



TRAFIKVERKET

Verklighetslabb digital järnväg

Förmåga för ökad digitalisering och hållbarhet

Trafikverket

Postadress: Box 809, 971 25 Luleå

E-post: trafikverket@trafikverket.se

Telefon: 0771-921 921

Dokumenttitel: Verklighetslabb digital järnväg - Förmåga för ökad digitalisering och hållbarhet

Författare: Söderholm, Peter (Trafikverket); Carolin, Anders (Trafikverket); Eriksson, Lotta (Trafikverket);

Forsberg, Marina (Trafikverket); Granström, Rikard (Trafikverket); Jägare, Veronica (Järnvägstekniskt centrum, Luleå tekniska universitet); Karim, Ramin (eMaintenance LAB, Luleå tekniska universitet).

Dokumentdatum: 2019-11-28

Ärendenummer: TRV 2017/67785

Version: 1.0

Kontaktperson: Söderholm, Peter

Publikationsnummer 2019:210

ISBN tryck: 978-91-7725-557-4

ISBN digital: 978-91-7725-558-1

Innehåll

SAMMANFATTNING	4
1. INLEDNING	5
2. METOD OCH MATERIAL	6
3. RESULTAT OCH LEVERANSER.....	9
3.1. Regelverk.....	9
3.2. Organisation och roller.....	11
3.3. Teknik.....	14
4. DISKUSSION OCH SLUTSATSER.....	16
ERKÄNNANDE.....	20
REFERENSER.....	21

Sammanfattning

Denna rapport sammanfattar projektet Verklighetslabb digital järnväg (VDJ). Projektets mål är att öppna Trafikverkets kärnverksamhet inom järnväg för utveckling och demonstration av digitala informationslösningar som testas av utförare och slutanvändare. Projektet är huvudsakligen finansierat av Vinnova och Trafikverket.

Genomförandet sker inom ramen för Trafikverkets huvudprocess "Forska och ta fram innovation" och i enlighet med Trafikverkets projektmodell. Projektet genomförs i nära samverkan med projektet ePilot vid Järnvägstekniskt centrum (JVTC). En huvudsaklig projektstrategi är att hantera prioriterade intressentbehov genom olika initiativ för att öka Trafikverkets förmåga att bidra till projektmålet.

Resultaten från projektet kan sammanfattas i regelverk, organisation, roller och teknik som bidrar till Trafikverkets förmåga att uppnå projektmålen. Exempel på resultat är arbetssätt och verktyg för upprättande och aktiv förvaltning av ett mer dynamiskt regelverk som tydliggör behov av innovation samt konkretisering av den digitala teknikens tillämpning för att stärka branschens förmåga. Även fysisk och digital anläggning samt it-lösningar för branschsamverkan i genomförandet av utvecklings- och demonstrationsprojekt har etablerats. Projektet har också tagit fram förslag på avtal avseende informationshantering mellan Trafikverket och externa parter.

Den framtida organisationen för VDJ kommer huvudsakligen att baseras på informella och formella kompetensnätverk, både inom Trafikverket och externt. Arbetssättet baseras på existerande processer relaterade till forskning och innovation, provverksamhet samt utveckling av system och komponenter. För att möjliggöra en löpande verksamhet inom VDJ vid Trafikverket så bör följande delar etableras:

- En plattform för att ta emot, lagra, analysera och tillhandahålla stora mängder branschinformation. Denna plattform bör kunna användas under skedena utveckling, test och löpande verksamhet.
- Standardiserade avtal med operatörer och systemleverantörer avseende hantering av anläggningsrelaterad information. Detta för att stötta demonstration, test och tillämpning av fordonsbaserade lösningar för övervakning av anläggningen.
- Anpassning av underhållskontrakt för att stötta utveckling och demonstration på stråknivå. Detta som ett komplement till dagens möjlighet för forsknings- och innovationsprojekt att använda ÄTA (ändring, tillägg och avgående arbeten) i underhållskontrakten.
- Vidareutveckling av implementerade arbetssätt och verktyg för att identifiera funktioner att tillståndsövervaka så att de även uppfyller krav avseende trafiksäkerhet inom järnväg. Detta för att stötta en mer aktiv förvaltning av dynamiska underhållsprogram och strategier samt identifieringen av behovsbaserade lösningar för övervakning av anläggningen.

Nyckelord: Verklighetslabb, digitalisering, järnväg, verksamhetsutveckling, forskning, förbättring, samverkan.

1. Inledning

Regeringen lanserade under 2016 satsningen "Testbädd Sverige" för att skapa miljöer där idéer och prototyper kan testas och utvecklas i syfte att stärka förutsättningarna för att bedriva en globalt konkurrenskraftig och kvalificerad verksamhet från Sverige. Regeringen anser att störst utvecklingsbehov liksom störst potential finns inom kategorin verkliga miljöer som utvecklas och drivs tillsammans med behovsägare, med verklighetsnära förutsättningar. Testbäddar i verkliga miljöer är även ett område där Sverige, med sin välfungerande offentliga sektor och många utvecklade systemlösningar, har bäst förutsättningar att skapa något unikt. I denna typ av miljöer ges goda möjligheter att testa och utveckla tjänster och produkter samt regelverk, organisationsformer och policyer. Vinnovas utlysning "Verklighetslabb inom offentlig verksamhet" ingår i denna ambition. (Vinnova, 2017)

Syftet med Vinnovas utlysning är att underlätta för offentligt finansierade aktörer att öppna upp sin kärnverksamhet för experimentellt innovationsarbete i samverkan med näringsliv, akademi och idéburen sektor i verkliga förhållanden. Detta bidrar till att lösningar som utformas i högre utsträckning svarar mot verkliga behov, blir billigare att utveckla och snabbare kommer till användning. Det utmanar och synliggör också brister i gällande policyer och skapar förutsättningar för bättre policyutveckling. På längre sikt möjliggörs en bättre och snabbare förmåga att anpassa sin verksamhet till (Vinnova, 2017):

- förändrade förutsättningar
- specifika målgrupper och
- ökad individanpassning av välfärdstjänster.

Ett experimentellt närmare samarbete mellan offentliga aktörer, näringsliv, akademi och idéburen sektor skapar ökad efterfrågan på lösningar med utgångspunkt från verkliga behov. Detta ökar konkurrenskraften för svenska företag, ökar forskningens relevans för samhällsutmaningar och effektiviserar engagemanget från idéburen sektor. (Vinnova, 2017)

Sammantaget stöttar satsningen på lång sikt ett samhälle som bättre och effektivare svarar mot invånarnas behov och förväntningar samt ett mer attraktivt klimat för svenska och internationella entreprenörer, investerare och innovatörer. (Vinnova, 2017)

Med "verklighetslabb" avser Vinnova en utveckling av en offentlig verksamhet som möjliggör test och demonstration av nya lösningar i kärnverksamheten. I likhet med vanliga labb så har verklighetslabb utrustning, anläggning, organisation, processer och metoder för att utföra begränsade riskhanterade experiment. Till skillnad mot vanliga labb så är verklighetslabb integrerade med kärnverksamheten. Det innebär att lokaler, utrustning, medarbetare och kunder ingår i test och demonstration samtidigt som den ordinarie kärnverksamheten pågår. (Vinnova, 2017)

Målet med Trafikverkets projekt "Verklighetslabb digital järnväg" (VDJ) är att öppna Trafikverkets kärnverksamhet inom järnväg för utveckling och demonstration av digitala informationslösningar som testas av utförare och slutanvändare. Detta omfattar bl.a. (Trafikverket, 2017a):

- Förmåga, organisation samt digital och fysisk anläggning för att i samverkan med andra genomföra snabba, mindre tester i skarp järnvägsdrift, lära av dessa och genomföra ytterligare korrigerade tester.
- Etablerade processer och rutiner väl integrerade med regelverk och avtal för att stötta samverkan mellan primära intressenter och därmed korta ledtider från idé till tillämpning.

Förväntade effekter och resultat från projektet "Verklighetslabb digital järnväg" är (Trafikverket, 2017a):

- En mer samhällsekonomiskt hållbar och digitaliserad järnvägstrafik.
- Förbättrad jämställdhet inom järnväg med en ökad integrering med it-branschen.
- Förbättrat kapacitetsutnyttjande och punktlighet samt effektivare och mer samordnad och tillståndsbaserad drift och underhåll av järnvägssystemet baserat på informationslogistiklösningar.
- Anpassade regelverk, avtal, kontrakt och affärsmodeller till ökad digitalisering inom järnväg.
- Internationellt uppmärksammat och efterfrågad test- och demonstratorverksamhet inom digital järnväg.

