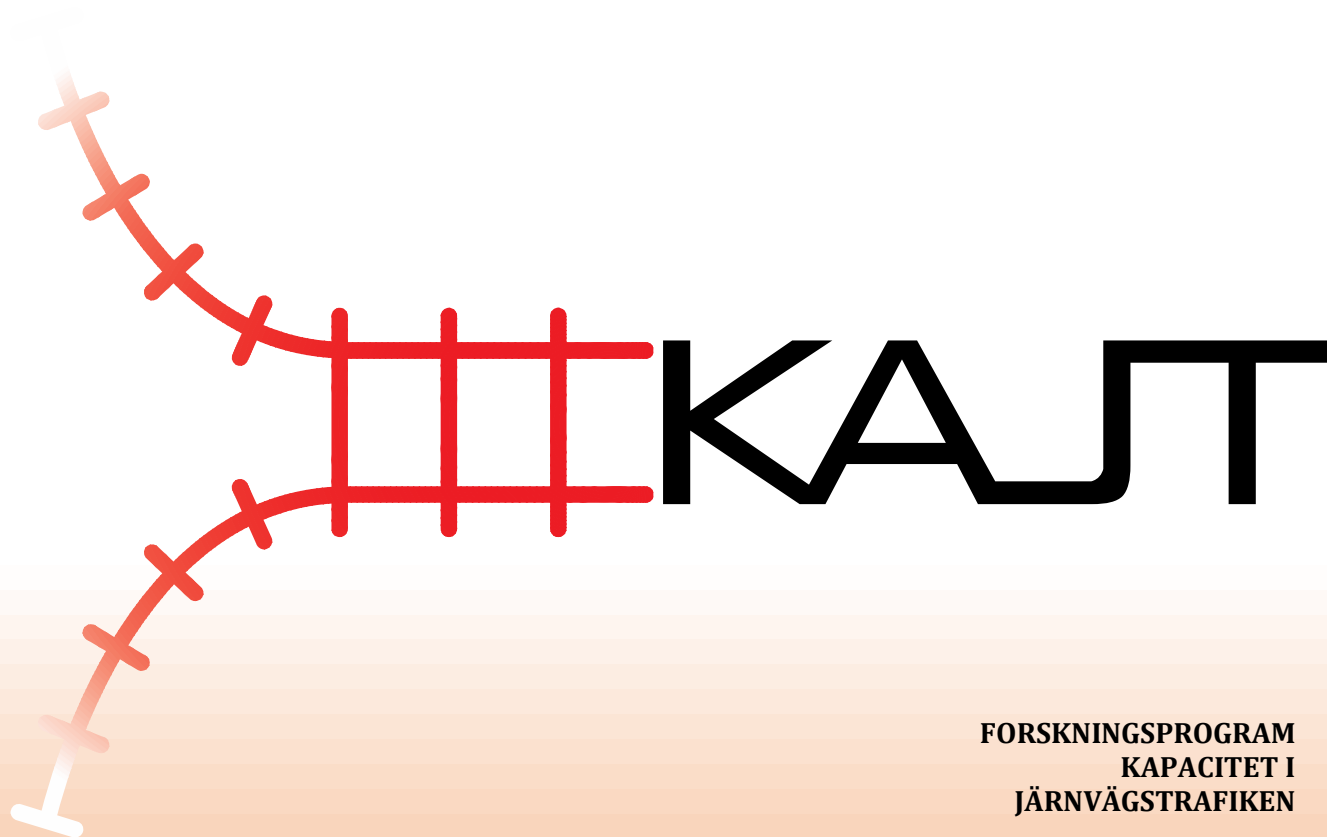


# PROJEKTKATALOG

2025-03-31



FORSKNINGSPROGRAM  
KAPACITET I  
JÄRNVÄGSTRAFIKEN

## **KAJT Projektkatalog 2025-03-31**

Sammanställning av KAJTs pågående och nyligen avslutade projekt

Redaktör: Martin Joborn <sup>1,2</sup>

Formgivning och sammanställning: Jenny Bylin <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Digitala system, RISE Research Institutes of Sweden, Box 857, 50115 Borås

<sup>2</sup> Institutionen för Teknik och Naturvetenskap, Campus Norrköping, Linköpings universitet, 60174 Norrköping

Alla fotografier i dokumentet kommer från Trafikverket.

ISBN 978-91-8045-434-6. Trafikverkets publikationsnummer 2025:064

# Innehåll

<b>Innehåll</b> .....	<b>3</b>
<b>Om KAJT</b> .....	<b>4</b>
<i>Vision och Programförklaring</i> .....	5
<i>Kontakter</i> .....	5
<i>Forskningsprogram</i> .....	6
<i>Strategisk kapacitetsplanering</i> .....	7
<i>Taktisk kapacitetsplanering</i> .....	8
<i>Operativ kapacitetsplanering</i> .....	8
<i>Framtidens transportsystem och trafikefterfrågan</i> .....	9
<i>Järnvägens sidosystem och koppling till järnvägsnätet</i> .....	9
<i>Planering av transportnätverk, fordon och personal</i> .....	9
<i>Underhåll och trafik</i> .....	10
<i>Människan, digitalisering och automation</i> .....	10
<i>Trafikinformation och störningshantering</i> .....	10
<i>Signal- och trafikstyrningssystem</i> .....	11
<i>Uppföljning och återkoppling</i> .....	11
<i>Internationell samverkan och Europe's Rail</i> .....	11
<i>KAJT-relaterade projekt</i> .....	12
<b>Excellensområden</b> .....	<b>13</b>
<i>Excellensområde 7 Trafikplanering och trafikstyrning (EO7)</i> .....	13
<i>Excellensområde 9 Kapacitet och punktlighet (EO9)</i> .....	15
<b>Uppföljning och implementering av resultat</b> .....	<b>17</b>
<b>Projektöversikt</b> .....	<b>18</b>
<i>Pågående KAJT-projekt</i> .....	18
<i>KAJT-relaterade projekt</i> .....	19
<i>Avslutade projekt 2024</i> .....	20
<b>PÅGÅENDE PROJEKT</b> .....	<b>21</b>
<i>Arbeta med kvalitetsmått (ARKA)</i> .....	22
<i>Deplide och modern arkitektur för YCS och C-DAS (Dep-YCS)</i> .....	23
<i>Dispatching Areas: Combinations and Design (DACoD)</i> .....	24
<i>Effekter av Hybrid Train Detection på förarbeteende och kapacitet (HybriF)</i> .....	25
<i>Headway och signalpunktsplaceringar i ETCS 2 (HESE2)</i> .....	27
<i>Iterativt samarbete vid banarbetsplanering (ITSA-BAN)</i> .....	29
<i>Kapacitetsanalys av stationer (KASTA)</i> .....	30

<i>KKA-matrisen som stöd vid händelseutredningar och beslutande om åtgärder inom operativ tågtrafikledning (KKA-matrisen)</i> .....	31
<i>Metod för snabb utvärdering av olika utbuds-scenarier i TTR (TTRuT)</i> .....	32
<i>Människa-automation i framtida samverkan (HumanAuto)</i> .....	33
<i>Probabilistisk metod för trafik- och kapacitetspåverkan på driftplatser (ProPå)</i> .....	34
<i>Radar- och AI-baserad realtidsövervakning för förstärkt säkerhet (RAIL-SENSE)</i> .....	35
<i>Rangerbangårdars kapacitet i prognos 2040 (RANKA)</i> .....	37
<i>Robusta semi-styva tidtabeller under dynamisk och osäker efterfrågan (ROSSO)</i> .....	38
<i>Samhällsekonomisk prioritering av underhållsåtgärder för ökad punktlighet (Priopunkt)</i> .....	39
<i>Samplanering av trafikpåverkande åtgärder och trafikflöden – stråkplanering (SATT-SP)</i> .....	40
<i>SJ – Optimering och Tidtabeller (SJOT)</i> .....	42
<i>Stationsutformning och SamhällsEkonomi (SOSE)</i> .....	43
<i>Stora omplaneringar sent (SOS)</i> .....	44
<i>TTR och beräkning av segmentet Rolling Planning (TORP)</i> .....	46
<b>EUROPE'S RAIL</b> .....	<b>47</b>
<b>EU-RAIL FP1 MOTIONAL</b> .....	<b>48</b>
<i>MOTIONAL WP4/WP5 – Integration of planning systems and processes including cross-border planning</i> .....	50
<i>MOTIONAL WP6/WP7 – Decision support for planning and timetable optimisation</i> .....	52
<i>MOTIONAL WP8/WP9 - Simulation and operational feedback for improved planning</i> .....	53
<i>MOTIONAL WP11/WP12 – Integration of TMSs and processes including cross-border traffic management</i> .	55
<i>MOTIONAL WP13/WP14 – Improved resilience and efficiency of disruption management</i> .....	56
<i>MOTIONAL WP15/WP16 – Linking TMS to ATO/C-DAS for optimised operations</i> .....	57
<b>KAJT-RELATERADE PROJEKT</b> .....	<b>58</b>
<i>Robusthet och effektivitet för intermodala transporter (Robin)</i> .....	59
<i>Sjävlärande neurala nätverk för operativ lokstyrning (SOL-H)</i> .....	60
<i>Tillförlitlig ruttplanering (TIRUP)</i> .....	62
<b>AVSLUTADE PROJEKT UNDER 2024</b> .....	<b>63</b>
<i>Automatiserad analys &amp; klassificering av förseningsorsaker i järnvägssystemet (ANAKIN)</i> .....	64
<i>Banarbetsprocess och datatillgång, del 2 (BANDAT2)</i> .....	65
<i>Capacity Modeling and Shift Optimization for Train Dispatchers (CAPMO-Train)</i> .....	67
<i>Kapacitet i nätverk 2 (KAIN 2)</i> .....	69
<i>Kritiska störningar och punktlighet (Tidpunkt)</i> .....	71
<i>Maskinlärningsbaserat beslutstöd för tågtrafikledning vid störningar: En experimentell studie (MATRIX)</i> ....	73
<i>Mindre Störningar i Tågtrafiken – Plattformsåtgärder (MiST Plattform)</i> .....	75
<i>Mötesanalys och kanalkänslighet för godståg (MAKK)</i> .....	77
<i>Samplanering av Trafikpåverkande åtgärder och trafik – trafikflöden (SATT-TF)</i> .....	79
<i>Simulatorbaserad utbildning och träning av tågförare (SITUATE)</i> .....	81

<i>Simulering med ATO (SIMULATO)</i> .....	83
<i>Tågsimulering och ERTMS, del 1 och del 2</i> .....	85
<i>Feasibility Study on Applying Socio-Economic Criteria in Case of Capacity Shortages (SEC)</i> .....	87
<i>Konstruktionsregler för en robust tågplan (KRUT)</i> .....	89
<i>Malmbanan T25</i> .....	90
<i>Tillgängliggörande av FBKS-demonstrator – Fas 1 (FBKS-demo)</i> .....	91
<i>Värdering av Trafikinformationsnyttor i Tågtrafiken (VTT)</i> .....	92
<i>YardCDM DEMO</i> .....	94
<b>Tidigare avslutade projekt</b> .....	<b>96</b>

## Om KAJT

Forskningsprogram Kapacitet i järnvägstrafiken – KAJT – syftar till att förstärka järnvägssystemets förmåga att tillgodose samhällets transportbehov. Målet för forskningen inom programmet är att förbättra nyttjandet av järnvägssystemet och utforma effektiva och pålitliga trafikflöden med tillhörande tjänster. Forskningsprogrammet bidrar till att utifrån infrastrukturella förutsättningar på strategisk, taktisk och operativ nivå ge järnvägsbranschen bättre koncept, modeller, verktyg och metoder så att svensk järnväg blir världsledande inom effektivitet, kvalitet och flexibilitet.

Forskningsprogram KAJT har sju akademiska parter: Blekinge Tekniska Högskola (BTH), Kungliga Tekniska Högskolan (KTH), Linköpings universitet (LiU), Lunds universitet (LU), RISE Research Institutes of Sweden (RISE), Uppsala universitet (UU), Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI). Trafikverket är programmets huvudfinansiär. Programförestandare är Martin Joborn, RISE och LiU, och Trafikverkets kontaktperson är Magnus Wahlborg.



## Vision och Programförklaring

KAJTs vision är ett framtida järnvägssystem med maximal kapacitet och punktlighet. KAJTs bidrag till visionen är excellent forskning i samverkan.

Verksamheten bedrivs i enlighet med *KAJT Programförklaring*:

KAJT ska:

- Bedriva forskning rörande järnvägskapacitet som håller hög internationell klass och som syns i de viktigaste tidskrifterna och konferenserna.
- Förse branschen med kompetens genom utbildning av personer med doktors- eller licentiatexamen och medverka till att skapa en attraktiv miljö där dessa personer kan verka.
- Bidra med kunskap, koncept, metoder och verktyg som branschen kan vidareförädla och implementera.
- Vara en efterfrågad part i internationella och nationella projekt och ett nav för KAJT-relaterade frågeställningar i Sveriges järnvägsbransch.
- Vara en mötesplats för problemägare och forskare och ha en aktiv interaktion med FoI-beställare, FoI-utförare och övrig järnvägsbransch.
- Arbeta med frågeställningar som är aktuella, väldefinierade och branschrelevanta med tydlig nytta för intressenterna.

## Kontakter

Martin Joborn  
Programföreståndare  
RISE Research Institutes of Sweden  
Telefon: +46 (0) 70 570 99 92  
E-post: [martin.joborn@kajt.org](mailto:martin.joborn@kajt.org)

Magnus Wahlborg  
Trafikverkets kontaktperson  
Trafikverket  
Telefon: +46 (0) 70 569 15 85  
E-post: [magnus.wahlborg@trafikverket.se](mailto:magnus.wahlborg@trafikverket.se)

Mer information om KAJT, projekt och rapporter kan hittas på hemsidan [www.kajt.org](http://www.kajt.org)

## Forskningsprogram

Forskningsprogrammet definierar det område inom vilket KAJT bedriver forskning. Forskningsprogrammet består av tre huvudkomponenter: Internationell samverkan (inkl Shift2Rail och EU-RAIL), Kärnområden och Breddningsområden, vilket illustreras i Figur 1. Forskning sker ofta i samverkan med flera forskningsutförare, problemägare och intressenter. Forskningsprogrammet ”spänner upp” KAJTs forskningsområde, och innehåller i sig inga prioriteringar mellan områden.



Figur 1: KAJT Forskningsprogram

*Kärnområden* definierar Forskningsprogrammets primära forskningsområde. Inom kärnområdet är parterna i KAJT Sveriges primära forskningsutövare. Deltagarna i forskningsprogrammet har tillsammans ledande kompetens för att bedriva forskning inom området. KAJTs tre kärnområden är:

- Strategisk kapacitetsplanering
- Taktisk kapacitetsplanering
- Operativ kapacitetsplanering

Inom kärnområdena ska forskningsprogrammet ta fram ny kunskap samt utveckla metoder och processer, tillämpliga på forskningsprogrammets intressenter. Forskningen inom kärnområdena beskrivs närmare av KAJTs forskningsprogram, som fastställs av KAJTs styrelse.

*Breddningsområden* definierar forskningsområden som KAJT utforskar i tillägg till kärnområdena, som ett komplement. Breddningsområdena förändras mer dynamiskt än kärnområdena, som avses ligga fast. Breddningsområden kan tillkomma och försvinna då behov förändras. Vissa breddningsområden kan ha



stor forskningsaktivitet, medan andra har mindre. Forskningsprogrammet innehåller följande breddningsområden:

- Framtidens transportsystem och trafikefterfrågan
- Järnvägens sidosystem och koppling till järnvägsnätet
- Planering av transportnätverk, fordon och personal
- Underhåll och trafik
- Människan, digitalisering och automation
- Trafikinformation och störningshantering
- Signal- och trafikstyrningssystem
- Uppföljning och återkoppling

*Internationell samverkan, Shift2Rail och Europe's Rail* är en övergripande komponent i forskningsprogrammet för att synliggöra att KAJT är internationellt aktiva. Forskningen som bedrivs i de internationella projekten och Shift2Rail/Europe's Rail-projekten ansluter till forskningsprogrammets kärnområden eller breddningsområden.

KAJTs Kärnområden och Breddningsområden beskrivs närmare nedan. Ett forskningsprojekt kan mycket väl spänna över flera områden inom forskningsprogrammet.



## Strategisk kapacitetsplanering

Det finns ett ömsesidigt beroende mellan infrastrukturens utformning och trafikering som påverkar kapacitet och punktlighet. När man bygger ut infrastrukturen måste man ta hänsyn till framtida marknadsförutsättningar med flexibilitet för olika trafikupplägg och när man utformar tidtabellerna måste man ta hänsyn till en given infrastruktur. Inte bara antalet tåg utan även blandningen av tåg med olika medelhastighet påverkar kapacitetsutnyttjandet och punktligheten. Tidsperspektivet på de studerade frågorna inom kärnområdet är ofta strategiskt, från nästa tidtabell till stora projekt fyrtio år framåt i tiden. I det långsiktiga perspektivet gäller det att ta fram modeller och metoder för att utforma en robust infrastruktur för flexibel tågföring och i det mer kortsiktiga perspektivet metoder för

trafikplanering som medger både hög kapacitet och kvalitet. Inom kärnområdet studeras de trafikala aspekterna av infrastrukturen, snarare än de tekniska aspekterna. Viktiga frågeställningar är strategiska investeringsfrågor, drift och underhållsfrågor, analyser och samband, transportefterfrågan för person- och godstrafik, långsiktig investeringsplanering och trafiksystemet i samhället som helhet. Inom kärnområdet utvecklas metoder för att analysera samband mellan infrastruktur och trafikering och mellan tidtabellsutformning och kapacitet och punktlighet. Härvid används både analytiska metoder och simulering samt en kombination av systematisk simulering och matematisk utvärdering.

## Taktisk kapacitetsplanering

Kärnområdet Taktisk kapacitetsplanering berör främst planering av tåg och banarbeten. Tidsperspektivet är från ungefär 1,5 år innan trafikdag fram till 24 timmar innan trafikering där den ettåriga tågplanen och ad hoc-processen är det primära forskningsområdet. Under den taktiska trafikplaneringen ska operatörernas (ibland motstridiga) önskemål och entreprenörernas önskemål om tågfria tider förenas med de infrastrukturella möjligheterna och utifrån detta ska en lämplig tågplan tas fram. Tågplanen ska underhållas och anpassas och till slut omsättas till en produktionsplan. Viktiga aspekter är att tågplanen bör vara konstruerad så att den är praktiskt lämplig för resenärer, godstransportörer och banarbetsentreprenörer, samtidigt som den ska vara robust. Dessutom ska den gå att genomföra på ett sådant sätt att det är möjligt att köra tåg till och från depåer, och det ska finnas tillräckligt med spår på driftsplatserna. Inom kärnområdet studeras sambanden mellan de komplexa krav som finns på tågplanen. Målet är att utveckla bättre processer och metoder för den taktiska trafikplaneringen, inkluderande metoder för att väga motstridiga krav mot varandra. Inom Taktisk kapacitetsplanering används många olika metoder såsom optimering, simulering, processmodellering och statistisk analys. Optimerings- och simuleringsmetoder, planeringsprocesser för tågplanen, samverkansprocesser, robusthetsaspekter i tågplanen är exempel på områden som studeras.

## Operativ kapacitetsplanering

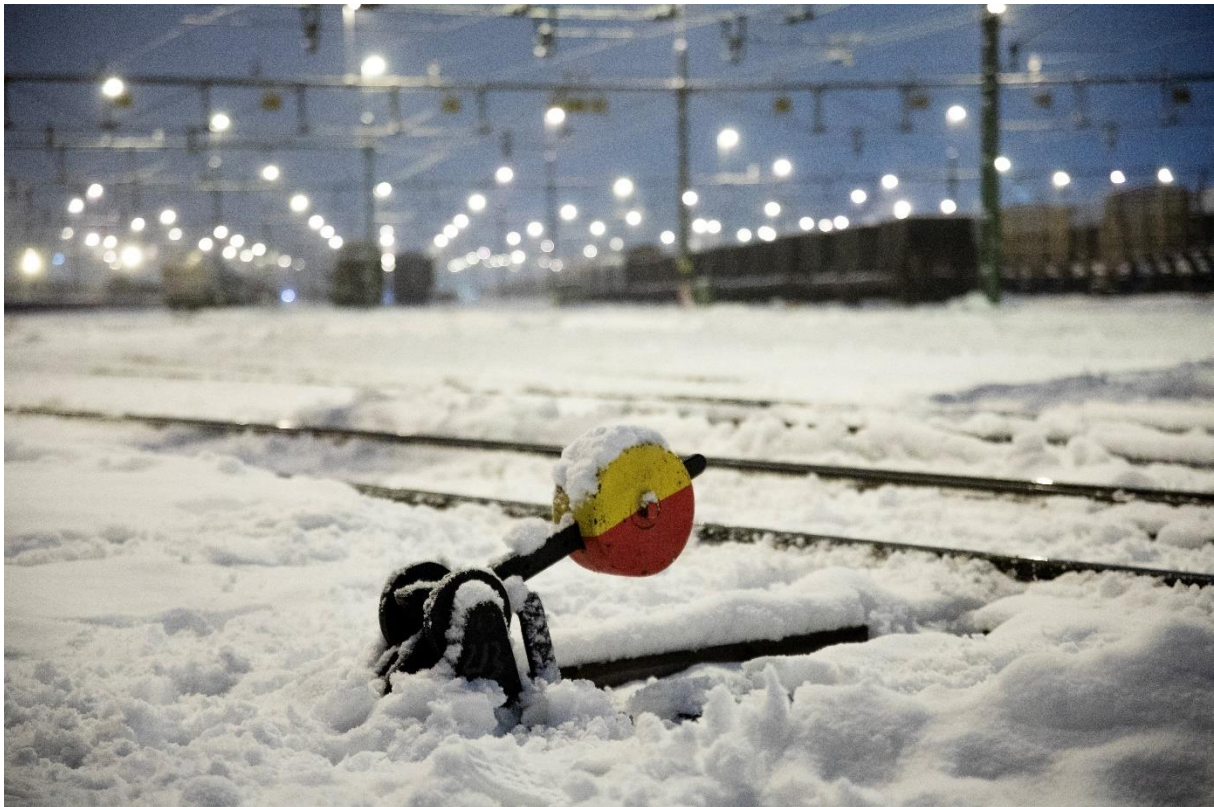
Kärnområdet Operativ kapacitetsplanering studerar den operativa trafikeringen utifrån en daglig tågplan. Frågor som studeras berör den operativa trafikledningen och metoder och verktyg för att järnvägen ska styras på ett effektivt sätt, både ur ett mänskligt, metodmässigt och algoritmiskt perspektiv. Den operativa trafikledningen ställer stora kognitiva krav på människor som arbetar med den, och deras verktyg måste vara utformade på sätt som stöder arbetet på rätt sätt. I det operativa skedet uppstår många avvikelser från planerna och man måste ha metoder och verktyg som kan hjälpa till att identifiera potentiella konflikter innan de uppstår, hantera de situationer, störningar och konflikter som uppstår och ge stöd för olika slags prioriteringar samt att på rätt sätt kommunicera den plan man planerar att verkställa. Många parter behöver samordnas för att den operativa processen ska vara effektiv: trafikledning, lokförare, järnvägsbolag/trafikoperatörer och entreprenörerna vid banarbeten. Speciellt intressant är lokförarens situation och hur man kan stödja hen för att göra tågkörningen effektiv ur både trafik och miljösynvinkel. Behovet av information går i båda riktningarna, trafikledningen kan effektiviseras om lokförare har möjlighet att återkoppla och rapportera status till trafikledningen. Lokförarnas totala informationsmiljö måste också utformas så att den bildar en användbar integrerad helhet. De måste stödjas effektivt samtidigt som de kan ha fokus på det säkerhetskritiska i sitt arbete. En viktig fråga rör balansen mellan automatiska styrsystem och mänsklig styrning, där man måste hitta ett bra samspel som fungerar i praktiken i olika situationer. Metoder behöver utvecklas för uppföljning och för att analysera utfallet av trafikeringen i syfte att ge lämplig återkoppling. Kärnområdet täcker alla dessa aspekter av den operativa hanteringen av trafikstyrningen, dess organisation, resurser, arbetsplatsutformning, geografiska placering, styrprinciper, informations- och beslutsstöd, MTO-aspekter, etcetera. Inom området används metoder från beteendevetenskap, kunskap om mänsklig styrning och automation, användbarhet, gränssnittsutformning, statistisk analys, optimering och simulering.

## Framtidens transportsystem och trafikefterfrågan

I det långsiktiga perspektivet – runt 20 till 40 år framåt i tiden – är grundläggande frågor som efterfrågan av transporter och trafiksystemens övergripande utformning och dimensionering centrala frågor. Trafikverket har etablerade system för långsiktiga analyser av denna typ. I breddningsområde Framtidens transportsystem och trafikefterfrågan studeras och utvecklas bland annat dessa långsiktiga planeringssystem, och inte minst deras koppling till kapacitetsplaneringen. Inom området behandlas även andra långsiktiga frågeställningar, som ny utformning av kapacitetstilldelning och strategisk kapacitetsanalys.

## Järnvägens sidosystem och koppling till järnvägsnätet

Järnvägens sidosystem är en viktig komponent för att huvuduppgiften – att utföra transporter – ska fungera. Sidosystemet består exempelvis av depåer, verkstäder, bangårdar, terminaler och uppställningsspår. I sidosystemet behöver olika aktörer samordnas och resursplanering är viktigt. Sidosystemet bör planeras och fungera i harmoni med huvudsystemet, så att de samverkar och samordnas och att den ena inte orsakar resursproblem för den andra eller vice versa. Sidosystemet måste både dimensioneras rätt (strategisk nivå) och nyttjas på bästa möjliga sätt (taktisk/operativ nivå).



## Planering av transportnätverk, fordon och personal

Ur operatörernas synvinkel består resursplaneringen vid järnvägen av samordning mellan spårresurs, fordon och personal. I breddningsområdet Planering av transportnätverk, fordon och personal lyfts operatörernas frågeställningar fram, för att speciellt belysa de frågeställningar som är relevanta för operatörernas kapacitetsplanering, men som inte direkt är kopplade till infrastrukturhållarens planering. Metodmässigt kan dessa frågor ofta behandlas med likartade angreppssätt som till exempel tidtabellsläggning, exempelvis är optimering och simulering traditionellt viktiga och relevanta metoder.

Exempel på frågeställningar är samordning mellan fordonsplanering och tidtabellsplanering, tomvagnsdistribution och personalplanering vid störda situationer.

## Underhåll och trafik

Ett åldrande järnvägssystem behöver en anseelig mängd reinvesteringar och underhåll för att ge god funktion, tillgänglighet, driftsäkerhet och komfort. Dessa banarbeten och underhållsinsatser är både tids- och kostnadskrävande och måste genomföras säkert och i koordination med normal trafik. Detta ställer krav på god planering av banarbeten och effektivare underhåll. Under den senaste tiden har allt mer fokus lagts på underhållets betydelse i järnvägsnätet. Det växande behovet av underhåll kombinerat med ett fortsatt högt nyttjande av infrastrukturen kommer att öka kraven på att underhåll utförs på ett sätt som är effektivt både gällande resursutnyttjande och ur trafikeringssynvinkel. Inom område Underhåll och trafik studeras planering och styrning av underhåll och trafik och den påverkan de har på varandra. Underhållsplaneringen kan vara både strategisk (till exempel vilket år man ska göra spårbyten), taktisk (till exempel när på året underhåll ska utföras) och operativ (till exempel planering och styrning av snöröjning, reparationer). Underhåll av infrastrukturen har stor inverkan på operatörerna och deras verksamhet. Banförvaltarens och operatörernas prioriteringar står ofta i strid med varandra, och kostnadsbilderna för banförvaltare, operatör och samhälle kan vara helt olika. Metoder för att planera underhåll och ändå ha en effektiv trafikering utvecklas. Hantering av operatörernas konsekvenser av underhåll studeras, liksom underhållsplanering ur ett samhällsperspektiv. Tidsperspektivet är huvudsakligen taktiskt och operativt, men kan också gälla de strategiska faserna. Underhållsåtgärder som beaktas kan vara både planerbara och händelsestyrda.

## Människan, digitalisering och automation

Digitalisering och automation blir allt viktigare komponenter i tågplaneprocessen och den operativa driften av järnvägen. Digitaliseringen av historiska data och realtidsdata gör att nya lärandeprocesser behöver utvecklas för att verksamheten inom järnvägen ska utvecklas på ett positivt sätt. Centrala frågeställningar inom detta forskningsområde handlar om interaktionen mellan digitaliserade och automatiserade processer, och människorna som verkar i dessa system och processer. I forskningsområdet är samverkan mellan människa-teknik-organisation (MTO) centralt. Det är viktigt att automatisera/digitalisera på ett sådant sätt att rätt beslut fattas. För att det ska vara möjligt behöver MTO-perspektivet in tidigt i alla processer som ska digitaliseras och man måste också beakta möjligheter till träning, utbildning och att införandeprocesser är väl anpassade. Det är även av betydelse att ha kunskap om hur digitaliseringen inom den svenska järnvägen förhåller sig till motsvarande utveckling i omvärlden. Digitalisering och utveckling av processer kommer att pågå många år framöver, och det behövs både strategiska och långsiktiga satsningar och mer behovsstyrda kortsiktiga satsningar.

## Trafikinformation och störningshantering

Inom trafikinformation och störningshantering behandlas framtagande och hantering av trafikinformation, relationen och kommunikationen med tågoperatörer, samt trafikmässig hantering av större och mindre störningar. Hos Trafikverket pågår ett införande av digital graf, vilket ger möjligheter till utvecklad trafikinformation genom att en gemensam lägesbild för järnvägens aktörer skapas. Det är ett förstadium till ett kommande nationellt tågledningssystem (NTL) som bygger på KAJT forskning och konceptet ”Styra genom att planera”. Svårigheter med trafikinformationens användning ställs på sin spets i samband med störningar, och detta har en mycket stor påverkan på passagerares/godsägares nöjdhet med systemets funktion. ”Större störningar” är störningar som trafikledningen måste hantera i samråd med andra aktörer, främst tågoperatörer. I samband med större störningar frångås många normala rutiner för trafikinformation och operativ styrning. Mindre störningar är avvikelser som trafikledningen hanterar och beslutar om internt. Inom området studeras metoder för att operativt hantera trafiken i samband med både större och mindre störningar. Området har en stark koppling till kärnområdet Operativ kapacitetsplanering.



