på att det är på Core-nätet det finns mest kapacitetsproblem. För godstrafiken utgör effekten utanför Core mindre än 10 % av hela tidsvinsten.

5.4 Nyttornas fördelning över tid

Beräkningen av effekterna görs för prognosåret 2040. Effekterna för prognosåret fördelas om till årliga effekter för varje år under kalkylperioden, varvid hänsyn tas till hur stor del av effekterna som uppkommer men också till att tidsvärdena förändras över tid. Slutligen diskonteras de årliga värderade effekterna till ett nuvärde med hjälp av kalkylräntan (3,5 %).

ERTMS förutsätts i utredningsalternativet införas under en lång tidsperiod 2021-2035, i JA1 2024-2035 samt i JA2 2036-2041.

I kalkylen har antagits att effekterna uppkommer i takt med införandet, det vill säga tidigast i UA, tre år senare i JA1 och först efter 2035 i JA2. När ERTMS är implementerat på hela nätet uppnås 100 % av nyttoeffekten. Det bör påpekas att det krävs viss planering av utbyggnadsordningen för att det skall bli på detta sätt.

Efter 2041 finns inte längre någon skillnad mellan alternativen.

Restidsnyttans fördelning över tid i de olika scenarierna antas ske i takt med utbyggnaden av ERTMS enligt tabellen nedan.

Tabell 7 Effekternas antagna fördelning över tid

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
UA	0%	0%	0%	11%	16%	24%	32%	41%	49%	55%	62%	69%	76%	82%	89%	95%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
JA1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	22%	33%	43%	51%	60%	69%	76%	82%	89%	95%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
JA2	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	17%	33%	50%	67%	84%	100%

5.5 Tidsvärden

Genomsnittliga tidsvärderingar för resenärer på respektive tågtyp har viktats fram genom antaganden enligt nedanstående tabell, där ASEK:s värden för olika ärenden anges i kolumnerna till höger. Antaganden om andelar är i nivå med SAMPERS basprognos för 2040.

Tabell 8 Viktning av restidsvärden persontåg

Ärende	Snabbtåg	Övriga persontåg	Lokaltåg	Tidsvärde 2040	Tidsvärde 2014
Långväga privat	80 %	40 %	5 %	115	78
Långväga tjänster	20 %	10 %	0	390	265
Regionala arbetsresor	0 %	25 %	45 %	109	74
Regionala tjänsteresor	0 %	0 %	5 %	390	265
Övriga regionala resor	0 %	25 %	45 %	84	57
viktat tidsvärde 2040	170	133	112		
viktat tidsvärde 2014	115	90	76		

För godståg har en motsvarande viktning gjorts över totalt fraktade ton per varugrupp år 2012. Tidsvärdet för gods uppgår därmed till 1,47 per tontimme i kalkylen för 2040.

Värderingen för förseningstid uppgår till 3,5 gånger restid för personresor och 2 gånger tidskostnaden för gods.

5.6 Värderade effekter

Tabellen nedan visar de värderade effekterna för prognosåret 2040 av ökad drifttillgänglighet samt av trimningsåtgärder. Effekt av trimningsåtgärder redovisas för enbart åtgärden högre hastighet för godståg respektive samtliga trimningsåtgärder för hastighetsoptimering och samtidig infart. Tabellen visar också det samhällsekonomiska värdet för det fall att man skulle tillgodoräkna sig samtliga trimningsåtgärder.

Tabell 9 Värderade effekter för året 2040 vid fullt genomförande

Effekt år 2040 ,MKR	DrifttillgänglighetVärde av minskad förseningstid(HA)	Samtliga trimningsåtgärder (KA).Värde av minskad res-/transporttid
Persontåg	541	240
Godståg	6	40
Summa	547	260

Effekten har nuvärdesberäknats för respektive införandetakt i nedanstående tabell.

Nuvärdesberäkningen innebär att nyttan beräknas för varje år den uppkommer, diskonteras till jämförelseåret 2020 och summeras. Förutom införandetakt har hänsyn tagits till växande tidsvärde samt till förväntad trafiktillväxt fram till år 2040.

Tabell 10 Nuvärdes beräknad effekt 2019-2041 , då den tidpunkt infaller där alla alternativen är lika

Miljoner kr	Driftsäkerhet(HA) Förseningstidsvinst			Samtliga trimningsåtgärder (KA). Tidsvinst		
	Nuvärde år 2020			Nuvärde år 2020		
	UA	JA1	JA2	UA	JA1	JA2
Persontåg	3896	3661	956	1713	1610	420
Godståg	49	46	11	302	282	70
Summa 2019-2040	3945	3707	968	2015	1891	491

6. Resultat samhällsekonomi

6.1 Huvudanalys

I tabellen nedan sammanfattas skillnader i samhällsekonomisk kostnad och värderad nytta för utredningsalternativet jämfört med de båda jämförelsealternativen. Posten infrastrukturkostnader innehåller kostnader för reinvestering i anläggningen för samtliga tre alternativ, kostnader för konvertering till ERTMS i de två jämförelsealternativen samt kostnader för monopolliknande situation i JA2. Posten för ombordutrustning består dels av utrustning för konvertering till ERTMS i gamla fordon, dels för STM-moduler i gamla så väl som nya fordon.

Infrastrukturkostnaderna är uppräknade med skattefaktorn 1,3 enligt gängse teknik i Trafikverkets kalkyler.