2. Metod och material

Projektet genomförs i enligt med Trafikverkets projektmodell XLPM och huvudprocessen "Forska och ta fram innovation".

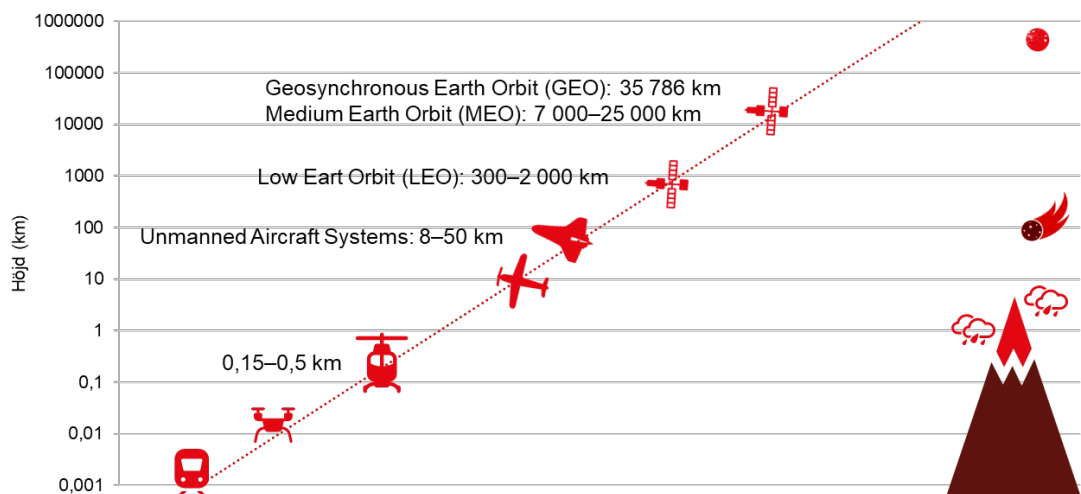
För att utveckla Trafikverkets förmåga inom den verksamhet som VDJ omfattar så har ett antal behov hanterats inom projektet. Dessa behov har initierats utifrån interna och externa intressenter samt bedömts bidra till projektets mål av projekt- och styrgrupp.

De områden som huvudsakligen omfattas inom ramen för VDJ är hantering av data relaterad till övervakning av anläggningen via fordonsbaserade eller integrerade lösningar samt anläggningsbaserad övervakning av fordon som kan påverka anläggningen. Övervakning av fordon som är baserad på lösningar integrerade i själva fordonet ingår inte direkt i VDJ:s verksamhet eftersom det ligger utanför Trafikverkets ansvar. I de fall som information från integrerad övervakning av fordon används för att bedöma anläggningens tillstånd så har dock initiativ stöttats av VDJ (t.ex. Vinnova, 2019; Melander, 2019; Enpire, 2019). Se Figur 1 för exempel på placering av system för övervakning av infrastruktur

respektive fordon inom järnväg. Se Figur 2 för olika typer av fordon som kan användas för inhämtning av tillståndsdata om anläggningen.



Figur 1. Exempel på principiell placering av system för övervakning av infrastruktur respektive fordon inom järnväg. Inom VDJ har alla placeringar tillämpats, där integrerad övervakning av fordon endast inkluderas i de fall informationen används för att bedöma infrastrukturens tillstånd.

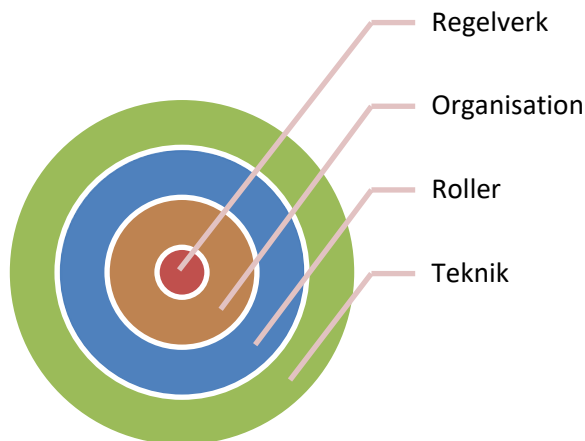


Figur 2. Exempel på fordon för insamling av tillståndsinformation om anläggningen. Inom VDJ har data samlats in via bl.a. järnvägsfordon, drönare, helikopter och satellit.

För att exponera VDJ för relevanta behov som initierats av dess intressenter så har kommunikationsinsatser varit en viktig del i projektet. Detta för att skapa en medvetenhet

3. Resultat och leveranser

Resultatet från VDJ kan beskrivas utifrån leveranser inom de fyra områdena: regelverk; organisation; roller; och teknik (se Figur 4).



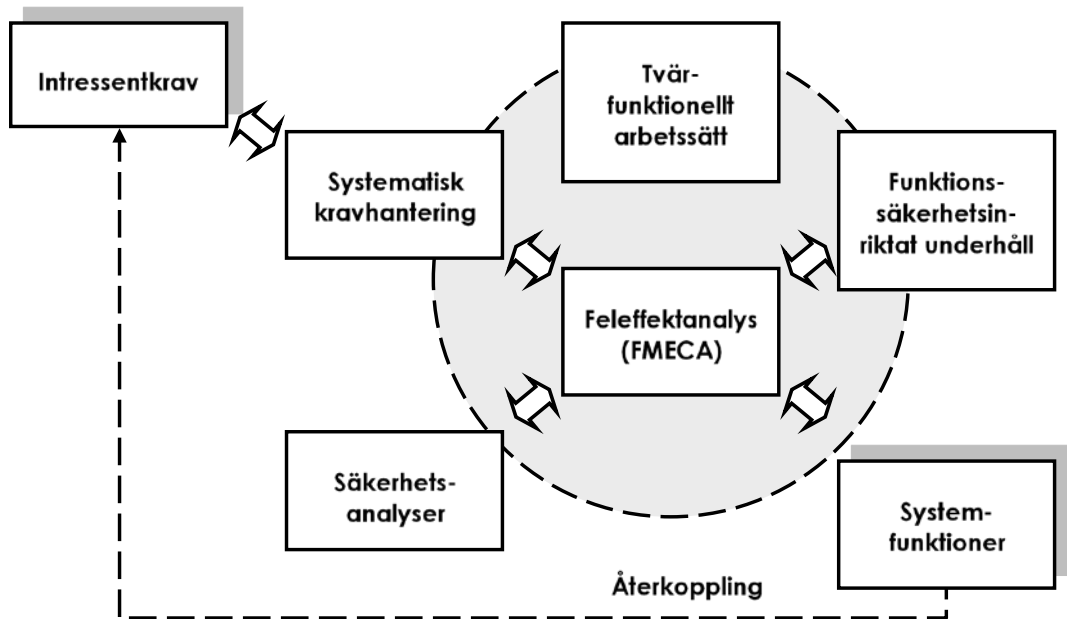
Figur 4. Uppdelning av leveranser från VDJ i de fyra komponenterna regelverk, organisation, roller och teknik.

3.1. Regelverk

Projektet har resulterat i följande delar relaterat till regelverk som implementerats i olika utsträckning. Hur de olika delarna är relaterade till varandra på en övergripande nivå illustreras i Figur 5.