## Signal- och trafikstyrningssystem

Signal- och trafikstyrningssystemen har stor inverkan på trafiken och den kapacitet som järnvägen i slutändan ”levererar”. I Sverige planeras stora förändringar inom både signalsystemet och trafikstyrningssystemet, vilka på sikt skall uppgraderas till nästa generation. Dessa uppgraderingar kommer att innebära radikala systemförändringar för både signalsystemet (ERTMS) och trafikstyrningen (NTL). Inom forskningsområde Signal- och trafikstyrningssystem studeras dels hur dessa system skall utformas och dels hur de påverkar personal och trafik. Fordonen går mot en ökad automation och införande av ATO studeras. Lokförarrollen ändras och koncept tas fram och demonstreras, både när lokföraren har operatörsrollen (Goa2) och med självkörande tåg (Goa4)<sup>1</sup>.

## Uppföljning och återkoppling

Område Uppföljning och återkoppling hanterar analys av datakällor, identifiering av samband och återkoppling till olika stadier av planeringen. Huvudsyfte med uppföljning i detta perspektiv är just återkoppling för bättre planering. Data som uppföljning baseras på kommer främst från utfall av tåγκörning, och återkoppling för kunskapsuppbyggnad kan ske till både det strategiska, taktiska och operativa planeringsskedet. Inom området samverkar KAJT med Tillsammans för tåg i tid, TTT.

## Internationell samverkan och Europe's Rail

I ett internationellt perspektiv har KAJT som mål att programmet och dess parter ska vara en internationellt erkänd aktör som bjuds in till internationella samarbeten. Programmet ska vara internationellt aktivt, framför allt inom EU, synliggöra sin profil och verksamhet, och verka för hemtagning av både kunskap och finansiering från EU. KAJT ska stödja Trafikverket och delta i ”Joint Undertaking” Europe's Rail som startade hösten 2022. I ett internationellt perspektiv är svensk

---

<sup>1</sup> Goa1, Goa2, Goa3 och Goa4 är beteckningar på olika nivåer av automation för självkörande tåg.

transportforskning liten, därför är samarbeten med andra internationellt erkända parter och hemtagning av kunskap extra viktigt. Samtidigt som programmet agerar enligt internationella kvalitetskrav så är de svenska aspekterna av järnvägstrafiken i fokus. De internationella projekten spänner över många forskningsområden. En viktig del av det internationella arbetet är att ta fram morgondagens processer och att samverka med andra infrastrukturföretag, samt att bli kravställare gentemot järnvägsindustrin.

## KAJT-relaterade projekt

KAJT-relaterade projekt är projekt som bedrivs inom KAJTs forskningsprogram men där finansiering formellt sett inte sker genom KAJT forskningsmedel. KAJTs styrelse/programråd är normalt inte berörda i samband med initiering av dessa projekt. Då dessa projekt är av hög relevans för KAJTs område, har de KAJT-relaterade projekten en speciellt viktig position för samverkan med KAJT-programmet<sup>2</sup>.



---

<sup>2</sup> KAJT-relaterade projekt är inkluderade i denna projektkatalog. Det framgår vid sådana projekt att det är KAJT-relaterat.

# Excellensområden

Trafikverket har i samverkan med dagens ledande forsknings- och utvecklingsmiljöer och Järnvägensbranschens samverkansforum (JBS), tagit fram ett program för Järnvägsforskningen 2021–2030 och skapat tio *Excellensområden*. Syftet med Excellensområdena är att stärka järnvägsforskningen i Sverige med målet att Sverige ska kunna bygga för en järnvägsforskning i världsklass. Excellensområdena ska definiera inriktning och former för den kommande järnvägsforskningen och samverkar med EUs program för järnvägsforskning, *Europe's Rail 2022–2031*. De tio excellensområdena består av sex områden inom teknik, tre områden inom funktion och ett område för systemperspektiv. Excellensområdena som helhet beskrivs i Trafikverkets rapport om Excellensområden<sup>3</sup>.

KAJT ansvarar för två av dessa excellensområden: Område nummer 7, **Trafikplanering och trafikstyrning**, och område nummer 9, **Kapacitet och punktlighet**.

## Excellensområde 7 Trafikplanering och trafikstyrning (E07)

Excellensområde 7 Trafikplanering och styrning behandlar processer och metoder för strategisk och taktisk kapacitetsfördelning och trafikplanering samt för operativ trafikstyrning. Området leds av LiU och har de medverkande parterna KTH, LU, BTH, UU, med Anders Peterson som excellensområdesledare.

Området behandlar följande frågeställningar:

- Metoder och processer för fördelning av tillgänglig kapacitet utifrån strategiskt, taktiskt och operativt tidsperspektiv för nätverk och noder, huvudsystem och sidosystem.
- Samordning, prioritering och värdering av olika aktörers anspråk på järnvägsnätets kapacitet: persontåg, godståg, underhåll.
- Planeringsmetoder, planeringsprocesser och beslutsstöd för tidtabellsplanering.
- Samordning inom nationell kapacitetsfördelning, samt mot utlandet.
- Robusthet i planering och genomförande.
- Planering av transportnät (gods- och persontrafik) med efterfrågeeffekter.
- Operatörernas lok- och vagnsplanering, samt personalscheman.
- Operativ styrning, trafikledning och tågdrift, beslutsstöd, system och operativ samordning mellan aktörer.
- Trafikaspekter av förarstödssystem, ATO och kunskapsuppbyggnad om självkörande tåg.
- Samband mellan trafik, kapacitet och signalsystem (ERTMS).
- MTO-frågor (människa-teknik-organisation) relaterat till området som helhet.

### Mål

Excellensområdet ska bidra till att maximera nyttan av Sveriges (befintliga) järnvägsresurser, dvs. att få ut så mycket som möjligt genom fyrstegsprincipens steg 1 och 2 (Tänk om respektive Optimera). Det finns också ett värde i att, vid behov, kunna påvisa att steg 1 och 2 inte ger önskad effekt. Med stöd av specificerade övergripande krav på trafikupplägg kan skäl istället ges för steg 3 eller 4 (Bygga om respektive Bygga nytt). Att koppla samman planering och styrning, samt att utveckla den operativa processen bidrar till ökad kapacitet, ökad punktlighet och ökad effektivitet. De senaste årens forskning har huvudsakligen jobbat med mindre åtgärder och korta perspektiv.

Inom trafiken ska många aktörer, med olika prioriteringar och tidsperspektiv, samordnas. Dessutom behövs en internationell samordning, där varje land har sina processer, regler och traditioner. Området är mycket beroende av god samverkan varför MTO-perspektivet är av central betydelse för att nå

---

<sup>3</sup> Järnvägsforskning 2021 – 2030 – Excellensområden: Beskrivning 2021 maj  
<http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:trafikverket:diva-5122>

områdets fulla potential. En annan viktig del är marknadskopplingen, det vill säga att man beaktar efterfrågeeffekternas ekonomiska konsekvenser, vid åtgärder inom trafikplanering och trafikstyrning.

Tillämpningsområdet genomgår stora förändringar genom digitalisering och automation. Potentialen genom digitalisering och automation är mycket stor. Järnvägsbranschen måste hänga med, både gällande hur forskningsfronten ska vidareutvecklas och vikten av att tillämpningar ska anpassas för praktisk användning och de människor som är verksamma i processerna.

Behovsägare är Infrastrukturförvaltare (Trafikverket), regionala kollektivtrafikmyndigheter, järnvägsoperatörer och underhållsentreprenörer, samt förvaltare av sidosystem (t ex stationer och depåer).

Samverkan mellan lärosäten kan ge influenser till kursinnehåll och delmoment i existerande kurser. Som exempel ges vid LiU en kurs i ”Planering av kollektivtrafik och järnväg”, vid LU ”Kapacitet och punktlighet i järnvägstrafik” och vid KTH masterskurserna ”Tågtrafik –marknad och planering” (grund- respektive fortsättningskurs) där frågeställningar inom excellensområdet är centrala. Koncept inom området kan spridas till andra lärosäten. Grundutbildning och forskarutbildning inom området är en viktig fråga.

### **Huvudsakliga aktiviteter**

För Excellensområde 7 delas arbetet in i fem aktivitetsområden. Mer detaljerad beskrivning finns i Excellensområdets verksamhetsplan.

*Ledning och utveckling.* I aktivitetsområdet ingår även utveckling av aktivitetsområdet, översyn av verksamhetsplanen, samt formulering av mål på kort och lång sikt. Även frågor om strategisk forskningsinfrastruktur och möjligheter att på ett säkert sätt dela data och information hör hit.

*Forskning.* Forskning är viktigt för att bygga upp excellens. Inom detta aktivitetsområde finns aktiviteter som syftar till att bygga upp den seniora kompetensen inom området. Många aktiviteter är av mindre karaktär och kan beskrivas som förstudier, kompletterande studier eller efterstudier. Genom förstudier kan vi få fram bättre underbyggda ansökningar. Kompletterande studier ger en möjlighet att utvidga pågående forskningsprojekt utöver vad finansieringen där ger grund till, särskilt inom Europe’s Rail finns ett behov av att komplettera EU-finansieringen med möjligheter till vetenskapligt arbete. Med efterstudier menar vi arbete med att akademiskt kvalitetssäkra uppsatser av olika slag efter att forskningsprojekt avslutats. Vissa av aktiviteterna kan ha karaktären av nyfikenhetsforskning, att förbehållslöst få följa en tanke och se vart den leder.

*Forskarutbildning.* Forskarutbildningen syftar till att bygga upp den juniora kompetensen inom området. Här ryms doktorandprojekt, samt alla andra typer av insatser för att förbättra forskarutbildningen, till exempel kurser och seminarier riktade till doktorander och handledare, liksom deltagande i sommarskolor. Tillsammans med Excellensområde 9 bedrivs KAJTs forskarskola, där vi erbjuder doktorandkurser inom området och arrangerar nätverksträffar för de forskarstuderande.

### *Grundutbildning.*

Grundutbildning vid universitet och högskolor sker med separata grundutbildningsanslag. Det här aktivitetsområdet syftar till att stötta utbildningsinsatser som görs för att stärka studenternas attraktivitet järnvägsbranschen. Det kan exempelvis handla om att utveckla läromedel, övningsuppgifter eller scenarier för befintliga eller nya kurser, profiler eller program på både grundläggande och avancerad nivå. Arbetet tas vidare i dialog på examinatornivå mellan näraliggande kurser på olika lärosäten. Förhoppningen är att kunna dela kursmaterial, övningar och exempel mellan lärosätena. En viktig uppgift är att väcka intresse för en karriär inom järnvägsbranschen hos studenterna och därigenom säkerställa kunskapsförsörjningen. Vid flera av miljöerna används Excellensområdena till att utveckla meningsfulla frågeställningar för examensarbeten som knyter an till branschens behov.



*Samverkan.* Samverkan sker både med branschen och med andra forskare, både nationellt och internationellt. Omvärldsbevakningen är viktig för den strategiska planen och för taktiska och operativa beslut inom Excellensområdet. Flera miljöer vill utveckla det internationella forskningssamarbetet. Flera idéer är under utveckling. Genom KAJT har Sverige flera starka, samverkande forskningsmiljöer som kan ge synergier genom internationella samarbeten som också kan inkludera gästdoktorander.

## Excellensområde 9 Kapacitet och punktlighet (E09)

Område nummer 9, **Kapacitet och punktlighet**, leds av LU, har de medverkande parterna LiU och KTH, med Carl-William Palmqvist som excellensområdesledare.

Excellensområde 9 Kapacitet och punktlighet syftar till att ge ökad kunskap och förståelse för kapacitet och punktlighet, samt att utveckla metoder för att analysera, riskbedöma och förbättra kapacitet och punktlighet. I detta ingår bland annat:

- Kunskap om kapacitet och punktlighet
- Riskbedömning, beredskap och återställningsförmåga ur kapacitets och punktlighetsperspektiv
- Prognos av kapacitet och/eller punktlighet, trafikflöden, ankomsttider och störningar på strategisk, taktisk och operativ nivå

### Mål

Excellensområdets ska bidra till att höja både kapaciteten och punktligheten på svensk järnväg till världsklass. Detta ska ske genom kunskaphöjande aktiviteter inom både forskning och utbildning, så att resurser inom såväl det befintliga som det planerade järnvägssystemet används ändamålsenligt och kostnadseffektivt. Centralt för excellensområdet är att skapa lärande system och processer (såväl organisatoriska som digitala) som drar nytta av de stora datamängder som finns och skapas inom branschen. Forskningen ska ge konkret och relevant kunskap som bidrar till ökad kapacitet och/eller punktlighet, och samarbete såväl nationellt som internationellt är en förutsättning för att nå denna excellens. Målet är en positiv spiral mellan excellens inom forskning, excellens inom utbildning, och excellens inom branschen, där alla tre dimensionerna driver varandra framåt.

### Huvudsakliga aktiviteter

För Excellensområde 9 delas arbetet in i fem aktivitetsområden. Mer detaljerad beskrivning finns i Excellensområdets verksamhetsplan.

#### *Ledning och utveckling*

Excellensområde 9 leds och koordineras av LU, i nära samverkan med LiU som leder Excellensområde 7. Här ingår uppgifter som att underhålla kalendarium med alla aktiviteter och att uppdatera webbsida (KAJT), skriva årsrapporter och liknande, utveckling av aktivitetsområdet, översyn av verksamhetsplanen, samt formulering av mål på kort och lång sikt. Omvärldsbevakning ingår också som aktivitet, både avseende forskning och mer praktisknära. Både som input för den strategiska planen, och för mer taktiska och operativa beslut inom Excellensområdet. Säkerhetsarbetet kommer att pågå kontinuerligt, med fortsatt dialog mellan akademiska parter och Trafikverket för att förtydliga vad som är skyddsvärt, och hur vi kan arbeta på ett säkert sätt.

#### *Forskning*

Inom detta aktivitetsområde finns aktiviteter av som syftar till att bygga upp främst den seniora kompetensen inom området. Många aktiviteter är av mindre karaktär och kan beskrivas som förstudier, kompletterande studier eller efterstudier, att starta upp och utforska nya samarbeten och perspektiv är också exempel på aktiviteter. Några temaområden som kan lyftas fram under 2025 är:

- Att förstå och reducera primärförseningar. Här pågår arbeten runt infrastrukturfel (särskilt växlar), olika typer av spårspning, extremväder och klimatanpassning, samt omkring uppehållsförseningar för resandetåg. Samverkan sker med bland andra projekten MIST4 och MOTIONAL WP8-9.

- Metodutveckling kring simulering och kapacitetsanalys. Till stor del handlar det om utvecklade arbetssätt för simulering i RailSys och PROTON, både vad gäller modellering av förseningar, hantering av större nätverk, och en gradvis förfinad kalibrering och validering. Även analytiska metoder för kapacitetsanalys i nätverk och noder utvecklas. Här finns en omfattande samverkan med projektet MOTIONAL WP8-9.
- Hantering av stora störningar, främst med avseende på stora och sena omplaneringar av både trafik, fordon och personal.
- Resor med byten och hur de kan underlättas genom olika strategier för plattformsallokering samt metoder för att informera om tillförlitligheten för resor med byten.

För att bedriva framgångsrik forskning behövs en väl fungerande forskningsinfrastruktur och god tillgång till data. I det här aktivitetsområdet finns även möjlighet att bygga upp och vidare på grundmodeller eller databaser som kan användas i flera forskningsprojekt och/eller för utbildningsändamål. Arbeta med simuleringsmodeller (främst det makroskopiska verktyget PROTON), optimeringsmodeller (som M2 och TIMO), och databasutveckling kommer att pågå kontinuerligt, liksom arbetet med att gradvis koppla dessa modeller närmare mot varandra.

### *Forskarutbildning*

Efter att LiU och LU haft ansvaret tidigare är det under 2025 KTH som ansvarar för att erbjuda en gemensam doktorandkurs inom KAJT-forskarskolan. Den erbjuds i samverkan med EO10 och har Mats Berg (KTH) som kursansvarig. Flera av doktoranderna som är verksamma inom EO9 är redan anmälda till kursen.

Excellensmedlen bidrar också till att finansiera doktorander, som brygga mellan andra typer av projektfinansiering. På så sätt är det möjligt att rekrytera doktorander utan att invänta slutgiltigt finansieringsbesked för enskilda projekt, minska ledtiden mellan att projekt beviljas och kan påbörjas, och göra det möjligt att anställa doktorander trots att projekttiderna sällan sträcker sig över de fyra-fem år som annars krävs. En ny doktorand, Samuel Golobov, har påbörjat sina studier vid LU under början av 2025 med delfinansiering från EO9.

En omarbetad ansökan om ett doktorandnätverk via Marie Skłodowska-Curie Actions (MSCA), ett EU-finansierat forskningsprogram kommer att lämnas in med tilltänkt start under hösten 2026. Om den beviljas kommer ytterligare två doktorander att rekryteras till LU, och EO9 att täcka upp för en del av deras finansiering.

Emma Solinen (LiU) disputerade i början av 2025, och planen är att Mohammad Al-Mousa (KTH) försvarar en licentiatavhandling under året. Förhoppningen är även att Emmanuel Broman (LiU) ska disputera.

### *Samverkan*

Samverkan brukar beskrivas som universitetens tredje uppgift, och är genomgående en viktig del i excellensområdena. Ett flertal intervjuer i nationell TV och radio har redan skett under början av 2025, och det kommer säkert fortsätta under året. Excellensområdet kommer också att ordna studiebesök för studenter på olika nivåer ute i näringslivet, och att bjuda in näringslivet till respektive campus, för att ytterligare stärka kopplingen mellan lärosäten och bransch. Vissa kostnader för att doktorander och forskare ska kunna delta i nationella och internationella branschmässor kan också förekomma, som en typ av omvärldsbevakning. Arbetet med införande av TTR i Sverige fortsätter under 2025, och forskare i Excellensområde 9 kommer bidra till denna stora omorganisation av processerna för kapacitetstilldelning. Gemensamma möten kommer också ske med andra excellensområden, inte minst område 6 och 8, för att öka samverkan mellan lärosäten. Slutligen är det viktigt med internationell samverkan, och ett flertal resor och internationella utbyten kommer att ske i båda riktningarna.



## Uppföljning och implementering av resultat

Uppföljning av projektresultat sker årligen i KAJT Årsrapport.

Resultatspridning och samverkan sker genom publikation av forskningsrapporter, deltagande på konferenser, utveckling av demonstratorer och samverkan. På europeisk nivå sker samverkan i första hand inom Europe's Rail och svensk nivå i första hand genom Järnvägens Branschsamverkan (JBS) och genom Tillsammans för tåg i tid (TTT).

I de olika forskningsområdena utvecklas metodik, beslutsstöd, simulatorer och demonstratorer. Demonstratorernas roll är att tydliggöra och tillgängliggöra forskningsresultat så att koncept och idéer kan studeras och utvärderas av både verksamhetsexperten och järnvägsbranschen i allmänhet. Allt större fokus har lagts på att ta fram demonstratorer. Exempelvis tas demonstratorer fram för att samordna bangård och järnvägsnät, för planering av servicefönster, analys av punktlighet samt för optimering av tågplanen. Inom Europe's Rail är demonstratorer särskilt prioriterade och KAJT medverkar tillsammans med Trafikverket i framtagning och utveckling av flera.

Inom ERTMS sker KAJT forskning med mikrosimulatorens Railsys och VTI tågsimulator. För Railsys håller Trafikverket i en användargrupp i Sverige, samt ett internationellt samarbete med Norge, Danmark och Nederländerna. För VTI tågsimulator finns ett samarbete med ett flertal tåg företag verksamma i Sverige, samarbetet benämns TUFFA gruppen. Dessa nätverk är viktiga för att få en närhet och kunskapsspridning mellan forskare, behovsägare, samt behovsägarnas experter.

Det blir allt viktigare att ta hänsyn till informationssäkerhetsfrågor i samband med forskning, digitalisering och automation. Detta har påverkan på demonstratorer och spridning av information.

# Projektöversikt



Figur 2: Projektkarta med KAJTs pågående och nyligen avslutade forskningsprojekt utplacerade i den eller de delar av forskningsprogrammet som de huvudsakligen berör.

## Pågående KAJT-projekt

Projekt	Akronym	Område	Utförare
Arbeta med kvalitetsmått	ARKA	Taktisk kapacitetsplanering, Människan, digitalisering och automation.	RISE
Deplide och modern arkitektur för YCS och C-DAS	Dep-YCS	Operativ kapacitetsplanering, Järnvägens sidosystem och koppling till järnvägsnätet	RISE
Dispatching Areas: Combinations and Design	DACoD	Operativ kapacitetsplanering, Planering av transportnätverk, fordon och personal	LiU
Effekter av Moving Block och HTD på förarbeteende och kapacitet	HybriF	Taktisk kapacitetsplanering, Signal- och trafikledningssystem	VTI
EU-RAIL FP1 MOTIONAL	MOTIONAL	Järnvägens sidosystem och koppling till järnvägsnätet Signal- och trafikstyrningssystem Människan, digitalisering och automation	RISE, LiU, KTH, LU, VTI
Headway och signalpunktsplaceringar i ETCS 2	HESE2	Strategisk kapacitetsplanering, Signal- och trafikstyrningssystem	KTH
Iterativt Samarbete vid Banarbetsplanering	ITSA-BAN	Taktisk kapacitetsplanering, Planering av transportnätverk, fordon och personal	RISE

Kapacitetsanalys av stationer	KASTA	Strategisk kapacitetsplanering, Framtidens transportsystem och trafikefterfrågan	KTH
KKA-matrisen som stöd vid händelseutredningar och beslutande om åtgärder inom operativ tågtrafikledning	KKA-matrisen	Operativ kapacitetsplanering, Människan, digitalisering och automation	VTI
Metod för snabb utvärdering av olika utbuds-scenarier i TTR	TTRuT	Strategisk kapacitetsplanering, Framtidens transportsystem och trafikefterfrågan	RISE
Människa-automation i framtida samverkan	HumanAuto	Operativ kapacitetsplanering, Människan, digitalisering och automation	UU
Probabilistisk metod för trafik- och kapacitetspåverkan på driftplatser	ProPå	Underhåll och trafik, Strategisk kapacitetsplanering	LiU
Radar and AI-based Live Surveillance for Enhanced Network Safety	RAIL-SENSE	Operativ kapacitetsplanering,	BTH, KTH
Rangerbangårdars kapacitet i prognos 2040	RANKA	Strategisk kapacitetsplanering, Järnvägens sidosystem och koppling till järnvägsnätet	RISE
Robusta semi-styva tidtabeller under dynamisk och osäker efterfrågan	ROSSO	Taktisk kapacitetsplanering	KTH
Samhällsekonomisk prioritering av underhållsåtgärder för ökad punktlighet	PRIOPUNKT	Taktisk kapacitetsplanering, Underhåll och trafik	RISE, LiU
Samplanering av trafikpåverkande åtgärder och trafikflöden – stråkplanering	SATT-SP	Strategisk kapacitetsplanering, Underhåll och trafik	VTI
SJ-Optimering och Tidtabeller	SJOT	Taktisk kapacitetsplanering, Planering av transportnätverk, fordon och personal	RISE
Stationsutformning och SamhällsEkonomi	SOSE	Strategisk kapacitetsplanering	RISE
Stora omplaneringar sent	SOS	Operativ kapacitetsplanering, Trafikinformation och störningshantering	LiU
TTR och beräkning av segmentet Rolling Planning	Torp	Strategisk och taktisk kapacitetsplanering	RISE

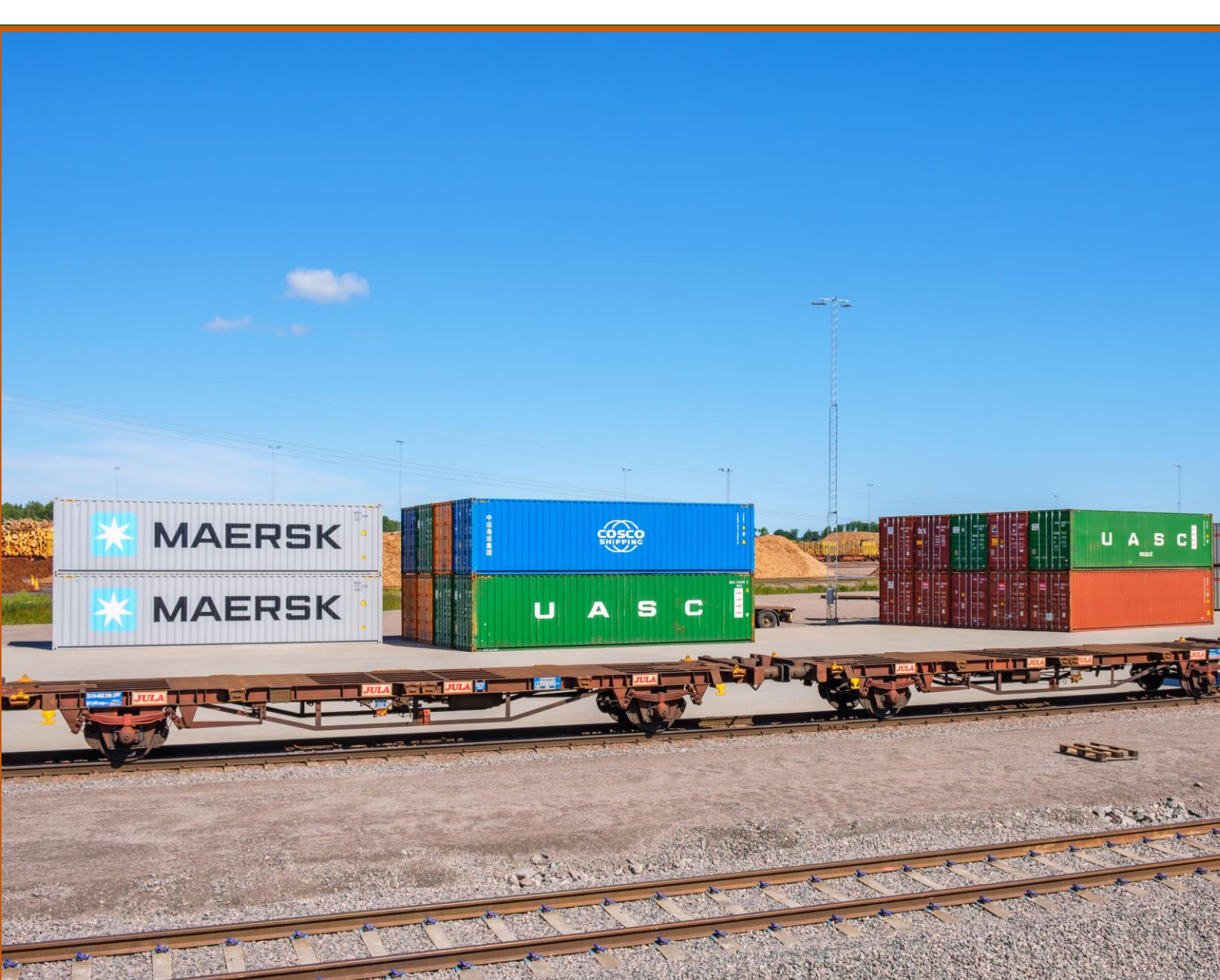
## KAJT-relaterade projekt

Projekt	Akronym	Område	Utförare
Robusthet och effektivitet för intermodala transporter	ROBIN	Planering av transportnätverk, fordon och personal	RISE
Sjävlärande neurala nätverk för operativ lokstyrning – huvudstudie	SOL-H	Planering av transportnätverk, fordon och personal	RISE
Tillförlitlig ruttplanering	TIRUP	Trafikinformation och störningshantering	LiU

## Avslutade projekt 2024

Projekt	Akronym	Område	Utförare
Automatiserad analys & klassificering av förseningsorsaker i järnvägssystemet	ANAKIN	Operativ kapacitetsplanering, Uppföljning och återkoppling	BTH
Banarbetsprocess och datatillgång, del 2	BANDAT2	Taktisk kapacitetsplanering, Underhåll och trafik	LU
Capacity Modeling and Shift Optimization for Train Dispatchers	CAPMO-train	Operativ Kapacitetsplanering, Planering av transportnätverk, fordon och personal	LiU, VTI
Kapacitet i nätverket 2	KAIN 2	Strategisk kapacitetsplanering, Framtidens transportsystem och trafikefterfrågan	KTH
Kritiska störningar och punktlighet	Tidpunkt	Operativ kapacitetsplanering, Uppföljning och återkoppling	RISE
Maskininlärningsbaserat beslutsstöd för tågtrafikledning vid störningar: En experimentell studie	MATRIX	Operativ kapacitetsplanering, Trafikinformation och störningshantering	BTH
Mindre Störningar i Tågtrafiken – Plattformsåtgärder	MIST Plattform	Strategisk kapacitetsplanering, Trafikinformation och störningshantering	LU
Mötesanalys och kanalkänslighet för godståg	MAKK	Taktisk kapacitetsplanering, Uppföljning och återkoppling	RISE, LU
Samplanering av Trafikpåverkande åtgärder och trafik – trafikflöden	SATT-TF	Strategisk kapacitetsplanering, Framtidens transportsystem och trafikefterfrågan	RISE
Simulatorbaserad utbildning och träning av tågförare	SITUATE	Operativ kapacitetsplanering, Människan, digitalisering och automation	VTI
Simulering med ATO	SIMULATO	Strategisk kapacitetsplanering, Signal- och trafikstyrningssystem	KTH
Tågsimulering och ERTMS, del 1 och del 2	ERTMS	Taktisk kapacitetsplanering, Signal- och trafikstyrningssystem	VTI
Feasibility study on Applying Socio-Economic Criteria in Case of Capacity Shortages	SEC*	Strategisk Kapacitetsplanering	RISE
Konstruktionsregler för en robust tågplan	KRUT*	Taktisk kapacitetsplanering	Trafikverket, LiU
Malmbanan T25	*	Taktisk kapacitetsplanering	RISE
Tillgängliggörande av FBKS-demonstrator – Fas 1	FBKS-demo*	Uppföljning och återkoppling	RISE
Värdering av Trafikinformationsnyttor i Tågtrafiken	VTT*	Trafikinformation och störningshantering	LiU
YardCDM Demo	YardCDM*	Järnvägens sidosystem och koppling till järnvägsnätet	RISE

\* KAJT-relaterat projekt.



