

RAPPORT

Analys och kvalitetssäkring av införandet av ERTMS i det svenska järnvägssystemet

Delredovisning



Trafikverket

Postadress: 781 89 Borlänge

E-post: trafikverket@trafikverket.se

Telefon: 0771-921 921

Dokumenttitel: Analys och kvalitetssäkring av införandet av ERTMS i det svenska järnvägssystemet

Författare: Sophia Altman, PLnpv; Jonny Gustafsson, PLnpv; Nina Lundin, PLnpv

Dokumentdatum: 2021-09-28

Ärendenummer: TRV 2021/42663

Version: 1.0

Kontaktperson: Peter Söderholm, PLnpv

Termer och förkortningar

ATC	Automatic Train Control. Ett tågskyddssystem för befintligt signalsystem som ersätts av ETCS, European Train Control System, vilket tillsammans med radiokommunikationssystemet utgör ERTMS.
ATO	Automatic Train Operation. Automatisk tågdrift. Det finns olika nivåer av automatisering från det att föraren har ett stödsystem till att tåget är förarlöst. I järnvägssammanhang blir de största vinsterna att kapaciteten kan optimeras medan energiförbrukningen minimeras. Funktionen är aktuell både för person- och godstrafik.
DAC	Digital Automatic Coupling. Digitala automatiska koppel är ett koncept för att automatiskt koppla ihop och frikoppla vagnar i ett godståg. Lösningen omfattar mekanisk anslutning och luftledning för bromsning liksom energiförsörjning och säker datakommunikation. Ett projekt pågår inom EU med målet att alla godsvagnar och lok i EU ska få standardiserade automatiska digitala koppel.
ERA	European Union Railway Agency. Tillsynsmyndighet för järnväg på europeisk nivå.
ERTMS	European Rail Traffic Management System. Ett EU-gemensamt tågskyddssystem för järnvägen.
ERTMS level 2 (L2)	En teknisk tillämpningsnivå för det europeiska systemet för trafikstyrning.
ERTMS level 3 (L3)	En teknisk tillämpningsnivå för det europeiska systemet för trafikstyrning. Med level 3 kan kapaciteten öka samtidigt som utrustningen i banan minskas, vilket innebär lägre kostnader.
ERTMS hybrid level 3 (HL3)	Hybrid Level 3 är ett steg på vägen från level 2 till level 3 där tåg utan integritetssystem kan trafikera enligt level 2 medan tåg med integritetssystem kan trafikera enligt level 3.
ERTMS-öar	Mindre område av ERTMS omgivet av signalsystem som inte är ERTMS.
ETCS-ombordutrustning	Del av ERTMS-systemet som är placerad på fordonen och krävs för att kunna trafikera banor där ERTMS ersatt ATC.
FOI	Forskning och innovation.
Klass B	Äldre signalsystem vilka inte är kompatibla med ERTMS. Respektive land ansvarar för specifikationerna av dessa system. I Sverige och Norge är ATC gällande Klass B-system.
STM, STM-översättningsmodul	Specific Transmission Module. Översättningsmodul mellan olika tågskyddssystem. Exempelvis ATC-STM som översätter mellan ATC och ERTMS.
Styrområde	Geografisk indelning av signal- och trafikstyrningssystem i anläggningen.

Innehåll

1	Inledning	5
1.1.	Bakgrund	5
1.2.	Uppdraget.....	6
1.3.	Genomförande.....	6
1.3.1.	Internt arbete vid Trafikverket.....	6
1.3.2.	Dialoger med externa aktörer.....	6
2	Systemdefinition	7
2.1.	Järnvägens funktionssätt.....	7
2.2.	ERTMS	8
2.2.1.	Trafikeringsystem.....	10
2.2.2.	Transportnät	10
2.2.3.	ERTMS i Europa.....	10
3	Införandescenarier.....	11
3.1.	Införandets inledande fas	13
4	Alternativ till införandet av ERTMS	13
4.1.	Bibehålla ATC.....	13
4.2.	Implementera ett unikt nationellt system.....	14
4.3.	Konsekvensanalys	15
5	Diskussion och slutsatser	17

1 Inledning

Regeringen har genom beslut (I2021/01105) den 1 april 2021 uppdragit åt Trafikverket att analysera och kvalitetssäkra införandet av signalsystemet ERTMS i det svenska järnvägssystemet. Uppdraget omfattar bland annat förslag till tidplan för införandet, kvalitetssäkrade kostnadsberäkningar, beskrivningar av delsystem som ingår eller påverkas av införandet samt beskrivning av eventuella alternativ till införandet av ERTMS.

Trafikverket har uppdragits att senast den 30 september 2021 slutredovisa resultaten av genomförda analyser till Regeringskansliet (Infrastrukturdepartementet). Den 16 september 2021 beslutade regeringen (I2021/02234) att efter hemställan från Trafikverket senarelägga tidpunkten för slutredovisning av uppdraget till den 30 november 2021.

Föreliggande rapport utgör Trafikverkets delredovisning av tilldelat uppdrag.

1.1. Bakgrund

ERTMS är den europeiska standarden för automatiskt tågskydd och möjliggör ett interoperabelt järnvägssystem i Europa. EU-förordningen för ett transeuropeiskt transportnät¹ som beslutades 2013 är direkt bindande för medlemsstaterna. Förordningen anger två övergripande år då ERTMS ska vara infört. På stomnätet, som omfattar de sträckor som anses vara strategiskt viktigast för transportflödena, är det år 2030 och på det övergripande nätet är det år 2050.

Trafikverket har sedan år 2012 ett helhetsansvar för införandet av ERTMS i det svenska järnvägssystemet. Det innebär att myndigheten driver egna processer samt aktivt följer upp övriga processer vilka påverkar införandet av ERTMS i det svenska järnvägssystemet. Uppdraget sker i nära samarbete med järnvägsbranschen.