- Arbetsätt och verktyg för genomförande av feleffektsanalys (Failure, Modes, Effects & Criticality Analysis, FMECA). Mall för genomförande av FMECA har implementerats i stödprocessen "Hantera system- och komponentutveckling". Upprättad handledning finns som stöd (Lundkvist & Söderholm, 2018a). Se Trafikverket (2018a), Lundkvist (2018a) och Granström (2019a).
- Förslag på handledning för utökning av FMECA för upprättande av analys för funktionssäkerhetsinriktat underhåll (Reliability Centred Maintenance, RCM) finns framtaget. Se Lundkvist & Söderholm (2018b).
- Arbetsätt och verktyg för tillämpning av statistisk försöksplanering (Design of Experiment, DoE). Handledning och mall finns överlämnad till stödprocess för fortsatt förvaltning. Se Trafikverket (2018b), Granström (2019a), Lundkvist (2018b, 2018c) och Lundkvist & Söderholm (2018c).
- Exempel på informationsdelningsavtal mellan Trafikverket och operatör avseende hantering av data från fordon. (Trafikverket, 2017b)

- Exempel på avtal (Non-Disclosure Agreement, NDA) med systemleverantör avseende hantering av tillståndsinformation om anläggningen insamlad via fordon i reguljär trafik. (Trafikverket, 2017b)
- Exempel på kravspecifikation för upphandling av analytiska tjänster utifrån en demonstration på integrering av heterogena datakällor vid förvaltning av spårväxlar på strategisk, taktisk och operativ nivå. (Nilsson, 2019)
- Ett antal FUD-avtal (Forskning, Utveckling & Demonstration) med externa parter för att tillhandahålla information från Trafikverkets system i syfte att utveckla informationstjänster om anläggningens tillstånd. (Trafikverket, 2017b)
- Demonstration av anpassat baskontrakt inom järnvägsunderhåll för att stötta utveckling och demonstration i anläggningen.
- Utveckling och tillämpning av samverkansavtal för genomförande av forsknings- och utvecklingsprojekt avseende digitaliserad järnväg inom ramen för Trafikverkets prioriterade forskningscentrum. (LTU, 2017)
- Utveckling och tillämpning av styrande och stödjande dokument för genomförande och styrning av samverkansprojekt inom järnvägsbranschen vid forskningscentrum prioriterat av Trafikverket. (LTU, 2017)
- Förslag på utformning och etablering av nya informationstjänster (proaktiva trendlarm istället för traditionella säkerhetsrelaterade direktlarm) kopplade till detektorer för övervakning av järnvägsfordon, bl.a. baserat på Trafikverkets och operatörernas behov. (Eriksson & Eriksson, 2019; Sammeli, 2019)
- Informationssäkerhetsanalyser avseende tillämpningsfallen provplats för mätning av hjulgeometri samt infraröd mätning av växelvärmefunktionen har genomförts. Analyserna återfinns i sex upprättade dokument för vardera tillämpningen (Trafikverket, 2018c-n): sammanfattning; omvärlds- och informationsanalys; verksamhetens kravanalys och riskidentifiering; handlingsplan; underlag för kontinuitetsplanering; samt status krav enligt informationssäkerhetsregelverket.

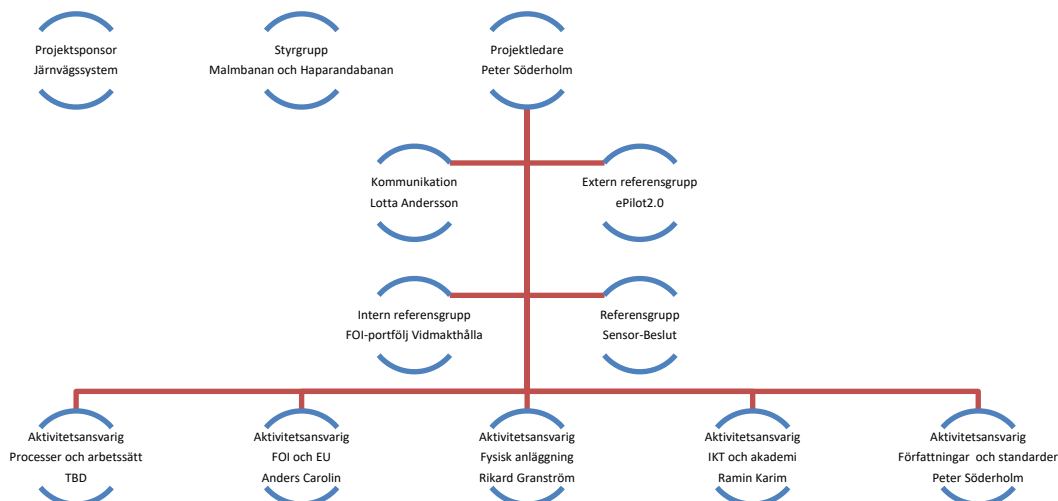


Figur 5. FMECA (feleffektanalys) som ett centralt arbetssätt vid förvaltning av regelverk avseende hantering av tillståndsinformation genom sammankoppling av krav och funktioner, men även som underlag i relaterade analyser inom säkerhet (både "safety" och "security") och driftsäkerhet (t.ex. funktions-säkerhetsinriktat underhåll, RCM) samt planering och genomförande av statistiskt baserade experiment i anläggningen. Inspirerad av Söderholm (2005).

3.2. Organisation och roller

Organisation och roller för VDJ baseras huvudsakligen på Trafikverkets ordinarie organisation med några tillägg. Den huvudsakliga inriktningen är att låta projektorganisationen för VDJ (se Trafikverket, 2017a) övergå till löpande verksamhet. Se Figur 6.

Projektets styrgrupp representeras av chefer i linjen med ansvar för kärnverksamheten (trafikledning och underhåll) inom det geografiska området där Malmbanan och Haparandabanan ingår. Utöver detta ingår roller ansvariga för digitalisering inom Trafikverket. På detta sätt stöttas genomförandet av åtgärder i anläggningen samtidigt som strategiska digitaliseringsinitiativ beaktas. Efter projektavslut övergår styrgruppen till ett informellt styrenätverk där ansvarig linjeförman vid behov tar beslut om utveckling och demonstration med stöd av övriga. Huvudsakligen kommer uppgiften att vara kopplad till fysisk anläggning inom ramen för Testbädd järnväg och upprättandet av provplatser.



Figur 6. Projektorganisation för VDJ som efter projektavslut förväntas övergå till ett antal informella nätverk.

Projektgruppen representeras huvudsakligen av personer som deltar i forskning och verksamhetsutveckling på Europeisk och nationell nivå, både vid Trafikverket och vid kompetenscentrum som Trafikverket prioriterar avseende digitaliserat järnvägsunderhåll. Projektgruppen förväntas övergå till ett informellt kompetensnätverk där projektledaren som framtida förvaltare av VDJ genom sitt deltagande i utvecklingsstyrningen vid verksamhetsområde Underhåll är sammankallande. Aktiviteter inom VDJ som drivs i form av verksamhetsutvecklings- eller forskningsprojekt hanteras inom ramen för huvudprocessen "Forska och ta fram innovation" av resurser vid utvecklingsstyrningen inom verksamhetsområde Underhåll.

Förutom förvaltare bör en administrativ resurs stötta verksamheten. Eftersom VDJ:s verksamhet till stor del är riktad mot intressenter utanför Trafikverket så är det viktigt att upprättad kommunikationsplan även förvaltas efter projektslut. Därför måste även resurser från kommunikation involveras. Exempel på aktiviteter och resultat baserat på kommunikationsplanen (Andersson, 2019a) för VDJ är:

- Presentation på Trafikverkets regionala leverantörsdagar 2018 (Söderholm, 2018b)
- Inslag i Trafikverkets "Järnvägspodden" 2017, 2018 och 2019 (Söderholm, 2017, 2018a, 2019a)
- Deltagande på mässan "Nordic Rail" 2017 och 2019 (Söderholm, 2019b)
- Artiklar på Trafikverkets webbplats (Andersson, 2018a-c, 2019c-e)
- Presentation på ePilots resultatkonferenser 2017, 2018 och 2019
- Presentationer på konferensen "IHHA 2019" (Granström, 2019b; Jägare et al., 2019)

- Presentationer på konferensen "eMaintenance 2019" (Granström et al., 2019; Söderholm, 2019c)
- Presentationer på konferensen "International Congress and Workshop on Industrial AI 2020" (Granström et al., 2020; Söderholm et al., 2020)
- Presentation på "Trafikverkets forsknings och innovationsdag 2018" med fokus på underhåll (Söderholm, 2018c)
- Andra media t.ex. "Branschaktuellt" (2017), "NSD" (2017) och "Nordic Infracenter" (2018).

Pressmeddelande om VDJ skickades ut vid start (Trafikverket, 2017d). Webbsida har etablerats under FOI-sidorna på Trafikverkets webbplats där spridning av information om och kring VDJ i sin helhet, men också i sina delar har publicerats (Trafikverket, 2019a). Artiklar har även publicerats för Trafikverket internt, både på Intranätet samt Trafikverkets interna tidning "iTrafik" (Trafikverket, 2017c). På ePilots webbplats vid Luleå tekniska universitet (LTU) har information om VDJ spridits till andra aktörer som järnvägsföretag, entreprenörer, akademi, konsulter m.fl. VDJ har även medverkat i Trafikverket nyhetsbrev, "Paketerat" (Trafikverket, 2018o), om gods och infrastruktur som riktar sig till säljare och köpare av godstransporter samt beslutsfattare på företag och i kommuner.