**PÅGÅENDE PROJEKT**

## Arbeta med kvalitetsmått (ARKA)

Utförare	RISE
Projektledare	Jonas Andersson, RISE
Beställare	Lars Stenegard, Trafikverket.
Tidsperiod	2023 - 2025
Omfattning (total)	1 MSEK
Projekttyp	Forskningsprojekt
Forskningsområde	Taktisk kapacitetsplanering, Människan, Digitalisering och Automation.

### Mål

Projektets syfte är att möjliggöra god och ändamålsenlig användning av kvalitetsmått för olika tidtabellsaspekter vid planering och analys. Projektmålet är att skapa kunskap om vilka kvalitetsmått som är användbara för planerare/analytiker, samt hur dessa kan användas.

### Huvudsakliga aktiviteter

Huvudsakliga aktiviteter i projektet är:

- **Behovsanalys:** möten och workshoppar med relevanta personer och grupper för att förstå verksamheten och planeringsuppgiften. Urval av mått att fokusera på. Listan av möjliga mått kommer från det tidigare forskningsprojektet Tidtabellskvalitet (TTK).
- **Iterativ design av planeringsverktyg:** Framtagande av koncept och visualiseringar med ökande detaljgrad i samarbete med tänkta användare, s.k. ”participatory design”.
- **Utvärdering och analys av designförslag:** Utvärderingen sker parallellt med designen. Utvärderingen kan ske genom heuristik och riktlinjer för god användarvänlighet, men också genom att ta med designförslagen till en bredare grupp användare som får ge input och idéer till nästa steg i processen.
- **Resultatspridning:** Projektet kommer producera en slutrapport, samt om lämpligt en konferensartikel. Projektet kommer också göra presentationer för medverkande och intressenter på Trafikverket.

### Forskningsbidrag

ARKA bidrar till ökad kunskap om hur planerare och analytiker kan använda sig av kvalitetsmått under arbetet med att ta fram en tidtabell. Projektet tar också fram förslag på hur kvalitetsmått kan implementeras i ett beslutsstöd.

### Nytta för beställare

ARKA kommer ta fram bra och, framför allt, användbara kvalitetsmått. Bra och användbara kvalitetsmått ger en ökad förmåga att skapa tidtabeller där olika aspekter beaktas, såsom teoretisk körbarhet, robusthet och återställningsförmåga, konkurrenshantering, reservkapacitet, och ansökningsuppfyllnad. Gemensamma mått gör också tidtabellplaneringen mer enad.

### Rapporter

Inga publicerade rapporter än.

### Närmast relaterade KAJT-projekt

Tidtabellskvalitet (TTK).



## Deplide och modern arkitektur för YCS och C-DAS (Dep-YCS)

Utförare	RISE
Projektledare	Martin Joborn, <a href="mailto:martin.joborn@ri.se">martin.joborn@ri.se</a>
Övriga projektdeltagare	Henrik Teinelund, Martin Kjellin, Sara Gestrelus, Eddie Olsson
Beställare	Peter Olsson, Trafikverket
Tidsperiod	2024 – 2026
Omfattning (total)	2 MSEK
Projekttyp	Forskningsprojekt
Forskningsområde	Operativ kapacitetsplanering, Järnvägens sidosystem och koppling till järnvägsnätet

### Bakgrund och mål

Deplide är en kommunikationsplattform utvecklad av RISE och en viktig komponent i flera EU-RAIL-projekt. Tillsammans med andra moderna nyckelkomponenter som Kafka, Kubernetes och Keycloak utgör det en grundstomme inom utveckling av både t.ex. YardCDM och YCS, liksom för RailwayCDM-satsningar. Tillsammans är de en modern, driftsäker och datasäker miljö som är intressant för Trafikverkets framtida arkitektur och datautveckling. Deplide och de andra nämnda komponenterna är också viktiga i samverkan mellan FP1 MOTIONAL och FP5 TRANS4M-R.

Inom EU-RAIL FP1 Motional utvecklas demonstratorerna YCS, planeringsstöd för rangerbangårdar, och RTTP Updater, beslutsstöd för trafikledares hantering av C-DAS-tåg. Dessa anpassas till och nyttjar den moderna arkitektur som beskrivs ovan. Att använda denna arkitektur och dess komponenter ger stort erfarenhetsvärde för utvärdering av allmängiltigheten av komponenterna. Det gäller inte minst för att fånga upp och hantera de realtidsaspekter som YCS och RTTP Updater har, där dessa system i realtid ska anpassa sin information och resultat till levande dataströmmar.

### Mål med detta projekt är:

- Stödja utvecklingen av demonstratorerna YCS och RTTP Updater inom FP1 MOTIONAL WP11/12 och WP15/16 så att de inkluderar viktiga realtidsaspekter som behövs för rättvis utvärdering av både dessa system och av de komponenter de bygger på.
- Hämta hem och dokumentera de erfarenheter och den kunskap som uppbyggnad och användning av de nämnda komponenterna ger.

### Huvudsakliga aktiviteter

Huvudsakliga aktiviteter i projektet är genomföra utveckling av nämnda demonstratorer för att säkerställa att YCS och RTTP Updater når sina utvecklingsmål och att dra relevanta slutsatser om både dessa demonstratorer i sig, men även om komponenterna som de nyttjar.

### Forskningsbidrag

Främsta forskningsbidraget är kunskap om hantering av strömmande data i realtidssystem ämnade för beslutsstöd.

### Nytta för beställare

Nytan för beställare kommer dels genom att demonstratorer i Motional når en högre mognadsgrad och därmed kan bidra till relevantare slutsatser, och dels genom att Trafikverket får bättre beslutsunderlag för egen framtida användning av den arkitektur och de komponenter som demonstratorerna baseras på

### Närmast relaterade KAJT-projekt

MOTIONAL WP4/5 och MOTIONAL WP11/12

## Dispatching Areas: Combinations and Design (DACoD)

Utförare	Linköpings universitet (LiU)
Projektledare	Christiane Schmidt, <a href="mailto:christiane.schmidt@liu.se">christiane.schmidt@liu.se</a>
Övriga projektdeltagare	Rabii Zahir, <a href="mailto:rabii.zahir@liu.se">rabii.zahir@liu.se</a> , LiU Tomas Lidén, <a href="mailto:tomas.liden@liu.se">tomas.liden@liu.se</a> , LiU
Beställare	Sandra Stefanovic, Trafikverket
Tidsperiod	2024 - 2026
Omfattning (total)	3,13 MSEK
Projekttyp	KAJT-relaterat doktorandprojekt
Forskningsområde	Planering av transportnätverk, fordon och personal

### Mål

I detta projekt syftar vi till att belysa möjligheterna för effektivisering som kan uppnås med olika förändringar av det operativa upplägget av tågklarerarnas arbete. Vi syftar särskilt till att studera förändringar relaterade till de geografiska styrområdena—kvalifikationsstrukturen och utformning av geografiska styrområden.

### Huvudsakliga aktiviteter

Studera hur kvalifikationsstrukturen (vilka tågklarerare som kan jobba med vilka styrområden) påverkar dimensionering och flexibilitet i skiftplanering och genomförande. Ta fram den mest gynnsamma kvalifikationsstrukturen för förbestämda geografiska styrområden. Analysera hur geografiska styrområden påverkar tågklarerarens arbete. Ta fram en metod för utformning av bra geografiska styrområden. Analysera förbättringspotentialen och möjliga förändringar. Möjligtvis härledning av tröskelvärden vad gäller för hög och för låg arbetsbelastning för tågklarerare och integration av dessa tröskelvärden i vårt optimeringsramverk.

### Forskningsbidrag

Bygga på vårt optimeringsramverk från CAPMO-Train för optimal planering av tågklarerarens arbetsskift för att kunna optimera kvalifikationsstrukturen av tågklarerare och för att kunna utvärdera förbättringspotential gentemot aktuell situation. Geometrisk optimering för att utveckla en metod för beräkningen av optimala geometriska styrområden.

### Nytta för beställare

Projektet kommer att ge insikt i både hur olika kvalifikationsstrukturer för tågklarerare påverkar möjlighet till flexibilitet i skiftplaneringen, inkl. potentialer med olika förändringar av kvalifikationsstrukturerna; och metoder för att utforma styrområden--och belysning av möjliga trade-offs mellan olika mål för den geografiska indelningen, inkl. potentialer med olika förändringar av de geografiska styrområdena. Dessutom kommer projektet ge insikt i effektiviseringsmöjligheter med en kombinerad förändring av kvalificeringsstruktur och utformning av styrområden.

### Resultat

Vi har haft flera möten med vår kontaktperson från trafikledningen i Malmö för att få en insikt i hur den aktuella områdesindelningen ser ut och vilka principer som följs för att fastställa denna indelning. Just nu analyserar vi den aktuella indelningsprofilen och överväger hur vi kan förändra den samt hur vi skulle kunna bedöma kvaliteten på en viss indelning. Vi undersöker även vilka faktorer som har störst påverkan på indelningens effektivitet och funktionalitet. Målet är att identifiera förbättringsområden och utveckla en metod för att objektivet utvärdera och optimera olika indelningsförslag.

### Rapporter

Ännu inga rapporter publicerades.

### Närmast relaterade KAJT-projekt

FelOp, BelOpt, CAPMO-Train.

# Effekter av Hybrid Train Detection på förarbeteende och kapacitet (HybriF)

Utförare	VTI
Projektledare	Tomas Rosberg, <a href="mailto:tomas.rosberg@vti.se">tomas.rosberg@vti.se</a>
Övriga projektdeltagare	Daniel Knutsen, VTI Birgitta Thorslund, Linköpings universitet
Beställare	Per Köhler, Trafikverket
Tidsperiod	2025 - 2026
Omfattning (total)	1,8 MSEK
Projekttyp	Forskningsprojekt
Forskningsområde	Taktisk kapacitetsplanering, Signal- och trafikledningssystem
Hemsida	<a href="http://www.vti.se">www.vti.se</a>

## Mål

Projektet syftar till att öka kunskapen kring HTD genom en skarp implementering och en studie av effekter på förarbeteende.

## Huvudsakliga aktiviteter

Projektet omfattar både Transportvetenskap och Kognitionsvetenskap. Huvudfokuset är på Transportvetenskap och vidareutvecklingen av ERTMS/ETCS; hur kommer detta att se ut? Och vilka konsekvenser får det när lokförare och tågklarare ska använda systemet? Kognitionsvetenskapen handlar om hur en lokförare tar till sig informationen och hur det påverkar arbetet. VTI:s tågsimulator är central i projektet, och metodutvecklingen består i att vidareutveckla simulatorm i enlighet med standarden för HTD för ETCS (TSI 2023/1695). Detta ger i nästa steg möjligheten att studera effekter av implementeringen på förarbeteende och kapacitet i jämförelse med ERTMS/ETCS Level 2. Tidigare genomförd forskning kring HTD kommer användas som underlag: så som utformning av virtuella block, blocklängder, etc. Vidare öppnar metodutvecklingen upp för att studera effekter på: kapacitet, uppmärksamhet, energieffektivitet, utbildning, arbetsbelastning, säkerhet.

## Forskningsbidrag

Projektet förväntas bidra med:

- allmän kunskapsuppbyggnad av Hybrid Train Detection (HTD)
- förståelse för hur dessa system kan hjälpa till och vidmakthålla kapacitet trots ökade trafikvolym
- hitta problemområden på ett tidigt stadium och möjliggöra hantering av dessa
- kunskapsunderlag till framtidens kapacitetsplanering och tågföring.
- kunskap om hur utvecklingen faktiskt skulle fungera i en verklig implementering
- kunskap till EU-Rail, så som HTD studier i FA2
- kunskap till EU-Rail FA1 studie av kapacitetseffekter för trafikstyrning med HTD
- förberedelse för utrullning av nästa nivå av ERTMS/ETCS
- minskat underhållsbehov pga. minskat antal spårledningar/axelräknare
- möjliggöra jämförelse mot L2 utan HTD
- utveckla modellering av förarbeteende för L2 med HTD i RailSys

## Nytta för beställare

Nytan för Trafikverket är:

- Ökad kunskap om verklig tågföring inklusive lokförare utifrån ERTMS och pågående teknikutveckling
- Ökad kunskap och utveckling kring modellering av HTD
- Ökad kunskap om signalsystem ERTMS/ETCS
- Åtgärder kring projektering och teknikutveckling med koppling till ERTMS

**Resultat**

Projektet startar under 2025.

**Rapporter**

Projektet startar under 2025.

**Närmast relaterade KAJT-projekt**

Simulering med ATO (SIMULATO)

## Headway och signalpunktsplaceringar i ETCS 2 (HESE2)

Utförare	KTH
Projektledare	Hans Sipilä, <a href="mailto:mute@kth.se">mute@kth.se</a>
Övriga projektdeltagare	Anders Lindfeldt (KTH)
Beställare	Per Köhler, Trafikverket
Tidsperiod	2024 – 2025
Omfattning (total)	0,55 MSEK
Projekttyp	Forskningsprojekt
Forskningsområde	Strategisk kapacitetsplanering, Signal- och trafikstyrningssystem

### Mål

Projektet syftar till att utöka funktioner som togs fram i HESE. Huvudsyftet är att beräkna teknisk headway givet indata i form av spår-, signal-, fordonsparametrar samt övriga ETCS-parametrar. Utökningarna gäller hanteringen av ETCS HL3, modellering av ATO samt enklare modellering av förarvariation.

### Huvudsakliga aktiviteter

I projekt HESE ingick en validering av beräkningarna för de olika ”kurvor” som används i ETCS L2 (retardation och övervakningsgränser). Valideringen gjordes främst mot *ERA Braking curve simulation tool* för några olika fall. Beräkningen av tåghastighetsprofil för några olika fiktiva linjesträckor och linjehastighetsprofiler validerades mot RailSys. Modellen utökas inom projekt HESE2 till att hantera även ETCS HL3 och blandning av tåg med och utan tågintegritetskontroll. Vidare införs en modul för att hantera tåγκörning som påverkas av restriktivt besked (p.g.a. framförvarande tåg), detta innebär i praktiken att de olika broms/ingripande/varningskurvor som beräknas mot varje signalpunkt i förväg behöver kunna vara antingen inaktiva eller aktiva beroende av positionen på framförvarande tåg. Principer för hur indataformaten och inmatningar ska göras diskuteras i början på projektet. Programmeringsspråket är Julia och Python, slutlig implementering görs helt i Python.

Förarvariation är tänkt att hanteras genom att tåghastighetsprofilerna utgörs av ett antal varianter där övre gränser sätts av tågens prestanda, linjehastighetsprofil samt bromskurvor och övervaknings/varningsgränser och alternativa tåghastighetsprofiler kan beräknas både med lägre acceleration och retardation samt med lägre linjehastighet än den för tillfället tillåtna. Detta arbete är påbörjat och det finns möjlighet att skapa några olika körprofiler.

### Forskningsbidrag

Vidareutveckla en existerande metod/modell som kan användas som stöd i ETCS-projekt för att bedöma skillnader i kapacitetshänseende mellan en mängd olika möjliga placeringar av signalinformationspunkter och med hänsyn tagen till spåravsnittets statistiska hastighetsprofil och vertikalprofil samt till de modellerade tågens parametrar. Modellering av samspelet mellan tåg med och utan tågintegritetskontroll med variation av kombinationen i längder för L2 och HL3 block. Möjlighet till viss kvantifiering av förväntade skillnader i headway (kapacitet) mellan traditionell körning med förare och automatisk körning.

### Nytta för beställare

Projektet förväntas bidra till underlag och input i projekt där bedömningar görs av headwayutfall/kapacitet både med ATO-körning och körning med förare i ETCS L2. Utöver detta kan headwayutfall studeras med olika kombinationer av längder på fasta och virtuella blocksträckor i ETCS HL3.

### Rapporter

Inga publicerade rapporter än.

### Närmast relaterade KAJT-projekt

## Headway och signalpunktsplaceringar i ETCS (HESE)

## Iterativt samarbete vid banarbetsplanering (ITSA-BAN)

<b>Utförare</b>	RISE
<b>Projektledare</b>	Sara Gestrelius sara.gestrelius@ri.se
<b>Övriga projektdeltagare</b>	Martin Joborn, <a href="mailto:martin.joborn@ri.se">martin.joborn@ri.se</a>
<b>Beställare</b>	Fredrik Lundström, Trafikverket, Linus Fjellström, LKAB
<b>Tidsperiod</b>	2024 - 2026
<b>Omfattning (total)</b>	0,7 MSEK
<b>Projekttyp</b>	Forskningsprojekt
<b>Forskningsområde</b>	Taktisk kapacitetsplanering, Planering av transportnätverk, fordon och personal

### Bakgrund

Kapacitetsplaneringen av Malmbanan står inför stora utmaningar under de närmaste åren, då belastningen är hög samtidigt som stora banarbeten ska genomföras. RISE har under tidigare projekt utvecklat en forskningsprototyp och demonstrator för optimerande tidtabellsplanering, kallad M2. I detta projekt använder RISE M2 för att stötta Trafikverket och LKAB i arbetet med att konstruera framtida tågplaner. Tidigare liknande projekt (Malmbanan T25) visade potentialen i arbetssättet, men också på behov av att vidareutveckla både samarbetsprocess och optimeringsverktyg, vilket alltså båda görs i detta projekt.

### Huvudsakliga aktiviteter

Huvudsaklig aktivitet är att, parallellt med Trafikverkets kapacitetsanalyser, använda M2 för att skapa alternativa, förfinade, tågplaner. Anpassningar av M2 görs för att bättre motsvara de krav som ställs vid den specifika tillämpningen.

### Nytta för beställare

Projektet kan dels leda till faktisk bättre nyttjande av Malmbanan under år då balansering mellan trafik och banarbeten är extra utmanande. Projektet kan också leda till ett nytt sätt att samverka med forskningen inom kapacitetsplaneringen.

### Resultat

Pga föräldraledighet pausar projektet till hösten 2025.

### Närmast relaterade KAJT-projekt

Flexikap, Malmbanan T25

## Kapacitetsanalys av stationer (KASTA)

Utförare	KTH
Projektledare	Ingrid Johansson, <a href="mailto:injohans@kth.se">injohans@kth.se</a>
Övriga projektdeltagare	Elin Hellblom, KTH, Anders Lindfeldt, KTH
Beställare	Magnus Backman, Trafikverket
Tidsperiod	2024
Omfattning (total)	1,1 MSEK
Projekttyp	Doktorandprojekt
Forskningsområde	Strategisk kapacitetsplanering, Framtidens transportsystem och trafikefterfrågan

### Mål

Projektets mål är att förbättra kapacitetsberäkningar för stationer. Förbättrade kapacitetsberäkningar kan ge positiva effekter som bättre punktlighet och förutsägbarhet för Trafikverket, järnvägsföretagen och kunder (resenärer och godstransportköpare).

### Huvudsakliga aktiviteter

De huvudsakliga aktiviteterna är att:

- Vidareutveckla modellen från projektet KAIN 2 så att den kan användas till att identifiera flaskhalsar på större stationer.
- Minska modellens beroende av RailSys för att underlätta analyser av tidiga skeden.
- Skriva en rapport som beskriver modellen.
- Skriva en vetenskaplig publikation i en internationell tidskrift.

### Forskningsbidrag

Projektet bygger till viss del på användning av KAIN-modellen som tagits fram i KAJT-projekten KAIN och KAIN2. KAIN-modellen använder indata från Trafikverkets nationella RailSys-modell för att modellera infrastruktur och tidtabell. De datastrukturer som redan finns i modellen används för att skapa kompletterande metodik och mått med högre upplösning för att kunna finna flaskhalsar inom stationer och kunna presentera resultat på spår- eller länknivå. Därmed kan större stationer där olika delar kan ha helt olika karaktär analyseras i detalj.

### Nytta för beställare

För att stärka KAIN-modellens användbarhet som ett prognosverktyg i den strategiska kapacitetsplaneringen kompletteras den med möjligheten att beräkna stationskapacitetsutnyttjande genom att skapa prognostidtabeller där tågvägarna genom stationen är baserade på mallar. Därmed försvinner dagens krav på en fullständigt spårplanerad RailSys-tidtabell för att använda KAIN-modellen. Ökad användbarhet ökar sannolikheten för att modellen kommer till användning internt på Trafikverket.

### Resultat

Projektet är nystartat och har inga resultat än.

### Rapporter

Inga publicerade rapporter än.

### Närmast relaterade KAJT-projekt

KAIN, KAIN 2.



## KKA-matrisen som stöd vid händelseutredningar och beslutande om åtgärder inom operativ tågtrafikledning (KKA-matrisen)

Utförare	Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI)
Projektledare	Gunilla Björklund, <a href="mailto:gunilla.bjorklund@vti.se">gunilla.bjorklund@vti.se</a>
Övriga projektdeltagare	Jan Andersson, Henriette Wallén Warner, VTI
Beställare	Pelle Thorén, Trafikverket
Tidsperiod	2022 - 2025
Omfattning (total)	1,6 MSEK
Projekttyp	Forskningsprojekt
Forskningsområde	Operativ kapacitetsplanering, Människan, digitalisering och automation

### Mål

Syftet med projektet är att vidareutveckla den KKA-matris (Kommunikation-Kompetens-Arbeitsbelastning) som togs fram i projektet FelOp. I detta projekt kommer även matrisens funktionalitet att testas, dels i kommande utredningar av avvikelser, tillbud och olyckor i samband med tågtrafikledning, dels vid analys och åtgärdshantering efter sådana händelser. Säkerhetskultur och attityd till säkerhetsarbete kommer också att vara i fokus.

Målet är att KKA-matrisen ska ge bättre stöd för identifiering av bakomliggande orsaker och formulering av åtgärder än de metoder som idag finns inom Trafikverket gällande utrednings- och analysarbete inom tågtrafikledning.

### Huvudsakliga aktiviteter

- Litteraturoversikt.
- Diskussioner och intervjuer kring KKA-matrisen med olika aktörer (främst analysgruppen) som ingår i utredningsprocessen och i övrigt analys- och åtgärdsarbete. Detta för att vidareutveckla matrisen och göra den redo att testas i verkligheten.
- Test och justering av matrisen i samband med händelseutredningar och analysarbete.
- Enkätstudie för att studera arbetsbelastning och säkerhetskultur på trafikcentralerna.

### Forskningsbidrag

Metodutveckling kring hur bakomliggande orsaker till oönskade händelser inom operativ tågtrafikledning kan identifieras, klassificeras och åtgärdas.

### Nytta för beställare

En vidareutveckling av KKA-matrisen förväntas ge Trafikverket (utredare, analysgrupp med flera) verktyg att identifiera bakomliggande orsaker så att ändamålsenliga åtgärder kan genomföras. KKA-matrisen kommer testas praktiskt i verksamheten, men vi kommer i detta arbete inte ta ställning till vilken typ av insatser Trafikverket bör göra. Däremot kommer vi leverera en lista med en grov indelning av potentiella åtgärder utifrån KKA-matrisen med syfte att ge operatören så bra förutsättningar som möjligt att utföra sina uppgifter.

### Närmast relaterade KAJT-projekt

FelOp, Traffic Management Services X2R-4, CAPMO-Train

## Metod för snabb utvärdering av olika utbuds-scenarier i TTR (TTRuT)

Utförare	RISE
Projektledare	Martin Aronson, <a href="mailto:martin.aronsson@ri.se">martin.aronsson@ri.se</a>
Övriga projektdeltagare	Martin Kjellin, RISE
Beställare	Peter Öhrn, Trafikverket
Tidsperiod	2024 - 2025
Omfattning (total)	1,5 MSEK
Projekttyp	Forskningsprojekt
Forskningsområde	Strategisk kapacitetsplanering, Framtidens transportsystem och trafikefterfrågan

### Mål

TTRuTs mål är att demonstrera ett beräkningsstöd som tar fram ett optimerat urval av efterfrågad trafik (tåglägen men även ett nytt kapacitetsobjekt benämnt transportläge eller bandbredd) från en prognosticerad mängd transporter. Ett viktigt delmål är att säkerställa att de föreslagna modellerna och metoderna kan representera transporter och trafikflöden på ett korrekt sätt så att effektiv scenarioanalys kan genomföras.

### Huvudsakliga aktiviteter

Projektet delas upp i tre huvudfaser: dels en explorativ och validerande fas undersökande metodens förmåga att representera och översätta den prognosticerade efterfrågan liksom representera infrastrukturens produktionsmöjligheter, dels en verifierande fas med ett större realistiskt beräknings-exempel, dels en konsoliderande fas då slutsatser dras och rekommendationer för framtida utveckling och användande tas fram.

### Forskningsbidrag

Kunskap och modelleringsförmåga av efterfrågan och matchande utbud är helt avgörande för ett lyckat genomförande av TTR-processens förplanering innan ansökan om kapacitet. Det föreslagna projektet bidrar konkret till detta genom att ta fram modeller och beräkningsmetoder som möjliggör scenarioanalys och optimerat utbud. Utgångspunkten är metoder från operationsanalysen som visat sig mycket framgångsrika inom andra områden för resursplanering och en viktig frågeställning är om dessa metoder kan anpassas till infrastrukturförvaltarens förplanering inom den föreslagna TTR-processen.

### Nytta för beställare

Ett viktigt syfte med TTR och EU-kommissionens förslag till ny förordning inom området är att infrastrukturförvaltaren ges möjlighet att redan tidigt skapa förutsättningar för ett effektivt nyttjande av infrastrukturen. Detta kräver att Trafikverket utvecklar sin marknadskunskap och kompetens rörande tåglägens attraktivitet för kapacitetsökande. TTRuT stärker Trafikverkets förmåga i arbetet med kapacitetsstrategin, kapacitetsmodellen och kapacitetsutbudet i TTR-processen genom att möjliggöra framtagande av ett optimerat utbud från trafikprognoser och TTRs CNA, Capacity Needs Announcement.

### Resultat

Projektet har under våren modellerat upp beräkningsmodellen i ett modelleringsverktyg och haft en första workshop för att belysa de olika egenskaper som modellen behöver klar av. Under hösten har detta material konsoliderats, men inga slutliga resultat finns tillgängliga vid ingången till 2025.

### Rapporter

Inga publicerade rapporter än.

### Närmast relaterade KAJT-projekt

SATT, SATT-TF/BP, TOT, RITH

## Människa-automation i framtida samverkan (HumanAuto)

Utförare	Uppsala universitet
Projektledare	Anders Arweström Jansson, <a href="mailto:anders.arwestrom.jansson@it.uu.se">anders.arwestrom.jansson@it.uu.se</a>
Övriga projektdeltagare	Rebecca Cort, Jessica Lindblom & Mikael Laaksoharju, alla Uppsala universitet
Beställare	Jörgen Frohm / Gunnar Bengtsson
Tidsperiod	2021 – 2024
Omfattning (total)	2,85 MSEK
Projekttyp	Forskningsprojekt
Forskningsområde	Operativ kapacitetsplanering, Människan, digitalisering och automation

### Mål

Det övergripande målet är att ta fram nytt empiriskt material och med hjälp av det lägga grunden till ett vetenskapligt underlag som Trafikverket kan använda i framtida utvecklingsprojekt där människa-automationssamverkan är en central del. Den exakta formen för detta kan bli alltifrån en bok, flera interna rapporter eller ett informationsmaterial, eller en kombination av dessa. Ett mer specifikt mål är att på plats studera effekterna av nyligen genomförda förändringar för att dokumentera nya arbetssätt.

### Huvudsakliga aktiviteter

Fältstudier där kognitiva etnografiska metoder används för att studera arbetspraktikers genomförande, samt litteraturstudier om hur automation som är baserad på maskininlärning bäst kombineras med mänsklig expertis för tillämpning i komplexa tekniska miljöer.

### Forskningsbidrag

Projektet genomförs till största del som ett PostDoc-projekt där Rebecca Cort kommer att fortsätta utveckla sin forskning om de mänskliga bidraget i komplexa tekniska system.

### Nytta för beställare

Syftet är att tydliggöra och framhålla det mänskliga bidragets betydelse i alla former av automationsprojekt som kräver samarbete mellan människa och automation, inkluderat sådan automation som är baserad på maskin- och djupinlärning. Projektet kan närmast beskrivas som en upplysningsresa – det blir alltmer uppenbart att kunskapen om människans bidrag i människa-automationssamverkan är både bristfällig och underskattad.