Tabell 11 Summerade samhällsekonomiska kostnader och nyttor, huvudkalkyl

2019-2041	Nuvärde				
Miljoner kronor	UA	JA1	Diff	JA2	Diff
Samhällsekonomiska infrastrukturkostnader	-27066	-28799	1733	-35984	8918
Kostnad ombordutrustning	-3211	-3079	-132	-1828	-1382
Förseingstidsvinster p.g.a. ökad driftsäkerhet	3945	3707	238	968	2977
Summa nuvärde			1839		10513

Det skall noteras att utredningsalternativet skall ses i relation till jämförelsealternativen. Isolerar man siffrorna från utredningsalternativet så får man ett olönsamt resultat för ERTMS. Dock är åtgärden betydligt mindre olönsam än alternativet att inte införa ERTMS. Det finns inget alternativ som inte kostar. Precis som framgår i kapitel 2.1 så är det på grund av signalanläggningens skick inte något alternativ att inte reinvestera i anläggningen och därmed uppstår en kostnad för detta.

Ett uppskjutande med tre år medför en ökad kostnad för infrastrukturhållaren på 1,3 miljarder kronor, justerat med skattefaktor motsvarar detta 1,7 miljarder kronor. Tågoperatörerna minskar sina kostnader med ca 130 miljoner kronor, men har ändå sammanlagda kostnader på 3,1 miljarder kronor. Senareläggning av nyttorna minskar värdet av dessa med ca 240 miljoner kronor. Kalkylen visar ett samlat nettonuvärde på ca 1,8 miljarder kronor för den planerade införandeplanen jämfört med att senarelägga införandet med 3 år.

Ett uppskjutande fram till livslängdens slut för ATC medför ökade investeringskostnader för infrastrukturhållare med nästan 9 miljarder kronor medan tågoperatörerna skulle vinna 1,4 miljarder kronor. Deras kostnad blir 3,2 miljarder i UA och beräknas till 1,8 miljarder vid

senareläggning. Effekten av att inte kunna tillgodoräkna sig nyttor ligger på ca 3,0 miljarder. Nettonuvärdet av att följa nuvarande plan jämfört med att avvakta är 10,5 miljarder.

6.2 Känslighetsanalyser för kontroll av antaganden.

Några känslighetsanalyser har utförts för att kontrollera hur stabil kalkylen är för några av antagandena:

- Prisökning för monopol uteblir i JA2 medför minskad vinst UA-JA2 med ca 1,7 miljarder till 8,8 miljarder.
- Kostnaden för konvertering till ERTMS blir 20 % istället för 40 % gör att vinsten för UA-JA1 minskar till knappt en miljard och till 6,9 miljarder för UA-JA2

6.3 Känslighetsanalys med högre antagna kapacitetseffekter

I samband med införande av ERTMS kommer som nämnts trimningsåtgärder att genomföras som förväntas ge viss kapacitetsvinst jämfört med dagens kapacitet på ATC-utrustade banor. De har inte tillgodoräknats i huvudkalkylen eftersom det är sannolikt att det, i och med de anläggningsförändringar som kalkylen förutsätter, är möjligt att genomföra liknande åtgärder på ATC-utrustad anläggning och uppnå motsvarande kapacitetsförbättringar.

I nedanstående tabell visas emellertid kalkylen där samtliga trimningsåtgärder med hastighetsoptimering och möjliggörande av samtidig infart antas genomförda. Även effekten av att kunna köra långsamma godståg snabbare ingår i effekten av trimningsåtgärderna.

Tabell 12 Summerade samhällsekonomiska kostnader och nyttor, med högt antagna kapacitetseffekter

2019-2041	Nuvärde				
	UA	JA1	Diff	JA2	Diff
Miljoner kronor					
Samhällsekonomiska infrastrukturkostnader	-27066	-28799	1733	-35984	8918
Kostnad ombordutrustning	-3211	-3079	-132	-1828	-1382
Tidsvinster p.g.a. trimningsåtgärder som görs i samband med införande	2015	1891	123	491	1524
Förseningstidsvinster p.g.a. ökad driftsäkerhet	3945	3707	238	968	2977
Summa nuvärde			1962		12037

Tidsvinsterna till följd av trimningsåtgärder ökar vinsten för UA jämfört med JA1 till 2,0 miljarder jämfört med JA1 samt till 12,0 miljarder jämfört med JA2.

6.4 Effekter som inte kvantifierats i kalkylen

I nedanstående tabell listas en del av de konsekvenser som diskuterats i utredningen men som inte kunnat kvantifieras. En kvalitativ bedömning av deras effekt sammanfattas.

Tabell 13 Kvalitativ bedömning av ytterligare effekter

Effekt	Bedömning
Kostnadsbesparingar för drift- och underhåll (p.g.a. färre komponenter och bättre övervakning)	Ökar lönsamhet av tidigare införande
Kostnadsminskningar av standardisering	Bedöms öka lönsamheten av tidigare införande
Kostnader för minskade inkörningsproblem.	Bedöms minska lönsamheten av tidigare införande.

6.5 Slutsats

Kalkylen visar tydligt att senareläggning av ERTMS-införande medför ökade kostnader och minskade nyttor för samhället. Effekten på reinvesteringskostnaden i infrastrukturen motiverar ensamt tidigt införande av ERTMS. Ju tidigare man kan tillgodoräkna sig de nyttor som bedöms uppkomma desto större blir den samhällsekonomiska lönsamheten.

Samhället som helhet, infrastrukturhållare, resenärer och godstransportköpare bedöms således vinna på tidigt införande. Tågoperatörernas kostnader för ombordutrustning blir dock lägre vid senareläggning.

BILAGA 1 Kapacitetseffekter av ERTMS-införandet

Bakgrund och syfte

Detta PM redovisar beräkningsmetodik och värderade kapacitetseffekter av att ersätta nuvarande signalsystem ATC med ERTMS. Detta underlag har använts för framtagandet av en samhällsekonomisk kalkyl och en samlad effektbedömning inom ramen för åtgärdsplaneringen 2018-2029.