Riksrevisionen presenterade 2018 en rapport² där Trafikverkets kostnadsuppskattningar för ett införande av ERTMS granskades. Riksrevisionen fann att Trafikverkets kostnadsuppskattningar i huvudsak var av god kvalitet, men till viss del baserades på antaganden om kostnadsbesparingar som inte var tillräckligt underbyggda eller dokumenterade.

En översyn av kostnader och tidplaner kopplade till ERTMS-införandet pågår nu inom Trafikverket, där förväntade förseningar och kostnadsökningar har identifierats. Efter att Trafikverket till regeringen kommunicerat dessa indikationer om förväntade förseningar och kostnadsökningar fick myndigheten aktuellt uppdrag från regeringen. Det för att genomföra en kvalitetssäkring och analys av den uppkomna situationen samt redovisa olika handlingsalternativ.

¹ EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING (EU) nr 1315/2013 om unionens riktlinjer för utbyggnad av det transeuropeiska transportnätet och om upphävande av beslut nr 661/2010/EU

² Nytt signalsystem för järnvägen – effektiviteten i införandet av ERTMS (RIR 2018:21)

1.2. Uppdraget

Regeringen har mot bakgrund av ovanstående uppdragit åt Trafikverket att analysera och kvalitetssäkra införandet av signalsystemet ERTMS i det svenska järnvägssystemet.

Uppdraget omfattar bland annat följande frågeställningar och analyser:

- Kvalitetssäkrade kostnadsberäkningar för införandet av ERTMS, med analys av orsaken till kostnadsökningar samt av vilka kostnadsreducerande insatser som kan genomföras.
- Förslag till tidplan för införandet av ERTMS i det svenska järnvägssystemet, med analys av när i tiden kostnaderna för införandet av ERTMS uppstår för den föreslagna tidplanen samt av konsekvenser vid senareläggning eller tidigareläggning av införandet jämfört med den föreslagna tidplanen.
- Beskrivning av alla delsystem som ingår i eller påverkas av införandet av ERTMS, med analys av eventuella effekter på kostnader och genomförande för dessa delsystem vid en tidplan som innebär en senareläggning eller tidigareläggning av införandet jämfört med den föreslagna tidplanen för ERTMS.
- Beskrivning av vilka eventuella alternativ som finns till införandet av ERTMS, med analys av konsekvenser av att införa eventuella alternativ i stället för ERTMS i fråga om kostnader, trafiksäkerhet, gentemot EU, för järnvägsföretagen samt för järnvägens konkurrenskraft gentemot andra trafikslag både nationellt och på europeisk nivå.

Trafikverket noterar att regeringen genom tilldelat uppdrag vill försäkra sig om att införandet av ERTMS i det svenska järnvägssystemet kvalitetssäkras i fråga om tid och kostnader, att tillika kvalitetssäkrade kostnadsbesparingar och tillgängliga handlingsalternativ redovisas samt att dessa konsekvensbeskrivs ur ett antal specificerade aspekter. I linje med tidigare till Trafikverket tilldelat uppdrag om helhetsansvar för det fortsatta införandet av ERTMS (N2012/06352) framhåller regeringen vikten av att uppdraget genomförs i dialog med branschaktörerna och med beaktande av järnvägens funktionssätt.

1.3. Genomförande

Genomförandet består av två övergripande och kompletterande tillvägagångssätt som kombineras med varandra. Det ena tillvägagångssättet är Trafikverkets interna arbete och det andra är samverkan med externa aktörer.

1.3.1. Internt arbete vid Trafikverket

Scenarierna tas fram av expertgrupper och kvalitetssäkras inom Trafikverket.

Tillvägagångssättet är en iterativ process mellan nationell plan, tidplaner för ERTMS och tillhörande kostnadsberäkningar. Framtaget material riskvärderas och kvalitetssäkras med avseende på införandetakt och ordning för styrområden som skapas vid införandet av ERTMS.

1.3.2. Dialoger med externa aktörer

Trafikverket har genomfört kontinuerliga dialoger med järnvägsbranschens aktörer, främst i befintligt dialogforum inom ramen för "Stärkt Branschsamverkan" (SBS) och grupp "Fokus ERTMS". Gruppen är tvärfunktionell med representanter från trafik, industri, signal samt kollektivtrafik. Sedan uppdraget gavs har ett flertal dialoger genomförts i det gemensamma

forumet. Individuella samtal har även genomförts med företrädare för branschen kring risker och utmaningar med införandet av ERTMS.

Vidare har information delats vid ERTMS-projektets samråd samt vid andra branschsammankomster. Den 18 maj 2021 genomfördes den årliga branschdagen för ERTMS. Deltagare var bland andra Mattias Reute, EU:s ERTMS-koordinator samt representanter för Trafikverkets motsvarigheter i Norge, Lars Jorde från Bane Nor respektive Danmark, Tilde Restofte Pedersen från Banedanmark.

Branschaktörerna har under de genomförda dialogerna belyst frågor av särskilt intresse för införandet av ERTMS, bland annat:

- Medfinansiering av ombordutrustning för fordonen
- Möjligheter till dubbelutrustade signalsystem
- Behovet av garanterade och långsiktiga införandeplaner
- Behovet av geografiska prioriteringar för att undvika ERTMS-öar³

Sammanfattningsvis konstateras att dialogerna med branschen har präglats av öppenhet och en vilja till att gemensamt skapa långsiktiga och stabila lösningar. Samtidigt orsakar utmaningarna med medfinansiering av ombordutrustning en oro hos branschaktörerna för deras och därmed järnvägens konkurrenskraft som transportslag.

2 Systemdefinition

Systemdefinitionen inleds med en beskrivning av järnvägens funktionssätt på en övergripande nivå. Därefter följer en mer detaljerad beskrivning av tågsskyddssystemet ERTMS med ingående tekniska delsystem, relaterade centrala regelverk samt en europeisk utblick.