### Rapporter

Bergqvist, A., Källbäcker, J., Cort, R. Cajander, Å & Lindblom, J. (2024). Towards a framework for digital work engagement of enabling technologies. In: T. Ahrm, J. Kalra & W. Karwowski (Eds) *Artificial Intelligence and Social Computing* (pp: 257-265). AHFE International, USA. <https://doi.org/10.54941/ahfe1004663>

Cort, R. & Lindblom, J. (2024). Sensing the breakdown: Managing complexity at the railway. *Culture and Organization*, 30 (2), p. 179-197. <https://doi.org/10.1080/14759551.2023.2266857>

Lindblom, J., Laaksoharju, M. & Cort, R. (2024). Roadmap for UX in future operational train traffic control. *International Journal of Human Factors and Ergonomics*, 11 (1), p. 28-55. <https://doi.org/10.1504/IJHFE.2023.10058712>

### Närmast relaterade KAJT-projekt

FTTS2, DIALOG samt F-Auto

# Probabilistisk metod för trafik- och kapacitetspåverkan på driftplatser (ProPå)

Utförare	Linköpings universitet
Projektledare	Tomas Lidén, tomas.liden@liu.se
Övriga projektdeltagare	Carl Henrik Häll, Linköpings universitet Mikael Fredriksson, Linköpings universitet
Beställare	Marika Gjerdrum, Trafikverket
Tidsperiod	2025 (feb-okt)
Omfattning (total)	0,4 MSEK
Projekttyp	Förstudie
Forskningsområde	Underhåll och trafik, Strategisk kapacitetsplanering

## Mål

Projektet ska vidareutveckla och undersöka lämpligheten av en probabilistisk metod (identifierad i den tidigare förstudien UFO) för att göra kapacitetsbedömningar på driftplatser, framför allt då olika arbetsområden stängs av för underhållsarbeten. Delmålen är att:

Utveckla stöd för automatisk beräkning, hantering av alternativa tågvägar (inklusive omfördelning av tågvolym), samt hänsyn till tidsvarierande trafikbelastning.

Implementera och testa metoden på ett antal realistiska testinstanser.

Bedöma lämplighet och användbarhet av den vidareutvecklade metoden.

Ge förslag på fortsatt hantering.

Projektet ska leverera en forskningsrapport som sammanfattar genomfört arbete och erhållna resultat.

## Huvudsakliga aktiviteter

Arbetet består av följande arbetspaket:

Inläsning och teoretisk metodutveckling,

Programmering och verifiering,

Test och utvärdering,

Slutförande och resultatredovisning.

## Forskningsbidrag

Projektet producerar en forskningsrapport, som beskriver den vidareutvecklade metoden och de resultat som erhållits. Resultaten ska visa hur väl metoden kan fungera, dels för fortsatt forskning om kapacitet i noder (specifikt vid tillfälliga kapacitetsreduktioner), dels som ett praktiskt hjälpmedel för Trafikverket till exempel vid utformning av underhållsområden (öar).

## Nytta för beställare

Den primära nyttan för Trafikverket är att erhålla fördjupad kunskap om ett alternativt sätt för kapacitetsanalys av driftplatser – baserad på en mer generell och enklare trafikbeskrivning (utan krav på en detaljerad tidtabell). Om metoden uppvisar goda resultat är ambitionen att kunna använda den vid utformning av underhållsområden (öar) men kanske även för kapacitetsberäkningar på olika typer av stationsutformningar.

## Resultat (behövs ej för nystartade projekt)

Inga resultat än (projektet startar under 2025)

## Rapporter

Inga publicerade rapporter än (projektet startar under 2025)

## Närmast relaterade KAJT-projekt

UFO, KAIN2, SATT-SP

## Radar- och AI-baserad realtidsövervakning för förstärkt säkerhet (RAIL-SENSE)

Utförare	Blekinge Tekniska Högskola Kungliga Tekniska Högskolan
Projektledare	Mats Pettersson, mats.pettersson@bth.se
Övriga projektdeltagare	Mattias Dahl, Blekinge Tekniska Högskola Mats Bengtsson, Kungliga Tekniska Högskolan Anders Lindahl, Kungliga Tekniska Högskolan Anders Lindfeldt, Kungliga Tekniska Högskolan
Beställare	Per Olsson, Trafikverket
Tidsperiod	2025 - 2026
Omfattning (total)	0,5 MSEK
Projekttyp	Förstudie
Forskningsområde	Signal- och trafikstyrningssystem

### Mål

Förstudiens förväntade resultat är att ge underlag för ett projekt som undersöker möjligheten att använda nya sensorer på ett nytt sätt för att öka säkerheten, kapaciteten och punktligheten på järnvägsnätet. Traditionellt så har säkerhets- och sensorsystem i järnvägsmiljö varit hårt kopplade till tågbanan och tågen som sådana. RAIL-SENSE har en annan riktning och fokus som ligger i att förstå vilka typer, mängder och omfattningar av rörelser som kan detekteras i och runt spåren, banvallen och dess närområde. Detektion av förändringar i luftrummet som tågen passerar genom är en av de tekniska utmaningar som RAIL-SENSE speciellt ser som intressant och kommer att ägna speciellt fokus. Förstudien och det efterföljande projektet förväntas även öka det tvärvetenskapliga samarbetet mellan inblandade högskolor och excellensområden vilket är viktigt för framtiden.

Förstudien utförs av BTH och KTH. Även företag involveras och anläggningen Tillberga-Tortuna Testcenter (TTC) kommer att utnyttjas. Förhoppningen är att framtida projektet ger bredare och överbryggande kunskap mellan olika kompetensområde. Projektet kommer att analysera hur ny sensorinformation skall användas för att förbättra trafikplaneringen och trafikstyrningen.

### Huvudsakliga aktiviteter

Den huvudsakliga aktiviteten i förstudien är att sammanställa en projektansökan som skall lämnas under 2026. För projektet behöver projektgruppen först ta fram högprioriterade scenarier för järnvägstrafiken att studera, för att optimera tidtabellen och punktligheten av tåg. Redan i förstudien görs experiment på TTC där vi sammankopplar kompetens från BTH och KTH. Detta görs för att ge underlag hur projektet skall organiseras och vilka frågeställningar som skall lösas. Experimentet kommer i förstudien att planeras i detalj och det finns olika scenarier som kan vara av intresse som spring på spåret, vilt på spåret, tågpositionering, växelläge, nedisning, plankorsningar och inte minst skeenden på banvall eller i närheten av banvall.

### Forskningsbidrag

Förstudiens mål är ett forskningsprojekt som startar under 2026 som syftar till att upptäcka förändringar utefter tågbanan på ett helt nytt sätt. Detta kommer att bidra till helt nya möjligheter att styra och planera tågtrafiken vilket leder till ökad säkerhet och punktligheten i framtidens tågtrafik. Projektet ökar däregentom kunskapen om hur denna nya information skall extraheras och hur informationen skall användas för att öka effektiviteten i järnvägsnätet.

### Nytta för beställare

Förstudien studerar nya möjligheter att inhämta information från spåren, banvallen och dess närområde. Förstudien väntas resultera i ett projekt där dessa möjligheter skall undersökas mer praktiskt och vilka fördelar det kan ge för den framtida järnvägsnätet. Projektet förväntas ge inblick hur framtida sensorsystem kan öka säkerheten, kapaciteten och punktligheten på järnvägsnätet.

**Resultat**

Förstudie och nystartat projekt.

**Rapporter**

Förstudie - inga publicerade rapporter än .

**Närmast relaterade KAJT-projekt**

Simulato

## Rangerbangårdars kapacitet i prognos 2040 (RANKA)

Utförare	RISE
Projektledare	Martin Aronsson, <a href="mailto:martin.aronsson@ri.se">martin.aronsson@ri.se</a>
Övriga projektdeltagare	Sara Gestrelus, RISE, Martin Joborn, RISE
Beställare	Inger Ranheim, Trafikverket
Tidsperiod	2024 - 2025
Omfattning (total)	0,975 MSEK
Projekttyp	Forskningsprojekt
Forskningsområde	Strategisk kapacitetsplanering, Järnvägens sidosystem och koppling till järnvägsnätet

### Mål

RANKAs mål är att ge rangerbangårdar en kapacitetsbeskrivning utgående deras utformning samt vad deras maxprestanda och praktiska kapacitetstak är. Därmed möjliggörs en bättre modellering av rangerbangårdarna i prognosverktyg och möjliggör bättre analysmetoder för framtida transportnätverk vilket stärker Trafikverkets förmåga att värdera och prioritera investeringsbeslut i och kring rangerbangårdar.

### Huvudsakliga aktiviteter

Projektets aktiviteter koncentreras till modeller och metoder för generaliserad kapacitetsmätning, där viktiga inslag är att hitta modeller och metoder för generaliserat kunna uttrycka rangering på en abstraktionsnivå lämplig för långsiktiga prognoser. Viktiga delar i det arbetet är hur inkommande och avgående trafik kan representeras på ett generaliserat sätt passande för prognosarbete men ändå inte tappa träffsäkerhet i beräkning. Projektet behöver bland annat strukturera upp kraven på ingående delar i avgående tåg med avseende på sortering av vagnsgrupper och hur detta skall aggregeras till en nivå så att resultatet blir användbart i prognosarbetet.

### Forskningsbidrag

Linjekapacitet och dess prestanda har genom åren studerats mer ingående, och flera olika sätt med olika aggregeringsnivåer för nätverket har genom åren tagits fram både inom landet och internationellt. Bangårdars prestanda, speciellt godsbangårdar, är inte på samma sätt utforskat vad gäller långsiktig planering, ändå utgör ofta bangårdar flaskhalsar i det logistiska flödet av gods. Det är därför av stort intresse, både nationellt och internationellt, att hitta lämpliga sätt och mätetal att mäta prestanda på bangårdar för långsiktig planering, inte minst för investeringsbeslut då ledtiden är lång för att förändra godsbangårdars kapacitet, speciellt rangerbangårdar.

### Nytta för beställare

Idag finns ingen standard för generell kapacitetsberäkning av rangerbangårdar. Denna studie stärker Trafikverkets möjligheter att modellera/hantera rangerbangårdar som noder i prognosverktygen såsom SamGods. Detta är en viktig komponent då (re)investeringar i rangerbangårdar är mycket dyrbara och dessa behöver således göras med beaktande av både nuvarande och framtida behov på lång sikt.

### Resultat

Projektet har under 2024 inhämtat information och data samt gjort initiala analyser och viss slutsatsdragning men inga färdiga resultat finns ännu tillgängliga.

### Rapporter

Inga publicerade rapporter än

### Närmast relaterade KAJT-projekt

RanPlan, TTRuT

# Robusta semi-styva tidtabeller under dynamisk och osäker efterfrågan (ROSSO)

Utförare	RISE, KTH
Projektledare	Johan Högdahl, <a href="mailto:johan.hogdahl@ri.se">johan.hogdahl@ri.se</a>
Övriga projektdeltagare	Hans Sipilä, KTH
Beställare	Emma Solinen, Trafikverket
Tidsperiod	2024 – 2025
Omfattning (total)	0,75 MSEK
Projekttyp	Forskningsprojekt
Forskningsområde	Taktisk kapacitetsplanering

## Mål

Det här projektet har två mål:

1. Formulera och implementera en optimeringsmodell för semi-styv tidtabellläggning av trafiken i ena riktningen på en dubbelspårssträcka.
2. Utveckla en modell för att beräkna samhällsnyttan av att förbättra tidtabellens robusthet baserat på dynamisk och tidsberoende resefterfrågan.

## Huvudsakliga aktiviteter

I ett första steg formuleras en optimeringsmodell för att förbättra en given semi-styv tidtabell. Modellen tar hänsyn till att grupper av tåg antingen är helt periodiska, helt icke-periodiska, eller nästan periodiska. Modellen utgår från simulering av den givna tidtabellen och optimerar dess förväntade punktlighet genom att justera avgångs- och ankomsttider.

I ett andra steg formuleras en modell för att beräkna samhällsnyttan av att justera tidtabellen. Modellen baseras på restid och förseningstid och inkluderar dynamisk resefterfrågan utifrån hypotesen att bättre punktlighet leder till generellt ökad efterfrågan samtidigt som längre restider minskar attraktiviteten för enskilda tåg. Reseafterfrågan baseras på uttag från Sampers. Modellen kombineras med optimeringsmodellen från första delen av projektet för att baserat på simulering göra de bästa ändringarna i en given semi-styv tidtabell.

## Forskningsbidrag

Nya modeller för robust tidtabellläggning samt bättre förståelse för sambandet mellan tidtabellens robusthet och samhällsnytta.

## Nytta för beställare

Projektet väntas leda till förbättrade modeller för att skapa robusta tidtabeller. Den förväntade nyttan av att implementera dessa modeller är högre punktlighet i järnvägen samt ökad samhällsnytta av transportsystemet.

## Resultat

En tidtabelloptimeringsmodell som hanterar en blandning av periodiska, semiperiodiska och icke-periodiska grupper av tåg har implementerats. Den föreslagna modellen är formulerad som ett tvåmålsoptimeringsproblem där robusthet och irregularitet utgör varsin målfunktion. På så sätt kan en kompromiss mellan robusthet och regularitet sökas. Den nya modellen är implementerad i demonstratorn EFFÅ (från FlexÅter2) och en PROTON simuleringsstudie på en del av Västra stambanan har genomförts.

## Rapporter

Inga publicerade rapporter än.

## Närmast relaterade KAJT-projekt

FlexÅter2



# Samhällsekonomisk prioritering av underhållsåtgärder för ökad punktlighet (Priopunkt)

Utförare	RISE och Linköpings universitet
Projektledare	Martin Joborn, <a href="mailto:martin.joborn@ri.se">martin.joborn@ri.se</a>
Övriga projektdeltagare	Zohreh Ranjbar, RISE, Abderrahman Ait Ali, LiU
Beställare	Marika Gjerdrum, Trafikverket
Tidsperiod	2024 - 2026
Omfattning (total)	1,6 MSEK
Projekttyp	Forskningsprojekt
Forskningsområde	Taktisk kapacitetsplanering, Underhåll och trafik

## Bakgrund

Trafikverkets arbete för att förbättra punktligheten i järnvägssystemet berör många olika områden, där förbättrade analysmetoder, ökad kunskap och förståelse och konkreta åtgärder går hand i hand. Detta projekt utgår från uppskattningar av hur störningar påverkar slutförseningar, så kallade förseningsbidrag. Förseningsbidrag indikerar resenärers förseningspåverkan av olika störningar vid ankomst till slutdestinationen. Genom att kombinera förseningsbidrag med uppskattningar om antal resande och samhällsekonomiska värderingsgrunder avser projektet att beräkna de samhällsekonomiska kostnaderna för olika händelser och störningar. Denna värdering kan utgöra en kompletterande grund för prioritering av underhålls- och andra åtgärder för ökad rättidighet.

## Huvudsakliga aktiviteter

Projektets huvudsakliga aktiviteter är att:

- Bygga vidare på och tillämpa metodiken för förseningsbidrag och kritiska störningar.
- Tillämpa metoder för uppskattningar av antal resenärer och gods i olika tåg.
- Beräkna samhällsekonomiska kostnader av felhändelser och störningar i järnvägstrafiken.
- Skapa olika former av prioriteringsunderlag för underhålls- och andra åtgärder för ökad rättidighet.
- Genomföra fallstudie.

## Forskningsbidrag

Forskningsbidraget i detta projekt är att skapa en samhällsekonomiskt grundad värdering av händelser och störningar i järnvägssystemet.

## Nytta för beställare

På 1-3 år sikt kan projektet leda till bättre insikt om samhällsekonomiska kostnader för störningar och vilka störningsklasser som är viktigast att komma till rätta med.

På 3-5 års sikt kan projektet leda till bättre förankrade strategier inom arbetet med att förbättra punktligheten.

## Resultat

Projektet startar under 2024.

## Närmast relaterade KAJT-projekt

Tidpunkt, FR8RAIL III WP2

## Samplanering av trafikpåverkande åtgärder och trafikflöden – stråkplanering (SATT-SP)

Utförare	Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI)
Projektledare	Tomas Lidén, <a href="mailto:tomas.liden@vti.se">tomas.liden@vti.se</a>
Övriga projektdeltagare	Filip Kristofersson, VTI Abderrahman Ait Ali, VTI
Beställare	Helén Hansson Burman, Trafikverket
Tidsperiod	2024 - 2025
Omfattning (total)	1,58 MSEK
Projekttyp	Forskningsprojekt
Forskningsområde	Strategisk kapacitetsplanering, Underhåll och trafik

### Mål

Projektet är en fortsättning på forskningsprojektet SATT-BP, och har följande tre delmål:

1. Implementera verktygsstöd för flerårig stråkplanering av trafikpåverkande åtgärder (TPÅ).
  2. Genomföra och dokumentera en eller flera utvärderingsstudier, baserat på realistiska planeringsfall.
  3. Studera hur samhällsekonomisk värdering och effektbedömning kan stödjas i detta verktygsstöd.
- Fokus läggs på nationell koordinering av stora arbeten som berör de nio definierade transportflödena.

### Huvudsakliga aktiviteter

Metodutveckling, studie av samhällsekonomisk värdering, programutveckling, test och fallstudier, sammanställning och rapportering. Projektet samverkar med SATT-TF som bedrivs av RISE.

### Forskningsbidrag

Projektet ger ny kunskap om metoder för flerårig banarbetsplanering och hur den påverkar trafikflöden på de stora trafikstråken. Ur forskningssynpunkt är frågeställningen mycket intressant, även som fortsättning på arbetet i SATT-BP, eftersom det finns mycket få publicerade arbeten som löser denna typ av långsiktig och övergripande planering där hänsyn tas till en stor mängd trafikrelationer över nationella nätverk. Projektet förväntas ge viktiga forskningsbidrag för långsiktig infrastrukturplanering.

### Nytta för beställare

Trafikverkets stråkplanering är relativt nyetablerad och saknar idag verktyg för att kunna överblicka trafikala och samhällsekonomiska effekter för den långsiktiga TPÅ-planeringen. Projektresultaten kan därför ge stort värde och möjlighet till förbättrad koordinering vad gäller projektgenomförande, budgetplanering och trafikpåverkan. Metoderna borde på sikt kunna implementeras och nyttjas i den ekonomiska åtgärdsplaneringen, men också vara värdefull för långsiktig kapacitetsplanering och internationell samordning enligt kommande krav (TTR: Timetabling and Capacity Redesign).

### Resultat

Projektet startade i mars 2024 och fram till december 2024 har följande resultat uppnåtts:

- Arbetspaket A1 (Förutsättningar och värderingskriterier) har slutförts.
- En studie med förslag till beräkningsmodell för samhällsekonomisk värdering har genomförts och dokumenterats.
- Implementering av verktygsstöd har startat och två versioner har tagits fram och testats tillsammans med arbetsgruppen samt redovisats för referensgruppen.
- En ny optimeringsmodell för trafiktildelning har implementerats, vilken baseras på Trafikverkets kapacitetsmodell. Den klarar av att lösa veckoproblem till optimalitet för hela Sveriges nätverk och trafik med mycket goda prestanda.

### Rapporter

Inga publicerade rapporter.

**Närmast relaterade KAJT-projekt**  
SATT, SATT-TF, SATT-BP, BANDAT.

## SJ – Optimering och Tidtabeller (SJOT)

Utförare	RISE
Projektledare	Martin Aronsson, <a href="mailto:martin.aronsson@ri.se">martin.aronsson@ri.se</a>
Beställare	Johanna Arhall, SJ
Tidsperiod	2019 – 2024
Omfattning (total)	0,6 MSEK
Projekttyp	Forskningsprojekt
Forskningsområde	Taktisk kapacitetsplanering, Planering av transportnätverk, fordon och personal

### Mål

Projektets mål är att undersöka på vilket sätt optimerande programvara för tidtabellläggning kan stötta SJ i processen att ta fram den årliga ansökan om tåglägen. Målet med fas två i SJOT är att fördjupa de resultat som uppnåddes under projektets första fas.

### Huvudsakliga aktiviteter

I det av SJ finansierade KAJT-projektet ”SJ - Optimering och tidtabeller” (SJOT) kommer SJ och RISE samarbeta för att undersöka hur järnvägsföretag kan använda optimering i förberedelsearbete inför kapacitetsansökan. SJ är Sveriges ledande kommersiella järnvägsföretag för resandetåg, och projektet kommer fokusera på att identifiera och utveckla funktionalitet som är viktig ur SJ:s perspektiv. I projektet ingår även att undersöka hur optimering kan passa in i den nuvarande systemstrukturen och att processtiden för tidtabellsanalys kan kortas.

### Forskningsbidrag

De flesta tidtabellläggningsprojekt utgår från infrastrukturhållarens perspektiv. I detta projekt utgår frågeställningen istället från järnvägsföretagets perspektiv och dennes arbete med att ta fram bättre underlag för tåglägesansökan.

### Nytta för beställare

Nyttan finns framför allt i två dimensioner, dels kvalitativt bättre ansökningar, dels på längre sikt kortare ledtider i arbetet med tåglägesansökan och därigenom större möjligheter att undersöka fler alternativ.

### Resultat

Under 2019 gjordes olika prov med optimerande tidtabellläggning på ett av SJ valt affärsområde. 2020 var planerat att fördjupa dessa prov, men verksamheten fick skjutas på framtiden beroende på den pågående Coronapandemin. Under 2021 gjordes en studie rörande känsligheten för följdöverseningar i ansökan för T22. Beroende på det omfattande arbetet hos SJ med anpassning till Trafikverkets nya systemstöd MPK samt projektgruppens utredningsarbete för RailNetEurope och Forum Train Europe (beskrivet under projektet SEC i denna katalog) har projektet skjutits upp ytterligare och nuvarande plan är att avsluta projektet under våren 2025.

### Närmast relaterade KAJT-projekt

TTK, Impact-2

## Stationsutformning och SamhällsEkonomi (SOSE)

Utförare	RISE
Projektledare	Martin Aronsson, martin.aronsson@ri.se
Övriga projektdeltagare	Emma Solinen, kontaktperson Trafikverket
Beställare	Åke Lundberg, Trafikverket
Tidsperiod	2025 - 2026
Omfattning (total)	0,5 MSEK
Projekttyp	Förstudie
Forskningsområde	Strategisk kapacitetsplanering

### Mål

Projektets syfte är att stärka infrastrukturförvaltarens förmåga att välja utbyggnad av driftplatser som bättre hanterar en flexibel efterfråga och därmed en bättre framtidssäkrad investering, däri ingående även de alternativa stationsutformningarnas kostnad.

### Huvudsakliga aktiviteter

Projektet genomförs på syntetiska data, en fiktiv driftplats, som kommer ligga till grund för test av metoden under förstudien. Denna fiktiva driftplats skall innehålla de viktigaste aspekterna för vanliga utbyggnadsförslag av mindre driftplatser för att testa den föreslagna metoden och för att kunna dra slutsatser om metodens tillämpbarhet.

### Forskningsbidrag

Projektet kombinerar två komponenter, dels ett kapacitetsmått, beläggningsarean för ett tågläge i en tidtabellgraf, utvecklat i tidigare KAJT FoI-projekten SATT-TF, TOT och RIT, dels en effektiv beräkningsalgoritm benämnd MaxPlus algebra. SOSEs mål är att avgöra om den föreslagna kombinationen av dessa komponenter samt kopplat till samhällsekonomisk värdering ger infrastrukturförvaltaren en bättre möjlighet att bedöma den samhällsekonomiska nyttan vid utbyggnad/förändring av en driftplats, ställd mot utbyggnadens kostnad.

### Nytta för beställare

Det saknas idag metoder att mäta och samhällsekonomiskt värdera utbyggnaden av en driftplats. Därmed kan inte alternativa investeringar ställas mot varandra. Projektets mål är att undersöka en möjlig metod att skapa ett underlag för prioritering av infrastrukturinvesteringar på järnväg och därmed säkerställa effektivitet i satsade investeringar.

### Resultat

Projektet nystartat 2025.

### Rapporter

Inga publicerade rapporter än.

### Närmast relaterade KAJT-projekt

KAIN, KASTA

## Stora omplaneringar sent (SOS)

Utförare	Linköpings universitet
Projektledare	Anders Peterson, anders.peterson@liu.se
Övriga projektdeltagare	Carl Henrik Häll, Linköpings universitet Christiane Schmidt, Linköpings universitet David Dekker (doktorand), Linköpings universitet
Beställare	Kristian Persson, Trafikverket
Tidsperiod	2022 – 2025
Omfattning (total)	2,6 MSEK
Projekttyp	Doktorandprojekt
Forskningsområde	Operativ trafikplanering, Trafikinformation och störningshantering
Hemsida	-

### Mål

Det här projektet handlar om större omplaneringar i en tidtabell med kort varsel. Väsentligen räknas det som taktisk planering, men vi ser att vi är mycket nära operativ drift. Det kan finnas flera anledningar till att sådana behov uppstår, t ex återställning efter ett stort avbrott, behov av akuta underhållsarbeten, ändring av hastighetsprofiler, sena ändringar vid bangård/terminal eller reaktion på någon typ av krisläge inom järnvägen eller något annat trafikslag som påverkar efterfrågan i järnvägssystemet. Inom detta projekt kommer vi att studera en delmängd av dessa frågeställningar, som vi kommer att ta fram i diskussion med Trafikverket och projektets referensgrupp.

### Huvudsakliga aktiviteter

Projektet inleds med en litteraturstudie, där vi kartlägger tidigare forskning och tydliggör var bidraget inom detta projekt kommer att ligga. Huvuddelen av projektet ägnas åt att utforma strategier, samt att utveckla och implementera metoder för valda scenarier. Under 2024 har arbetet varit fokuserat på att flytta trafik i ett tänkt scenario där en linje plötsligt stängts av. Vi tänker oss då att den flyttade trafiken ska anpassas på en linje där det redan finns inplanerad trafik och utvecklar ett ramverk för att automatiskt identifiera nya tåglägen. Man kan antingen flytta ett tåg åt gången eller flera. Ramverket är utformat med hög detaljeringsgrad och tar hänsyn till exempelvis blocksträckor.

Vi har också satt upp en första case-studie där vi provar metoden på ett case i Skåne där Södra stambanan stängts av och trafik behöver ledas om via Teckomatorp och Ängelholm. Metoden behöver förfinas för att bättre ta hand om förbigångar och möten på enkelspår. Situationer med nedsatt hastighet behandlas parallellt inom Motional.

Under 2025 kommer projektet att avslutas och vi hoppas kunna arbeta vidare i ett fortsättningsprojekt. Frågan om resiliens är mycket viktig.

### Forskningsbidrag

Forskningsbidraget kommer att finnas inom området metoder och modeller för tidtabellläggning, med särskilt fokus på uppdatering av existerande tidtabeller med hänsyn till sent påkomna förändringar. Möjligheterna att leda om trafik vid störningar har hittills inte studerats nämnvärt.

### Nytta för beställare

Det här projektet adresserar resiliens i transportsystemet. Projektet ger en bättre förståelse för hur man i händelse av stora störningar kan använda residualkapaciteten på bästa sätt. Möjligheten för att tillämpa avancerade beräkningsmetoder i omplaneringen ökar med digitaliseringen. På sikt bör relevanta delar kunna arbetas in som moduler i automatiseringen av tidtabellsprocessen hos Trafikverket (MPK). Omedling är principiellt intressant för Trafikverket.

Metoderna kommer också att kunna demonstreras för Trafikverket, eventuellt gemensamt med demonstration av det arbete LiU genomför inom Europe's Rail (FA1, MOTIONAL).

### **Resultat**

Vi fokuserar på en situation där ett segment i järnvägsnätet är avstängt under en längre tid och studerar möjligheterna att leda om trafik. Detta är särskilt intressant för godstrafiken, som inte på samma sätt som passagerartrafiken kan ersättas med buss. I ett första steg behöver vi en snabb metod för att räkna ut en ny tågväg, som inte stör annan trafik. Därefter kan vi studera hur den alternativa vägen kan göras bättre genom att exempelvis anpassa hastigheten. Vi jämför en simpel girighetsmetod ("välj första möjliga väg") med en mer avancerad heuristik och studerar möjligheterna att leda om flera tåg.

### **Rapporter**

Dekker, D.; Häll, C. H.; Peterson, A.; Schmidt, S. (2024) "A new method for inserting train paths into a timetable", in: 26<sup>th</sup> Euro Working Group on Transportation Meeting, EWGT 2024, Lund, Sweden, September 4–6, 2024.

Dekker, D.; Häll, C. H.; Peterson, A.; Schmidt, S. (2025) "A new approach for rerouting multiple trains during construction works and major disturbances", accepterat för publicering vid 11<sup>th</sup> International Seminar on Railway Operations Modelling and Analysis RailDresden2025.

Dekker, D., Häll, C.H., Peterson, A., Schmidt, C. (2024) "A new method for inserting train paths into a timetable", presentation, Swedish Transport Research Conference Göteborg, Sweden, October 16–17.

Dekker, D., Häll, C.H., Peterson, A., Schmidt, C. (2024) "Rerouting long-distance trains during maintenance works and large disturbances", poster presentation, Persontrafik, Göteborg, Sweden, October 20-22.

Dekker, D., Häll, C.H., Peterson, A., Schmidt, C. (2025) "A new method for inserting train paths into a timetable", abstract with presentation, Transportforum, Linköping, January 15–16, 2025.

URL: <https://vti.diva-portal.org/smash/get/diva2:1925494/FULLTEXT01.pdf>.

### **Närmast relaterade KAJT-projekt**

MOTIONAL WP6/7

## TTR och beräkning av segmentet Rolling Planning (TORP)

Utförare	RISE
Projektledare	Martin Aronsson, martin.aronsson@ri.se
Övriga projektdeltagare	Martin Kjellin, RISE, Zohreh Ranjbar, RISE
Beställare	Göran Styhr, Trafikverket
Tidsperiod	2024 - 2026
Omfattning (total)	2,0 MSEK
Projekttyp	Forskningsprojekt
Forskningsområde	Strategisk och taktisk kapacitetsplanering

### Mål

TORPs syfte är att stärka den svenska implementeringen av segmentet Rolling Planning (RP). Huvudmålet är att utveckla grundläggande och principiella metoder som kan skapa en värdesatt representation av kapacitet för det inom TTR definierade produktutbudet RP och möjliggör segmentering av kapaciteten i produktutbud för årlig tilldelning och RP.

### Huvudsakliga aktiviteter

TORP är uppdelat i två etapper: 1) En explorativ del som undersöker olika metoder för identifiering av kapacitetsbehovet för segmentet Rolling Planning, och 2) en validerande etapp då ett större exempel tas fram. Arbetet utförs som experimentell utveckling baserat på analys av tidigare tågplaner och andra källor såsom t.ex. långsiktiga prognoser. Även viss teoretisk modellutveckling av representation av kapacitet för RP-segmentet och de valda klustringsmetoder ingår liksom stöd till det svenska genomförandet av TTR.