För att sprida kännedom om intressanta och spännande jobb inom Trafikverkets underhållsområde, där VDJ utgör en väsentlig del, till framför allt yngre kvinnor håller projektet på att ta fram en kortare film som ska spridas i sociala kanaler och som kan nyttjas på mässor etcetera och i möte med målgruppen. Filmen kommer att bli en del av, och ett komplement till, de filmer och kommunikationsmaterial som Trafikverket samlat inom ramen för programmet och kampanjen "På väg till jobbet". Se Trafikverket (2019g).

Extern referensgrupp består primärt av styrgrupp för projektet ePilot samt medlemmar i Järnvägstekniskt centrum (JVTC). ePilot kommer framöver att fokusera på att bli en innovationsmotor och tillhandahålla en branschgemensam plattform (eMaintenance LAB) för att samla in, lagra, bearbeta och tillhandahålla data från branschens aktörer. På detta sätt bereds relevanta utvecklings- och forskningsprojekt gemensamt av branschen inom ePilot som sedan adresseras till Trafikverkets FOI-portföljer. Beviljade projekt kan sedan använda eMaintenance LAB i sitt genomförande, medan den övergripande projektstyrningen hanteras av Trafikverket. På detta sätt bidrar ePilot till en extern beredning och bedömning av relevans avseende projektförslag.

Delar av Trafikverkets formella kompetensnätverk för övervakning av anläggning fungerar också som en berednings- och referensgrupp. Kompetensnätverket har till uppgift att fokusera på och samverka kring aktuella frågor för övervakning av anläggning, gemensamma för väg, järnväg och IT. Syftet med kompetensnätverket är att verka för ökad kompetens inom teknik, metodik och arbetssätt för framtidens övervakning av Trafikverkets anläggningar. Det utgör en arena för erfarenhetsutbyte och presentationer av såväl interna

som externa initiativ. Kompetensnätverket bidrar således till en Trafikverksintern beredning och bedömning av relevans avseende projektförslag.

Intern referensgrupp för verksamhets- eller forskningsprojekt består på övergripande nivå huvudsakligen av styrgrupp för forskningsportfölj Vidmakthålla, vilket gör att aktiviteter som utformas som verksamhetsutvecklings- eller forskningsprojekt förankras i verksamheten. I de fall som forskningsprojekt bedrivs inom ramen för andra forskningsportföljer så utgör respektive styrgrupp projektens interna referensgrupp på övergripande nivå.

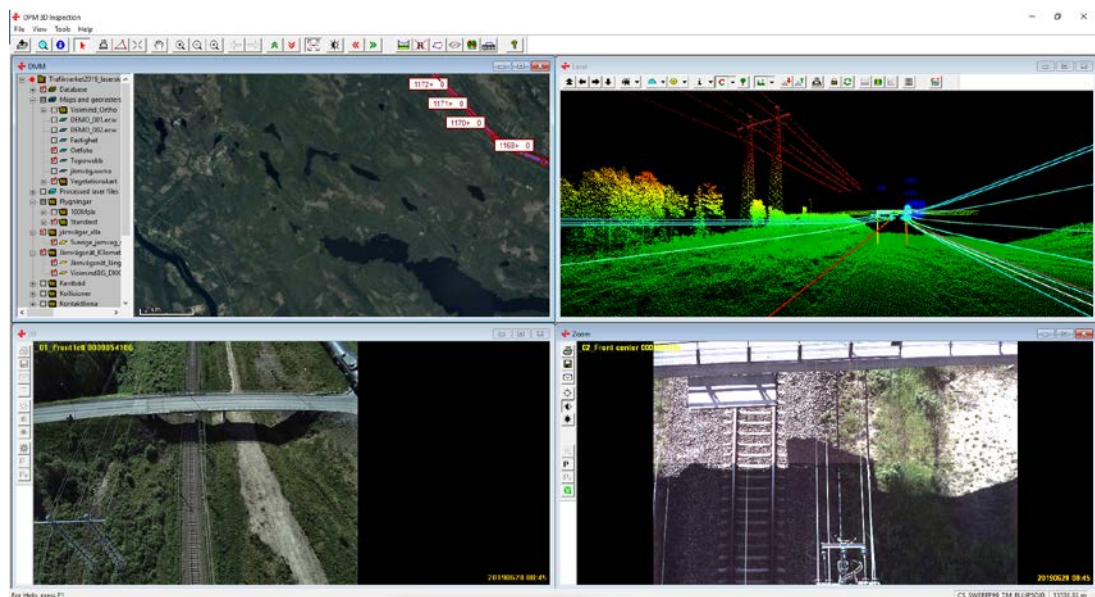
3.3. Teknik

Det finns ett antal tekniska lösningar som erbjuds och som stöttar verksamheten eller erbjuds som tjänster inom ramen för VDJ:

- Sida på Trafikverkets webbplats under "Forskning och innovation" med inledande information och kontaktuppgifter. (Trafikverket, 2019a).
- "Min sida" på Trafikverkets webbplats (Trafikverket, 2019b), som med upprättade avtal ger tillgång till:
 - Projektportal för administration av samverkansprojekt inom branschen. (Trafikverket, 2019c)
 - Externt arbetsrum för delning av data mellan deltagare i samverkansprojekt inom branschen. (Trafikverket, 2019d)
 - System med data från Trafikverkets verksamhet (Trafikverket, 2019e), bl.a. DPM 3.50 med "Sky View" som del av upprättad digital tvilling av Malmbanan (Figur 7).
- Fysisk anläggning i form av Malmbanan och Haparandabanan, Trafikcentral i Boden samt provplatser i Sävast, Sunderbyn och Niemisel (Trafikverket, 2017a). Även möjlighet att koppla upp sig till 157 stycken noder med ström och kommunikation via befintlig fjärrövervakning av växelvärmes (Granström, 2019a). Se även Figur 3.
- Laboratorium vid LTU, primärt eMaintenance LAB med möjlighet att ta emot, lagra, analysera samt tillhandahålla stora datamängder. (LTU, 2019)
- Anpassning av besiktningsystemet Bessy för registrering av test- och demonstratordata insamlade i anläggningen. (Granström, 2019a)
- Publicering av projektresultat via Trafikverkets (t.ex. FUDInfo och diariet) eller Luleå tekniska universitets webbplatser.
- Digital tvilling av järnvägsanläggningen. Två delar som upprättats är "Rail view" och "Sky view". Dessa delar baseras på data i form av bilder och laserspunktmoln insamlad via rälsbundet fordon och helikopter (Figur 7). Demonstrator av förstärkt

verklighet (Augmented Reality, AR) för underhållssyfte baserat på "Sky view" har även tagits fram under namnet "Maintenance Go" (cf. "Pokémon Go"), se Granström (2019c). Även fler delar av en digital tvilling har upprättats i samverkan med det europeiska programmet Shift2Rail, se t.ex. In2Track (2019a).

- Plattform för mottagning, lagring, analys och leverans av järnvägsrelaterad data. Under projektiden har två olika plattformar tillämpats i olika utsträckning. En plattform är eMaintenance LAB vid Luleå tekniska universitet som kan användas för att hantera data från flera olika aktörer inom järnvägsbranschen (LTU, 2019). En annan plattform är pilotSmartFlow som etablerats inom ramen för projektet "Strategi och grund för övervakning av anläggningen" och primärt används för att kombinera olika typer av data som Trafikverket ansvarar för (Trafikverket, 2019f).



Figur 7. Exempel på gränssnitt till digital tvilling av Malmbanan baserat på "Sky view". Övre vänstra hörnet – ortfoto med bansträckning och km-angivelse, övre högra hörnet – laserpunktmoln med bl.a. digitaliserat kontakledningssystem, nedre vänstra hörnet – översiktsfoto, nedre högra hörnet – detaljerat foto.

4. Diskussion och slutsatser

Verklighetslabb digital järnväg erbjuder ett antal tjänster. Den första tjänsten som en extern intressent stöter på är en samlad ingång till Trafikverket avseende övervakning av järnvägssystemet. Denna ingång har även blivit kallad för "den gröna dörren". I dagsläget motsvaras dörren av en sida på Trafikverkets webbplats, där kontaktuppgifter finns till dörrens förvaltare som i detta steg har rollen som portvakt.

När dörren väl är öppnad erbjuds vägledning och förvaltaren intar rollen som vägvisare. Beroende på behov så finns det ett antal möjliga lösningar som kan erbjudas.