2.1. Järnvägens funktionssätt

Järnvägssystemets produktion av transporttjänster kan jämföras med en processindustri, där olika funktioner med inbördes beroende måste samverka för att producera efterfrågade tjänster. De olika funktionerna är fördelade mellan flera aktörer med olika uppgifter, roller och ansvar. Aktörerna representeras av både offentliga och privata sammanslutningar och organ med olika förutsättningar att agera i respektive roll.

Planeringen sker med olika tidsperspektiv, där investeringar i ny eller uppgraderad infrastruktur inklusive fordon görs med flera års framhållning. Konkret planering för underhållsåtgärder och fördelning av tillgänglig kapacitet görs med kortare framförhållning. Slutligen sker en planering av driften, där justeringar som följer av förändrade behov och tillgänglig spårkapacitet också behöver göras, ända ned till realtid. Behovet av koordinering mellan de olika aktörernas aktiviteter finns under hela planeringscykeln.

ERTMS-införandet spänner över alla livscyklifaser. En process inleds med initiering och fortsätter med planering, byggande, förvaltning samt drift och avveckling. Det innebär att införandet påverkas av och påverkar ett flertal funktioner och därmed aktörer under dessa faser, allt från beslut som fattas i riksdag och av regering, över tillståndsgivande myndigheter till utförare av transporttjänster och underhåll av infrastruktur. I arbetet med att säkerställa ERTMS-införandet har främst påverkan på funktioner som krävs för

³ Se avsnitt Termer och förkortningar.

produktion av tågjänster respektive infrastrukturtjänster analyserats. Inom ramen för etablerad branschsamverkan har dialog förts med representanter för aktörer som erhåller dessa funktioner i järnvägssystemet.

Det centrala i produktionen av tåglägestjänster är planering och fördelning av tillgänglig spårkapacitet. Enkelt beskrivet ansöker den som vill utföra en transporttjänst på järnvägen om ett så kallat tågläge. Trafikverkets uppgift är att genom rättvisa och icke-diskriminerande villkor så långt som möjligt tillgodose behov som uttrycks i sådan ansökan. Då tillgänglig kapacitet är en begränsad resurs krävs emellertid ofta en jämkning med hänsyn till de uttryckta behovens grad av förväntad samhällsnytta. Genom att i så god tid som möjligt beskriva tillgänglig spårkapacitet vid en given tid och plats och under vilka förutsättningar denna kan användas, ges utförarna av transporttjänsterna möjlighet att planera sin försäljning av transporterna och vilka eventuella åtgärder de behöver vidta för att kunna genomföra dessa.

ERTMS-införandet påverkar med nya villkor för att framföra fordon, med andra förutsättningar för tilldelning av tåglägen och för själva framförandet. Under byggnadstiden påverkas de aktörer som bedriver tågtrafik av begränsningar i tillgängligheten och till handhavande till följd av att flera parallella tekniska system kan behöva vara i bruk växelvis.

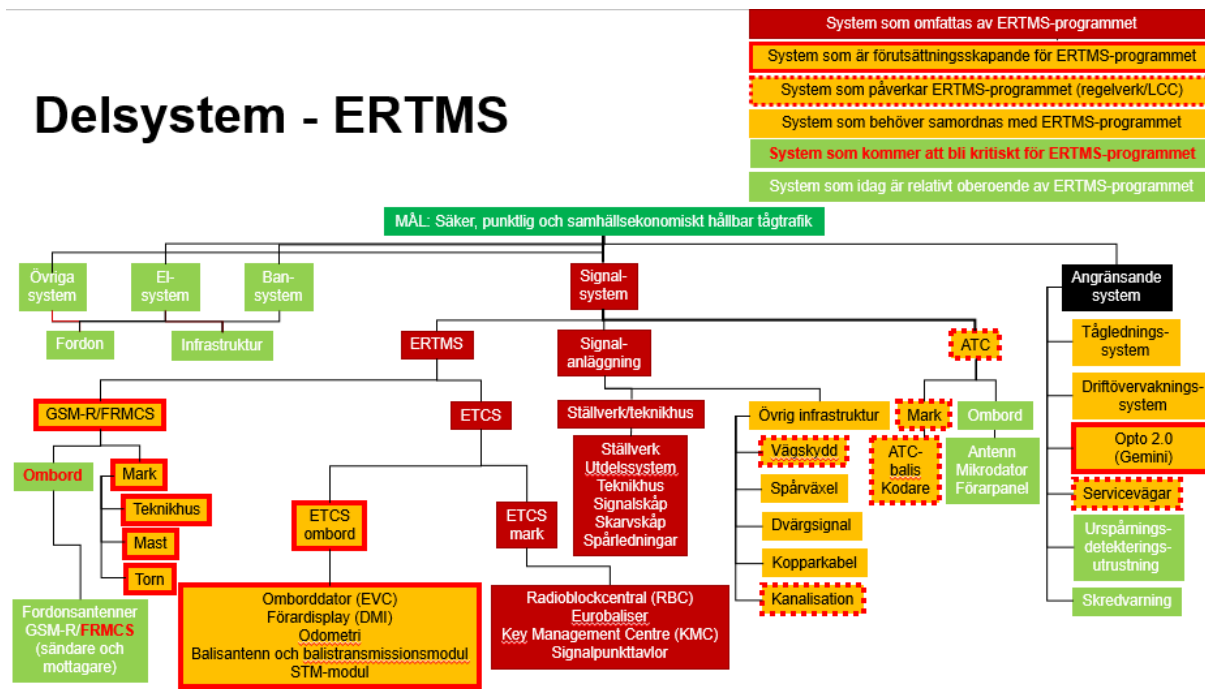
2.2. ERTMS

Det övergripande målet för tågtrafiken är att den ska vara säker, punktlig och samhällsekonomiskt hållbar. En viktig förutsättning för att uppnå målet är signalsystemet som har till främsta uppgift att förhindra olyckor inom järnvägstrafiken. Det ser till att fordon kan färdas på järnväg längs en kontrollerad tågväg utan risk för trafikeringsolyckor.