### Forskningsbidrag

Projektet använder det kapacitetsmått, baserat på area i en tidtabellgraf och som utvecklats i tidigare KAJT-projekt, som bas i olika klustringsmetoder (algoritmer). I projektet studeras även grundläggande frågeställningar rörande värdering och utformning av segmentet RP.

### Nytta för beställare

TTRs kapacitetstilldelningsprocess ställer krav på att infrastrukturförvaltaren förplanerar kapacitetsanvändningen i segment (kapacitet för banarbeten, årlig tilldelning samt RP) och inom segmenten innan järnvägsföretagen söker färdiga katalogtåglägen eller skräddarsydda tåglägen. Detta är en stor förändring för svensk kapacitetstilldelning och Trafikverket behöver modeller, metoder och arbetssätt för att hantera den nya kapacitetsförordningen.

### Resultat

Då projektet startade i slutet på 2024 finns inga resultat ännu.

### Rapporter

Inga publicerade rapporter än.

### Närmast relaterade KAJT-projekt

TTRuT, TOT, SATT-TF





**EUROPE'S RAIL**

# EU-RAIL FP1 MOTIONAL

Utförare	Trafikverket med internationella och svenska partners
Projektledare	Magnus Wahlborg, Trafikverket
Övriga projektdeltagare	Se respektive WP-beskrivning
Beställare	Europe's Rail Joint Undertaking (ERJU)
Tidsperiod	2022 - 2026
Projekttyp	EU-projekt
Forskningsområde	Se respektive WP-beskrivning
Hemsida	<a href="https://projects.rail-research.europa.eu/eurail-fp1/">https://projects.rail-research.europa.eu/eurail-fp1/</a>

Europe's Rail Flagship Project 1 - MObility management multImodal envirOnment aNd digitAl enabLers, förkortat MOTIONAL, är ett av sju projekt inom Europe's Rail-programmet som drivs av Trafikverket tillsammans med 21 andra europeiska partner i järnvägsbranschen. Trafikverket är tillsammans med Hacon koordinerande part för MOTIONAL. Figur 1 nedan ger översikt över deltagare i MOTIONAL.



Figur 1: Grundar-partner i Europe's Rail. Svenska forskarpartner är anslutna som "affiliated entities" till Trafikverket.

## Syfte och mål

Förbättrad planering och operativ förvaltning av tjänster och erbjudanden är av yttersta vikt för att nå det europeiska målet att göra järnvägen till det framtidens föredragna transportsättet. Det framtida europeiska järnvägssystemet kommer att vara driftskompatibelt, robust, anpassningsbart och kan integrera alla inblandade tjänster, inklusive "last-mile", och utnyttja de möjligheter som digitaliseringen ger. Utvecklingen av den framtida europeiska trafikledningen är nyckeln för att uppnå det planerade gemensamma europeiska järnvägsområdet (SERA).<sup>4</sup>

Idag sköts järnvägstrafiken på nationell eller regional nivå, med stöd av äldre system med dålig digitalisering och svag integration med system hos andra aktörer som deltar i den övergripande trafikplanerings- och ledningsprocessen.

<sup>4</sup> Beskrivning av MOTIONAL hämtad från MOTIONAL:s hemsida.

Genom utvecklingen av funktionskrav, tillhörande specifikationer och operativa eller tekniska lösningar och genom att dra nytta av digitaliseringens potential banar projektet MOTIONAL vägen mot implementeringen av det framtida europeiska järnvägstrafikledningssystemet för att göra järnvägen till ryggraden i ett multimodalt transportsystem för passagerare och gods.

### **Arbetsätt**

De planerade aktiviteterna för att uppnå målen för MOTIONAL delas upp i fyra huvudsakliga fokusområden: Planering, Drift, Integrationsaktiviteter (för järnvägscentrerade dörr-till-dörr mobilitetstjänster) och Digitala möjliggörare, varav Trafikverket och svenska forskarparter är aktiva i de två förstnämnda.

Arbetet i MOTIONAL är fördelat på 32 arbetspaket (WP), varav KAJTs forskarparter är aktiva i 12. Dessa WP beskrivs på efterföljande sidor. Arbetspaketen hänger parvis ihop så att det ena WPt innehåller specifikation och utveckling (2023-2024), medan det andra WPt innehåller demonstrationsaktiviteter (2024-2026).

### **Ekonomi**

Trafikverkets totala budget i MOTIONAL är ca 51MSEK, varav drygt hälften tilldelas svenska forskarparter inom KAJT.

### **Resultat och rapporter**

Projektets officiella rapporter publiceras på projektets hemsida: <https://projects.rail-research.europa.eu/eurail-fp1/deliverables/>

## MOTIONAL WP4/WP5 – Integration of planning systems and processes including cross-border planning

Utförare	Trafikverket med partners LU, KTH och RISE
Projektledare	Kristian Persson, Trafikverket
Övriga projektdeltagare	Hans Sipilä, KTH Johan Högdahl, KTH Carl-William Palmqvist, Lunds Universitet Martin Aronson, RISE Martin Joborn, RISE Martin Kjellin, RISE Sara Gestrelus, RISE Fredrik Lundström, Trafikverket Jonas Bälter, Trafikverket
Tidsperiod	2023 - 2026
Projekttyp	EU-projekt
Forskningsområde	Taktisk kapacitetsplanering Framtidens transportsystem och trafikefterfrågan Järnvägens sidosystem och koppling till järnvägsnätet

### Mål

Målet i WP4/5 är att utveckla planeringsprocesser och integrationer mellan olika planeringssystem för att på så sätt bidra till en bättre integrerad tidtabellsplanering som kan ta hänsyn till fler aspekter än den gör idag, liksom att bidra till en mer harmoniserad tidstabellsplanering inom Europa.

### Huvudsakliga aktiviteter

WP4/WP5 är uppdelat i fyra fokusområden: gränsöverskridande trafik, TTR-processen, integration mellan planering och trafikledning samt integration mellan planering av linjekapacitet och stationskapacitet, inom vilka utveckling av olika demonstrationer sker.

### Forskningsbidrag

Trafikverket utvecklar tillsammans med våra svenska partners tre demonstrationer. Den första handlar om att bättre kunna visualisera och utnyttja överbliven kapacitet i gränsöverskridande trafik. Den andra demonstrationen handlar om utveckling av planeringsfunktionalitet på en godsbangård, vilket görs genom utveckling av systemet YCS och i nära samarbete med WP11, där majoriteten av dataintegrationen görs. Den tredje demonstrationen handlar om bangårdsplanering på taktisk nivå och att koppla samman den med den vanliga linjeplaneringen. Utöver de tre egna demonstrationerna samarbetar Trafikverket också nära övriga partners inom arbetspaketet, bland annat genom att tillhandahålla data och granska specifikationer, för att på så sätt bidra till större svensk nytta av dessa utvecklingar.

### Nytta för beställare

Projektet bidrar med möjlighet till bättre planering på våra godsbangårdar, där verktyg och hjälpmedel för en bra planering idag är bristfälliga. Dessutom kan projektet medföra bättre kunskap inom gränsöverskridande trafik och TTR-processen, liksom bättre verktyg anpassade för framtida förhållanden för planering av järnvägstrafik inom Europa.

### Resultat

Projektet pågår till 2026 och har ännu inga färdiga resultat.

### Rapporter

Projektet pågår till 2026 och har ännu inga publicerade rapporter.

**Närmast relaterade KAJT-projekt**  
RITH,TOT,FLEXÅTER2,SIMPOR,FR8RAIL III

## MOTIONAL WP6/WP7 – Decision support for planning and timetable optimisation

Utförare	Trafikverket med partners LiU, KTH och RISE
Projektledare	Emma Solinen, Trafikverket
Övriga projektdeltagare	Sara Gestrelus, RISE Jonas Andersson, RISE Carl-Henrik Häll, LiU Mikael Fredriksson, LiU Ingrid Johansson, KTH Jonas Bälter, Trafikverket
Tidsperiod	2023-2026
Projekttyp	EU-projekt
Forskningsområde	Strategisk kapacitetsplanering Taktisk kapacitetsplanering Människan, digitalisering och automation

### Mål

Det övergripande målet i WP6/WP7 är att utveckla algoritmer och arbetssätt för att förbättra tidtabellsplanering på lång och kort sikt. Projektet syftar till att förbättra och automatisera steg i tidtabellskonstruktionen och kapacitetsplaneringen. Fokus ligger på att skapa modeller/metoder som kan stödja en tidtabellsplanerare i praktiken.

### Huvudsakliga aktiviteter

WP6/WP7 är uppdelat i tre olika arbetspaket; långtidsplanering (årlig tågplan och strategiska tidtabeller inkl. strategisk stationsplanering), korttidsplanering (justeringar i årlig tågplan) och fordonsplanering.

### Forskningsbidrag

Trafikverket utvecklar tillsammans med våra svenska partners två demonstrationer. Den första handlar om att analysera användarperspektivet och hur en tidtabellsplanerare vill, kan och bör interagera med en optimeringsmodell. Detta är ett viktigt steg mot att kunna implementera ett optimeringsstöd i praktiken. Den andra demonstrationen handlar om att utveckla en algoritm som kan stödja en tidtabellsplanerare som behöver justera innevarande tågplan pga. en tillfällig kapacitetsrestriktion. Forskningsbidraget från den strategiska stationsplaneringen är en analys och utvärdering av kapaciteten på en station före och efter en ombyggnation.

### Nytta för beställare

Projektet bidrar till ökad kunskap gällande optimeringsalgoritmer och hur vi ska kunna närma oss en praktisk implementering av dem. Det ger ökad förståelse för vilket stöd en trafikplanerare vill ha och hur framtida modellutveckling bör ske, både i framtagandet av årlig tågplan och när förutsättningarna ändras på kort sikt. Analysen av den strategiska stationskapaciteten ger nytta i form av ökad kunskap kring hur stationskapacitet fungerar i olika utformningar och med olika trafikeringar.

### Resultat

Projektet pågår till 2026 och har ännu inga färdiga resultat.

### Rapporter

Projektet pågår till 2026 och har ännu inga publicerade rapporter.

### Närmast relaterade KAJT-projekt

M2, SOS, KAIN2

## MOTIONAL WP8/WP9 - Simulation and operational feedback for improved planning

Utförare	Trafikverket med partners LU, KTH och VTI
Projektledare	Per Köhler, Trafikverket
Övriga projektdeltagare	Carl-William Palmqvist, Lunds universitet Hans Sipilä, KTH Tomas Rosberg, VTI Niklas Olsson, VTI
Beställare	Per Köhler, Trafikverket
Tidsperiod	2023 - 2026
Projekttyp	EU-projekt
Forskningsområde	Strategisk kapacitetsplanering Människan, digitalisering och automation Signal- och trafikstyrningssystem Uppföljning och återkoppling

### Mål

Trafikverket leder arbetspaketet WP 8/9 i flaggskepp 1 inom Europe Rail som syftar till utveckling av kapacitetssimuleringsmodeller inom bl a simulering av tågplan och större nätverk, feedback från utförd trafik genom förbättrade förseningsfördelningar samt simulering av nya digitala system som kan bidra till ökad kapacitet i järnvägssystemet så som ETCS, C-DAS och ATO.

### Huvudsakliga aktiviteter

Arbetspaketet består av tre deluppgifter, där den första avser kartläggning av nuvarande state-of-art inom kapacitetssimulering och en översikt över utvecklingsbehovet inom området (år 2023), den andra utveckling av simuleringsmodeller (år 2023-2024) och den tredje demonstration av utvecklade simuleringsmodeller (år 2025-2026). Från Sverige deltar utöver Trafikverket även KTH, Lunds universitet och VTI. På europeisk nivå deltar NS, Prorail, SNCF, ADIF, CAF, Ceit och Indra.

### Forskningsbidrag

Trafikverket utvecklar tillsammans med våra svenska partners tre demonstrationer: En inom simulering av stora nätverk och utvecklade förseningsfördelningar i samarbete med KTH och Lunds universitet, en kring ATO kopplat till ETCS, Hybrid level 3 och Next Generation brakes tillsammans med KTH och en kring effekter av utrullningsstrategin av ETCS och dess effekter på körbarhet, kapacitet och säkerhet i samarbete med VTI.

### Nytta för beställare

Projektet bidrar till utvecklade kapacitetssimuleringsmodeller som kommer användas för att få ökad kunskap om kapacitetseffekter av nya digitala innovationer inom bl a ETCS, C-DAS och ATO. Projektet kommer även bidra till förbättrad planering och ökad punktlighet genom utvecklade simuleringsmodeller som inkluderar nätverkseffekter i större nätverk samt förbättrade förseningsfördelningar som tar hänsyn till primärförseningar. Därutöver utvecklas förbättrade metoder för kalibrering och validering av simuleringsmodeller för att säkerställa en god kvalitet i resultaten.

### Resultat

Projektet pågår till 2026 och har ännu inga färdiga resultat.

### Rapporter

Projektet pågår till 2026 och har ännu inga publicerade rapporter.

**Närmast relaterade KAJT-projekt**  
SIMULATO, HESE2



## MOTIONAL WP11/WP12 – Integration of TMSs and processes including cross-border traffic management

Utförare	Trafikverket med partner RISE
Projektledare	Jan Byström, Trafikverket
Övriga projektdeltagare	Martin Joborn, Sara Gestrelus, Henrik Teinelund, Martin Kjellin, RISE
Tidsperiod	2023 - 2026
Projekttyp	EU-projekt
Forskningsområde	Operativ kapacitetsplanering, Järnvägens sidosystem och koppling till järnvägsnätet

### Mål

Övergripande målet med MOTIONAL WP11/WP12 är att visa på integration med TMS-system för att bättre datadelning och övergripande bättre synkronisering av tågtrafiken. Det kan vara både inom en infrastrukturhållare, till kringliggande system och aktörer och mellan TMS-system i olika regioner eller olika länder. Fokus för Trafikverket och RISE i detta delprojekt är att integrera spårplaneringen på en rangerbangård med trafikinformation i TMS-systemet Digital graf. Spårplaneringssystemet YCS vidareutvecklas för att uppdatering av ankomst- och avgångstider i realtid, utifrån den information som finns i Digital graf. WP11 samverkar även med FP5 TRANS4M-R genom datadelning utifrån RISE plattform för datadelning kallad Deplide.

### Huvudsakliga aktiviteter

Huvudsakliga aktiviteter för det svenska delprojektet är:

- Vidareutveckling av YCS för hantering av realtidsdata
- Integration och datadelning med Digital graf, framför allt gällande planerade ankomst och avgångstider.
- Anpassning av YCS till Deplide
- Samverkan med FP5 TRANS4M-R
- Test och demonstration

### Forskningsbidrag

YCS forskningsbidrag är främst att visa på nyttan och möjligheter till bättre samordning mellan de olika aktörerna på en bangård och framför allt kring deras behov av spår. I MOTIONAL WP 11 visas hur integration med ett TMS-system (Digital graf) kan göras och vilken information som behöver utbytas. Ett viktigt forskningsbidrag är också att undersöka hur spårplanering för infart/utfartsgruppen kan hanteras av en tågtrafikledare och samordnas med hans övriga arbete.

### Nytta för beställare

YCS är en demonstrator som visar hur ett system för spårplanering av infarts-/utfartsgrupp konceptuellt kan fungera och hur aktörerna på bangården kan samordnas för bättre samverkan och minskad flaskhalsproblematik.

### Resultat

Projektet pågår till 2026 och har ännu inga färdiga resultat.

### Rapporter

Projektet pågår till 2026 och har ännu inga publicerade rapporter.

### Närmast relaterade KAJT-projekt

FR8RAIL III

## MOTIONAL WP13/WP14 – Improved resilience and efficiency of disruption management

Utförare	Trafikverket med partner VTI
Projektledare	Jonny Gustafsson, Trafikverket (t o m 05-24), Arne Cronvall (fr o m 06-24)
Övriga projektdeltagare	Gunilla Björklund VTI, Jan Andersson, VTI
Tidsperiod	2023-2026
Projekttyp	EU-projekt
Forskningsområde	Operativ kapacitetsplanering, Människan, digitalisering och automation

### Mål

Arbetspaketet har som mål att utveckla prototyper för ett beslutstödssystem för incidenter och störningshantering som möjliggör interaktion mellan aktörer, med människan i fokus, i syfte att förbättra effektivitet och resiliens i järnvägssystemet. Trafikverket och VTI bidrar till att utveckla en metodik för HMI, för integrering i TMS, med möjlighet att identifiera funktioner och moment att automatisera för att förbättra effektivitet och minska arbetsbelastning för operatörerna.

### Huvudsakliga aktiviteter

Utforma management processer och metoder för hantering av incidenter och störningar, med hjälp av utvecklad automatisering och förbättrade möjligheter att dela information och interagera mellan aktörer samt utveckla integrerat beslutstödssystem som möjliggör sådan interaktion och ge stöd till att finna de bästa trafikledningsbesluten.

### Forskningsbidrag

Arbetspaketet bidrar till att öka kunskapen om förutsättningarna för hållbar utformning av trafikstyrningssystem med människan i fokus.

### Nytta för beställare

Ger stöd för utformning av systemstöd för trafikledningsbeslut som möjliggör interaktion mellan system och aktörer, med människan i fokus.

### Resultat

Projektet pågår till 2026 och har ännu inga färdiga resultat.

### Rapporter

MOTIONAL, 2024. *Use case specification and requirement specification for disruption management*. Deliverable FP1 MOTIONAL – GA 101101973 – D13.1.

### Närmast relaterade KAJT-projekt

## MOTIONAL WP15/WP16 - Linking TMS to ATO/C-DAS for optimised operations

Utförare	Trafikverket med partners RISE och VTI
Projektledare	Peter Olsson, Trafikverket
Övriga projektdeltagare	Martin Joborn, RISE Zohreh Ranjbar, RISE Henrik Teinelund, RISE Gunilla Björklund, VTI Jan Andersson, VTI
Tidsperiod	2023 - 2026
Projekttyp	EU-projekt
Forskningsområde	Operativ kapacitetsplanering, Signal- och trafikstyrningssystem

### Mål

Studera och ta fram funktioner för att förbättra kopplingen mellan tåg med C-DAS och TMS och därmed få effektivare tågföring och bättre stöd för trafikledare och förare.

### Huvudsakliga aktiviteter

Ta fram funktioner för att skapa underlag till C-DAS-funktionen ombord i enlighet med UIC IRS 90940 (datautbytesstandard för C-DAS/ATO framtagen av SFERA). Detta inkluderar beräkning av TPE och att inkludera gångtidsestimering av tåg som inte har C-DAS för att minska deras påverkan på de tåg som använder C-DAS.

Införa funktioner i TMS och stöd för automatiska förfining av RTTP som krävs för en bra funktion för C-DAS. Detta behövs för att inte ge trafikledarna extra arbete i samband med C-DAS utan snarare underlätta arbetet när C-DAS finns tillgängligt. Human factor-perspektivet är därför viktigt särskilt när trafikledaren har en övergripande säkerhetsfunktion.

### Forskningsbidrag

Trafikverket utvecklar tillsammans med våra svenska partners en demonstration som ska visa på hela kedjan mellan trafikledare/TMS och lok/förare och vilka förbättringar som bidrar till en bättre funktion i sin helhet.

### Nytta för beställare

De observationer som görs och de funktioner som utvecklas blir en grund för det som införs i de operativa systemen för att därigenom också komma till användning på ett sätt som effektiviserar tågtrafiken i Sverige.

### Resultat

Projektet pågår till 2026 och har ännu inga färdiga resultat.

### Rapporter

MOTIONAL, 2024. *Requirements for the deployment of TMS linked with ATO/C-DAS*. Deliverable FP1 MOTIONAL – GA 101101973 – D15.1

MOTIONAL, 2024b. *TMS and ATO/C-DAS Timetable Test & Simulation Environment*. Deliverable FP1 MOTIONAL – GA 101101973 – D15.2.

### Närmast relaterade KAJT-projekt

C-DAS FoI, FR8RAIL II WP4



# KAJT-RELATERADE PROJEKT

## Robusthet och effektivitet för intermodala transporter (Robin)

Utförare	RISE
Projektledare	Martin Joborn, <a href="mailto:martin.joborn@ri.se">martin.joborn@ri.se</a>
Övriga projektdeltagare	Oskar Pauli, Zohreh Ranjbar, Carl Henrik Häll
Beställare	Triple F
Tidsperiod	2025 - 2029
Omfattning (total)	4,9 MSEK
Projekttyp	KAJT-relaterat doktorandprojekt
Forskningsområde	Planering av transportnätverk, fordon och personal

### Bakgrund

En ökad överflyttning av godstransporter från väg till järnvägssystemet kan bidra till ett minskat CO<sub>2</sub>-utsläpp och minska belastningen på väg. Ett hinder är att järnvägstransporter upplevs som mindre effektiva och robusta än lastbilstransporter. Detta projekt syftar att göra järnvägen mer attraktiv och påskynda övergången från väg till intermodala transporter med järnvägsbas genom att identifiera förbättringsområden och komma med konkreta lösningar. I huvudsak kommer arbetet fokusera på Green Cargos utvecklingsområden och verksamhet.

Projektet sker i samverkan mellan TripleF och KAJT och drivs som ett industridoktorand-projekt i samarbete mellan RISE och Linköpings universitet. Utöver Green Cargo så är även Gothenburg RoRo terminal, APM Terminals och Göteborgs Scandi Bulk med som industriparter i projektet.

### Huvudsakliga aktiviteter

Projektet kommer att använda litteraturstudier och intervjuer för att skapa en problemöversikt över potentiella problem och förbättringsområden. Dessa områden kommer sedan att angripas med optimeringsmodeller och AI för att föreslå lösningar som förbättrar verktyg för beslutsstöd.

Även om problemöversikten inte är färdig än finns det en nuvarande plan där det är högst troligt att minst område 1) kommer undersökas då det bedöms som mycket lämpligt och lovande för relevanta resultat. Enligt nuvarande plan kommer projektet fokusera på tre områden.

- 1) Vagnförsörjning – Analysera hur man kan få rätt antal vagnar av rätt sort på rätt plats vid rätt tidpunkt och att sedan lasta dem på ett effektivt och ändamålsenligt sätt.
- 2) Hamnar och terminaler – Studera logistiska flöden och effektiviseringsmöjligheter i hamnar och terminaler genom kvantitativa metoder.
- 3) Nyttjande- och fyllnadsgrad – Undersöka metoder för att maximera nyttjandegraden och fyllnadsgraden i intermodala transporter. Detta inkluderar optimering av lastning och använda AI för att förutse godsflöden.

### Nytta för beställare

Projektet leder främst till en ökad konkurrenskraft för intermodala transporter. Utöver detta har branschen även möjlighet att utveckla sin kompetens i moderna tekniker och avancerade beslutsstöd.

### Resultat

Projekt startat 2025, inga resultat ännu.

### Rapport

Inga publicerade rapporter ännu.

### Närmast relaterade KAJT-projekt

FR8RAIL II, FR8RAIL III

## Sjävlärande neurala nätverk för operativ lokstyrning (SOL-H)

Utförare	RISE
Projektledare	Martin Joborn, <a href="mailto:martin.joborn@ri.se">martin.joborn@ri.se</a>
Övriga projektdeltagare	Zohreh Ranjbar Martin Kjellin Jonatan Gjerdrum, Green Cargo Magnus Eliasson, SSAB
Beställare	TripleF (Fossil Free Freight)
Tidsperiod	2024 - 2027
Omfattning (total)	4,120 MSEK (3 MSEK TripleF och 1,2 MSEK egentid GreenCargo och SSAB)
Projekttyp	KAJT-relaterat projekt
Forskningsområde	Planering av transportnätverk, fordon och personal
Hemsida	<a href="https://www.ri.se/sv/expertisomraden/projekt/sjvalvarande-neurala-natverk-for-operativ-lokstyrning-sol-huvudstudie">https://www.ri.se/sv/expertisomraden/projekt/sjvalvarande-neurala-natverk-for-operativ-lokstyrning-sol-huvudstudie</a>

### Mål

Huvudstudien SOL, finansierad av **TripleF (Fossil Free Freight)**, är ett större genomförandeprojekt för att ta vid efter den avslutade förstudien SOL. Förutom en mer omfattande fullstudie av hur en DRL-agent kan tränas för att stötta en lokplanerare, inkluderar framtida utmaningar även datatillgänglighet, framtagning av en prototyp och att göra AI användbart och begripligt för järnvägssektorn.

### Huvudsakliga aktiviteter

De huvudsakliga aktiviteterna i projektet inkluderar insamling och analys av historiska data från lokomlopp, vidareutveckling av träningsmiljö för det självlärande AI-systemet, utveckling av en värdefunktion. Identifiera och prioritera de viktigaste komponenterna ur ett människocentrerat perspektiv för att utveckla användarvänliga gränssnitt och visualiseringsverktyg.

### Forskningsbidrag

Huvudstudien vidareutvecklar och implementerar en DRL-agent för effektivare lokomloppsplanering, särskilt under störningar. Genom att använda avancerade AI-metoder, strävar vi efter att optimera tågtrafikens effektivitet och punktlighet. Fokus ligger på lok, men vid ett gott resultat borde även stödverktyg för personal- och vagns-omlopp kunna utvecklas på liknande sätt.

### Nytta för beställare

Förstudien bidrar till Triple F utmaningen ”Ett mer transporteffektivt samhälle” samt ”Överflyttning till energieffektiva fordon och farkoster” inom ämnesområdet teknik. Mer specifikt handlar projektet om trafikeffektivitet, resursoptimering och AI-baserat beslutstöd vilket i sin tur kan öka järnvägens konkurrenskraft i förhållande till väg. Projektet knyter även an till logistik då minskade kostnader och bättre kontroll på järnvägen möjliggör nya logistikupplägg.

För tågoperatören kan en god omplanering av lok kan innebära minskade kostnader då man klarar sig med färre stand-by lok och förare, och mer pålitliga transporter genom att förseningar inte sprider sig okontrollerat mellan tåg.

### Resultat

Hittills har projektet identifierat flera viktiga insikter kring lokplanering och förseningar. Analysen visar att planerade lokomlopp ofta ändras operativt, vilket påverkar punktlighet och resursanvändning. Stålpendeln har visat betydande slutförseningar på 15–100 minuter, och lokbyten sker frekvent trots långa buffertid, vilket kan kopplas till underhållsbehov. Data visar också att flera lok samtidigt befinner sig på verkstad, vilket skapar utmaningar i lokplaneringen. Arbetet fortsätter med att validera analyser genom samverkan med driftpersonal, analysera verkstadsbesökens påverkan på lokens tillförlitlighet,

utveckla AI-baserad simulering för förseningar, och kvalitetssäkra insamlad data inför modellutveckling.

### **Rapporter**

Publicerad PM-rapport på TripleFs hemsida:

[https://triplef.lindholmen.se/projekt/sjalvlarande-neurala-natverk-operativ-lokstyrning-sol-huvudstudie#:~:text=För%20projektledare-.Sjävlärande%20neurala%20nätverk%20för%20operativ%20lokstyrning%20-%20SOL%20huvudstudie,\(DRL\)%20för%20operativ%20lokstyrning.](https://triplef.lindholmen.se/projekt/sjalvlarande-neurala-natverk-operativ-lokstyrning-sol-huvudstudie#:~:text=För%20projektledare-.Sjävlärande%20neurala%20nätverk%20för%20operativ%20lokstyrning%20-%20SOL%20huvudstudie,(DRL)%20för%20operativ%20lokstyrning.)

### **Närmast relaterade KAJT-projekt**

## Tillförlitlig ruttplanering (TIRUP)

Utförare	Linköpings universitet
Projektledare	Nils Breyer, nils.breyer@liu.se
Övriga projektdeltagare	Anders Peterson, Linköpings universitet Nikolaus Stratil-Sauer, Linköpings universitet
Beställare	Paulina Ekendahl, Trafikverket
Tidsperiod	2024 - 2025
Omfattning (total)	0,93 MSEK
Projekttyp	KAJT-relaterat projekt
Forskningsområde	Trafikinformation och störningshantering

### Mål

Tillförlitlighet, att en resa fungerar som planerad, är mycket viktig för resenärer särskilt om resan kräver byten. Dagens reseplaneringstjänster för tågresor fokuserar på att hitta de snabbaste reseförslagen utifrån tidtabellen men ger ingen information om resans tillförlitlighet. Syftet med TIRUP är att ta fram metoder för att vid sidan av tidtabellsdata för varje reseförslag i en reseplaneringstjänst även att kunna ge information om tillförlitligheten för hela resan baserad på historiska tågförsejningar och risken samt konsekvensen av missade byten under resan. Projektresultaten möjliggör förbättrade reseplaneringstjänster som ger resenärer möjlighet att prioritera förslag med hög tillförlitlighet vid resor där det är särskilt viktigt att komma fram i tid.

### Huvudsakliga aktiviteter

Identifiera vilka faktorer som främst påverkar en resas tillförlitlighet utifrån historisk trafikinformationsdata

Utveckla en metod för att skatta tillförlitligheten av ett reseförslag baserad på sannolikheten för försejningar och missade anslutningar samt deras konsekvens baserad på historiska data

Validera den utvecklade metoden och illustrera med hjälp av en prototyp hur information om en resas tillförlitlighet kan kommuniceras vid reseplaneringen

### Forskningsbidrag

Projektet kommer ge en bättre förståelse för vad som påverkar tillförlitligheten för tågresor med byten och ge insikter om hur maskininlärning kan användas för att modellera tillförlitligheten baserad på historisk data.

### Nytta för beställare

Projektets resultat kan i första hand nyttjas av aktörer som bedriver reseplaneringstjänster som tågoperatörer, regionala kollektivtrafikmyndigheter, Samtrafiken mm. för att ge resenärer bättre information. Metoden för att skatta tillförlitligheten för hela resan kan även nyttjas av Trafikverket för analyser på systemnivå, exempelvis för att analysera resenärspunktligheten.

### Rapporter

Stratil-Sauer, N. (2024). Modelling the arrival delay of train journeys with one transfer Master's thesis, Linköping University, Department of Computer and Information Science.