Metod

Kapacitetsutnyttjandeberäkningar har genomförts för hela järnvägsnätet uppdelat på fördefinierade linjedelar utifrån infrastrukturtyp och trafikering.

Utifrån Trafikverkets basprognos för år 2040 och de infrastrukturåtgärder som finns med i beslutad nationell plan har kapacitetsutnyttjande beräknats med ATC i jämförelsealternativet (JA) och ERTMS i utredningsalternativet (UA). Utifrån skillnaden i kapacitetsutnyttjande har en kapacitetstidsvinst enligt framtagen beräkningsmetodik tagits fram tillsammans med en faktisk gångtidsvinst.

ERTMS har i vissa fall mer restriktiva bromskurvor än ATC. Tidigare genomförda kapacitetsstudier har visat att de negativa effekterna av detta går att undvika genom att optimera bromsparameterinställningarna samt genomföra ett antal olika signaloptimeringar i samband med ERTMS-införandet.

Följande effekter har kunnat värderas vid kapacitetsberäkning för ERTMS:

- Möjlighet till optimering av hastighetsprofilen
- Införandet av samtidig infart på enkelspåriga banor
- Möjlighet att köra godståg med högre hastighet med ERTMS

De två första effekterna anses kunna genomföras utan ERTMS och därför redovisas endast effekten av att köra godståg med högre hastighet i kalkylens huvudanalys.

Optimering av hastighetsprofilen

Idag är hastighetsprofilen på många banor lägre än vad spårgeometrin möjliggör för de flesta persontåg (kategori B). Detta kan dels bero på att det i ATC funnits ett behov av att spara in på antalet signalobjekt och få en mer utjämnad hastighetsprofil, dels på att persontåg förr ofta bestod av tågtyper med sämre accelerationsprestanda och lägre topphastighet än nuvarande motorvagnståg. Vid införandet av ERTMS ges möjlighet att optimera hastighetsprofilen.

För att bedöma effekten av möjligheten till hastighetsoptimering har samtliga linjedelars spårtekniska hastighet översiktligt studerats i BIS och linjedelarna delats in i fyra olika kategorier utifrån bedömd möjlighet till hastighetshöjning (ingen, liten, medel och stor). I bedömningen har ingen hänsyn tagits till eventuellt tillkommande behov av plankorsningsåtgärder för att en

BILAGA 1 Kapacitetseffekter av ERTMS-införande

hastighetshöjning ska vara möjlig då det förutsätts att dessa plankorsningar kommer åtgärdas vid ERTMS-införandet.

För respektive kategori har gångtidsberäkningar med ERTMS genomförts för några utvalda sträckor där möjligheten till hastighetsoptimering tidigare utretts (Mittbanan, Bergslagsbanan, Södra stambanan och Malmbanan, se vidare bilaga). Antal uppehåll har anpassats för att ge ett generellt värde på tidsvinsterna. I gångtidsberäkningarna har fordonstyp X74 använts för snabbtåg, X61 för lokaltåg och X50 (Regina) för övriga tåg, vilket innebär att samtliga fordonstyper antas använda hastighetsprofil B.

Möjlig gångtidsvinst per kilometer (min/km) har räknats fram för enkel- respektive dubbelspår samt för respektive tågkategori (se tabell 1 och 2). Dessa nyckeltal har sedan använts på övriga linjedelar inom samma kategori utifrån deras längd.

Tabell 1: Tidsvinst persontåg dubbelspår (min/km)

	Snabb	Övriga	Lokal
Liten	0,004	0,000	0,003
Medel	0,020	0,012	0,006
Stor	0,022	0,018	0,018
Ingen	0,000	0,000	0,000

Tabell 2: Tidsvinst persontåg enkelspår (min/km)

	Snabb	Övriga	Lokal	Övriga Malmbanan
Liten	0,013	0,001	0,001	
Medel	0,019	0,014	0,014	0,007
Stor	0,059	0,055	0,055	0,036
Ingen	0,000	0,000	0,000	0,000

Det har förutsatts att hastighetsoptimeringen endast kommer persontågen tillgodo, då godstågen i de flesta fall har för låg topphastighet (100 km/h). Tidigare genomförda kapacitetsstudier indikerar att godstågen med ERTMS kan få något förlängda gångtider, men att de negativa kapacitetseffekterna av detta kompenseras av kontinuerlig uppdatering samt möjlighet till signaloptimeringar (blockförtätning, samtidig infart). Med anledning av detta har inga tidsförluster för godstågen eller de persontåg som går på sträckor där hastighetsoptimering inte är möjlig inkluderats i beräkningarna. Vårt att tillägga är också att maxhastigheten på banorna fortfarande är 200 km/h även om vissa banor ibland skulle kunna trafikeras med högre

hastigheter om signalsystemet tillät det.

Samtidig infart

Vid införandet av ERTMS förutsätts att man samtidigt utformar alla stationer med extra signaler så att de tillåter samtidig infart. Nyttan med samtidig infart ligger i att tåg inte måste belägga banan i väntan på att köra in till ett möte vilket ger ett högt kapacitetsutnyttjande. Detta skulle kunna genomföras även med ATC men då till en betydligt högre kostnad. Då det inte ingår i ERTMS-projektet att förändra banans eller stationernas spårutformning är vi bundna till de mötesspårslängder vi har idag. Om signaler placeras ut för att möjliggöra samtidig infart kommer de mötesspår som tillåter samtidig infart vara 100 m kortare än dagens mötesspår (långa tåg kan fortfarande mötas på stationerna på samma sätt som idag men då utan samtidighet). På de banor som idag har samtidig infart samt på dubbelspårsbanor sker ingen förändring.