Ett signalsystem kan delas upp i ett tågskyddssystem (till exempel ERTMS eller ATC) och en signalanläggning (se figur 1). ERTMS består av undersystemen European Train Control System (ETCS) och GSM-R (Global System for Mobile Communications – Railway). ETCS är i sin tur indelat i delsystemen mark- och ombordutrustning. Markutrustningen består av den fasta anläggningen vid eller en bit bort från spåret, till exempel radioblockcentral (RBC), eurobaliser och signalpunkttavlor. Ombordutrustningen finns på fordonet, till exempel omborddator (EVC) och förardisplay (DMI). Ställverket och spårledningen är exempel på komponenter i signalanläggningen. Komponenterna i signalanläggningen ingår inte i tågskyddssystemet, men är en förutsättning för att detta ska fungera som avsett.

En av skillnaderna mellan tågskyddssystemen ERTMS och ATC är att de optiska ljussignalerna som finns längs järnvägen med ATC ersätts av ett radiokommunikationssystem. Det innebär att körbeskeden vid ERTMS uppdateras i realtid via GSM-R nätet. Kommunikationen mellan tåg och trafikledning vid ERTMS sker kontinuerligt istället för punktformigt från optiska ljussignaler och styrbara baliser vid ATC. Således har trafikledningen alltid kontakt med tågen och därmed möjlighet att när som helst förändra körbeskedet och även nödstoppa fordonet vid behov. Vid ATC kan förändrat körbesked enbart ges vid passering av optisk signal eller balis. En annan skillnad är att lokföraren vid ERTMS får en längre framförhållning om hur körbeskedet kommer att förändras längre fram på sträckan jämfört med ATC.

Delsystem - ERTMS



Figur 1. Tekniska delsystem relaterade till ERTMS.

En gemensam princip för både ERTMS och ATC är att båda tågskyddssystemen använder signalstallverk för att styra och låsa tågvägar på order av tågklararen. Signalstallverket är hjärnan i signalsystemet, det är här alla beräkningar genomförs. Om tågklararen vill lägga en säker tågväg från en punkt i järnvägsnätet till en annan inhämtas information om anläggningens tillstånd och nödvändiga styrsignaler skickas till ytteranläggningen. När alla villkor är uppfylla (till exempel låst spårväxel i rätt läge och inget annat tåg på samma tågväg) får föraren körtillstånd att framföra tåget längs den kontrollerade sträckan. Det finns fler direkta användare av ERTMS än förare och trafikledning. Till dessa hör dels driftledning samt anläggningsövervakning som övervakar signalanläggningen från trafikcentralen och underhållspersonal som kommer i kontrakt med systemet vid åtgärder i anläggningen.

Historiskt har signalanläggningen varit uppbyggt med ett signalstallverk per driftplats och mycket av tekniken har funnits lokalt, nära de ytterobjekt den ska styra, till exempel vägskydd och spårväxlar. Kommunikationen går via en kopparkabel förlagd längsmed spåret. Som en förberedelse för ERTMS och IP-baserad lösning övergår Trafikverket till att bygga teknik som till viss del är centralt placerad. Dessutom styr ett signalstallverk över ett större geografiskt område, så kallat styrområde, vilket kommunicerar till ytterobjekten via Trafikverkets IP-nät i den nya arkitekturen. Ett styrområde representerar den geografiska del av järnvägen som en centralenhet, det vill säga ställverk och RBC, kontrollerar. Det finns en intention att vidareutveckla Sveriges ERTMS-system med funktionalitet för ETCS hybridnivå 3 (HL3). Det innebär bland annat att tåg som kan detektera tappade vagnar övergår från fasta till rörliga blocksträckor, vilket gör att tågföljden kan förtätas och kapaciteten därmed kan höjas.

2.2.1. Trafikeringsystem

Trafikeringsystem är en uppsättning av trafikregler avsedda att användas inom ett visst geografiskt område. Dessa trafikregler är anpassade efter den teknik som används. I dagsläget är det svenska järnvägsnätet uppdelat i en mängd olika trafikeringsystem och merparten utgörs av system H. I dessa områden är järnvägsanläggningen fullt övervakad med hjälp av ATC-relaterad teknik. Huvudsakligen styr tågklareraren anläggningen från någon av Trafikverkets åtta trafikcentraler. I system M används istället delvis manuella rutiner för övervakningen och tågklareraren är oftast placerad nära den anläggning som styrs. Trafikeringsystem E2 baseras på ERTMS nivå 2 och finns än så länge på Trafikverkets två pilotbanor Botniabanan och Haparandabanan, även här styrs tågtrafiken centralt från trafikcentralerna. Se Figur 2.