<https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:liu:diva-206200>

### Närmast relaterade KAJT-projekt

Värdering av Trafikinformatiönsnyttor i Tågtrafiken (VTT) (KAJT-relaterat projekt)  
Nypunkt 2.0





**AVSLUTADE PROJEKT UNDER 2024**

## Automatiserad analys & klassificering av förseningsorsaker i järnvägssystemet (ANAKIN)

Utförare	Blekinge Tekniska Högskola
Projektledare	Martin Svensson, <a href="mailto:martin.svensson@bth.se">martin.svensson@bth.se</a>
Övriga projektdeltagare	Anton Borg, <a href="mailto:anton.borg@bth.se">anton.borg@bth.se</a>
Beställare	
Tidsperiod	2022 - 2024
Omfattning (total)	1,6 MSEK
Projekttyp	Forskningsprojekt
Forskningsområde	Operativ kapacitetsplanering, Uppföljning och återkoppling
Hemsida	<a href="https://www.bth.se/eng/research/research-areas/industrial-economics-and-management/anakin-about-the-opportunities-and-challenges-of-ai-based-decision-support-for-delay-root-cause-coding/">https://www.bth.se/eng/research/research-areas/industrial-economics-and-management/anakin-about-the-opportunities-and-challenges-of-ai-based-decision-support-for-delay-root-cause-coding/</a>

### Mål

- Att bidra med ett nytt och kompletterande perspektiv i beskrivningen och analysen av nuvarande processer och metoder för orsakskodning samt uppföljning och kvalitetsmätning av denna.
- Att kunna definiera en modell av de initiala bedömningar som görs i ett operativt skede, baserat på en härledning av hur den mänskliga, manuella orsakskodningen görs idag.
- Att göra en bedömning av huruvida det finns förutsättningar i nuläget eller inom överskådlig framtid för att använda AI-baserade metoder för att stödja någon del av processen kring orsakskodningen.

### Huvudsakliga aktiviteter

Inom ramen för projektet gjordes en lägesbeskrivning av orsakskodningsprocessen med hjälp av intervjumaterial (med domänexperter) och organisatorisk dokumentation.

Som en konsekvens av lägesbeskrivningen samlade vi in och analyserade systemdata, inklusive ”intern text” och orsakskoder. Syftet var att utforska möjligheterna att använda AI-baserade metoder i processen för att koda orsaker. Intern text utgör en central del av orsakskodningsprocessen. Den ger en överblick och gemensam lägesbild utan att vara uttömmande, vilket medför att den är information som är användbar för analysändamål. I projektet har vi systematiskt utforskat automatiseringsmöjligheterna på de tre olika nivåerna som orsakskoderna bygger på.

Projektet slutrapporteras under januari 2024.

## Banarbetsprocess och datatillgång, del 2 (BANDAT2)

Utförare	Lunds universitet
Projektledare	Carl-William Palmqvist, <a href="mailto:carl-william.palmqvist@tft.lth.se">carl-william.palmqvist@tft.lth.se</a>
Övriga projektdeltagare	Daria Ivina, Lunds universitet Tomas Lidén, Linköpings universitet
Beställare	Marika Gjerdrum, Trafikverket
Tidsperiod	2022 - 2024
Omfattning (total)	1 MSEK
Projekttyp	Doktorandprojekt
Forskningsområde	Taktisk kapacitetsplanering, Underhåll och trafik

### Mål

- 1) Fortsätta arbetet som påbörjats i BANDAT med att undersöka data/information som finns att tillgå i olika delar av banarbetsplaneringen, vilka glapp som eventuellt behöver åtgärdas, samt hur dessa glapp kan åtgärdas.
- 2) Analysera besiktningssanmärkningar och samband med uppkomna infrarelaterade fel för att understödja Trafikverkets besiktningssarbete.

### Huvudsakliga aktiviteter

Projektet har två huvudsakliga delar: 1) Daria Ivina skriver disputerar med en avhandling som täcker BANDAT och BANDAT2. 2) En studie där historiska besiktningssdata, infrastrukturfel och åtgärder analyseras tillsammans. Fokus är komponenter (spår, kontaktledning, spårväxlar och signaler) där både inspektioner, fel och förseningar är vanliga. Vi kopplar samman besiktningssanmärkningar, eventuella fel, och eventuell åtgärd, för att se i vilken omfattning underhåll sker (eller inte sker) i tid, innan ett trafikpåverkande fel uppstår, och vad konsekvenserna blir när sådana fel uppstår.

### Forskningsbidrag

Projektet ökar kunskapen om besiktningssverksamheten, som sällan relativt sällan studerats i forskningen. Några frågeställningar är: Uppträffas fel av besiktningar? Uppstår fel trots att det finns/saknas besiktningssanmärkning? En koppling görs till tidigare studier i BANDAT med banarbets- och banunderhållsplanerna och till avvägningen mellan förebyggande och avhjälpande underhåll. En avhandling försvaras, och minst en journalartikel publiceras.

### Nytta för beställare

Projektets resultat ger ny kunskap som bidrar till att effektivisera planering av underhållsåtgärder och besiktningssverksamheten. Resultaten förväntas i sin tur bidra till att effektivisera banarbetsprocesserna i Sverige, inte minst med avseende på underhållsfönster och anpassningar till TTR, men även avseende incitament och avtalsstrukturer gentemot basunderhållskontrakt. Projektet kopplar väl och bidrar direkt med kunskap till Trafikverkets handlingsplan på området, inte minst avseende punkterna: Mätning/uppföljning av tider i spår, Servicefönster, samt Incitament i kontrakten för minskat behov av tid i spår.

### Rapporter

Palmqvist, C.W. (2024). Slutrapport i Bandat2.

Palmqvist, C.W. (2024). Analys av besiktningssverksamheten på spårväxlar i Sverige – delrapport i Bandat2.

Ivina, D. (2024). *Efficiency of the trackwork scheduling process in Sweden*. Doktorsavhandling vid institutionen för Teknik och Samhälle, Lunds universitet.

Ivina, D. & Ma, Z. (2024). Stability assessment of railway trackwork scheduling in Sweden. *European Transport Research Review*, Volume 16. <https://doi.org/10.1186/s12544-024-00643-3>

Ivina, D. & Palmqvist, C.W. (2024). The Downside of Upkeep: Analysing Railway Infrastructure Maintenance Impact on Train Operations in Sweden. *Applied Sciences*, Volume 14, 125. <https://doi.org/10.3390/app14010125>

Ivina, D., Olsson, N.O.E., Palmqvist, C.W., Hiselius, L. (2023). Uncertainties in scheduling and execution of trackwork in Sweden. *Public Transport*, Volume 15, pp. 767-789. <https://doi.org/10.1007/s12469-023-00322-x>

Ivina, D. & Palmqvist, C.W. (2023). Railway maintenance windows: Discrepancies between planning and practice in Sweden. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, Volume 22, November 2023, article 100927. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2023.100927>.

Mukunzi, G. & Palmqvist, C.W. (2023). The Impact of Switch Faults on Train Delays: A Case Study of the Swedish Railway Network. *World Conference on Transport Research (WCTR) 2023*, in Montreal, Canada.

Mukunzi, G., Jansson, E. & Palmqvist, C.W. (2023). Restoration time for corrective maintenance on the Swedish railway network. *10th International Conference on Railway Operations Modelling and Analysis (ICROMA) – RailBelgrade* in Belgrade, Serbia.

**Närmast relaterade KAJT-projekt**  
BANDAT, SATT-BP.

# Capacity Modeling and Shift Optimization for Train Dispatchers (CAPMO-Train)

Utförare	Linköpings universitet (LiU), Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI)
Projektledare	Christiane Schmidt, <a href="mailto:christiane.schmidt@liu.se">christiane.schmidt@liu.se</a>
Övriga projektdeltagare	Rabii Zahir, <a href="mailto:rabii.zahir@liu.se">rabii.zahir@liu.se</a> , LiU Tomas Lidén, <a href="mailto:tomas.liden@liu.se">tomas.liden@liu.se</a> , LiU Jan Andersson, <a href="mailto:jan.andersson@vti.se">jan.andersson@vti.se</a> , VTI Gunilla Björklund, <a href="mailto:gunilla.bjorklund@vti.se">gunilla.bjorklund@vti.se</a> , VTI
Beställare	Magnus C. Johansson, Trafikverket
Tidsperiod	2021 - 2024
Omfattning (total)	3,4 MSEK
Projekttyp	Doktorandprojekt
Forskningsområde	Planering av transportnätverk, fordon och personal
Hemsida	<a href="https://weber.itn.liu.se/~chrsc91/projects/CAPMO-Train/">https://weber.itn.liu.se/~chrsc91/projects/CAPMO-Train/</a>

## Mål

Övergripande mål med detta projekt är att göra det möjligt för Trafikverket att automatiskt hitta kostnadseffektiva och säkra tågklarerarskift och att operativt kunna omplanera dessa vid förutsebara men stokastiskt varierande händelser.

## Huvudsakliga aktiviteter

Litteraturstudie, hitta mått för arbetsbelastningen för tågklarerare och tröskelvärdena avseende för hög och för låg arbetsbelastning, kartlägga operativa och juridiska restriktioner för tågklarerares arbetsskift och möjliga mål för skiftplanering, design av ett optimeringsramverk som kommer ta hänsyn till alla operativa och juridiska restriktioner, studera effekterna av förutsebara men stokastiskt varierande händelser på tågklarerarens arbetsbelastning och integration av dessa effekter i optimeringsramverket.

## Forskningsbidrag

Ett optimeringsramverk för arbetsskiften av tågklarerare som tar hänsyn till juridiska och operativa krav och tågklarerarens arbetsbelastning.

## Nytta för beställare

Projektet kommer att ge insikt i både tågklarerares arbetsbelastning och möjligheter till förbättrad skiftplanering jämfört med dagens skiftplaneringsprocess: i övre (och nedre) gränser för önskvärd arbetsbelastning (från BelOpt projektet) och deras användning i planering, i hur arbetsbelastningen automatiskt kan inkluderas i skiftplanering, i möjlig ineffektivitet av den nuvarande skiftplaneringen jämfört med den optimerade skiftplaneringen, i hur skiftplaner bör ändras med hänsyn till förutsebara men stokastiskt varierande händelser som t.ex. dåligt väder och i hur planeringen kan automatiseras.

## Resultat

Vi har integrerat trafikmängden i olika områden (med enkelspårbanor, dubbelspårbanor och komplexa driftplatser). Baserat på det kompletterade vi de första skiftplanerna (för en dag) för trafikområde Malmö och diskuterat resultat med experter från Trafikverket. Vi har också använt artificiella indata (geografiska områden och antal tågrörelser) och Rabii Zahir presenterade vårt papper om det på RailBelgrade i april 2023.

Sedan har vi förbättrat vår modell och uppnått mycket snabbare körtider av optimeringen, som är viktigt för arbete med längre planer, dvs. skift för flera veckor. Dessutom, baserad på diskussioner med experter, har vi jobbat med att förbättra kvalitén på de producerade

skiften:vi kan nu undvika för korta skiftlängde

Vi har integrerat krav om att ha så få överlämningar av geografiska områden mellan tågklarerare som möjligt (där vi tog fram olika sätt att mäta dessa och har jämfört de olika alternativens funktionalitet och prestanda)

Baserat på det har vi kunnat skapa förbättrade skiftplaner för en dag—med artificiella indata (geografiska områden och antal tågrörelser) och Rabii Zahir presenterade vårt papper om det på EWGT i september 2023. En full version av pappret publicerades i *Transportmetrica B: Transport Dynamics* 2024.

För att skapa skiftplaner med en längre tidshorisont, nämligen en vecka, utvecklade vi en ny optimeringsmodell som använder de skiftplaner som genererats för enskilda dygn med vår första modell. Syftet är att kombinera dagliga skiftplaner för att skapa välfungerande veckoplaner som uppfyller gällande juridiska krav. Resultatet skulle hjälpa skiftplanerare att ha en insikt över vad en bra delmängd av dagliga planer är och hur de skulle kunna kombineras för att skapa en bra veckoplan. Rabii Zahir presenterade vårt papper om det på ATMOS i September 2024.

Inledningsvis var det också planerat att Gunilla Björklund och Jan Andersson från VTI skulle ha en liten roll i projektet för att hantera överföringen av deras observationsdata till oss. Dessa data handlar om arbetsbelastnings mätningar som skulle tagits på trafikledningen i Malmö. Eftersom tillgång till dessa data inte kunde erhållas, hade vi endast några korta allmänna diskussioner om problemet med dem.

Resultatet har presenterats för beställaren och styrgruppen, och en detaljerad slutrapport har även skickats till dem (där vi även sammanfattar ett studentprojekt inom CAPMO-Train där två studenter har utvärderat hur arbetsskift och behov av personal förändras när pauser läggs in i planeringen). Projektet ledde till att Rabii Zahir framgångsrikt försvarade sin licentiatavhandling vid Linköpings universitet i oktober 2024.

### **Rapporter**

Zahir Rabii. (2024). Optimization Models for Shift Scheduling for Train Dispatchers. Linköping Studies in Science and Technology. Licentiate Thesis No. 2005. ISBN 9789180757942. <https://liu.diva-portal.org/smash/get/diva2:1900850/FULLTEXT01.pdf>

Tomas Lidén, Christiane Schmidt, and Rabii Zahir: Improving Attractiveness of Working Shifts for Train Dispatchers. *Transportmetrica B: Transport Dynamics*, 12, no. 1 (2024). doi: 10.1080/21680566.2024.2380912

Tomas Lidén, Christiane Schmidt, and Rabii Zahir: Shift Scheduling for Train Dispatchers, *In RailBelgrade 2023*

Tomas Lidén, Christiane Schmidt, and Rabii Zahir: Improving Attractiveness of Working Shifts for Train Dispatchers, *Presented at the 25th Euro Working Group on Transportation Meeting (EWGT 2023)*

Tomas Lidén, Christiane Schmidt, and Rabii Zahir: Two-Stage Weekly Shift Scheduling for Train Dispatchers, *In the proceedings of the 24<sup>th</sup> Symposium on Algorithmic Approaches for Transportation Modeling, Optimization, and Systems (ATMOS 2024)*

### **Närmast relaterade KAJT-projekt**

FelOp, BelOpt, Decision support for railway crew planning, DACoD

## Kapacitet i nätverk 2 (KAIN 2)

Utförare	KTH
Projektledare	Ingrid Johansson, <a href="mailto:injohans@kth.se">injohans@kth.se</a>
Övriga projektdeltagare	Elin Hellblom (doktorand), KTH Anders Lindfeldt (handledare), KTH
Beställare	Magnus Backman, Trafikverket
Tidsperiod	2021 – 2024
Omfattning (total)	2,45 MSEK
Projekttyp	Doktorandprojekt
Forskningsområde	Strategisk kapacitetsplanering, Framtidens transportsystem och trafikefterfrågan

### Mål

KAIN 2 syftar till att förbättra metoderna som utvecklades i KAIN för beräkning av kapacitetsutnyttjande för stationer, linjer och kombinationen av dem. Genom att utveckla en gradering av resultatet, och i en fallstudie beräkna kapacitetsutnyttjandet för hela järnvägsnätet, så ökar kunskapen om såväl kapacitetsutnyttjandet i aktuell tidtabell som den underliggande infrastrukturens kapacitetsbegränsningar. I slutändan leder detta till att infrastrukturen kan utnyttjas bättre.

### Huvudsakliga aktiviteter

Metoden från KAIN har vidareutvecklats och förbättras genom implementering av alternativa spårval på stationer, koppling av vändande tåg och hantering av enkelspår. Metoden har validerats och en fallstudie av befintligt kapacitetsutnyttjande av stationer och enkelspårslinjer har genomförts.

### Forskningsbidrag

Projektet syftar direkt till att förbättra kapacitetsberäkningarna. Metoden kan användas för att analysera såväl den befintliga infrastrukturens kapacitetsutnyttjande – tidtabellsberoende eller för den specifika tidtabellen – som för att undersöka vad en förändrad infrastruktur och/eller tidtabell skulle ge för effekt på kapacitetsutnyttjandet. Därmed kan metoden ge underlag till diskussioner om infrastrukturplanering och till planering av större förändringar av trafikeringen.

### Nytta för beställare

Förbättrade kapacitetsberäkningar kan ge positiva effekter som bättre punktlighet och förutsägbarhet för Trafikverket, järnvägsföretagen och kunder (resenärer och godstransportköpare).

Mer konkret kan Trafikverket genom projektet få 1) mer exakta uppskattningar av kapacitetsutnyttjandet, 2) ett fortsatt engagemang i metoder för kapacitetsberäkningar, samt 3) koppling till utbildning vid KTH inom järnvägsanalys.

### Resultat

Projektet startade i september 2021 men redan före formell projektstart utfördes arbete med metodförbättring samt kapacitetsanalys av stationer i Skåne för en tänkbar tidtabell år 2025, vilket utgjorde en bidragande artikel i Ingrid Johanssons doktorsavhandling. Medförfattare till artikeln var Norman Weik, DLR, Tyskland. Metodförbättringen består av möjligheten att tillåta tåg att byta ordningsföljd i tidtabellen vid tidtabellskomprimering av stationer om ett mer effektivt kapacitetsutnyttjande uppnås, genom att ”luckor” i tidtabellen fylls. En reviderad version av artikeln från doktorsavhandlingen presenterades på konferensen RailBeijing i november 2021 samt på Transportforum 2022.

Under 2022 pågick kunskapsutbyte med Atieh Kianinejadoshah, doktorand vid Sapienza University of Rome, i samband med att hon gästade Linköpings universitet april-september 2022. Atieh arbetar också med kapacitetsanalys av järnvägsstationer och linjeavsnitt.

Under 2022 förändrades planeringen i projektet i samråd med beställaren. Projektiden förlängdes med ett år och en doktorand (licentiat), Elin Hellblom, rekryterades som huvudutförare av projektet sedan januari 2023. I slutet av 2023 träffades ytterligare en överenskommelse om förlängning av projektet, nu till utgången av 2024, med en motsvarande utökning av projektbudgeten till totalt 2,45 MSEK.

Samverkan sker med Trafikverket Kapacitetscenter som har visat stort intresse för projektet och väntas ha nytta av resultaten. Den 7 november 2023 hölls en stationskapacitetsdag på KTH med presentationer, diskussioner och kunskapsutbyte med deltagare från Kapacitetscenter, KTH och BaneDanmark.

Ingrid Johansson har tillsammans med Anders Peterson, Linköpings universitet, arbetat med kapacitetsanalys och spår användning på stationer. Idén bygger vidare på ett par examensarbeten från Linköpings universitet som behandlar plattformsallokering. Norrköpings station användes som fallstudie för att utvärdera några olika enkla principer för att allokera tågen till ett plattformsspår, till exempel ”byten tvärs över plattform”, ”alltid spåret närmast utgången”, men även med avseende på antalet korsande tågvägar, antalet byten på samma plattform, och kapacitetsutnyttjandet, där det sistnämnda beräknats med metoden från KAIN 2. Arbetet presenterades på konferensen Euro Working Group on Transportation Meeting (EWGT 2023) i september 2023 och publicerades i *Transportation Research Procedia*.

Ingrid Johansson deltog även i EU-Rail MOTIONAL WP6 i en deluppgift som handlar om strategisk stationsplanering inklusive kapacitetsanalys. Metoden från KAIN 2 kommer att tillämpas där, tillsammans med vidareutveckling av den övriga analysen av spår användning på stationer som utvecklas med Anders Peterson.

Ett flertal publikationer håller på att förberedas, däribland Elin Hellbloms licentiatuppsats samt två tidskriftsartiklar med henne som huvudförfattare. En konferensartikel baserad på arbetet i EU-Rail MOTIONAL WP6 samt en tidskriftsartikel som utvidgar arbetet från RailBeijing-artikeln utarbetas också. Arbetet från MOTIONAL WP6 beskrivs också i en kommande deliverable.

### **Rapporter**

Johansson, I., Hellblom, E., Lindfeldt, A. (2024). Kapacitet i nätverk 2 – KAIN 2: Slutrapport.

Johansson, I. & Peterson, A. (2024). Rail Platform Allocation for Reliable Interchanges. *Transportation Research Procedia*, vol. 78, pp. 198-205. DOI: 10.1016/j.trpro.2024.02.026  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146524000796>

Johansson, I. & Weik, N. (2021). Strategic assessment of railway station capacity – Further development of a UIC 406-based approach considering timetable uncertainty. In: RailBeijing 2021, the 9th International Conference on Railway Operations Modelling and Analysis (ICROMA), Beijing, China, November 3-7<sup>th</sup> 2021.

### **Närmast relaterade KAJT-projekt**

KAIN, PLASA, PLASA 2.



## Kritiska störningar och punktlighet (Tidpunkt)

Utförare	RISE
Projektledare	Martin Joborn, <a href="mailto:martin.joborn@ri.se">martin.joborn@ri.se</a>
Övriga projektdeltagare	Zohreh Ranjbar
Beställare	Soli Liu-Viking, Trafikverket
Tidsperiod	2022 – 2024
Omfattning (total)	1,6 MSEK
Projekttyp	Forskningsprojekt
Forskningsområde	Operativ kapacitetsplanering, Uppföljning och återkoppling

### Mål

Projektet bygger vidare på de positiva resultaten från de tidigare KAJT-projekten SPRIDA, UTSPRIDD och STÅNDPUNKT, där de nya mätetalen *Förseningsbidrag* och *Kritiska händelser* har utvecklats och verifierats. Projektets huvudsakliga mål är att komplettera metoderna genom hänsyn till kompletterande information och prediktion; vidareutveckla demonstratorn för att användas i kontinuerlig uppföljning och utvärdering av trafikutfall under aktuella tidsperioder.

### Huvudsakliga aktiviteter

Arbetet i projektet kan delas upp i två huvudområden. Det första är att göra Trafikverksnära uppföljningar av *förseningsbidrag* och *kritiska störningar* för persontåg och göra nödvändig vidareutveckling av demonstratorn för att fånga upp nyckelinformation och trender så att tillämpligheten vid Trafikverket ökar. Det andra området är att vidareutveckla metodiken och fånga upp samband mellan störningar och kapacitetsutnyttjandet.

### Forskningsbidrag

De nya begreppen *Förseningsbidrag* och *Kritiska händelser* ger på ett nytt sätt möjlighet att identifiera samband mellan störningar och punktlighet, specifikt att hitta orsaker till att tåg opunktliga. Detta projekt bidrar dels till att föra forskningsresultat närmare tillämpning (höja TRL-nivån) och hittar samband mellan kapacitetsutnyttjande och kritiska störningar.

### Nytta för beställare

På 1–3 års sikt kan projektet ge viktig kunskap till TTT:s arbete för att öka punktligheten i järnvägssystemet. Projektet har också lett till att implementation av påbörjats för att tillgängliggöra verktyg, data och metodik till järnvägsbranschen för ökad kunskap om samband mellan störning och punktlighet genom separat projekt vid Trafikverket.

På 5–10 års sikt kan Trafikverket få verktyg för operativ prioritering, återkoppling i tidtabellläggning och prioritering av underhållsåtgärder, allt i syfte att öka punktligheten.

### Resultat

Inom projektet har analysverktyget ”FBKS-demonstratorn” vidareutvecklats för bättre datahantering och anpassats för regelbundna uppföljningar. Projektet har bidragit med väsentligt dataunderlag till TTT:s årsrapport för 2022 och 2023. Förutsättningar för regelmässig användning av FBKS-demonstratorn inom Trafikverket och järnvägsbranschen har utretts och lett till implementationsprojektet Tillgängliggörande av FBKS-demonstrator – Fas 1 (FBKS-demo).

### Rapporter

Joborn, M., Ranjbar, Z., (2023). Demonstratorutveckling och tillämpning av kritiska störningar och punktlighet. RISE Rapport 2023:50.

Joborn, M., Ranjbar, Z., (2024). Samband mellan kapacitetsutnyttjande och förseningsbidrag. RISE Rapport 2024:44.

**Närmast relaterade KAJT-projekt**

UTSPRIDD, SPRIDA, Ståndpunkt, MIST, MIST 2, Nypunkt, Nypunkt 2.0, FBKS-demo

# Maskinlärningsbaserat beslutstöd för tågtrafikledning vid störningar: En experimentell studie (MATRIX)

Utförare	Blekinge Tekniska Högskola
Projektledare	Sai Prashanth Josyula <a href="mailto:sai.prashanth.josyula@bth.se">sai.prashanth.josyula@bth.se</a>
Övriga projektdeltagare	-
Beställare	Jörgen Frohm och Magnus Kroon, Trafikverket
Tidsperiod	2023 - 2024
Omfattning (totalt)	0,78 MSEK
Projekttyp	Förstudie
Forskningsområde	Operativ kapacitetsplanering, Trafikinformation och störningshantering,
Hemsida	<a href="http://www.bth.se/matrix">www.bth.se/matrix</a>

## Mål

Vid järnvägsstörningar är det viktigt att effektivt prioritera tåg, lösa potentiella konflikter i tågtidtabellen och snabbt komma fram till en omlagd tidtabell enligt infrastrukturförvaltarens mål. För närvarande hanteras denna uppgift manuellt av trafikledare. Maskininlärning (ML)-baserade tillvägagångssätt har visat sig fungera bra i många problemdomäner för att hantera komplexa schemalägningsproblem och har fått anmärkningsvärd uppmärksamhet under de senaste åren.

Huvudmålen med detta projekt är:

- att utforska de möjligheter som nya ML-algoritmer kan erbjuda tågtrafikdomänen, och
- att ge värdefulla insikter om att införliva ML vid omläggning av tågtrafik vid störningar.

Huvudmålen är: (i) att modellera konfliktlösningen i en tågtidtabell med hjälp av ML och artificiella träningsdata, och (ii) att ta fram en ML-modell för datadrivet beslutsfattande för att lösa potentiella konflikter i en tågtidtabell under omläggning, och att bedöma modellens genomförbarhet och effektivitet.

## Huvudsakliga aktiviteter

Huvudaktiviteterna som ingår i MATRIX-projektet är följande:

- *formulera* det problem som hanteras i termer av maskininlärning genom att definiera modellens mål och det ideala resultatet, och de mått som indikerar framgång.
- *samla in och förbereda* en träningsdatauppsättning med hjälp av simulerade störningsscenarier.
- *omvandla* rådata och konstruera dem till användbara funktioner.
- *välja* en lämplig inlärningsalgoritm samtidigt som utdatamodellens tolkningsbarheter och dess noggrannhet beaktas.
- *trimma* inlärningsalgoritmen för att komma fram till en lämplig ML-modell och bedöma kvaliteten på de omplanerade tidtabellerna som erhållits genom att följa modellens förslag.
- *undersöka* ML-modellens tolkningsbarhet.

## Forskningsbidrag

Projektets huvudsakliga bidrag består i nya värdefulla insikter om fördelarna och utmaningarna med att utveckla ML-baserade metoder för att omplanera tågtrafiken närhelst potentiella konflikter identifieras. ML-modellen som blir resultatet av projektet kan också användas som en byggsten i framtida ML-forskningsprojekt som handlar om intelligenta beslutstödssystem för effektiv tågomläggning. Två andra förväntade bidrag från projektet är:

- en kurerad utbildningsdatauppsättning och en uppsättning funktioner, som kan återanvändas i framtida ML-projekt (i ett svenskt sammanhang) som hanterar liknande problem,
- en bedömning av lämpligheten av olika ML-algoritmer i samband med vårt omlägningsproblem.

### **Nytta för beställare**

Detta projekt fokuserar på att bidra till Trafikverkets målområde " Effektivare hantering av störningar ” genom att utveckla metoder och komplettera befintlig kunskap om att effektivt hantera järnvägsstörningar genom att utforska de möjligheter som ML erbjuder i detta sammanhang. De insikter som projektet resulterar i förväntas ge Trafikverket en djupare förståelse för prestandan och tolkningsbarheten hos beslutsstödssystem för tågkonfliktlösning som använder ML.

ML-modellen som är resultatet av projektet kommer att ha lärt sig att lösa potentiella konflikter i en tågtidtabell, särskilt på den infrastruktur som används för att träna den (Karlskrona–Malmö), för att få en omlagd tidtabell i linje med IM:s mål. I framtiden kan den här typen av modell göras för att fånga omläggningspreferenserna hos en mänsklig beslutsfattare, t.ex. trafikledaren, när de interagerar med den.

### **Närmast relaterade KAJT-projekt**

BLIXTEN II, BLIXTEN, FLOAT

## Mindre Störningar i Tågtrafiken - Plattformsåtgärder (MiST Plattform)

Utförare	Lunds universitet
Projektledare	Johan Rahm, <a href="mailto:johan.rahm@abm.lth.se">johan.rahm@abm.lth.se</a>
Övriga projektdeltagare	Frida Carlvik, Lunds universitet Ruben Kuipers, Lunds universitet Carl-William Palmqvist, Lunds universitet
Beställare	Tomas Gustafsson, Trafikverket
Tidsperiod	2022 - 2024
Omfattning (total)	1,5 MSEK
Projekttyp	Forskningsprojekt
Forskningsområde	Trafikinformation och störningshantering

### Mål

Projektet syftar till att undersöka effekten av åtgärder som sprider ut resenärer jämnare över plattformen, för att därigenom effektivisera resenärsutbyte och minska andelen försenade uppehåll.

### Huvudsakliga aktiviteter

Projektet består av fyra arbetspaket. I AP1 genomförs en litteraturgenomgång avseende tidigare genomförda interventioner. Tillfälliga designinterventioner utformas därefter med input från litteratur, internationell praxis, och workshops med bland annat Trafikverket och Skånetrafiken. Interventionerna kommer att placeras så att personer med funktionshinder inte påverkas negativt, och för att inte öka informationsmängden på plattformen kommer inga skriftliga instruktioner ges och ingen extra skyltning behövas. Projektet beaktar även samverkan med tågförare kring säkerhet och var tåg stannar på plattform.