- Behovet är ej relaterat till Trafikverkets uppdrag, varmed detta meddelas till intressenten.
- Behovet bedöms ej vara relaterat till övervakning av järnvägssystemet, men är i linje med Trafikverkets uppdrag. I detta fall hänvisas till alternativ kontakt inom Trafikverket.
- Behovet kan lösas med hjälp av öppen data. I detta fall hänvisas till "Lastkajen" på Trafikverkets webbplats.
- Behovet kan mötas med tillgång till system vid Trafikverket som kräver behörighet. I detta fall kan VDJ hjälpa till med att upprätta avtal och skapa behörighet.
- Behovet kräver en arbetsinsats som finansieras och är inom ramen för Trafikverkets uppdrag. I detta fall är bland annat följande möjligheter tillgängliga:
 - Projektbidrag (ideell förening). Trafikverket delar ut projektbidrag till ideella organisationer. Projektbidraget lämnas till projekt som syftar till att de transportpolitiska målen om tillgänglighet, säkerhet, miljö och hälsa nås. Projekten kan genomföras på lokal, regional eller nationell nivå.
 - Examensarbeten och sommarjobb. Trafikverket har möjlighet att erbjuda studenter examensarbete och sommarjobb. Studenterna får möjlighet att lära känna organisationen och att genomföra kvalificerade arbeten inom en rad områden. Studentarbetet kan även bedrivas i samverkan med någon extern organisation. Inom ramen för VDJ har ett examensarbete och tre sommarjobb genomförts, se Josefsson (2017), Wahlstedt & Nilsson (2018), Markgren (2018) och Strömbom (2019).
 - Projekt vid något av Trafikverkets tre prioriterade forskningscentrum inom järnväg eller två branschprogram. Inom VDJ har fokus varit på samverkan med projektet ePilot som drivs av Järnvägstekniskt centrum (JVTC) vid Luleå tekniska universitet (LTU) på uppdrag av Trafikverket. Anledningen är att förutom den regionala kopplingen till utpekade stråk, så finns förmågan att arbeta i forskningsinriktade samverkansprojekt inom digitalisering, t.ex. via eMaintenance LAB. Exempel på samverkansprojekt med ePilot som även har involverat andra delar av Trafikverket och branschen har spänt över modeller för samverkan, innovation,

implementering, avtal och affärsmodeller (Juntti et al., 2019a), implementering av digital samverkan (Kratz et al., 2019), tillämpning av fordonsbaserad övervakning av anläggningen (Juntti et al., 2019b), juridik för datadelning (Juntti & Jägare, 2019) samt implementering av en nationell mätstation (Juntti et al., 2018). Även framtida inriktning på forskning inom området vid JVTC finns beskrivet i en omvärldsanalys (JVTC, 2019) som kan ses som ett komplement till VDJ:s verksamhet vid Trafikverket.

- Forskning och innovation. Trafikverket upphandlar forskning och innovation enligt sitt uppdrag inom transportområdet.
- Verksamhetsutveckling inom Trafikverket. Verksamhetsutveckling görs i nära anslutning till den löpande verksamheten. Verksamhetsutveckling kan utgöra steget efter forskning och innovation, nämligen att anpassa och nyttiggöra resultatet för den egna verksamheten.
- Ständig förbättring inom Trafikverket. Ständiga förbättringar är kontinuerliga och stegvisa, ofta mindre, förbättringar av befintliga processer och arbetssätt. De kan utgöra steget efter verksamhetsutveckling, nämligen implementering.

För bidrag, studentarbeten, forskning och innovation, verksamhetsutveckling samt ständiga förbättringar finns etablerade processer med stöttande arbetssätt och verktyg som tillämpas.

Avseende forskning, innovation eller verksamhetsutveckling så tillämpas arbetssätt inom utvecklingsstyrning vid verksamhetsområde Underhåll eller arbetssätt i samverkan med projektet ePilot. I båda fall tillämpas Trafikverkets projektmodell XLPM med ett antal standardiserade beslutspunkter och upprättade dokument från projektidé till slutrapport. Vilket av alternativen som väljs beror på förutsättningarna för projektet. Inom ePilot så måste projektet t.ex. omfatta minst tre projektparter och det finns krav på medfinansiering. Även i de fall som data från flera aktörer i branschen ska kombineras så har ePilot tillämpats då den funktionaliteten inte har funnits fullt ut inom Trafikverket. Dock har VDJ under projekttiden även haft viss tillgång till plattformen pilotSmartFlow för att ta emot, lagra, analysera och leverera stora mängder data. Denna plattform har upprättats inom ramen för projektet "Strategi och grund för övervakning av anläggningen".

I de fall som forsknings och innovationsprojektet bedrivs i samverkan med branschen, men inte inom ramen för ePilot, så erbjuder VDJ en projektportal för projektadministration. Även ett externt arbetsrum erbjuds för att dela data mellan projektparter. Åtkomst till dessa båda tjänster kräver avtal och behörighet som ger tillgång via "Min sida" på Trafikverkets webbplats. Motsvarande funktionalitet finns även externt vid ePilot och förvaltas av JVTC.

Det finns även exempel på samverkan med branschen som bedrivits utifrån upprättade avtal utanför projektverksamhet, t.ex. med operatör och systemleverantör för att utvärdera teknik för övervakning av anläggningen. I de fall som initiativen varit relaterade till VDJ:s

verksamhet så har labbet bidragit med samordning av nödvändiga resurser för upprättande av avtal, tillhandahållande av data eller utvärdering. Under projektiden så har huvudsakligt involverade aktörer varit organisationer som tar fram informationslösningar riktade mot andra organisationer, ofta tillhandahållna via någon typ av portal, se t.ex. Jones (2019a, 2019b), Perpetuum (2019), D-Rail (2019) och Enpire (2019). En anledning till detta är att Trafikverkets leverantörer och kunder på järnvägssidan är organisationer där relationen regleras med avtal och inte individer. Det finns även exempel på operatörer som kontaktat VDJ för vägledning avseende utformning av informationstjänster till resenärer eller upprättande av provplatser för utvärdering av mätsystem för kontroll av fordon där resurser och förmågor vid Trafikverket har identifierats och involverats.

Om behovet kräver en fysisk provplats i anläggningen så erbjuds även denna funktionalitet i viss utsträckning. Den anläggning som huvudsakligen omfattas är Malmbanan (inklusive mätplatser i Sävest och Sunderbyn) samt Haparandabanan (inklusive mätplats i Niemisel). Utefter stråken finns även möjlighet att koppla upp sig i anslutning till fjärrövervakning av växelvärmesystem, som ger både ström och kommunikationsmöjligheter. I samtliga fall erbjuder processen "Provverksamhet underhåll" arbetssätt och verktyg som kan anpassas efter syftet, t.ex. tekniskt godkänt materiel eller forskning och innovation.

Det finns ett antal kritiska förmågor som bör säkerställas för att VDJ ska vara fortsatt framgångsrikt efter övergång från projekt till förvaltning.

- Samtliga underhållskontrakt järnväg som berör underhållsdistrikt Nord bör utformas på liknande sätt som baskontrakt underhåll järnväg. Detta för att stötta möjlighet att genomföra experiment och test i anläggningen. Övriga elva typer av underhållskontrakt som berör distriktet (och alla övriga underhållsdistrikt) förutom baskontraktet är: kemisk vegetationsbekämpning linje, kemisk vegetationsbekämpning driftplatser, detektorer, trafikantinformation, OFP-mätningar (oförstörande provning), fräsning av räler, slipning linje, slipning av spårväxlar, periodisk mätning (mätvagnar), trädssäkring och röjning samt FOMUL-mätning (Fast Objekt Mellan Undersökningssektions- och Lastprofilens begränsningslinjer, dvs. de fasta objekt i närhet av spår som mäts in). Baskontraktet samt de två kontrakt för kemisk vegetationsbekämpning är upprättade för respektive distrikt, kontraktet för detektorer och trafikantinformation är gemensamt för underhållsdistrikt Nord och Mitt medan övriga underhållskontrakt är nationella och behöver anpassas på nationell nivå. Således delar underhållsdistrikt Nord och Mitt samma förutsättningar utifrån kontraktssammansättning, medan övriga underhållsdistrikt har något andra förutsättningar i och med att de har separata kontrakt för trafikantinformation, men har ett gemensamt detektorkontrakt. Även om de olika typerna av underhållskontrakten inte anpassas så är det möjligt att använda dem för provverksamhet, t.ex. genom att köpa behov från FOI-projekt. Dock så är det två beslut som måste fattas. För varje specifikt fall så måste man avgöra om behovet ifråga är möjligt att ta som en ÄTA (ändring, tillägg och avgående arbete) i det tilltänkta kontraktet. Från FOI-projektets sida beror det på hur avtalet ser ut. Om FOI-avtalets utformning gör att det blir fråga om en direktupphandling så måste denna motiveras och godkännas via en motivbilaga för direktupphandling. Se Laine (2019).
- Det bör upprättas standardiserade informationsdelningsavtal med operatörer och systemleverantörer. Projektet har levererat förslag som kan användas som en

utgångspunkt. Detta för att stötta hanteringen av fordonsbaserade lösningar för övervakningen av anläggningen.