2.2.2. Transportnät

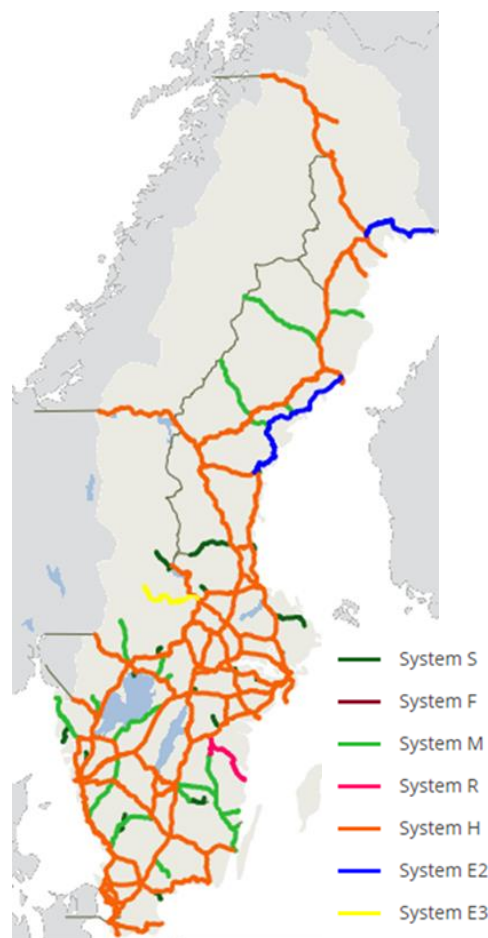
Det europeiska järnvägsnätet delas enligt TEN-T (transeuropeiska transportnätet) upp i ett stomnät och ett övergripande nät. Det finns även ett antal regelverk på EU-nivå som reglerar innehåll (till exempel tekniska specifikationer för driftkompatibilitet, TSD), omfattning (till exempel TEN-T-nätet) och tid (år 2030 för stomnätet respektive 2050 för det övergripande nätet) för utbyggnad av ERTMS i Sverige.

Infrastrukturutvecklingen för TEN-T är nära knuten till genomförandet och den fortsatta utvecklingen av EU:s transportpolitik, till exempel avseende interoperabilitet inom Europa. Därför är TEN-T prioriterat även för införandet av ERTMS i Sverige. När det gäller övrigt järnvägsnät i Sverige är det den nationella genomförandeplanen som anger när implementering av ERTMS ska ske.

2.2.3. ERTMS i Europa

ERTMS utvecklades från mitten på 1980-talet efter initiativ av europeiska forskningsorganisationer, järnvägsförvaltningar samt järnvägsindustrin. Från tidigt 2000-tal kopplades de första sträckorna in i bland annat Spanien och Italien, vilka vid denna tid byggde nya höghastighetsbanor, men även i länder som Schweiz och Belgien. Då systemen främst infördes i samband med byggande av helt nya banor bedömdes komplexiteten och kostnaderna för att koppla in ERTMS som relativt låga i relation till totalkostnaden för de nya banorna.

ERTMS fungerade mycket bra med hög tillgänglighet och säkerhet för höga hastigheter. I det inledande läget var specifikationerna för användning inom Europa inte låsta. Således utvecklades olika versioner av systemet, vilket gjorde att den interoperabilitet som eftersträvades inte uppnåddes inledningsvis. Sedan dess har specifikationerna blivit obligatoriska att följa för medlemsstaterna. ERA har också lagt fram ambitiösa och för medlemsstaterna bindande planer för fortsatta utbyggnader. I efterhand har det blivit tydligt att det är mer komplicerat att införa ERTMS på befintliga banor än vid nybyggnation.



Figur 2 Trafikeringsystem i det svenska järnvägsnätet.

Dessutom är kostnaderna höga och systemet upplevs inte ge så stora funktionella fördelar jämfört med äldre system som man ursprungligen hoppats på.

Mot denna bakgrund har ERA de senaste åren inlett ett omfattande arbete med att utveckla ERTMS-systemet vidare. Siktet är att införa ett antal så kallade "Game Changers", vilka syftar till att sänka kostnader och införa nya funktioner. Det senare för att bland annat åstadkomma ökad kapacitet, till exempel digitala automatiska koppel (DAC) och automatisk tågdrift (ATO).

Horizon Europe och Europe's Rail

Under 2020 startade EU:s sjuåriga forskningsprogram Horizon Europe med en budget på 95 miljarder euro. Inom ramen för Horizon Europe startar även år 2022 programmet Europe's Rail som är en fortsättning på det tidigare programmet Shift2Rail, vilket i princip uteslutande syftade till forskning. EU:s budget för Europe's Rail ligger på ca 600 miljoner euro och deltagarna förväntas tillsammans delta med ungefär lika mycket. Trafikverket kommer delta med ca 250 miljoner kronor i egna FOI-medel.

Systempelaren

Europe's Rail är uppdelat i två delar. Den så kallade Innovationspelaren fungerar ungefär som tidigare i Shift2Rail. Arbetet i den så kallade Systempelaren har dock ett helt annorlunda innehåll.

I Systempelaren kraftsamlar de medverkande inom EU för att åstadkomma de förbättringar av ERTMS-systemet som anses vara nödvändiga, det vill säga utvecklad funktionalitet och lägre kostnader. Utöver de ytterligare specifikationer som framställs tas underlag för lagstiftning om standarder och införande fram samt eventuell delfinansiering av införandet. Utöver ovanstående förbereds även för ensade trafikregler för ERTMS i Europa, vilket har varit efterfrågat i många år.

Trafikverket är en så kallad grundarmedlem i både forskningsprogrammet Shift2Rail och Europe's Rail. Dessutom agerar Trafikverket via medlemsorganisationerna EIM (European rail infrastructure managers), ERTMS Users Group och UIC (International union of railways). Trafikverket är även aktivt i initiativ som RCA (reference CCS architecture) och EULYNX som pågår för att vidareutveckla ERTMS-systemets funktion samt sänka kostnaderna.

3 Införandescenarier

Införandet av ERTMS är komplext. Mellan tekniska och organisatoriska förutsättningar finns ett antal beroenden som på olika sätt och i olika utsträckning påverkar tid, kostnader och innehåll för såväl dagens som framtidens signalsystem. Dessa beroenden påverkar i sin tur förutsättningarna för planering, byggande, drift och underhåll av järnvägens anläggningar samt för bedrivandet av trafik på dessa. ERTMS kommer för en relativt lång tid att vara en signalteknik av flera som används i det svenska järnvägssystemet. Således behöver planeringen av ett införande av ERTMS även omfatta de befintliga tågskyddssystem som ERTMS ska ersätta. Det handlar om hur den tekniska tillgänglighet för dessa system kan säkras fram till dess de ersatts och hur de på ett säkert sätt kan avvecklas. ATC-tekniken utvecklades med start under 1960-talet och stora delar av anläggningen byggdes under 1980-talet. Nuvarande anläggningar åldras och det påverkar i sin tur i vilken ordning införandet av ERTMS bör ske.