I AP2 implementeras designinterventionerna och datainsamling sker. En plattform på en station i Skåne studeras under en snöfri del av året, så att inte plattformsunderhåll påverkas. Datainsamling sker genom videofilmning från drönare, för att i efterhand kunna beskriva hur resenärerna placerat sig på plattformarna, och för att utvärdera effekten av interventionerna. AP3 fokuserar på databearbetning, statistisk analys, samt artikelskrivande medan AP4 fokuserar på kunskapsspridning genom publicering av vetenskaplig rapport, samt presentationer och workshops.

### Forskningsbidrag

Plattformsmarkeringar är en konkret typ av trafikinformation som kan användas för att snabba på resenärsutbyten, minska spridningen i uppehållstider, och minska andelen uppehåll som försenas. I förlängningen kan de därmed bidra till en högre punktlighet och utökad kapacitet i systemet. Projektet förväntas bidra till att kvantifiera dessa effekter i en svensk kontext, och bygga kunskap om hur plattformsmarkeringar bör utformas rent praktiskt.

### Nytta för beställare

Efter projektets avslut erhålls en utvärdering av plattformsmarkeringars potential till att bidra till att sprida resenärer jämnare över plattformen, och därigenom effektivisera resenärsutbyte och minska andelen försenade uppehåll. Plattformsmarkeringar är en enkel och billig lösning med stor potential att kunna implementeras i stor omfattning om de visar sig ha önskad effekt.

### Resultat

Jämförelser för av- och påstigningsflöden mellan perioder med plattformsmarkeringar och utan visade på statistiskt signifikant högre flöden både för avstigning ( $p = 3.18e-06$ ;  $\eta^2 = 0.005$ ) och påstigning ( $p = 3.40e-02$ ;  $\eta^2 = 0.000$ ) för perioder med markeringar, jämfört med de utan. Skillnaden var dock liten i absoluta tal mätt. Vidare var överlappande av- och

påstigning statistiskt signifikant mindre frekvent när plattformsmarkeringar var monterade ( $p= 7.85e-07$ ; Cohen's  $\omega= 0.12$ ). En jämförelse mellan resenärernas spridning på plattformen visade inte på någon statistiskt signifikant skillnad mellan perioder med plattformsmarkeringar och de utan. Jämförelser visade inte heller några statistiskt signifikanta skillnader mellan perioder med plattformsmarkeringar och de utan avseende hur mycket av- och påstigningstiden för den kritiska dörren skiljde sig från tågets median av- och påstigningstid.

### **Rapporter**

Slutrapport avseende projekt KAJT – Mindre Störningar i Tågtrafiken – Plattformsåtgärder (MiST Plattform)

The effect of a platform management intervention on the behaviour of passengers. Ruben Kuipers, Frida Carlvik, Carl-William Palmqvist, Johan Rahm

A naturalistic study into the flow of alighting and boarding passengers of commuter trains. Ruben Kuipers, Frida Carlvik, Johan Rahm, Carl-William Palmqvist

### **Närmast relaterade KAJT-projekt**

Mindre Störningar i Tågtrafiken, del 2 (MIST2).

## Mötesanalys och kanalkänslighet för godståg (MAKK)

Utförare	RISE och Lunds universitet
Projektledare	Martin Joborn, <a href="mailto:martin.joborn@ri.se">martin.joborn@ri.se</a>
Övriga projektdeltagare	Zohreh Ranjbar, Carl-William Palmqvist
Beställare	Soli Liu-Viking, Trafikverket
Tidsperiod	2023 – 2024
Omfattning (total)	0,75 MSEK
Projekttyp	Förstudie
Forskningsområde	Taktisk kapacitetsplanering, Uppföljning och återkoppling

### Bakgrund

Godståg avviker ofta från sin tidtabellskanal. Det har ofta ansetts att tidiga godståg stör systemet och bidrar till andra tågs opunktlighet. I projekt Ståndpunkt gjordes noggrannare analys ("mötesanalys") av effekter av godståg som avviker från tidtabell och resultat indikerar att operativt nyttjas tidiga tåg för att låta andra tåg få högre prioritet så att de tidiga tågen "smörjer systemet". Däremot gör sena godståg att andra tåg också tappar tid. En slutsats av är att "det är bra för mig om det tåg jag möter är tidigt" (t.o.m. bättre än om det är i rätt tid). Resultaten grundar sig på en fallstudie från "Godsstråket" Mjölby-Luleå under oktober 2019. En naturlig följdfråga är hur tidsavvikande godståg påverkar andra tåg på en bana med annan karakteristik.

Det finns skäl att misstänka att ett tidigt tågs påverkan beror på många andra omständigheter: vilket stråk, vilken tid på dagen och vilka andra tåg som samtidigt trafikerar stråket. Följaktligen kan en "kanalkänslighetsindikator" för varje (gods)tågläge vara till gagn för att avgöra om hur viktigt det är att ett godståg ligger nära sin tidtabellskanal, eller om det t.o.m. är bra för systemet om godståget ligger före kanalen (så att tåget kan nyttjas för att prioritera andra tåg).

### Huvudsakliga aktiviteter

Projektets huvudsakliga aktiviteter är att:

- Generalisera metodiken för mötesanalys så att den kan hantera dubbelspår, förbigångar och att snabba tåg "fastnar" bakom långsammare tåg.
- Genomföra fallstudie med den generaliserade mötesanalysen på bana med dubbelspår och blandad trafik (t.ex. Södra Stambanan).
- Föreslå metodik för beräkning av "kanalkänslighetsindikator" för att kunna identifiera vilka tåg som det är extra viktigt att de ligger i sin tidtabellskanal (och tvärt om).

### Forskningsbidrag

Resultaten från detta projekt förväntas kunna bidra till en *nyanserad bild av tidiga tågs påverkan på andra tåg*. En viktig generaliserbar kunskap i området är de ansatser för kanalkänslighetsindikator som avses studeras i projektet.

### Nytta för beställare

Om de tidiga tågen kan nyttjas rätt kan de vara en stor potential, och tvärt om, om man har bättre kunskaper om när tidiga tåg är olämpliga kan de undvikas vid de tillfällena.

På 1-3 år sikt kan projektet leda till ökande kunskaper om effekter av tidiga tåg.

På 3-5 års sikt kan projektet leda till förändrade och förtydligade hanteringsregler rörande tidiga godståg.

### Resultat

Metod och mätetal för att avgöra hur tåg påverkas av en förbigång har skapats och tillämpats på stort dataunderlag för Södra stambanan. Slutsatser kommer att dras under fortsatt arbete.

### Rapporter

Joborn, M., Ranjbar, Z., (2024). Godstågs effekt på resandetågs rättidighet. RISE Rapport 2024:33

Joborn, M., Ranjbar, Z., (2025). The Impact of Freight Trains on Passenger Train Punctuality: A Case Study. Accepted for presentation at the 11th International Conference on Railway Operations Modelling and Analysis (ICROMA). RailDresden 2025

**Närmast relaterade KAJT-projekt**

Ståndpunkt



## Samplanering av Trafikpåverkande åtgärder och trafik - trafikflöden (SATT-TF)

Utförare	RISE
Projektledare	Martin Aronsson, <a href="mailto:martin.aronsson@ri.se">martin.aronsson@ri.se</a>
Övriga projektdeltagare	Martin Kjellin, RISE
Beställare	Jonas Bälter, Trafikverket
Tidsperiod	2022 – 2024
Omfattning (total)	1,9 MSEK
Projekttyp	Forskningsprojekt
Forskningsområde	Strategisk kapacitetsplanering, Framtidens transportsystem och trafikefterfrågan

### Mål

Projektet är nära knutet till det av RNE och FTE initierade projektet TTR, TimeTabling and Capacity Redesign process, med syftet att modernisera kapacitetstilldelningsprocessen. SATT-TF vidareutvecklar resultat från det avslutade KAJT-projektet SATT, specifikt frågeställningar rörande förplanering och trafikflöden huvudsakligen kopplade till TTR-utvecklingen. Målet är att kunna hantera trafikvolymerna för ett nät motsvarande Sveriges järnvägsnät för ett typdygn baserat på transporttjänstklasser, ett begrepp framtaget i det tidigare KAJT-projektet TT-JOB. Ambitionen var ursprungligen att höja TRL-nivån för TTJOB-resultatet från 4 till 6 men har under 2023 ändrats att lägga in resultaten från TTJOB i pågående TTR-utveckling på Trafikverket, inte minst efter EU-kommissionen kom med sitt förslag till ny förordning under sommaren 2023.

### Huvudsakliga aktiviteter

Projektet har följande grova indelning i arbetspaket:

- AP 1 omfattar första version av Transporttjänstklasser för svensk järnvägsinfrastruktur, beräknades klar början 2023
- AP 2 omfattar större delen av utvecklingen av beräkningsmodellen i SATT-TF, start 2023. Denna sker i samverkan med TTR Sverige och MVP 6 samt med systerprojektet SATT-BP.
- AP 3 Konsolidering av resultat samt vid behov vidareutveckling av resultatet från AP 1 (drivs av PLnP's respons på AP 1).

Erfarenheter av arbetet i AP1 och AP2 är viktigt att ta vidare till TTR-projektet och påverka TTRs utvecklingsarbete av sina modeller i svensk riktning. AP3 syftar till en kvalitetssäkrad överlämning av resultaten till TTR, både det svenska projektet och vid behov internationellt. AP3 innehåller även presentation, publikation och spridning av de forskningsresultat som förväntas i projektet.

### Forskningsbidrag

Den inom SATT-TF framtagna modellen fokuserar på volymer av tågtrafik över tid snarare än faktisk schemaläggning av individuella tåglägen. Volymer av tåglägen beräknas per tidsenhet och representeras som en mängd tåglägen, med grund i transporttjänstklasserna från TT-JOB (olika typ i olika segment) över ett järnvägsnät. Behov av sådana modeller finns i de tidigare processtegen i kapacitetstilldelningen där fokus bland annat är önskad segmentering av trafik över nät och över tid.

En viktig del av SATT-TFs forskning och utveckling rör representation av kapacitet i samband med volymer av tåglägen från olika transporttjänstklasser, för tidsperioder och bandelar / linjer.

### Nytta för beställare

SATT-TF bistår projektet TTR Sverige att ta fram de första kapacitetsmodellerna i den av TTR definierade nya kapacitetstilldelningsprocessen för tåglägen. Ett ytterligare syfte är att i TPÅ-processen kunna mäta trafikpåverkan vid avstängningar, enskilt men kanske framför allt kombinationseffekter.

SATT-TF möjliggör även de nyttor som den av PLn<sub>p</sub> initierade PENG-utvärdering av resultaten från TT-JOB visade på.

Resultatet från SATT-TF förväntas ha påverkan på hur kapacitet kan uttryckas i de tidiga skedena av kapacitetstilldelningsprocessen (X-36 till X-3) samt hur nyttjandegraden beräknas bli. En återkoppling blir då möjlig att göra från de uppföljningar av kapacitetsuttaget som Trafikverket gör idag (de s.k. Kapacitetskartorna) gentemot de volymer som beräknats av metoden i SATT-TF.

### **Resultat**

Projektet avslutades under 2024 och har bidragit till att publicera en rapport som belyser ett alternativt kapacitetsmått för det som i TTR benämns ”Advance planing”, dvs kapacitetsplanering innan ansökan om kapacitet. Projektet har bidragit med ett flertal presentationer och föredrag för både RNE, FTE, BaneNor samt deltagande i paneldiskussioner med deltagande från bla. kommissionen. Projektet har också deltagit aktivt i den svenska utvecklingen av TTR-projektets resultat i Sverige.

Under projektets gång har den ursprungliga ansatsen med den flödesmodell som togs fram i projektet SATT visats sig inte fungera tillräckligt bra för den tidiga kapacitetsplaneringen av trafik och har ersatts av en ny beräkningsmodell baserad på en operationsanalytisk modell för mängdtäckning (Set partition). Denna visar på goda beräkningsmässiga egenskaper och möjliggör, tillsammans med det ovan refererade kapacitetsmålet, beräkning av tex. Kapacitetsmodeller i TTRs kapacitetstilldelningsprocess. Modellen är använd i utredningen *Feasibility Study on Applying Socio-Economic Criteria in Case of Capacity Shortages (SEC)* beskrivet på annan plats i denna katalog.

### **Rapporter**

Aronsson, M, En not om att mäta kapacitet. RISE rapport 2022:116.

<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1722644/FULLTEXT01.pdf>

Aronsson, M, Modell för beräkning av resursanvändning på linjer för volymer av tågtrafik, RISE Rapport 2024:108

<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1933892/FULLTEXT01.pdf>

Aronsson, M, Förhandsplanering i kapacitetstilldelnings-processen på järnväg, RISE Rapport 2024:96

<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1933890/FULLTEXT01.pdf>

Närmast relaterade KAJT-projekt

SATT-BP, SATT-SP, BASTA, TOT, SATT, TTJOB, TTR<sub>u</sub>T, TORP

## Simulatorbaserad utbildning och träning av tågförare (SITUATE)

Utförare	VTI
Projektledare	Niklas Olsson, <a href="mailto:niklas.olsson@vti.se">niklas.olsson@vti.se</a>
Övriga projektdeltagare	Björn Lidestam, Birgitta Thorslund, VTI
Beställare	Helena Tilander, Trafikverket
Tidsperiod	2022 - 2024
Omfattning (total)	3,4 MSEK
Projekttyp	Doktorandprojekt
Forskningsområde	Operativ kapacitetsplanering, Människan, digitalisering och automation
Hemsida	vti.se

### Mål

Doktorandprojektet syftar till att utreda effekterna av simulatorträning för tågförare med särskild inriktning på ERTMS. Projektet har en pedagogisk inriktning där doktorand Niklas Olsson avser utreda vilken effekt som träning i simulatormiljö har för lokförare med olika erfarenhet och utbildning. Projektet avser även studera hur ökad grad av automation påverkar yrkesrollen och hur framtidens utbildning kan anpassas för att möta kunskapsbehovet.

### Huvudsakliga aktiviteter

Projektet syftar till att studera hur, i branschen vanligt förekommande, simulatorer kan användas för att utbilda effektiva och trafiksäkra förare med särskild inriktning på ERTMS. Projektet inrymmer, förutom akademiska studier och avhandlingsarbete, effektstudier av förarutbildning liksom en valideringsstudie av VTI:s tågssimulator.

### Forskningsbidrag

Projektet bidrar med ökad kunskap om hur en tågssimulator kan användas inom forskning och vid utbildning av lokförare.

### Nytta för beställare

- Effektivare och trafiksäkrare driftsättning av ERTMS
- Ökad förståelse för hur planerad ibruktagandestrategi för ERTMS påverkar föraren
- Ökad kunskap om hur tågssimulatorer kan bidra till en punktligare järnväg.

### Resultat

Resultat visar att verklig tågekörning inte erbjuder övningsmöjligheter av olika situationer i den utsträckning som är önskvärd för att utveckla praktisk färdighet. En, i Sverige vitt spridd, tågssimulator bör därför användas vid lokförarutbildning för att ge förare möjlighet att i tillräcklig omfattning träna på olika, vid felaktig hantering potentiellt kostsamma, situationer som kan uppstå vid verklig tågekörning.

ERTMS-praktik i simulatormiljö ger mer effektiva och trafiksäkra förare än praktisk träning i verklighet. En starkt bidragande orsak är möjligheten att, i simulatormiljö, repetera de situationer och sårfall i den utsträckning man önskar. Resultatet visar även att förare svårigen själv kan bedöma sin praktiska kunskap varför ett simulatortest med fördel kan användas för kunskapsbedömning, exempelvis i samband med examinationer. För att ge förare möjlighet att, med bästa resultat, repetera potentiellt kostsamma sårfall bör simulatorutvecklingen följa verklighetens uppgraderingar av ERTMS.

### Publikationer

Olsson, N., Lidestam, B., & Thorslund, B. (2021). The practical part of train driver education: Experience, expectations, and possibilities. *European Transport Research Review*, 13(1), 52. <https://doi.org/10.1186/s12544-021-00506-1>

Olsson, N., Lidestam, B., & Thorslund, B. (2023). Effect of Train-Driving Simulator Practice in the European Rail Traffic Management System: An Experimental Study. *Transportation Research Record*, 2677(5), 694–706. <https://doi.org/10.1177/03611981221135802>

Fredin-Knutzén, J., Olsson, N., Rosberg, T., Thorslund, B., & Lidestam, B. (2023). Train Drivers' Work Related Stress and Job Satisfaction. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 65(9), 775–782. <https://doi.org/10.1097/JOM.0000000000002903>

Olsson, N. (2023). A validation study comparing performance in a low-fidelity train-driving simulator with actual train driving performance. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 97, 109–122. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2023.07.007>

Olsson, N. (2022). ERTMS-utbildning i simulatormiljö: framgångsfaktorer för en effektiv utbildning. VTI rapport 1118. <http://vti.diva-portal.org/smash/get/diva2:1646536/FULLTEXT01.pdf>

### **Närmast relaterade KAJT-projekt**

Körbarhetsanalyser i tågssimulator, Tågssimulering och ERTMS, TESTER, KAKA

## Simulering med ATO (SIMULATO)

Utförare	KTH
Projektledare	Emil Jansson, <a href="mailto:emiljans@kth.se">emiljans@kth.se</a>
Övriga projektdeltagare	Hans Sipilä, KTH Carl-William Palmqvist, Lunds universitet
Beställare	Per Köhler, Trafikverket
Tidsperiod	2024 - 2024
Omfattning (total)	0,35 MSEK
Projekttyp	Forskningsprojekt
Forskningsområde	Strategisk kapacitetsplanering, Signal- och trafikstyrningssystem

### Mål

Målet med projektet är att bidra med kunskap om hur punktlighet och förseningar påverkas vid en övergång drift med automatisk körning med förarlösa och obemannade tåg. Detta projekt kan ses som ett första steg mot en simulering av automatiserad drift i Sverige.

### Huvudsakliga aktiviteter

För att simulera tågtrafik med förarlös och obemannad drift behöver troligtvis nya förseningsfördelningar tas fram då dessa tåg skulle få nya förutsättningar genom att tågens bemanning förändras. En stor del av projektet har varit att studera hur förseningsfördelningarna kan komma att förändras. Framtagandet av nya fördelningar har baserats på orsakskodade förseningar i Lupp och bedömningar har gjorts tillsammans med referensgruppen och andra experter. Simuleringarna med de framtagna förseningsfördelningarna har genomförts för pendeltåg i södra Sverige med ett makroskopiskt simuleringsverktyg (PROTON).

### Forskningsbidrag

Projektet har bidragit med ett första steg i framtagandet av förseningsfördelningar för förarlösa och obemannade tåg i Sverige genom att justera förseningsfördelningar med hjälp av orsakskodade förseningar.

### Nytta för beställare

Projektet ger en första insikt i vilka effekter en hög grad av automatisering av järnvägstrafiken i Sverige skulle kunna få. Projektet belyser att förseningsfördelningar kan komma att se annorlunda i ett system med förarlösa eller obemannade tåg. Erfarenheterna från projektet kan användas för att göra liknande studier för andra delar av järnvägsnätet i Sverige samt utgöra ett beslutsunderlag för järnvägsbranschen om förarlös eller obemannad drift ska införas i Sverige.

### Resultat

De orsakskoder som bedöms försvinna med förarlös och obemannad drift är personalrelaterade koder samt otillåten passage av stoppsignal. De orsakskoder som bedöms ta längre genom att personal behövs på plats är fordonsrelaterade koder, men då osäkerheten är stor gällande vilka orsakskoder som kan komma att förändras har flera olika scenarion genomförts genom att inkludera olika typer av orsakskoder. För de orsaker där personal har antagits behövas på plats har en inställetid lagts till. Teknologikutvecklingen går snabbt framåt och om obemannad drift skulle införas skulle troligen nya fordon användas som är utvecklade för det ändamålet. Därför har även en känslighetsanalys med att vissa av dagens fel hanteras utan att personal behövs på plats.

Simuleringsresultaten för de flesta scenarier visar på små skillnader i punktlighet och medelförsening. Förklaringen ligger troligtvis i att förseningsfördelningarna bygger på miljontals tidsregistreringar och den största merparten av dem är i tid medan det är i storleksordningen tusentals koder som har justerats, vilket är en relativt liten andel. Syftet med projektet var att utvärdera hur punktligheten och förseningar skulle påverkas med förarlös och obemannad drift. En annan aspekt som kan vara svår att värdesätta är

lokförarens möjligheter att upptäcka fel, något som blev tydligt i och med urspårningen vid Iggesund under hösten 2023. Då larmade en lokförare trafikledningen om att banvallen var skadad vilket ledde till att trafikledningen reducerade hastigheten till 40 km/h för det urspårade tåget.

En journalartikel baserat på SIMULATO är under färdigställande för publicering i en vetenskaplig tidskrift.

### **Rapporter**

Jansson, E. Delay distributions with driverless and unattended train operation on mainlines. The 13<sup>th</sup> Annual Swedish Transport Research Conference (STRC 2024), Göteborg, 2024.

### **Närmast relaterade KAJT-projekt**

HESE2 och SIMPOR

## Tågsimulering och ERTMS, del 1 och del 2

Utförare	VTI
Projektledare	Tomas Rosberg, <a href="mailto:tomas.rosberg@vti.se">tomas.rosberg@vti.se</a>
Övriga projektdeltagare	Birgitta Thorslund, VTI; Oskar Fröjd, KTH; Behzad Kordnejad, KTH (Under 2023-2024 endast Tomas i projektet)
Beställare	Magnus Wahlborg, Trafikverket
Tidsperiod	2019 - 2024
Omfattning (total)	3,6 MSEK+ 2,8 MSEK
Projekttyp	Doktorandprojekt
Forskningsområde	Taktisk kapacitetsplanering, Signal- och trafikledningssystem
Hemsida	<a href="http://www.vti.se">www.vti.se</a>

### Mål

Projektets syfte är att utföra forskning inom området tågsimulering och ERTMS. VTI är FoI- utförare och arbetet sker på uppdrag av och i samverkan med Trafikverket. Projektet är ett doktorandprojekt och doktoranden är Tomas Rosberg. Det finns ett behov av ökad kunskap om ERTMS, samt metoder kopplat till ERTMS utifrån simulering, projektering och teknikutveckling. Projektet är en fortsättning av en förstudie som genomförts under 2018.

### Huvudsakliga aktiviteter

Doktorandprojektet inriktas mot körsimulering och ERTMS och har målet att öka förståelsen för vad som påverkar kapacitet och punktlighet samt på vilket sätt. Effekter av signalsystem på kapacitet och förarbete kommer att undersökas med hjälp av både simulatorer för tåγκörning och för tidtabellsplanering. Utgångspunkter för dessa är VTI:s tågssimulator som modellerar tåg och lokförare, samt RailSys som modellerar tågtrafik.

### Forskningsbidrag

Forskningsbidraget och nyttan på kort sikt 3 – 5 år är utvecklad kunskap inom ERTMS-området samt en mer realistisk tidtabellsplanering, bättre punktlighet och ökad kapacitet i samband med övergången till ERTMS. Resultaten kommer kunna användas som input vid projektering, körbarhetsanalyser och signaloptimering. Forskningsbidraget och nyttan på längre sikt 6 – 10 år är förutom att de på kort sikt fortlöper, även bättre projekteringsunderlag till nybyggda banor för ytterligare optimering av punktlighet och kapacitet samt bättre underlag inför ytterligare utveckling mot automatiserad tågtrafik. Bättre insikt kommer att finnas om hur framtidens signalsystem för ERTMS bör utformas.

### Nytta för beställare

Nyttan för Trafikverket är:

- Ökad kunskap om verklig tåγκörning inkl lokförare utifrån ERTMS och pågående teknikutveckling
- Ökad kunskap om gångtider och tåγκörning
- Ökad kunskap om framtida tågplanering och trafikledning utifrån ERTMS
- Ökad kunskap om signalsystem – RailSys – lokförarsimulator
- Åtgärder kring projektering och teknikutveckling med koppling till ERTMS
- En plattform för dialog med järnvägsföretag och systemleverantörer och konsulter om ERTMS och teknikutveckling

### Resultat

Resultat från den första studien om förarbete och ATC visar en signifikant lägre acceleration och retardation jämfört med simuleringsverktyget RailSys, vilket används för tidtabellsplanering. Detta resulterar i skillnader mellan uppmätt och simulerad gångtid.

Den andra studien på Ådalsbanan under 2019 resulterade i framtagandet av ett verktygsstöd (EPA – ERTMS Protocol Analyzer) för att effektivisera både användningen av ETCS-data och databearbetning.

Detta ger nya möjligheter att lära av den trafik som pågått under ett decennium på våra ERTMS pilotbanor.

Två ytterligare datainsamlingar har gjorts under hösten 2020. Syftet var att vidare undersöka retardationsbeteende för ATC. Detta gjordes på pendeltåg i Stockholm och på Östgötapendeln.

Under 2020 presenterades en sammanställning av faktorer som påverkar körbeteende på ERTMS banor och metoder för att analysera dessa. Detta arbete togs vidare under 2021 med en omfattande tågsimulatorstudie hos operatörer med ERTMS trafik. Resultaten pekar på nödvändiga förbättringar i kapacitetsberäkningar vid införandet av E2.

En Licentiat-avhandling har presenterats under våren 2021.

Under hösten 2021 genomfördes en datainsamling med tågförarsimulator i Norrland med licensierade ETCS förare. Syftet har varit att titta på effekterna av hastighetsfiltrering på ETCS banor. Resultaten visar på signifikanta skillnader när det gäller energiförbrukning och små skillnader när det gäller gångtid.

I december 2022 presenterades en sammanläggningsavhandling med titeln *Going from Lineside to In-cab Railway Signaling: Driveability Issues and Solutions*.

2023 har bjudit på uppstarter av några nya delprojekt. Dels har en ny simulatorstudie genomförts tillsammans med Nässjöakademien och Trafikverksskolan i Ängelholm. Syftet har varit att titta på hur utvecklingen från ETCS BL2 till BL3 påverkar föraren. Utvärderingen och resultaten är klara och håller på att publiceras. Under våren har också RBC tågföringsdata från EMU:er på Ådalsbanan analyserats med m.a.p bromskurvor och jämförts med resultaten från tidigare simulatorstudier. Dessa visar god överensstämmelse. Under december genomfördes ett fullskaleförsök mellan Luleå-Umeå för att försöka utvärdera hur tåginbromsningar påverkar passagerare. Denna studie kommer fortsätta under 2024.

### **Rapporter**

Rosberg, T., Thorslund, B. (2018). Förstudie Tågsimulering och ERTSM. Projektrapport. Thorslund, B., Rosberg, T., & Lindström, A. (2019). User-centered development of a train driving simulator for education and training. Paper presented at Rail Norrköping, Norrköping.

Rosberg, T., Thorslund, B., (2020). Simulated and real train driving in a lineside Automatic Train Protection (ATP) system environment. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 16.

Rosberg, T., Cavalcanti, T., Thorslund, B., Prytz, E., & Moertl, P. (2021). Driveability analysis of the european rail transport management system (ERTMS): A systematic literature review. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 18.

Rosberg, T., Thorslund, B., 2022. Radio communication-based method for analysis of train driving in an ERTMS signaling environment. *European Transport Research Review*, 14, Article 18.

Rosberg, T., Thorslund, B., 2023. Impact on driver behavior from ERTMS speed-filtering. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 26.

### **Närmast relaterade KAJT-projekt**

Förstudie Tågsimulering och ERTMS, TESTER, Körbarhetsanalyser med hjälp av Tågsimulator, Simulatorbaserad utbildning för Tågförare, KAKA.



## Feasibility Study on Applying Socio-Economic Criteria in Case of Capacity Shortages (SEC)

Utförare	RISE
Projektkontakt	Martin Aronsson, <a href="mailto:martin.aronsson@ri.se">martin.aronsson@ri.se</a>
Projektdeltagare	Kristofer Odolinski, Emanuel Broman, VTI
Beställare	Rail Net Europe, Forum Train Europe
Tidsperiod	2023 - 2024
Omfattning (total)	0,12 M€
Projekttyp	KAJT-relaterat projekt
Forskningsområde	Strategisk kapacitetsplanering
Hemsida	<a href="https://rne.eu/call-for-offers-feasibility-study-on-applying-socio-economic-criteria-in-case-of-capacity-shortages/">https://rne.eu/call-for-offers-feasibility-study-on-applying-socio-economic-criteria-in-case-of-capacity-shortages/</a> <a href="https://www.forumtraineurope.eu/services/capacity-projects/allocation-principles#c202">https://www.forumtraineurope.eu/services/capacity-projects/allocation-principles#c202</a>

### Mål

Projektet undersöker möjligheten att ta fram en samhällsekonomiskt baserad prioriteringsmodell som kan hantera kapacitetsbegränsningar på järnvägen i ett paneuropeiskt perspektiv.

### Huvudsakliga aktiviteter

Projektet är uppdelat i flera arbetspaket: Utveckling av trafikmodell, utökning av den svenska värderingsmodellen (som baseras på ASEK) till en paneuropeisk nivå, värdering av kapacitetsmodellen, hantering av osäkerhet i förplanering, kalkyleringsexempel och rapporter.

### Forskningsbidrag

Projektet är i huvudsak ett utredningsprojekt, upphandlat av Rail Net Europe och Forum Train Europe. Ett viktigt bidrag utgör om det är möjligt med en paneuropeisk modell liknande den svenska prioriteringskategori-modellen. Den senare har spelat roll för Kommissionens val av värderingsprinciper i sitt förslag till prioriteringskriterier vid fördelning av järnvägskapacitet. Ytterligare principiella frågeställningar utgör till exempel hur trafik som passerar landsgränser skall värderas och hur värdering skall ske för transiterande tåglägen (tåglägen utan kommersiella uppgifter då de passerar genom ett land).

### Nytta för beställare

Kommissionen har i sitt förslag till ny förordning på området angivet att denna skall baseras på samhällsekonomisk grund. Det är dock oklart hur en sådan skall formuleras på en europeisk nivå. Projektet undersöker tillämpligheten av den svenska prioriteringskategori-modellen utifrån ett paneuropeiskt perspektiv.