- En plattform för mottagande, lagring, analys och tillhandahållande av stora datamängder måste etableras för att stötta en ökad digitalisering (Fredriksson et al., 2019). Denna plattform bör kunna användas under utveckling, test och löpande verksamhet. Under projekttiden så har eMaintenance LAB tillämpats externt och pilotSmartFlow internt Trafikverket. Det finns initiativ inom området vid Trafikverket, men det är oklart hur länge det dröjer innan dessa resulterar i användbara lösningar för VDJ:s verksamhet (se Söderholm, 2019d).
- Utvecklad FMECA bör kompletteras för att stötta en mer fullständig RCM-analys i enlighet med standard "Ledning av tillförlitlighet - Del 3-11: Riktlinjer för funktions säkerhetsinriktat underhåll" (SS-EN 60300-3-11:2010) för att möjliggöra upprättande av effektiva, ändamålsenliga och dynamiska underhållsprogram för olika delsystem i anläggningen. Dessa utgör i sin tur grunden för att bedöma nyttan av ny digital övervakning. I de fall som övervakade funktioner är kritiska ur ett trafiksäkerhetsperspektiv så måste arbetssättet även kompletteras med en formell riskanalys, t.ex. barriäranalys i enlighet med beskrivning av Söderholm & Nilsen (2017) för att uppfylla krav enligt gemensam säkerhetsmetod (EU, 2015). Kravställning på system för övervakning bör baseras på upprättad FMECA med komplement från standarden "Underhållsmässighet - Del 5: Provarhet och diagnostisk provning" (SS-EN 60706-5:2009), t.ex. krav avseende oupptäckta fel och falska larm (se, t.ex. Söderholm, 2005).

Projektet Verklighetslab digital järnväg kan också värderas utifrån den långsiktiga effekt som Vinnova avser uppnå genom att uppfylla programmets resultatmål. Dessa är en svensk offentlig verksamhet som (Vinnova, 2017):

- är internationellt känd för sin förmåga till experimentell utveckling med externa aktörer
- har snabb anpassningsförmåga till förändrade krav och möjligheter i sin omvärld samt till olika segment och individer samt
- erbjuder öppna miljöer som leder till att fler företag, entreprenörer och forskare väljer att förlägga sin verksamhet och produktion i Sverige vilket stärker den svenska globala konkurrenskraften.

Vad gäller internationellt känd förmåga kan Verklighetslab digital järnväg ta tillvara det goda rykte som etablerats sedan tidigare i regionen. Detta är till stor del tack vara den utvecklings- och FOI-verksamhet som bedrivits i relation till Malmbanan, vid Luleå tekniska universitet (primärt Järnvägstekniskt centrum och eMaintenance LAB) samt EU-program som Shift2Rail. Detta arbete har ytterligare fördjupats och utvecklats under projekttiden. Exempel på samverkansaktiviteter på Europeisk nivå är digitalisering av broar, system för övervakning av förbrukad utmattningskonsumtion samt fotografiska metoder för att

övervaka påkänningar i verkliga konstruktioner, se In2Track (2019a). Problematiken med övergångszoner vilket åtgärdats med länkplattor på VDJ:s anläggning finns beskriven i In2Track (2019b). Ytterligare ett exempel är helautomatiserad utrustning för att finna saknade befästningar, vilket uppvisades på slutkonferensen inom projektet In2Smart (2019b).

Vad gäller anpassningsförmåga och öppna miljöer så har verklighetslabbet via konkreta delprojekt bidragit till att bygga upp en förbättrad förmåga. Dock kvarstår ett antal aktiviteter för att förbättra både snabbhet och flexibilitet.

Erkännande

Projektet Verklighetslabb digital järnväg möjliggjordes tack vare finansiering från Vinnova (diarienummer: 2017-02139) och Trafikverket (FUDid: 6538) samt Luleå tekniska universitet.



Referenser

- Andersson, L. (2019a). *Kommunikationsplan Verklighetslabb digital järnväg*.
[https://p.sp.trafikverket.se/sites/PPU-02561/home/Projektstyrningsdokument/K-plan%20VDJ%20\(005\).docx](https://p.sp.trafikverket.se/sites/PPU-02561/home/Projektstyrningsdokument/K-plan%20VDJ%20(005).docx)
- Andersson, L. (2019b). *Verklighetslabb digital järnväg - förbättrar järnvägen*. 2019-02-11.
<https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/forskning-och-innovation/aktuellt-om-forskning-och-innovation2/2019-02/verklighetslabb-digital-jarnvag---forbatttrar-jarnvagen/> (Hämtad 2019-10-23)
- Andersson, L. (2019c). *Växlar kan besiktigas med infraröd kamera*. 2019-01-10.
<https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/forskning-och-innovation/aktuellt-om-forskning-och-innovation2/2019-01/vaxlar-kan-besiktigas-med-infrarod-kamera/> (Hämtad 2019-10-23)
- Andersson, L. (2019d). *Digital tvilling ger järnkoll på anläggningen*. 2019-01-22.
<https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/forskning-och-innovation/aktuellt-om-forskning-och-innovation2/2019-01/digital-tvilling-ger-oss-jarnkoll-pa-anlaggningen/> (Hämtad 2019-10-23)
- Andersson, L. (2018a). *Trafikverket öppnar utvecklingsanläggning för digital järnväg*. 2018-01-08. <https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/forskning-och-innovation/aktuellt-om-forskning-och-innovation2/2018-01/trafikverket-oppnar-utvecklingsanlaggning-for-digital-jarnvag/> (Hämtad 2019-10-23)
- Andersson, L. (2018b). *Sensorer på tågen för proaktivt underhåll*. 2018-10-31.
<https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/forskning-och-innovation/aktuellt-om-forskning-och-innovation2/2018-10/sensorer-pa-tagen-for-proaktivt-underhall/> (Hämtad 2019-10-23)
- Andersson, L. (2019e). *Lindometern ökar tillförlitligheten på järnvägen*. 2019-10-15.
<https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/forskning-och-innovation/aktuellt-om-forskning-och-innovation2/2019-10/lindometern-okar-tillforlitligheten-pa-jarnvagen/> (Hämtad 2019-10-23)
- D-Rail (2019). *D-Rail portal*. Inget datum. <https://portal.d-rail.se/> (Besökt 2019-11-05)
- Enpire (2019). *Enpire Data Analytics Platform*. Inget datum.
<https://bombardier.admin.enpire.io/login> (Besökt 2019-11-05)
- Eriksson, C. & Eriksson, P. (2019). *Lösningssidé WPM-Detektorer – Underlag inför IT-samråd*. Rapport, Trafikverket, Borlänge.

EU (2015). *Commission implementing regulation (EU) 2015/1136 of 13 July amending Implementing Regulation (EU) No 402/2013 on the common safety method for risk evaluation and assessment*. EU, Brussels.

Fredriksson, A., Rendalen, T., & Söderholm, P. (2019). *Mottagande av informationstjänst från leverantör med avseende på data om anläggningens tillstånd – En studie inom Verklighetslabb digital järnväg (VDJ)*. PM, Trafikverket, Borlänge.

Granström, R. (2019a). *Tillförlitlighetsbaserat underhåll inom Trafikverket - Demonstrator med växelvärm*. Rapport, Trafikverket, Luleå.

Granström, R. (2019b). Five Years of Experiences Managing the Maintenance of the Iron Ore Line. In: *International Heavy Haul Association Conference (IHHA 2019)*, 10 – 15 June, 2019, Narvik, Norway.

Granström, R. (2019c). *Rail View, Sky View och Maintenance Go – Tillämpningar inom Trafikverket – Ett projekt inom Verklighetslabb Digital Järnväg*. Rapport, Trafikverket, Luleå.

Granström, R., Söderholm, P., & Lundkvist, P. (2019). Systematic dependability improvements by implementation of new technologies and regulations in railway infrastructure maintenance. In: *Proceedings of the 5th international workshop and congress on eMaintenance*. pp. 43-50. May 14-15, 2019, Stockholm, Sweden.