Ytterligare exempel på förutsättningar till vilka ERTMS och dess införande har ett beroende är radiokommunikationssystemet GSM-R respektive installationer av optofiber. I ERTMS-systemet, men utanför Trafikverkets omedelbara kontroll, är också fordonsägarnas installationer av ombordsystem (ECTS). Utan ombordsystem kan ingen trafik bedrivas på sträckor där ERTMS ersätter ATC.

I och med denna komplexitet beaktas vissa faktorer särskilt i framtagandet av införandescenarier. En faktor är minimeringen av antalet så kallade ERTMS-öar, då dessa ur ett trafikstyrningsperspektiv kan innebära såväl trafiksäkerhetsmässiga som trafikproduktionsmässiga risker. Hänsyn ska här tas till att ett snabbt införande minskar antalet ERTMS-öar, men kan medföra andra risker med negativa konsekvenser. Samtidigt beräknas ett långsammare införande öka antalet ERTMS-öar, vilket ska vägas mot övriga förtjänster scenariot erbjuder. Exempel på viktiga beroenden och påverkansfaktorer att ta hänsyn till är:

- **Ombordutrustning.** Införandeordning och utformning utgår från områden där stora delar av det trafikerande fordonsunderlaget redan helt eller delvis har kompatibel ETCS-ombordutrustning. Baserat på de scenarier som analyseras kan inte omledningsvägar via klass B-system garanteras från och med år 2029, vilket medför att ETCS-ombordutrustning (och STM-översättningsmodul) behöver vara obligatoriskt.
- **Ankringspunkter.** Flera stora infrastruktursatsningar planeras under den kommande 15-årsperioden. Innehållet i många av dessa åtgärder kräver bland annat utbyte av signalsystem till ERTMS. Ofta är åtgärderna också knutna till extern medfinansiering och därför låsta i tid varför de utgör så kallade ankringspunkter för när ERTMS kommer att införas i ett visst område eller stråk.
- **Kompositbromsblock.** Geografiska områden norr om Ånge och Gävle är mest kritiska utifrån det kommande kravet på införande av kompositbromsblock⁴ då de fungerar bättre med ERTMS än med ATC i vinterklimat. Driftsättning i Ånge, Älvsbyn och Sundsvall prioriteras därmed.
- **Ökning av införandetakt.** Ökningen av antalet styrområden med ERTMS-driftsättningar per år sker i harmoniserad takt med en avtagande mängd planerade signalåtgärder på klass B-system. Ökningen av antalet styrområden per år förutsätter att ledtiden för ibruktagnings av ett styrområde effektiviseras från dagens sju år till fyra år.
- **Vidmakthållande av anläggning.** För ett fungerande vidmakthållande av klass B-systemet krävs att livscykelkritiska delar av signalanläggningen frigörs, vilket inte sker i tillfredställande utsträckning endast genom ett införande i norr. För att lösa detta samt möjliggöra en effektiv utrullning med sammanhängande stråk och minimalt antal trafikeringsystemsöar, där signalsystemet på en trafikplats avviker från dem på omgivande sträckor, krävs ett införande av ERTMS längs Södra stambanan samt utanför TEN-T stomnätet där signalanläggningsdelar kan frigöras och tillgången är som störst.

⁴ KOMMISSIONENS GENOMFÖRANDEFÖRORDNING (EU) 2019/774 av den 16 maj 2019 om ändring av förordning (EU) nr 1304/2014 vad gäller tillämpningen av den tekniska specifikationen för driftskompatibilitet avseende delsystemet "Rullande materiel – buller" på befintliga godsvagnar

Scenarierna förutsätter att övriga infrastrukturåtgärder koordineras med ERTMS-införandet, vilket kommer att ha stor påverkan på i vilken ordning övriga åtgärder kan genomföras.

3.1. Införandets inledande fas

De scenarier av ERTMS-införandet som utvecklas och kvalitetssäkras av Trafikverket omfattar hela den svenska järnvägens TEN-T stomnät, övergripande nät samt övriga nät.⁵ För närvarande är startsekvensen på scenarierna identisk från år 2023 till 2029, med undantag för styrområde Hallandsåsen som i ett mer utdraget scenario skjuts framåt i tiden. Den gemensamma startsekvensen bidrar till viss stabilitet och framförhållning samt indikerar 2029 som senaste årtal för huvudsaklig fordonskonvertering på nationell nivå. Efter startsekvensen skiljer sig scenarierna åt i fråga om utrullningstakt, genomförandeordning och slutår. Scenarierna omfattar driftsättning av ERTMS på totalt 161 styrområden varav 113 styrområden längs stomnätet, inklusive sex nya för de nya stambanorna. Den första driftsättningen av styrområden enligt dessa scenarier sker under år 2023.

På det övergripande nätet samt de lågtrafikerade banorna driftsätts 45 styrområden med ERTMS. Utöver det tillkommer piloter för test och utveckling av standarder relaterade till ERTMS, bland annat ERTMS i version hybrid level 3 (HL3).

4 Alternativ till införandet av ERTMS

Det finns huvudsakligen två möjliga alternativ till att införa ERTMS. Det ena alternativet är att bibehålla det nuvarande tågskyddssystemet ATC. Det andra alternativet är att utveckla ett nytt nationellt tågskyddssystem.