Beräkningen av en ökad samtidig infart bygger på information gällande medellängden på mötesspår per linjedel samt tåglängderna som trafikerar spåren. Alla persontåg antas vara tillräckligt korta för att klara en samtidig infart men det finns godståg som är längre än mötesspårslängderna. Information från 2009 finns tillgänglig om den tåglängd som 90 % av framförda godståg på de olika banorna är kortare än¹. Exempelvis, om medellängden på mötesspåren på en bana är 600 m blir medellängden för mötesspår med samtidighet 500 m. Om tåglängden för 90 % av godstågen är max 450 m innebär det att 90 % av godstågen kan utnyttja en samtidig infart på stationerna. 10 % av godstågen är över 450 m och antas inte kunna utnyttja samtidig infart pga. att tåglängden är nära den maximala mötesspårslängden med samtidighet på 500 m. Beroende på förhållandet mellan spårslängder och godstågslängder görs antaganden om hur stor andel av alla godståg på enkelspåriga linjedelar som kan utnyttja samtidig infart.

Möjlighet att köra godståg med högre hastighet med ERTMS

Långa godståg med låga bromsprocent, det vill säga med sämre bromsförmåga, får i ATC en lägre maxhastighet (normalt 80 km/h) då försignalavstånden i ATC inte är tillräckligt långa. Med den kontinuerliga uppdateringen i ERTMS uppstår inte detta problem, vilket gör att godståg som i ATC kör 80 km/h på grund av dåliga bromsvärden kan köra med full hastighet med ERTMS (normalt 100 km/h).

En bedömning har gjorts hur stor andel av godstågen som idag kör med nedsatt hastighet på grund av ovanstående som i ERTMS skulle kunna köra med full hastighet. Utifrån detta underlag har en ny genomsnittlig gångtid för godstågen beräknats.

Då kapacitetsberäkningarna utgår från ett genomsnittligt värde på gångtiderna för alla godståg på linjedelen har det antagits att ett visst antal av godstågen får höjd genomsnittshastighet, från 80 km/h till 100 km/h. Dock gäller detta antagande bara för sträckor där det är rimligt att godståget håller maxhastighet, så att en höjning från 80 km/h till 100 km/h inte ger en orimligt stor vinst.

Eftersom både avstånd och gångtid finns så kan hastighet beräknas. Genom att anta att övriga godståg, som inte går i 80 km/h, kommer bidra med samma genomsnittshastighet till totala

¹ Anders Lindfeldt, Kapacitetsanalys av järnvägsnätet i Sverige, delrapport 2, KTH Stockholm 2009

genomsnittshastigheten så kan godstågen med nedsatt hastighet höjas till 100 km/h. Den nya gångtiden beräknas sedan fram med avståndet och den nya totala genomsnittshastigheten.

Resultat

Kapacitetsberäkningar och kapacitetstillägg för samtliga linjedelar uppdelade på Core- respektive icke Core-network finns framtagen i separat Excel-fil för följande tre olika alternativ:

- Kapacitetsberäkning inklusive möjlighet till samtidig infart och hastighetsoptimering
- Kapacitetsberäkning exklusive möjlighet till samtidig infart och hastighetsoptimering
- Kapacitetsberäkning inklusive hastighetsoptimering men utan möjlighet till samtidig infart

Införandet av samtidig infart har generellt störst effekt på kapacitetsutnyttjandet och ger därmed störst genomsnittlig kapacitetstidsvinst. De största effekterna fås alltså på enkelspåriga banor där möjlighet till samtidig infart saknas. Detta ligger i linje med tidigare genomförda kapacitetssimuleringar av ERTMS-införandet på Malmbanan där samtidig infart hade störst effekt på punktligheten.

Hastighetsoptimering ger en förhållandevis stor gångtidsvinst för persontågen på de linjedelar där det finns goda möjligheter att optimera hastighetsprofilen. De linjedelar som idag har en stor andel godståg som kör 80 km/h får en förbättrad kapacitet när deras hastighet kan höjas till 100 km/h.

Både möjligheten till hastighetsoptimering och införandet av samtidig infart är indirekta åtgärder som blir möjliga att genomföra till en låg kostnad i samband med implementeringen av ERTMS. Om dessa effekter inte räknas med är det endast hastighetshöjningen för godstågen som återstår. Kapacitetseffekten av ERTMS blir då förhållandevis liten och främst på de banor som idag har en stor andel godståg med låg hastighet. Det blir därför viktigt att kombinera införandet av ERTMS med hastighets- och signaloptimeringar.

Kapacitetseffekter som inte kunnat värderas

Med ERTMS blir det enklare att hantera infrastrukturfel som leder till tillfälliga hastighetsnedsättningar och körning förbi stoppsignal, exempelvis vid spårledningsfel. Detta bör resultera i mindre förseningar, men effekten har inte kunnat inkluderas i kapacitetsberäkningarna.

I genomförda trafiksimuleringsstudier² har det visat sig att de något förlängda gångtiderna och större tidsavståndet mellan tågen (headway) som fås i vissa fall till följd av de mer restriktiva bromskurvorna kompenseras av bland annat signalsystemets kontinuerliga uppdatering som innebär att lokföraren direkt får information om förändrade körbesked istället för vid vissa fördefinierade punkter. Effekten av den kontinuerliga uppdateringen kan därför sägas inkluderas indirekt genom att någon förlängd gångtid och headway inte har tagits upp i

² Modelling and Simulation of ERTMS on the Swedish railway network, part 2 (RMCon, 2015) och Modelling and Simulation of ERTMS on the Swedish railway network Malmbanan (RMCon, 2016)

BILAGA 1 Kapacitetseffekter av ERTMS-införande

kapacitetsberäkningen för godståg och de persontåg som trafikerar linjedelar där ingen eller begränsad hastighetsoptimering är möjlig.