Granström, R., Söderholm, P., & Eriksson, S. (2020). Rail View, Sky View and Maintenance Go – Digitalisation within Railway Maintenance. In: *International Congress and Workshop on Industrial AI 2020*, 26-28 May, Luleå, Sweden.

In2Track (2019a). *Inspection and Monitoring techniques for tunnels and bridges*. Aleksieva, N. ed., Deliverable D4.1, European project: Research into enhanced tracks, switches and structures, 521 pp.
<https://projects.shift2rail.org/download.aspx?id=e2e528fd-6990-46f7-bda2-b76ab2ffc415>
(Hämtad 2019-11-25)

In2Track (2019b). *Improvement of tunnels and bridges*. Hermosilla, C. ed., Deliverable D4.2, European project: Research into enhanced tracks, switches and structures, 135 pp. available at: <https://projects.shift2rail.org/mwg-internal/de5fs23hu73ds/progress?id=0aKHNMZYxyN4ia9qZFLvxCXL2Vy4yo1ll5rCH58d26A.&dl> (Hämtad 2019-11-25)

In2Smart (2019). *Final event*. 2019-10-10.
<https://projects.shift2rail.org/download.aspx?id=0da0e7cc-d85f-4af9-8b2f-0d60dba9ad4f>
(Hämtad 2019-11-25)

Jones, M. (2019a). *Perpetuum Track Monitoring on the Swedish Rail Network*. Rapport, document number: 01041477. Perpetuum Ltd., England.

Jones, M. (2019b). *Perpetuum Track Health Website User Manual*. User manual, document number: 01040827. Perpetuum Ltd., England.

Josefsson, H. (2017). *Verklighetslabb digital järnväg – Inledande studie*. Rapport, Trafikverket, Luleå.

Juntti, U. & Jägare, V. (2019). *EP219 - Juridik för datadelning*. Projektrapport eP20-219-2018-ImpD, ePilot, Järnvägstekniskt centrum (JVTC), Luleå tekniska universitet, Luleå.

Juntti, U., Jägare, V., & Karim, R. (2018). *EP220 - Implementering av 'Mätstation Sverige' (ImpMSE) - Handlingsplan*. Projektrapport eP20-220-2018-ImpMSE. ePilot, Järnvägstekniskt centrum (JVTC), Luleå tekniska universitet, Luleå.

Juntti, U., Jägare, V., Lindgren, M., Olofsson, B., Johansson, N., & Norrbin, P. (2019a). *EP200 - Modeller för samverkan, innovation, implementering, avtal och affärsmodeller (SIIAA)*. Projektrapport eP200-201-2017, ePilot, Järnvägstekniskt centrum (JVTC), Luleå tekniska universitet, Luleå.

Juntti, U., Söderholm, P., Gustafsson, C., Hamin, C., Westerberg, J., Nilsson, A., & Bång, R. (2019b). *EP214 - Implementering av tillståndsovervakning av infrastruktur*. Projektrapport eP20-214-ImpINFRA. ePilot, Järnvägstekniskt centrum (JVTC), Luleå tekniska universitet, Luleå.

Jägare, V., Karim, R., Larsson-Kräik, P.-O., & Söderholm, P. (2019). Change management in digitalised railway – a case study of Swedish railway digitalisation. In: *International Heavy Haul Association Conference (IHHA 2019)*, 10 – 15 June, 2019, Narvik, Norway.

JVTC (2019). *JVTC research topics towards 2030. Bilaga 1 – Bilaga till JVTC Verksamhetsplan 2019–2021*. JVTC, Luleå.

Kratz, S., Söderholm, P., Sporre, C., Stjernudde, A., Jonsson, B., Björkman, H., Jarl, H., Melander, P., Söderström, P., Karim, R., Bång, R., Lindberg, T., & Jägare, V. (2019). *Implementering av digital samverkan för hjul-räl på sträckan Uppsala-Sundsvall-Umeå*. ePilot, Järnvägstekniskt centrum (JVTC), Luleå tekniska universitet, Luleå.

Laine, J. (2019). *Sammanställning underhållsavtal 2019-10-28*. Excel-dokument, Trafikverket, Luleå.

LTU (2017). *ePilot avtal (Diarienumret LTU 843-2017)*. Luleå tekniska universitet, Luleå.

LTU (2019). *eMaintenance LAB*. 2019-10-21. <https://www.ltu.se/research/subjects/Drift-och-underhall/Laboratorium-och-utrustning/eMaintenance-LAB-1.78754> (Hämtad 2019-11-28)

Lundkvist, P. & Söderholm, P. (2018a). *Handledning FMECA*. Handledning, Trafikverket, Luleå.

Lundkvist, P. & Söderholm, P. (2018b). *Handledning RCM*. Handledning, Trafikverket, Luleå.

Lundkvist, P. & Söderholm, P. (2018c). *Handledning statistisk försöksplanering*. Handledning, Trafikverket, Luleå.

Lundkvist, P. (2018a). *Förslag på nytt TDOK*. Rapport. Licab AB, Luleå.

Lundkvist, P. (2018b). *Stresstest i samband med besiktning av växelvärme - Tillämpning av arbetssätt inom ramen för Verklighetslabb digital järnväg*. Rapport, Licab AB, Luleå.

Lundkvist, P. (2018c). *Nya stresstest i samband med växelvärmeunderhållet - Tillämpning av arbetssätt inom ramen för Verklighetslabb digital järnväg*. Rapport, Trafikverket, Luleå.

Markgren, J. (2018). *Risikanalys ERTMS*. Rapport, Trafikverket, Luleå.

Melander, P. (2019). *Slutrapport till VDJ – Baserad på godkänd slutrapport till Vinnova, m.fl.* . Rapport, Outflight AB, Åkersberga.

Nilsson, A. (2019). *Analytiska tjänster – Slutrapport*. Rapport, eMaintenance 365, Luleå.

Perpetuum (2019). *Perpetuum Track Portal*. Inget datum.

<https://www.perpetuumtrackhealth.com/Account/Login> (Besökt 2019-11-05)

Sammeli, C. (2019). *Tjänsteidé hjulgeometri-/hjulprofilmätare*. Beslutsunderlag tjänsteidé, Trafikverket, Borlänge.

SS-EN 60300-3-11:2010 (2010). *Ledning av tillförlitlighet - Del 3-11: Riktlinjer för funktionssäkerhetsinriktat underhåll*. Svensk elstandard (SEK), Stockholm.

SS-EN 60706-5:2009 (2009). *Underhållsmässighet - Del 5: Provbarhet och diagnostisk provning*. Svensk elstandard (SEK), Stockholm.

Strömbom, J. (2019). *Nyttjandestudie av TrackLogger – ett mobilt mätsystem för tillståndskontroll i ordinarie tågtrafik*. Rapport, Trafikverket, Luleå.

Söderholm, P. (2005). *Maintenance and continuous improvement of complex systems: linking stakeholder requirements to the use of built-in test systems*. Doktorsavhandling, Luleå tekniska universitet, Luleå.

Söderholm, P. (2017). Verklighetslabb digital järnväg (VDJ) och ePilot. *Järnvägspodden*. 2017-09-26. <http://jarnvagspodden.libsyn.com/jrnvgspodden-avsnitt-12-2017> (Hämtad 2019-10-23)

Söderholm, P. (2018a). Verklighetslabb digital järnväg (VDJ) och ePilot. *Järnvägspodden*. 2018-09-17. <http://jarnvagspodden.libsyn.com/dubbelt-s-underhllande-med-digitala-tvillingar-avsnitt-12> (Hämtad 2019-10-23)

Söderholm, P. (2018b). Verklighetslabb digital järnväg. *Trafikverkets regionala leverantörsdagar*. Gävle 12 September, Malmö 19 September, Stockholm 3 September, Göteborg, 12 Oktober, Luleå 23 Oktober, Sweden. 2019-10-23.

https://www.trafikverket.se/contentassets/e195f6b102004a95ab3a48afeaff7bb7/verklighet_slabb_digital_jarnvag.pdf (Hämtad 2019-11-28)

Söderholm, P. (2018c). Verklighetslabb digital järnväg. *Forsknings- och innovationsdagen inom vidmakthålla infrastruktur*. Stockholm, 19 april, Sweden. Inget datum.