4.1. Bibehålla ATC

I slutet av 1960-talet började utvecklingsarbetet för att ta fram ett automatiskt tågskyddssystem (ATC) samt att komplettera befintligt signalsystem i syfte att förbättra trafiksäkerheten. År 1980 togs ATC i drift av SJ. ATC finns implementerat i mjukvara på signalställverk av modellerna 85 respektive 95. För övriga signalsystem är ATC implementerat med så kallade kodare kopplat utanpå signalutgångarna på signalställverken. Det medför att systemet har mycket begränsade utvecklings- och expansionsmöjligheter. Nuvarande ATC-system klarar inte av att tillgodose framtida kapacitetsbehov i högtrafikerade områden och stråk, till exempel Stockholm, Göteborg och stambanorna.

ATC är ett punktbaserat tågskyddssystem där ny eller ökad kapacitet endast kan skapas med att bygga in fler punkter. Det ger en större anläggningsmassa som i sin tur skapar fler felkällor och högre underhållskostnader under livscykeln. Kommunikationen mellan ATC och fordonet sker vid fasta punkter i banan. I ett ERTMS-baserat tågskyddssystem hanteras samma behov till stora delar med logisk mjukvarufunktionalitet i systemets centraldatorer.

I dagsläget tillåter Trafikverkets säkerhetsbestämmelser hastigheter på upp till 200 km/h för ATC. Samtidigt finns det ett antal banor i Sverige med potential för hastigheter på upp till 250 km/h, till exempel Väst kustbanan och Botniabanan.

⁵ Exklusive sex stycken planerade styrområden för nya höghastighetsbanor, fem stycken längs Ådals-, Botnia- och Haparandabanan där ERTMS nivå 2 är driftsatt samt Inlandsbanan och avtalsbanor

Idag finns det en leverantör av digitala ställverk med integrerat ATC. För att skapa konkurrens skulle det fordras att Trafikverket genomför en investering av en sådan volym att fler aktörer skulle intressera sig för att medverka i en anbudsgivning. Vilken volym som skulle krävas är i dagsläget svår att precisera. Från arbetet med att vidmakthålla denna mjukvara kan det konstateras att den är av äldre snitt och med endast en tillgänglig leverantör kostsam och komplicerad att vidareutveckla. Trafikverket är ensam kund för denna produkt, varför viljan till utveckling är begränsad hos leverantören och kostnaderna för ändringar är höga. Dagens mjukvara medger inte funktioner som förväntas behövas i framtidens signalsystem. Ett sådant exempel är axelräknare, vilka detekterar var respektive tåg befinner sig och bedöms medföra färre störningar och mindre förseningar än med dagens lösning baserad på så kallade spårledning.

Vidare kan det konstateras att vidareutveckling av klass B system, vilket ATC är, inte är tillåtet enligt rådande europeisk lagstiftning. ATC är inte heller ett interoperabelt system i förhållande till övriga Europa.

Nuvarande signalsystem med ATC är gammalt och inom 20 år kommer huvuddelen att behöva bytas ut för att bibehålla nuvarande tillgänglighetsnivå. Samtidigt kan det konstateras att det är generellt dyrare att bygga med ATC än ERTMS⁶. Det då andelen fysisk utrustning i spårmiljö är väsentligt högre i ATC än i ERTMS. Den kostnadsmässiga skillnaden bedöms för närvarande vara cirka 25-30% lägre för ERTMS L2. Med ERTMS HL3 antas denna skillnad bli ännu större.

ERTMS bedöms ha en lägre livscykelkostnad än ATC, bland annat till följd av att andelen fysisk utrustning i spårmiljö är lägre. Ett exempel som visar på skillnad i erforderlig insats är då behovet att göra en tillfällig hastighetsnedsättning uppstår. Med ERTMS kan det åstadkommas med hjälp av ett datorkommando. Med ATC krävs dock manuell utplacering av tekniska komponenter och hastighetstavlor i den fysiska spårmiljön.

Den utvecklade översättningsmodulen (STM) mellan ATC och ERTMS måste vidmakthållas längre så att fordon med ERTMS ombordsystem installerat kan användas i Sverige. Vid en fortsatt användning av ATC kommer följande aspekter inte kunna implementeras eller vara svårare att hantera:

- Automatisk tågdrift (ATO). Konsekvensen av detta blir att en helautomatisk trafikering på banor med blandtrafik försvåras eller omöjliggörs.
- Hybrid level 3 (HL3). Konsekvensen blir att en kapacitetsökning med digital logik istället för fysisk infrastruktur omöjliggörs.
- Kompositbromsblock leder med ATC till sänkta hastigheter vintertid, vilket kan motverkas med utbyggd spår- och signalinfrastruktur.
- Digitala automatiska koppel (DAC). Får effekten att nytta med kapacitetshöjandeeffekter och digital logik inte kan tillvaratas.

4.2. Implementera ett unikt nationellt system

Introduktion av ett nytt klass B-system i Sverige bryter mot rådande europeisk lagstiftning, enligt vilken dessa system ska avvecklas till förmån för införandet av ERTMS. Ett potentiellt

⁶ Trafikverket genomför varje år flera signaltekniska utredningar, s.k. signalutredningar. De syftar till att visa på kostnader vid val av olika tekniska vägval t.ex. ERTMS eller ATC och dator- eller reläbaserat samt utbredning och funktionalitetsnivå. Merparten av dessa utredningar visar på en väsentlig kostnadsskillnad mellan ERTMS och ATC både i ett investeringsskede och ur ett livscykelperspektiv vid jämförbar omfattning och funktionsnivå.

införande av ett nytt klass B-system ger också konsekvensen att Trafikverket tvingas utveckla och tillhandahålla någon form av STM för utländska fordon. Det för att möjliggöra en fortsatt interoperabilitet, exempelvis över Öresundsbron.

Det finns system med liknade funktionalitet som ERTMS. Dessa är utvecklade utanför EU, bland annat i Kina, Ryssland, USA och Japan. Dessa system kräver en anpassning till svenska behov, exempelvis kring frågan om säkerhetsskydd för informationssäkerhet liknande den om 5G-utbyggnaden.