Bilaga: Sträckor som ligger till grund för hastighetsoptimeringen

Gångtidsberäkningar för ATC och ERTMS har utförts för de sträckor som redovisas i nedanstående tabeller utifrån underlag i tidigare genomförda utredningar. De utredningar som ligger till grund för beräkningarna är följande:

- Funktionsutredning – Hastighetshöjning Borlänge – Falun – Storvik inklusive behov av signaloptimering (2016)
- Funktionsutredning – Ånge – Storlien/Norska gräsen, hastighetshöjande åtgärder (2016)
- Underlag till stambanealternativet i höghastighetsutredningen
- Genomförda ERTMS-projekteringar för Malmbanan

Tabell 3: Sträckor som använts för gångtidsberäkning på dubbelspår.

	Snabb	Övriga	Lokal
Liten	Älmhult-Alvesta (1 uppehåll)	Älmhult-Alvesta (3 uppehåll)	Älmhult-Alvesta (4 uppehåll)
Medel	Nässjö-Alvesta (2 uppehåll)	Nässjö-Alvesta (3 uppehåll)	Nässjö-Alvesta (5 uppehåll)
Stor	Katrineholm-Linköping (2 uppehåll)	Katrineholm-Linköping (3 uppehåll)	Katrineholm-Linköping (5 uppehåll)

Tabell 4: Sträckor som använts för gångtidsberäkning på enkelspår.

	Snabb	Övriga	Lokal	Övriga Malmbanan
Liten	Bräcke-Östersund (2 uppehåll)	Bräcke-Östersund (5 uppehåll)	Bräcke-Östersund (5 uppehåll)	
Medel	Storvik-Borlänge (3 uppehåll)	Storvik-Borlänge (5 uppehåll)	Storvik-Borlänge (5 uppehåll)	Boden – Kiruna (4 stopp)

Stor	Östersund-Undersåker (2 uppehåll)	Östersund-Undersåker (5 uppehåll)	Östersund-Undersåker (5 uppehåll)	Kiruna-Narvik (2 stopp)
-------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	-------------------------

Bilaga: Högre hastighet för godståg

I Sverige finns alltså i ATC en restriktion för vissa godståg som har en begränsad hastighet på 80 km/h. Detta beror på en kombination av vagnarnas bromsförmåga, vagnvikt och signalsträckor (blocksträckor). Det finns inget generellt mönster för vilka tåg som har denna restriktion. I praktiken bestäms största tillåtna hastighet i samband med beräkningen av bromstalet för varje avgående godståg. I samband med ansökan om kapacitet och tågläge anges planerat bromstal som i sin tur ger underlag för att tilldela aktuellt godståg lämpligt tågläge.

Vissa systemtåg med stor last per vagn läggs med tidtabell för max 80 km/h. Detta gäller även vissa godståg i vagnslastsystemet där man vet att en stor andel av vagnarna kommer att ha låga bromstal. Godståg med stor andel kemi- och stålprodukter brukar tillhöra denna kategori. Stråk med förhållandevis stor andel tåg med lägre hastighet är, förutom Malmbanan, Stambanan övre Norrland, Norra stambanan, Godsstråket genom Bergslagen, Södra stambanan, Västra stambanan väster om Hallsberg samt Bergslagsbanan (väster om Vänern).

En kartläggning har gjorts för de större banor med godståg för att bedöma andelen godståg som har en restriktion på max hastighet 80 km/h.

Därefter har några utvalda delsträckor på respektive bana analyserats utifrån olika godstågskategorier och andelen långsamma godståg. Med dessa mätsträckor som grund har aktuella banor bedömts rörande förmodat andel långsamma godståg med max hastighet 80 km/h. Den ökade hastigheten för de långsammaste godstågen kommer att öka kapaciteten på banan när hastighetsskillnaden mellan långsamma och snabba tåg minskar. Denna effekt gör sig särskilt gällande på dubbelspårssträckor. Även nattetid finns det hastighetsskillnader. Bland annat kan posttågen köra i 160 km/h.

Teoretiskt sett vara möjligt att öka hastigheten även för ATC genom att lägga ut extra baliser och försignaler. Vissa skillnader i funktion är rimliga att anta. Till följd av ATC:s punktvisa övervakning riskerar körkvalitén att bli något sämre samt att det skulle finnas en risk för överhastighet om körbeskedet ändras mellan två baliser. Därutöver skulle åtgärden kräva programmerbara baliser. Kostnadsmässigt skulle denna trimning i ATC vara försumbar. Detta beroende på att trimningen kan göras i samband med de anläggningsförändringar som utgör en fast förutsättning i kalkylen. Utan anläggningsförändringar skulle åtgärden vara betydligt dyrare för ATC.

BILAGA 2 Förutsättningar för fordonsinstallationer av ETCS ombordutrustning

Förutsättningar för fordonsinstallationer av ETCS-ombordutrustning

En del av kostnaderna för ERTMS-införandet rör den ETCS-ombordutrustning som installeras i fordonen (till skillnad från marksystemet som installeras i infrastrukturen). Eftersom kostnadsuppskattningen för ombordutrustningen dels är komplex och dels kraftigt skiljer sig mellan olika aktörer så har denna bilaga sammanställts i syfte att belysa viktiga fakta och avväganden i estimeringen av dessa kostnader.

Kravet på ombordutrustning är fristående från systemval för markutrustning

En viktig utgångspunkt är att införandet av ERTMS för marksystem respektive fordonssystem är frikopplade från varandra. I senaste TSD-CCS beskrivs kravbilderna för fordoninstallationer i kapitel 7.4.2 och kravbilderna för markinstallationer i kapitel 7.4.4.