<https://www.trafikverket.se/contentassets/13c6824420a3421581fb12ae97486854/verklighetslab-digital-jarnvag-peter-soderholm.pdf> (Hämtad 2019-11-28)

Söderholm, P. (2019a). Verklighetslabb digital järnväg (VDJ) och ePilot. *Järnvägspodden*. 2019-10-28. <https://www.trafikverket.se/om-oss/nyheter/trafikverkets-podcasts/jarnvagspodden/> (Hämtad 2019-11-25)

Söderholm, P. (2019b). Sensorernas intåg. Technical Walks. *Nordic Rail 2019*, 8-10 October, Jönköping, Sweden.

Söderholm, P. (2019c). In: Proceedings of the 5th international workshop and congress on eMaintenance. May 14-15, 2019, Stockholm, Sweden.

Söderholm, P. (2019d). *Inventering av initiativ inom Trafikverket som är relaterade till övervakning av anläggningen*. PM (ärendenummer: 2016/32601), Trafikverket, Luleå.

Söderholm, P. & Nilsen, T. (2017). Systematic risk-analysis to support a living maintenance programme for railway infrastructure. *Journal of Quality in Maintenance Engineering* 23.3. 326-340.

Söderholm, P., Karim, R., & Jägare, V. (2020). Reality Lab Digital Railway – Digitalisation for sustainable development. In: *International Congress and Workshop on Industrial AI 2020*, 26-28 May, Luleå, Sweden.

Trafikverket (2016a). *Implementering av resultat från ePilot i baskontrakt järnväg*. Arbetsmaterial. Trafikverket, Luleå.

Trafikverket (2016b). *Administrativa föreskrifter – Utförandentreprenad - För utförande av basunderhåll av järnvägsanläggningar – Luleå-Murjek samt Haparandabanan*. Ärendenummer: 136550, Trafikverket, Luleå.

Trafikverket (2017a). *Projektspecifikation för Verklighetslabb digital järnväg*. Trafikverket, Luleå.

Trafikverket (2017b). *Verklighetslabb digital järnväg. FUD-ärende till Portfölj 2: Vidmakthålla - Ärendebestämming: Verklighetslabb digital järnväg id 6538*. Diariet, ärendenummer: TRV 2017/67785, Trafikverket, Borlänge.

Trafikverket (2017c). Digitalt labb för smartare järnväg. *iTrafik*, p. 27, nummer 6, 2017. Trafikverket, Borlänge.

Trafikverket (2017d). *Trafikverket öppnar digitalt verklighetslabb för järnväg*. 2017-09-20
<https://www.trafikverket.se/om-oss/pressrum/pressmeddelanden/Nationellt/2017/2017-09/trafikverket-oppar-digitalt-verklighetslabb-for-jarnvag/> (Hämtad 2019-12-04)

Trafikverket (2018a). *TMALL 0967 – FMECA*. Trafikverket, Luleå.

Trafikverket (2018b). *TMALL 0979 – Statistisk försöksplanering*. Trafikverket, Luleå.

Trafikverket (2018c). *Sammanfattning informationssäkerhetsanalys Hjulunderhåll Provplats öst*. Protokoll (Ärendenummer TRV2018/101620), Trafikverket, Borlänge.

Trafikverket (2018d). *Omvärlds- och informationsanalys Hjulunderhåll Provplats öst*. Protokoll (Ärendenummer TRV2018/101620), Trafikverket, Borlänge.

Trafikverket (2018e). *Verksamhetens kravanalys och riskidentifiering Hjulunderhåll Provplats öst*. Protokoll (Ärendenummer TRV2018/101620), Trafikverket, Borlänge.

Trafikverket (2018f). *Handlingsplan Hjulunderhåll Provplats öst*. Handlingsplan (Ärendenummer TRV2018/101620), Trafikverket, Borlänge.

Trafikverket (2018g). *Underlag för kontinuitetsplanering Hjulunderhåll Provplats öst*. Protokoll (Ärendenummer TRV2018/101620), Trafikverket, Borlänge.

Trafikverket (2018h). *Status krav enligt informationssäkerhetsregelverket Hjulunderhåll Provplats öst*. Protokoll (Ärendenummer TRV2018/101620), Trafikverket, Borlänge.

Trafikverket (2018i). *Sammanfattning informationssäkerhetsanalys Värmekamera för växelbesiktning*. Protokoll (Ärendenummer TRV 2018/16883), Trafikverket, Borlänge.

Trafikverket (2018j). *Omvärlds- och informationsanalys Värmekamera för växelbesiktning*. Protokoll (Ärendenummer TRV 2018/16883), Trafikverket, Borlänge.

Trafikverket (2018k). *Verksamhetens kravanalys och riskidentifiering Värmekamera för växelbesiktning*. Protokoll (Ärendenummer TRV 2018/16883), Trafikverket, Borlänge.

Trafikverket (2018l). *Handlingsplan Värmekamera för växelbesiktning*. Handlingsplan (Ärendenummer TRV 2018/16883), Trafikverket, Borlänge.

Trafikverket (2018m). *Underlag för kontinuitetsplanering Värmekamera för växelbesiktning*. Protokoll (Ärendenummer TRV 2018/16883), Trafikverket, Borlänge.

Trafikverket (2018n). *Status krav enligt informationssäkerhetsregelverket Värmekamera för växelbesiktning*. Protokoll (Ärendenummer TRV 2018/16883), Trafikverket, Borlänge.

Trafikverket (2018o). *Paketerat*. 2018-11-05.
<http://intranat.trafikverket.local/Aktuellt/Nyhetsbrev-och-tidningar/paketerat/> (Hämtad 2019-12-04)

Trafikverket (2019a). *VDJ – Verklighetslabb digital järnväg*. 2019-10-11. <https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/forskning-och-innovation/aktuellt-forskning/transport-pa-jarnvag/vdj-verklighetslabb-digital-jarnvag/> (Hämtad 2019-10-21)

Trafikverket (2019b). *Min sida*. Inget datum. <https://authweb.trafikverket.se/authweb/> (Besökt 2019-10-21)

Trafikverket (2019c). *Projektportalen*. Inget datum. <https://www.trafikverket.se/tjanster/system-och-verktyg/projekthantering/projektportal/> (Besökt 2019-10-21)

Trafikverket (2019d). *Extern arbetsrum Verklighetslabb digital järnväg*. Inget datum <https://earum.sp.trafikverket.se/sites/20181011130320/home/Sidor/start.aspx> (Besökt 2019-10-21)

Trafikverket (2019e). *Alla tjänster från A-Ö*. Inget datum. <https://www.trafikverket.se/tjanster/alla-fran-ao/> (Besökt 2019-10-21)

Trafikverket (2019f). *Big Data och kvalificerad analys/AI i tillgångsförvaltningen - en rapport från projektet Strategi och grund för övervakning av anläggning i Trafikverket 2019*. Rapport, Trafikverket, Borlänge.

Trafikverket (2019g). *Kampanjen På väg till jobbet*. 2019-11-13. <https://www.trafikverket.se/om-oss/jobb-och-framtid/att-jobba-pa-trafikverket/kampanjen-pa-vag-till-jobbet/> (Hämtad 2019-11-13)

Wahlstedt, F. & Nilsson, J. (2018). *Tillämpning av drönare för tillståndsbedömning av järnvägsterräng*. Examensarbete, Luleå tekniska universitet, Luleå.

Vinnova (2017). *Verklighetslabb inom offentlig verksamhet*. Utlysning. Diarienummer: 2016-04792. Vinnova, Stockholm.

Vinnova (2019). *UPPSAMT 2.0 - UPPkopplade & SAMverkande järnvägar och medarbetare: punktlighet, rapportering tåg & driftledning*. Inget datum. <https://www.vinnova.se/p/uppsamt-2.0---uppkopplade--samverkande-jarnvagar-och-medarbetare-punktlighe-pp-reporterande-tag--driftledning/> (Hämtad 2019-11-05)

Branschaktuellt (2017). *Trafikverket öppnar digitalt verklighetslabb för järnväg*. 2017-09-20. <https://branschaktuellt.se/infrastruktur/13584-trafikverket-oppnar-digitalt-verklighetslabb-for-jarnvag> (Hämtad 2019-11-25)

Nordic Infracenter (2018). *Trafikverket öppnar upp sin kärnverksamhet för utveckling och demonstration*. 2018-03-14. <https://www.nordicinfracenter.se/2018/03/digital-jarnvag/> (Hämtad 2019-11-25)

NSD (2017). *Ökad digitalisering väntar järnvägen*. 2017-09-21.

<https://www.nsd.se/nyheter/lulea/okad-digitalisering-vantar-jarnvagen-nm4648823.aspx>

(Hämtad 2019-11-25)