För att klara framtida kapacitetsbehov i högtrafikerade områden och stråk skulle ett unikt nationellt system behöva efterlikna ERTMS HL3 avseende egenskaper och förmågor. Det skulle också kräva en utveckling av ett nytt ombordsystem som kan kommunicera med fordon och marksystem. Således kvarstår frågan om finansiering av ombordsystem. Dessutom skulle det kräva en uppdatering av alla fordon som har beställts eller redan är utrustade med ERTMS. Det innebär en högre kostnad än att slutföra kvarvarande fordonsflotta med ERTMS.

Varken ett globalt eller europeiskt intresse skulle finnas för ett nationellt utvecklat system. Kostnaden för att utveckla och vidmakthålla ett sådant system skulle vara väsentligen högre än för ERTMS då endast en kund skulle komma att bära alla kostnader.

Att utveckla eller köpa ett system som är helt unikt för EU skulle innebära en process på mer än 10 år för att anpassa det till de svenska regelverken. Vidare skulle systemet också kräva ett införande motsvarande det för ERTMS. Bedömningen är att ett nationellt system varken skulle medföra lägre kostnader eller kortare genomförandetid än vad ERTMS innebär.

4.3. Konsekvensanalys

Att bibehålla och reinvestera i ATC är inte kostnadseffektivt jämfört med att göra samma sak med ERTMS. Det gäller både ur ett investerings- eller underhållsperspektiv, men framförallt ur ett framtidsperspektiv. Kortsiktigt är det för tågoperatörer med endast nationell trafik ekonomiskt fördelaktigt att fortsätta med ATC. För tågoperatörer med gränsöverskridande trafik är det ogynnsamt då dessa fordon måste dubbelutrustas för både ERTMS och ATC.

ATC-systemet kommer med sin begränsade funktionalitet och utvecklingsförmåga inte att ge stöd åt flera av de smarta digitala lösningar som idag växer fram i allt snabbare takt. På sikt kommer detta att innebära ökade kostnader för att hålla järnvägssystemet konkurrenskraftigt gentemot andra transportslag. Samtidigt kommer vissa delar av järnvägssystemet att nå gränserna för det kapacitetsuttag som är möjligt med ett punktbaserat signalsystem.

Alternativet att utveckla och implementera ett unikt system enbart för svensk järnväg bedöms inte heller vara kostnadseffektivt. Det trots att ett sådant system, i likhet med ERTMS, skulle ge stöd åt framtida digitala lösningar. För tågoperatörerna är det inte heller en ekonomiskt fördelaktig lösning. Detta gäller speciellt för tågoperatörer med gränsöverskridande trafik, då fordonen måste dubbelutrustas med både ERTMS och det unika nationella systemet.

All utveckling på global nivå samt inom EU sker med inriktning mot ERTMS. Det gäller områden som fordon, koppel, signalsystem och trafikupplägg. Med ett eget nationellt system skulle Sverige gå miste om de konkurrens- och stordriftsfördelar som en större global marknad ger, i synnerhet i en snabbt föränderlig digital värld.

De två alternativen till ERTMS bedöms sammantaget ge:

- Högre kostnad över tid
- Sämre konkurrensförmåga
- Begränsad funktionalitet
- Begränsade utvecklingsmöjligheter
- Högre fordonskonverteringskostnader för nya fordon
- Förlorade möjligheter att tillvarata nya smarta digitala lösningar
- Väsentligen försämrad interoperabilitet med övriga Europa

Både ATC-alternativet samt ett alternativt nationellt system ger sämre förutsättningar än ERTMS för vidareutvecklingen av det svenska järnvägssystemet och därigenom järnvägens konkurrenskraft. Argumenten för detta är juridiska, politiska, ekonomiska och funktionella både på en nationell och på en europeisk nivå, vilket visualiseras i tabell 1 nedan.

PARAMETRAR	TÅGSKYDDSSYSTEM		
	ERTMS	ATC	Nytt nationellt system
Trafiksäkerhet	+	0	0
Kostnader	+	0	-
Järnvägens konkurrenskraft	+	0	-
Konsekvenser järnvägsföretagen	+	0	-
Interoperabilitet	+	-	-
EU-konsekvenser	+	-	-

Tabell 1. Jämförelse mellan tre olika tågskyddssystem med avseende på sex olika parametrar.

5 Diskussion och slutsatser

Det finns två huvudsakligen alternativ till införandet av ERTMS. Det ena alternativet är att fortsätta med ATC och det andra är att utveckla ett nytt nationellt tågskyddssystem. Inget av dessa två alternativ bedöms vara realistiska och bör uteslutas i det fortsatta arbetet.

Förutsättningar inom Trafikverkets ansvar för att erhålla funktionalitet från ERTMS är GSM-R (FRMCS), Opto 2.0 och fjärrstyrning. Även utveckling och vidareutveckling av ERTMS är förutsättningsskapande. Finansiering för dessa delsystem och aktiviteter bör samordnas i tid och geografi.

Fordonskonvertering är också en förutsättning för järnvägssystemets funktion och konkurrenskraft i och med införandet av ERTMS. Införandet och vidareutvecklingen av ERTMS medför att delar av signalsystemets funktion flyttas från den markbundna infrastrukturen till fordon i allt större omfattning. För att hantera denna förutsättning och tillvaratagandet av möjligheterna med ERTMS bör Trafikverket få i uppdrag att utreda statens medfinansiering av ombordutrustning.

Trafikverket arbetar vidare med regeringsuppdraget efter denna delredovisning. Slutredovisning av uppdraget sker separat, men i samband med förslag på nationell plan för transportinfrastrukturen, den 30 november 2021.

Trafikverket: 781 89 Borlänge.
Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 020-600 650

trafikverket.se