7.4.2.1 Nya fordon - 1. Nya fordon som godkänns för ibruktage för första gången ska vara utrustade med ETCS i enlighet med bilaga A till denna TSD.³

Det ger att ETCS-ombordutrustning är standard för nya fordon, oavsett om markinstallationerna är införda eller inte. Detta innebär att kostnaden för ETCS ombordutrustning för nya fordon är den samma oavsett UA, JA1 eller JA2. Den kostnad som för ETCS ombordutrustning skiljer sig mellan de tre alternativen är därmed endast kostnaden för konvertering av befintliga fordon.

Konverteringskostnader beror på fordonsflottans antal, typ och ålder

När befintliga fordon når sin tekniska livslängd och behöver återinvesteras så kommer de nya fordonen behöva ETCS-ombordutrustning enligt TSD-CCS. Fram till fordon återinvesteras kommer de befintliga fordonen att behöva utrustas med ETCS-ombordutrustning i den takt som markinstallationer av ETCS genomförs.

Det ger att fordonens ålder och fordonsägarnas utbytesstrategier spelar in i hur stor merkostnaden för installation av ETCS-ombordutrustning blir. Delar av dessa investeringskostnader kommer kunna återanvändas vid reinvestering av nya fordon, men inte helt och hållet.

Den svenska fordonsflottan är relativt ålderstigen. Trafikverket har i sina beräkningar utgått från att medelåldern idag är 32år för Ellok & 37år för Diesellok. Samt att motorvagnar idag har en medelålder på 19år för EMU & 29år för DMU. Vilken livslängd som beräknas på respektive fordonstyp är även det en relativ fråga som beror på hur fordonsägaren värderar ombyggnationer av befintliga fordon i relation till reinvestering i nya fordon.

³ TSD-CCS 2016/919/EU s.55

BILAGA 2 Förutsättningar för fordonsinstallationer av ETCS ombordutrustning

Antalet befintliga fordon i den svenska fordonsflottan beror på vilka fordon som inkluderas och exkluderas, t.ex. bedrivs viss trafik med museifordon och det är oklart huruvida dessa ska räknas. Branschorganisationen Tågoperatörernas (BTO's) tolkning av Transportstyrelsens fordonsregister ger 1700 fordon. I ett led att höja effektiviteten i järnvägsnäringen driver ett antal fordonsägare sedan flera år ett arbete för att reducera antal fordonstyper och öka standardiseringen. Det ger att ett antal av fordonen och fordonstyperna aktivt väljs bort och återinvesteras i nyare och modernare fordon och fordonstyper. Detta viktiga arbete reducerar naturligtvis kostnaden för konverteringen till ETCS men har än så länge inte inkluderats i de kalkyler som samlats in som underlag från BTO.

Olika kostnader beroende på olika källor

Som tidigare nämnts finns en stor variation mellan olika kostnadsestimeringar för konverteringen av ombordutrustning. I syfte att kunna göra en så välgrundad kalkyl som möjligt har Trafikverket samlat in information från flera olika aktörer.

Snittkostnader per fordon [MSEK]	Pilotinstallation	Serieinstallation
BTO-enkät-2017	12,00	3,26
CEF-jan2016	8,37	2,09
BaneDK	Betydligt lägre än CEF-jan 2016	

Nedan beskrivs de tre källor som Trafikverket har inhämtat information ifrån.

Enkät svar från BTO

BTO's sammanställning av enkät svar från medlemmar under första kvartalet 2017, där medlemmarna har meddelat sin syn på kostnader för ETCS-ombordutrustning. BTO har sedan använt källdata från Transportstyrelsen i sin beräkning av fordonstyper och antal fordon per fordonstyp. I beräkningen har BTO inkluderat att fordonsägare samarbetar vad gäller pilotinstallation för godslok, samt inkluderat kapitalkostnader för fordonsstillestånd under installation av ETCS-ombordutrustningen, men inte intäktsbortfall på grund av stilleståndet. Dessutom är felrättningskostnader för leverantörsfel i mjukvaran exkluderat.

Vad BTO inte tar upp är hur stor del av fordonen som kommer beröras av fordonsägarnas utbytesstrategier under tidsperioden. Det är, till följd av fordonsflottans ålder samt av operatörernas standardiseringsstrategi, naturligt att en rad fordon når slutet av sin livslängd löpande år efter år, dessa fordon behöver ersättas med nya fordon.

Vidare framhålls ingen form av effekter från effektiviseringar över tid. BTO har tidigare beskrivit höga kostnader för installation av ETCS-ombordutrustning och förklarat en del av denna kostnad med kvalitetsbrister, både interna och externa⁴. Det är en naturlig del att initiala förändringar i

⁴ J Stern - Om kostnaden för ERTMS ombordutrustning — ver0,4 – 2016-11-20

system för med sig initiala barnsjukdomar. Dessa korrigeras över tiden och kvalitetsbristkostnader reduceras.

Fordonsägares ansökan om EU-bidrag

Fordonsägares ansökan om CEF-bidrag (Connecting Europe Facility) är en sammanställning (2016-01-28) av kostnader som fordonsägare registrerat i sina CEF-ansökningar. CEF-bidrag är en av kommissionens hörnstenar vad gäller bidrag till infrastruktursatsningar. Sverige har, ofta via Trafikverket, ansökt om bidrag både för mark- och fordonsåtgärder ur CEF-fonden och har även nya ansökningar under behandling. Vad gäller fordon har Trafikverket tagit en aktiv roll i att hjälpa operatörer att ansöka om bidrag för ETCS-ombordutrustning. Operatörerna väljer ut fordon som de avser söka bidrag för och Trafikverket koordinerar och sammanställer ansökningshandlingarna. De utvalda fordonen är en delmängd av den totala fordonsflottan som operatörerna avser utrusta med ETCS-ombordutrustning. De utvalda fordonen kan ses som en indikation på vilka fordon som prioriteras av fordonsägare och operatörer. De flesta fordonstyper med stora serier har fordonsägarna redan infört ETCS-ombordutrustning på, eller ansökt om CEF-bidrag för att göra installationer på. Äldre fordonstyper med små serier har inte prioriterats i nuläget av fordonsägarna vid ansökningar av CEF-bidrag.

Siffror från det danska ERTMS-projektet

BaneDanmark har handlat upp ETCS-ombordutrustning för den danska fordonsflottan. BaneDanmark har vissa förutsättningar som är gynnsamma för att hålla ner priset på installationen av ETCS-ombordutrustning. Dels handlar de upp en stor volym och dels har de relativt få fordonstyper på sin persontrafik. Det är därmed inte sannolikt att de Svenska operatörerna kommer få exakt samma pris. BaneDanmarks priser är dock intressanta ur ett jämförelseperspektiv då de, i och med att upphandlingen redan är genomförd, utgör faktiska kostnader. Detta innebär bland annat att dessa kostnader inte innefattar någon riskbuffert som är vanligt förekommande i estimerade kostnader. De faktiska siffrorna för BaneDanmarks installation av ETCS-ombordutrustning kan efterfrågas hos BaneDanmark.

Sammanfattning av antaganden avseende beräkning av kostnad för ombordutrustning

Det är en rad olika parametrar och förutsättningar som spelar in i hur stor kostnaden blir för fordonsutrustningar och spannet mellan lägsta och högsta värden är betydande. För att ha en siffra att utgå ifrån har Trafikverket använt den insamlat material och gjort några antaganden för att försöka skapa en helhetsbild.

- **Fordonsantal:** Både Trafikverket och BTO har utgått från Transportstyrelsens fordonsdatabas, men kommit fram till olika mängder fordon. Trafikverket har valt att använda sig av BTO's tolkning av antal fordon 1700st.
- **Fordonstyper:** Både Trafikverket och BTO har utgått från Transportstyrelsens fordonsdatabas, men kommit fram till olika mängder fordonstyper. Trafikverket anser att de 90 fordonstyper som BTO redovisar är en hög siffra av tre anledningar. Dels har ett antal fordonstyper redan godkänd pilotinstallation, dels är ytterligare fordonstyper under beredning för kommande CEF-finansiering och en rad fordonstyper är under utfasning i

BILAGA 2 Förutsättningar för fordonsinstallationer av ETCS ombordutrustning

fordonsägarnas egna fordonseffektiviseringar. Trafikverket har valt att använda 60st kvarvarande pilotinstallationer.

- **Investeringskostnader per fordon:** Som visats ovan skiljer det avsevärt mellan högsta och lägsta kostnad för ETCS-ombordutrustning. Trafikverket har i detta fall valt att räkna konservativt genom att använda de högsta insamlade kostnaderna, de som framkom i sammanställningen av BTO's enkät till sina medlemmar under första kvartalet 2017; 12MSEK för Pilotinstallation och 3,26MSEK för Serieinstallation (båda siffrorna utgör snitt för hela fordonsflottan).
- **Fordonsmodernisering:** Det är rimligt att anta att fordonsägarna byter ut sina fordon i takt med att de når slutet av sin livslängd. Detta sker med olika tidsintervall, förutsättningar och prioriteringar beroende av fordonsägare. Det saknas en enhetlig vägledning i dessa val och Trafikverket har utgått från att lok återinvesteras var 50e år och motorvagnar var 30e år.
- **Effektiviseringar:** Många av de framlyfta problemen med de initiala installationerna av ETCS-ombordutrustning har resulterat i kvalitetsbristkostnader. Det är naturligtvis inte önskvärt, men samtidigt är det rimligt att anta en kontinuerlig effektivisering i framtida installationer av ETCS-ombordutrustning. Trafikverket har utgått från en effektivisering av -3 % per år.

Gjorda antaganden har också testats i en känslighetsanalys.

BILAGA 3 Beskrivning av tillvägagångssätt samt validering av resultat för mätning av driftsäkerhet

Denna bilaga ger en mer utförlig beskrivning till hur mätningen av signalsystemens driftsäkerhet samt valideringen av dessa resultat har gått till.

Beskrivning av tillvägagångssätt

Som beskrivits ovan i kapitlet om driftsäkerhet så består driftsäkerheten av parametrarna antal fel och av nertid. Dessa parametrar har studerats för respektive system genom att undersöka de olika banorna med respektive system i bruk. För att finna information om detta har data hämtats från Trafikverkets databaser för felrapportering, främst LUPP som i sin tur hämtar data från Ofelia och Trafikledningssystemet. För att komplettera datan i LUPP har en fördjupad analys, och i vissa fall kompletterande data från andra databaser och excelark, så som BIS, driftuppföljning samt ibland direkt mot Ofelia, behövts för att kunna urskilja antal fel och förseningsminuter per bana.

Det finns två typer av fel som kan uppstå på järnvägen. Störande fel, det vill säga de fel som påverkar driften på banan, och ej störande fel, det vill säga de fel som avhjälpas innan trafikstörning uppstår. De förstnämnda är de som har mest relevans för passagerare, operatörer och godskunder eftersom det är de fel som påverkar tågens möjlighet att färdas till sin slutdestination på utsatt tid. Båda typer av fel har relevans ur ett underhållsperspektiv eftersom antalet fel totalt påverkar hur mycket felavhjälpningsåtgärder som behövs. I huvudanalysen har enbart de störande felen används eftersom det enbart är dem som ger upphov till förseningsminuter. I de kompletterande analyserna har även det totala antalet fel undersökt för att undersöka redundansen och säkerställa att inte trafikeringsmängd påverkar resultatet.

Validering av resultat

Mätenheter

Resultat kan variera beroende på vad och hur man mäter. En faktor som kan påverka är vad man klassificerar som signalfel, eftersom det påverkar vilka fel som inkluderas. Därmed har mätningar genomförts dels på hela signalanläggningen (det vill säga alla fel orsakade av någon komponent i signalanläggningen har inkluderats) och dels enbart på signalställverk, RBC och linjeblockeringssystem (det vill säga enbart fel på någon av dessa komponenter har inkluderats).

En annan faktor som påverkar är vilken enhet man slår ut antalet fel och förseningsminuter på. Exempelvis är det inte så meningsfullt att slå ut antalet förseningsminuter per bankilometer eftersom en lågtrafikerad bana i så fall per automatik får betydligt bättre statistik än en högtrafikerad bana eftersom det på en lågtrafikerad finns färre tåg som kan påverkas av varje fel. Å andra sidan, om man mäter antalet fel ur ett underhållsperspektiv så kan det finnas en poäng i att mäta just bankilometer eftersom man då får ett mått på hur mycket underhållsåtgärder som behövs per kilometer bana. Ett alternativ till att mäta per bankilometer kan vara att mäta per ställverk eller per logiska objekt.

BILAGA 2 Förutsättningar för fordonsinstallationer av ETCS ombordutrustning

Som kan konstateras av resonemanget ovan så är det möjligt att mäta en rad olika saker. För att undersöka vilken effekt olika måttenheter har på resultatet så har fel och förseningsminuter på såväl hela signalanläggningen som på enbart ställverk, RBC och linjeblocks-system mätts. Dessa har sedan slagits ut på bankilometer, antal ställverk, antal driftplatser, tågakilometer och logiska objekt.

ATC blandade ställverksmodeller (Core network) jämfört med ERTMS (Core network)

- Antal fel för hela signalanläggningen per banlängd
- Antal fel för hela signalanläggningen per antal tågakilometer
- Antal störande fel för hela signalanläggningen per banlängd
- Antal störande fel för hela signalanläggningen per antal tågakilometer
- Antal förseningsminuter för hela signalanläggningen per banlängd
- Antal förseningsminuter för hela signalanläggningen per antal tågakilometer
- Antal fel för ställverk, RBC och linjeblockering per banlängd
- Antal fel för ställverk, RBC och linjeblockering tågakilometer
- Antal förseningsminuter för ställverk, RBC och linjeblockering per banlängd
- Antal förseningsminuter för ställverk, RBC och linjeblockering tågakilometer
- Antal förseningsminuter per fel för hela signalanläggningen
- Antal försenade tåg per fel för hela signalanläggningen
- Medelvärde nertid för hela signalanläggningen
- Medelvärde reparationstid för hela signalanläggningen
- Medelvärde nertid för ställverk, RBC och linjeblockering tågakilometer
- Medelvärde reparationstid för ställverk, RBC och linjeblockering tågakilometer
- Antal rapporter med signalfel som symptom som var inget fel för hela signalanläggningen

ATC-utrustade ställverk av modell M95 vs ERTMS modell M95 och M11 (exklusive Västerdalsbanan)

- Antal fel för ställverk, RBC och linjeblockering per antal ställverk
- Antal fel för ställverk, RBC och linjeblockering per antal driftplatser
- Antal fel för ställverk, RBC och linjeblockering per logiska objekt

I samtliga jämförelser hade ERTMS bättre resultat än ATC.

Jämförbara ställverk

På grund av att vissa av dessa 20 ställverk inte anses helt jämförbara med ATC så har två riktade jämförelser gjorts med ett färre antal ATC-utrustade ställverk. Den ena jämförelsen rör komplexitet och beskrivs i kapitel 4.4, den andra rör ställverk med hel respektive delad konfiguration och beskrivs nedan.

Hel respektive blandad konfiguration

För att nå en jämförelse mellan just signalsäkerhetssystem och undvika effekter av ställverkstyp så har enbart datoriserade ställverk av modell M95 och M11 inkluderats i jämförelsen.

BILAGA 3 Tillvägagångssätt samt validering av resultat för mätning av driftsäkerhet

Numera finns 20 datorbaserad ATC signalställverk och 5 ERTMS signalställverk. ERTMS banorna är helt utrustade med datoriserat signalställverk och nya utdelar. De har ingen reläbaserad linjeblockering eller reläbaserade utdelar och dessutom hanterar signalställverken på ERTMS-banorna både linje och driftplatser. När det gäller de 20 datorbaserade ATC-ställverken så finns det olika varianter där en del ställverk har gamla utdelar och en del har reläbaserad linjeblockering. Det finns i dagsläget endast 5 stycken datoriserade ATC-ställverk som har helt datoriserad konfiguration. Dessa 5 ställverk är Billesholm, Göteborg, Hallandsås, Mälarbanan och Växjö.

För att undersöka om konfigurationen har påverkan på resultatet så har en specifik jämförelse gjorts mellan de 5 ATC-utrustade ställverk med hel konfiguration och ERTMS. Jämförelsen visar att ERTMS presterar bättre än ATC ställverk med hel konfiguration.

BILAGA 2 Förutsättningar för fordonsinstallationer av ETCS ombordutrustning



TRAFIKVERKET

Trafikverket, 781 89 Borlänge. Besöksadress: Röda vägen 1
Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 010-123 99 97

www.trafikverket.se