### Rapporter

Aronsson, M., Broman, E., Odolinski, K., 2024. Inception report – Feasibility Study on Using Socio-Economic Cost Criteria in Case of Capacity Shortages.

Aronsson, M., Broman, E., Odolinski, K., 2024. First Intermediate Report – Feasibility Study on Using Socio-Economic Cost Criteria in Case of Capacity Shortages.

Aronsson, M., Broman, E., Odolinski, K., 2024. Second Intermediate Report – Feasibility Study on Using Socio-Economic Cost Criteria in Case of Capacity Shortages.

Aronsson, M., Broman, E., Odolinski, K., 2024. Feasibility Report – Feasibility Study on Using Socio-Economic Cost Criteria in Case of Capacity Shortages.

Aronsson, M., Broman, E., Odolinski, K., 2024, Final report – Feasibility study on using Socio-Economic Cost Criteria in Case of Capacity Shortages,

**Närmast relaterade KAJT-projekt**

TOT, SamEff, BASTA, RITH

## Konstruktionsregler för en robust tågplan (KRUT)

Utförare	Trafikverket, Linköpings universitet
Projektledare	Emma Solinen, <a href="mailto:emma.solinen@trafikverket.se">emma.solinen@trafikverket.se</a>
Övriga projektdeltagare	Anders Peterson, LiU, Jan Lundgren, LiU
Beställare	Åke Lundberg, Trafikverket
Tidsperiod	2019 – 2024
Projekttyp	KAJT-relaterat doktorandprojekt
Forskningsområde	Taktisk kapacitetsplanering

### Mål

Projektet Konstruktionsregler för en Robust Tågplan (KRUT) har som mål att utveckla och utvärdera en metod för att förbättra robustheten i en tågtidtabell för enkelspår. Med en robust tidtabell menas en tidtabell där störningar inte sprider sig lätt mellan tåg och där tåg har en möjlighet till återhämtning efter en störning. Målet är att med hjälp av de teorier som analyseras och den modell som utvecklas i KRUT få en punktligare tågtrafik.

Metoden ska kunna användas i ett tidigt skede, redan i kapacitetstilldelningen när tidtabellen skapas, för att se till att tidtabellen håller en viss kvalitet när det kommer till robusthet. Tidigare forskning visar att konceptet Kritiska Punkter och det tillhörande måttet Robustness in Critical Points, RCP, på ett tillfredsställande sätt kan användas för att öka robustheten i en hel tidtabell för dubbelspårstrafik. Syftet med KRUT är att analysera om och hur måttet kan användas på en enkelspårig bana och om det behöver kompletteras med ytterligare aspekter. I slutänden är målet att utveckla en metod där RCP kombineras med andra styrande aspekter i tidtabellskonstruktionen för att ge ett trovärdigt och realistiskt stöd för konstruktörer.

### Huvudsakliga aktiviteter

De huvudsakliga aktiviteterna i KRUT består bland annat av att analysera förseningsdata på enkelspår för att kunna dra slutsatser om samband mellan tidtabellskonstruktion och punktlighet. En definition av robusthetsmått på enkelspår likt tidigare framtagna RCP-mått ska tas fram. Flera tidtabeller ska konstrueras för en enkelspårsbana utifrån olika strategier och konstruktionsregler samt utvärderas i form av vilka konsekvenser de olika strategierna får för trafikuppläggen. Tidtabellerna ska sedan simuleras i Railsys och utvärderas i form av punktlighet och förseningsutveckling.

### Forskningsbidrag

KRUT bidrar till att öka kunskapen kring hur robusta tidtabeller kan skapas och hur tågen påverkas av olika konstruktioner, både i planeringsskedet och i operativt läge. Det redan befintliga måttet RCP byggs på med en ytterligare aspekt för enkelspår, så att teorierna som tagits fram i tidigare projekt tillsammans med KRUT kan ge en helhetsbild av robusta tidtabeller.

### Nytta för beställare

Projektets huvudsyfte är att minska förseningarna på järnvägen vilket betyder att den främsta nyttan ligger hos resenärerna och transportköparna. Genom att förseningarna minskar kan branschen i stort gynnas och tågoperatörer kan leverera en mer robust tjänst till sina kunder. Nyttan för Trafikverket är kunskap kring samband mellan tågplanekonstruktion och förseningar samt verktyg för hur en tågplan ska kunna göras mer robust. Det stora värdet ligger i att Trafikverket kan leverera en tågplan av högre kvalitet.

### Närmast relaterade KAJT-projekt

RTJ

## Malmbanan T25

<b>Utförare</b>	RISE
<b>Projektledare</b>	Martin Joborn, <a href="mailto:martin.joborn@ri.se">martin.joborn@ri.se</a>
<b>Övriga projektdeltagare</b>	Sara Gestrelius
<b>Beställare</b>	Fredrik Lundström, Trafikverket, Adam Leifland Berntsson, LKAB
<b>Tidsperiod</b>	2023 - 2024
<b>Omfattning (total)</b>	0,2 MSEK
<b>Projekttyp</b>	KAJT-relaterat projekt
<b>Forskningsområde</b>	Taktisk kapacitetsplanering

### Bakgrund

Kapacitetsplaneringen av Malmbanan står inför stora utmaningar under de närmaste åren, då belastningen är hög samtidigt som stora banarbeten ska genomföras. RISE har under tidigare projekt utvecklat en forskningsprototyp och demonstrator för optimerande tidtabellsplanering, kallad M2. I detta projekt använder RISE M2 för att stötta Trafikverket och LKAB i arbetet med att konstruera en tågplan för T25.

### Huvudsakliga aktiviteter

Huvudsaklig aktivitet är att, parallellt med Trafikverkets kapacitetsanalyser, använda M2 för att skapa alternativa, förfinade, tågplaner.

### Nytta för beställare

Projektet kan dels leda till faktisk bättre nyttjande av Malmbanan under år då balansering mellan trafik och banarbeten är extra utmanande. Projektet kan också leda till ett nytt sätt att samverka med forskningen inom kapacitetsplaneringen.

### Resultat

Projektet har visat på möjligheter att nyttja avancerade beräkningshjälpmedel (optimering) i kapacitetsplanering, samtidigt som vidareutvecklingsbehov identifierats för att denna typ av hjälpmedel ska bli ännu tillämpligare.

### Rapport

Gestrelius, S., & Joborn, M. (2024). Malmbanan 2025 - Slutrapport. Hämtad från <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ri:diva-72467>

### Närmast relaterade KAJT-projekt

Flexikap

## Tillgängliggörande av FBKS-demonstrator – Fas 1 (FBKS-demo)

Utförare	RISE
Projektledare	Martin Joborn, <a href="mailto:martin.joborn@ri.se">martin.joborn@ri.se</a>
Övriga projektdeltagare	Zohreh Ranjbar, Henrik Teinelund
Beställare	Soli Liu-Viking, Trafikverket
Tidsperiod	2024
Omfattning (total)	0,15 MSEK
Projekttyp	KAJT-relaterat projekt
Forskningsområde	Uppföljning och återkoppling

### Bakgrund

RISE har under en serie av projekt utvecklat och tillämpat nya mätetal för punktlighet kallade *Förseingsbidrag* och *Kritiska störningar*. En demonstrator har utvecklats, kallad *FBKS-demonstratorn*. RISE har tillämpat demonstratorn och levererat underlag som använts för uppföljningar inom TTT. Då TTT bedömer att demonstratorn kan vara av värde för hela järnvägsbranschen önskar man utreda förutsättningar för att demonstratorn ska tillgängliggöras för bredare användning.

### Huvudsakliga aktiviteter

Utreda förutsättningar och skapa grov projektplan för tillgängliggörande av FBKS-demonstratorn.

### Nytta för beställare

På 1-3 år sikt kan projektet leda till att järnvägsbranschen får nytt verktyg i punktlighetsarbetet för att öka förståelse och kunskap om prioriterade åtgärder.

### Resultat

Projektet startar under 2024.

### Närmast relaterade KAJT-projekt

Tidpunkt, Ståndpunkt

## Värdering av Trafikinformatjonsnyttor i Tågtrafiken (VTT)

Utförare	Linköpings universitet
Projektledare	Anders Peterson, anders.peterson@liu.se
Övriga projektdeltagare	Abderrahman Ait Ali, Linköpings universitet Martin Joborn, Linköpings universitet
Beställare	Ulrica Sörman, Trafikverket
Tidsperiod	2022 – 2024
Omfattning (total)	1 MSEK
Projekttyp	KAJT-relaterat projekt
Forskningsområde	trafikinformatjon och störningshantering

### Mål

Tågförseningar tillsammans med ökande efterfrågan leder till betydande samhällsekonomiska kostnader. Ett sätt att minska dessa kostnader är genom effektiv kommunikation av olika typer av trafikinformation till passagerare.

VTT projekt syftar till att beräkna de samhällsekonomiska nyttor som trafikinformation ger vid störningar i tågtrafiken. Detta åstadkoms genom att utveckla en kvantitativ modell för att kvantifiera värdet av att kommunicera information till resenärerna vid tågförseningar.

Målet är att ge insikter till infrastrukturförvaltaren om samhällsnytta av informationssystem som en del av de stora infrastrukturinvesteringarna. Genom att använda olika störningsscenarioer i tågtrafiken kan dessa insikter hjälpa till att utforma effektivare informationsstrategier för att minska störningskostnader.

### Huvudsakliga aktiviteter

Huvudsakliga aktiviteter i VTT projekt är:

Översikt över befintliga litteratur och sammanställning av relevant tidigare resultat.

Modellering av effektsamband och samhällsekonomiska kostnader.

Utveckling av beräkningsmodellen.

Insamling och strukturering av relevant data och definiering av testscenarier.

Testning, sammanfattning av resultat och projektrapportering.

Forskningsbidrag

VTT projekt bidrar med en litteraturstudie över befintliga studier om informationsinsatser för persontrafik och beteendeanpassningar (vid tågförseningar). Ett annat bidrag är beräkningsmodellen för kvantitativ värdering av samhällsekonomiska nyttor av trafikinformation.

### Nytta för beställare

Resultat från VTT projekt kan vara ett stöd för infrastrukturförvaltare så som Trafikverket för att utforma mer samhällsekonomiskt effektiva strategier för trafikinformation vid olika förseningsscenarioer.

### Resultat

Arbetspaket 1 resulterade i en litteraturstudie över befintliga studier om hur resenärer utnyttjar trafikinformation (vid förseningar) och vilka beteendeanpassningar de gör. Studien redovisade tidigare forskningslitteratur om informationsinsatser i allmänhet och i transportsektorn i synnerhet (särskilt persontågtrafik) samt till befintliga studier om informationsinsatser, resenärer och beteendeanpassningar (vid tågförseningar). Litteraturstudien sammanfattar de befintliga metoder som används i Sverige och utomlands inom järnväg och andra trafikslag samt metoder och värderingar av samhällsekonomiska nyttor och effekter av trafikinformation.

Resterande arbetspaket inkluderar beräkningsmodellen för kvantitativ värdering av samhällsekonomiska nyttor samt tester som baseras på data från ett studiefall på Stockholms pendeltåg 2015. Ett working paper har skrivits för att beskriva modellen, tester samt resultat.

## **Rapporter**

Konferensartikel:

Ait-Ali, A., Peterson, A. (2023). Assessing the effects of traffic information to passengers: a literature review. Forthcoming in Transportation Research Procedia: proceedings of the World Conference on Transport Research - WCTR, Montreal, July 17-21, 2023.

Ait-Ali, A., Peterson, A. (2024). Modelling and evaluating travel information during disruptions: A case study from Swedish railways. To be submitted to the EURO Working Group on Transportation EWGT, Lund, September 4-6, 2024.

Ait-Ali, A., Peterson, A. (2023). Assessing the effects of traffic information to passengers: a literature review. The Swedish Transportation Research Conference 2022, Lund, October 18-19, 2022.

## **Närmast relaterade KAJT-projekt**

Trafikinformation lägesbild

Mindre Störningar i Tågtrafiken (Mist)

Mindre Störningar i Tågtrafiken, del 2 (Mist2)

## YardCDM DEMO

Utförare	RISE
Projektledare	Johan Östling, RISE, <a href="mailto:johan.ostling@ri.se">johan.ostling@ri.se</a>
Övriga projektdeltagare	Trafikverket, Green Cargo, DB Cargo Scandinavia, Mertz, Hector Rail
Beställare	Trafikverket
Tidsperiod	2022 - 2024
Omfattning (total)	3,52 MSEK
Projekttyp	KAJT-relaterat projekt
Forskningsområde	Järnvägens sidosystem och koppling till järnvägsnätet
Hemsida	<a href="https://www.ri.se/sv/vad-vi-gor/projekt/yardcdm">https://www.ri.se/sv/vad-vi-gor/projekt/yardcdm</a>

### Mål

Målet med demonstrationsprojektet är att erhålla kunskap och erfarenheter rörande hur ett samskapat koncept för digital samverkan (YardCDM), kan stärka järnvägsdepåer som hållbara noder i transportsystemet. Målet är att genom demonstrationsprojektet ta fram råd och riktlinjer för framtida implementation med utgångspunkt från Malmö Rangerbangård (MGB).

### Huvudsakliga aktiviteter

Demonstrationsprojektet är indelat i 5 större arbetspaket, där (AP1) *aktörsklustret* (Living Lab) samt (AP2) *konceptutveckling* pågår under hela projektperioden (2 år). Aktörsklustret innebär att involverade aktörer samlas regelbundet för att tillsammans arbeta med gemensamma frågeställningar. Det sker en succesiv vidareutveckling av det förslag till koncept som togs fram under förstudien och att konkretisera de use case som är relevanta att demonstrera och utvärdera. Under första projektåret initieras även (AP3) *etablering av organisatoriska och tekniska förutsättningar*. Under år 2 körs (AP4) *demonstration* och (AP5) *utvärdering* parallellt. Demonstrationen planeras att köras i minst två iterationer. Olika komponenter av konceptet kan därmed demonstreras och vidareutvecklas under projektets gång i samverkan med presumtiva användare. Utvärdering görs av såväl teknisk miljö samt konceptuella komponenter för att möjliggöra konceptbeskrivning samt råd och riktlinjer för framtida implementation.

### Forskningsbidrag

Under projektet utvecklas bland annat principer för datadelning och kunskap rörande rangerbangårdars möjligheter och begränsningar som nod i järnvägs- och transportsystemet.

### Nytta för beställare

Nytan för såväl beställare som övriga involverade parter är överenskommelser och principer för digital samverkan i syfte att optimera bangårdens roll i järnvägssystemet. Projektet förväntas resultera i Råd och riktlinjer för framtida implementation av digital samverkan enligt YardCDM, för att öka punktlighet, förbättra planeringsförmåga, öka nyttjandegrad av befintliga resurser och infrastruktur i järnvägssystemet, och därmed bidra till omställningen mot ett hållbart transportsystem.

### Resultat (behövs ej för nystartade projekt)

Projektet hanterade övergången till MPK och TAF/TAP samt TIS genom att utveckla ett dataformat TCMF för datahanteringen.

Tack vare samarbetet med RNE, RailNetEurope, kunde projektet erhålla information via TIS gällande tåg från den tysk/danska gränsen, PADBORG, via Sverige till Oslo rangerbangård, Alnabru.

### Rapporter

YardCDM Demonstrationsprojekt - Slutrapport: Ett samarbete mellan Trafikverket, RISE, Green Cargo, Hector Rail, DB Cargo Scandinavia, Mertz

<https://ri.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1908179&dswid=2856>



**Närmast relaterade KAJT-projekt**

YardCDM: ett förstudieprojekt som föregick detta demonstrationsprojekt.

## Tidigare avslutade projekt

PROJEKT	PERIOD	UTFÖRARE	KONTAKTPERSONER	Se KAJT Projektkatalog
Betydelsen av styva tidtabeller för anslutningstrafik (BASTA)	2021-2023	VTI LiU	Emanuel Broman, <a href="mailto:emanuel.broman@vti.se">emanuel.broman@vti.se</a>	2024-03-31
Framtida KAJT-Foi kopplat till C-DAS och Digital graf (C-DAS Foi)	2022-2023	RISE	Martin Joborn, <a href="mailto:martin.joborn@ri.se">martin.joborn@ri.se</a>	2024-03-31
PRediktion av AnkomstTider och Avgångar (PRATA)	2021-2023	KTH	Behzad Kordnejad <a href="mailto:behzad.kordnejad@abe.kth.se">behzad.kordnejad@abe.kth.se</a>	2024-03-31
Samplanering av trafikpåverkande åtgärder och trafikflöden - banarbetsplanering (SATT-BP)	2022-2023	VTI	Tomas Lidén, <a href="mailto:tomas.liden@vti.se">tomas.liden@vti.se</a>	2024-03-31
Simulering med Proton och RailSys (SIMPOR)	2021-2023	KTH	Hans Sipilä, <a href="mailto:mute@kth.se">mute@kth.se</a>	2024-03-31
Sjävlärande neurala nätverk för operativ lokstyrning – förstudie (SOL)	2022-2023	RISE	Zohreh Ranjbar, <a href="mailto:zohreh.ranjbar@ri.se">zohreh.ranjbar@ri.se</a>	2024-03-31
Smart, data-based assets and efficient rail freight operation (Fr8Rail III WP2)	2019-2023	RISE, LiU, KTH, VTI	Martin Joborn, RISE, <a href="mailto:martin.joborn@ri.se">martin.joborn@ri.se</a>	2024-03-31
Tjänsteutbud och Transportkapacitetsförsörjning på järnväg (TOT)	2021-2023	RISE	Martin Aronsson, <a href="mailto:martin.aronsson@ri.se">martin.aronsson@ri.se</a>	2024-03-31
Utformning av underhållsområden på större driftsplatser — förstudie (UFO)	2023	LiU	Tomas Lidén, <a href="mailto:tomas.liden@liu.se">tomas.liden@liu.se</a>	2024-03-31
Banarbetsprocesser och datatillgång (BANDAT)	2019-2022	LU	Lena Hiselius, <a href="mailto:lena.hiselius@tft.lth.se">lena.hiselius@tft.lth.se</a>	2023-03-31
Blixten fortsättningsprojekt (Blixten 2)	2020-2022	BTH	Johanna Törnquist Krasemann, <a href="mailto:johanna.tornquist.krasemann@bth.se">johanna.tornquist.krasemann@bth.se</a>	2023-03-31
Flexibilitet för ökad kapacitet på Malmbanan (Flexikap)	2021-2022	RISE	Martin Joborn, <a href="mailto:martin.joborn@ri.se">martin.joborn@ri.se</a>	2023-03-31
Human Factors for TMS-2 (HF4TMS-2)	2020-2022	VTI	Jan Andersson, <a href="mailto:jan.andersson@vti.se">jan.andersson@vti.se</a>	2023-03-31
Mindre störningar i tågtrafiken, del 2 (MIST2)	2019-2022	LU	Lena Hiselius, <a href="mailto:lena.hiselius@tft.lth.se">lena.hiselius@tft.lth.se</a>	2023-03-31
Reservkapacitet i tågplaneprocessen - huvudstudie (RITH)	2019-2022	RISE	Martin Aronsson, <a href="mailto:martin.aronsson@ri.se">martin.aronsson@ri.se</a>	2023-03-31
Testplattform med simulatorer för effektiv och trafiksäker driftsättning av ERTMS (TESTER)	2019-2021	VTI	Niklas Olsson, <a href="mailto:niklas.olsson@vti.se">niklas.olsson@vti.se</a>	2023-03-31
Järnvägens hus*		VTI	Birgitta Thorslund, <a href="mailto:birgitta.thorslund@vti.se">birgitta.thorslund@vti.se</a>	2023-03-31
Körbarhetsanalyser med tågsimulator* (Körbar)	2019-2022	VTI	Birgitta Thorslund, <a href="mailto:birgitta.thorslund@vti.se">birgitta.thorslund@vti.se</a>	2023-03-31
Störningars påverkan och samband med punktligheten (Ståndpunkt)	2020-2021	RISE	Martin Joborn, <a href="mailto:martin.joborn@ri.se">martin.joborn@ri.se</a>	2022-03-31

Nyckeltal för punktlighet på järnväg del 2 (Nypunkt2.0)	2019-2021	VTI	Ida Kristoffersson, <a href="mailto:ida.kristoffersson@vti.se">ida.kristoffersson@vti.se</a>	2022-03-31
Headway och signalpunktsplaceringar i ETCS (HESE)	2021-2022	KTH	Hans Sipilä, <a href="mailto:mute@kth.se">mute@kth.se</a>	2022-03-31
Kapacitet, körbarhet och arbetsbelastning – KAKA	2020-2021	VTI	Birgitta Thorslund, <a href="mailto:birgitta.thorslund@vti.se">birgitta.thorslund@vti.se</a>	2022-03-31
Socioteknisk systemdesign av framtidens tågtrafiksystem (FTTS2)	2019-2021	UU	Anders Arweström Jansson, <a href="mailto:anders.arwestrom.jansson@it.uu.se">anders.arwestrom.jansson@it.uu.se</a>	2022-03-31
Samplanering av trafikpåverkande åtgärder och trafikflöden, modellstudie (SATT)	2020-2021	VTI, RISE	Tomas Lidén, <a href="mailto:tomas.liden@vti.se">tomas.liden@vti.se</a>	2022-03-31
Decision support for railway crew planning (DSRCP)	2020	LiU, SJ, IVU, TU Wien	Elina Rönnberg, <a href="mailto:elina.ronnberg@liu.se">elina.ronnberg@liu.se</a>	2022-03-31
Nyttjandegrad för anläggningar som bangårdar och terminaler (NYTTA)	2021	KTH	Behzad Kordnejad, <a href="mailto:behzad.kordnejad@abe.kth.se">behzad.kordnejad@abe.kth.se</a>	2022-03-31
Digitalization and Automation of Freight Rail (Fr8Rail II WP3)	2018-2021	RISE, LiU, KTH, BTH, VTI, LU	Martin Joborn, <a href="mailto:martin.joborn@ri.se">martin.joborn@ri.se</a>	2022-03-31
Indicator monitoring for a new railway paradigm in seamlessly integrated cross modal transport chains – Phase 2 (Impact-2, WP7)	2017-2021	RISE	Martin Joborn, <a href="mailto:martin.joborn@ri.se">martin.joborn@ri.se</a>	2022-03-31
Förseeningarnas påverkan på efterfrågan av tågresor – en tidserieanalys (DeDe Delay↔Demand)	2020-2021	KTH	Per Näsman, <a href="mailto:per.nasman@abe.kth.se">per.nasman@abe.kth.se</a>	2022-03-31
Detaljeringarnivåer i tidtabellsplanering: mikro och makro (MIMA)	2020-2021	RISE	Sara Gestrelus, <a href="mailto:sara.gestrelus@ri.se">sara.gestrelus@ri.se</a>	2022-03-31
Smart Planning and Safety for a safer and more robust European railway sector (PLASA 2)	2018-2020	KTH, LU, DB, Siemens, Hacon	Oskar Fröidh, <a href="mailto:oskar.froidh@abe.kth.se">oskar.froidh@abe.kth.se</a> , Magnus Wahlborg, <a href="mailto:magnus.wahlborg@trafikverket.se">magnus.wahlborg@trafikverket.se</a>	2021-03-31
Flexibilitet och återställningsförmåga som tidtabellsmått (FlexÅter)	2016–2020	KTH	Markus Bohlin, <a href="mailto:markus.bohlin@abe.kth.se">markus.bohlin@abe.kth.se</a> , Magnus Wahlborg, <a href="mailto:magnus.wahlborg@trafikverket.se">magnus.wahlborg@trafikverket.se</a>	2021-03-31
Real time network management and simulation of increasing speed for freight trains (Fr8Hub, WP3)	2017-2020	KTH, LiU	Behzad Kordnejad, <a href="mailto:behzad.kordnejad@abe.kth.se">behzad.kordnejad@abe.kth.se</a> , Magnus Wahlborg, <a href="mailto:magnus.wahlborg@trafikverket.se">magnus.wahlborg@trafikverket.se</a>	2021-03-31
Tidtabellskvalitet (TTK)	2017–2020	RISE, LiU	Anders Peterson, <a href="mailto:anders.peterson@liu.se">anders.peterson@liu.se</a> , Hans Dahlberg, <a href="mailto:hans.dahlberg@trafikverket.se">hans.dahlberg@trafikverket.se</a>	2021-03-31
Digitalization and Automation of Freight Rail (Fr9Rail II WP4)	2018-2020	RISE	Martin Joborn, <a href="mailto:martin.joborn@ri.se">martin.joborn@ri.se</a> , Anders Ekmark	2021-03-31
Bankapacitet och kostnadselasticitet för reinvesteringar (BANKER)	2019–2020	VTI	Kristofer Odolinski, <a href="mailto:kristofer.odolinski@vti.se">kristofer.odolinski@vti.se</a>	2021-03-31

Utformning av servicefönster för varierande trafik- och underhållssituationer (UHF)	2019–2020	LiU	Tomas Lidén, <a href="mailto:tomas.liden@liu.se">tomas.liden@liu.se</a> , Lars Brunsson, <a href="mailto:lars.brunsson@trafikverket.se">lars.brunsson@trafikverket.se</a>	2021-03-31
Tider för underhållsåtgärder i spår	2019–2020	VTI	Ragnar Hedström, <a href="mailto:ragnar.hedstrom@vti.se">ragnar.hedstrom@vti.se</a> , Joel Sultan, <a href="mailto:joel.sultan@trafikverket.se">joel.sultan@trafikverket.se</a>	2021-03-31
Grundorsaker till mänskliga felhandlingar vid operativ tågtrafikledning (FelOp)	2018–2020	VTI	Gunilla Björklund, <a href="mailto:gunilla.bjorklund@vti.se">gunilla.bjorklund@vti.se</a> , Anna Maria Östlund, <a href="mailto:annamaria.ostlund@trafikverket.se">annamaria.ostlund@trafikverket.se</a>	2021-03-31
Kapacitet i nätverk (KAIN)	2017–2019	KTH	Jennifer Warg, <a href="mailto:jennifer.warg@abe.kth.se">jennifer.warg@abe.kth.se</a> , Magnus Wahlborg, <a href="mailto:magnus.wahlborg@trafikverket.se">magnus.wahlborg@trafikverket.se</a>	2020-03-31
Strategisk anläggningsplanering för balansering av underhåll och tågtrafik (STAPLA)	2019	LiU	Tomas Lidén, <a href="mailto:tomas.liden@liu.se">tomas.liden@liu.se</a> , Per Köhler, <a href="mailto:per.kohler@trafikverket.se">per.kohler@trafikverket.se</a>	2020-03-31
Grafiska prognostidtabeller (GraPro)	2018–2019	RISE	Sara Gestrelus, <a href="mailto:sara.gestrelus@ri.se">sara.gestrelus@ri.se</a> , Magnus Backman, <a href="mailto:magnus.backman@trafikverket.se">magnus.backman@trafikverket.se</a>	2020-03-31
DIALOG	2018–2019	UU	Anders Arweström Jansson, <a href="mailto:anders.jansson@it.uu.se">anders.jansson@it.uu.se</a> , Jörgen Frohm, <a href="mailto:jorgen.frohm@trafikverket.se">jorgen.frohm@trafikverket.se</a>	2020-03-31
Transporttillgänglighet – tillgänglighetsnyckeltal för järnvägsnät och banunderhåll (TT-JOB)	2017–2019	RISE	Martin Aronsson, <a href="mailto:martin.aronsson@ri.se">martin.aronsson@ri.se</a> , Lars Brunsson, <a href="mailto:lars.brunsson@trafikverket.se">lars.brunsson@trafikverket.se</a>	2020-03-31
Automatic Rail Cargo Consortium, WP 2-3 Swe (ARCC)	2016–2019	RISE, LiU, KTH	Martin Joborn, <a href="mailto:martin.joborn@ri.se">martin.joborn@ri.se</a> , Magnus Wahlborg, <a href="mailto:magnus.wahlborg@trafikverket.se">magnus.wahlborg@trafikverket.se</a>	2020-03-31
Utvärdering av förändringar i tågtrafikledningens beslutsfattande (UFTB samt UFTB II)	2014–2017 samt 2017- 2018	UU	Anders Arweström Jansson, <a href="mailto:anders.jansson@it.uu.se">anders.jansson@it.uu.se</a> , Jörgen Frohm, <a href="mailto:jorgen.frohm@trafikverket.se">jorgen.frohm@trafikverket.se</a>	2020-03-31
GridRail	2018–2019	UU	Anders Arweström Jansson, <a href="mailto:anders.jansson@it.uu.se">anders.jansson@it.uu.se</a> , Jörgen Frohm, <a href="mailto:jorgen.frohm@trafikverket.se">jorgen.frohm@trafikverket.se</a>	2020-03-31
Automatiserad tågtrafikledning - förstudie	2018–2019	UU	Anders Arweström Jansson, <a href="mailto:anders.jansson@it.uu.se">anders.jansson@it.uu.se</a> , Jörgen Frohm, <a href="mailto:jorgen.frohm@trafikverket.se">jorgen.frohm@trafikverket.se</a>	2020-03-31
Förstudie: Beslutstöd för trafikledare: approximativa och exakta optimerande metoder (BLIXTEN)	2018–2019	BTH	Johanna Törnquist Krasemann, <a href="mailto:johanna.tornquist.krasemann@bth.se">johanna.tornquist.krasemann@bth.se</a> , Göran Erskérs, <a href="mailto:goran.erskers@trafikverket.se">goran.erskers@trafikverket.se</a>	2020-03-31
TRANS-FORM: Det svenska delprojektet	2016–2019	BTH, LiU	Johanna Törnquist Krasemann, <a href="mailto:johanna.tornquist.krasemann@bth.se">johanna.tornquist.krasemann@bth.se</a>	2020-03-31
Mindre Störningar i Tågtrafiken (MIST)	2016–2019	LU	Lena Hiselius, <a href="mailto:lena.hiselius@tft.lth.se">lena.hiselius@tft.lth.se</a> , Kenneth Håkansson, <a href="mailto:kenneth.hakansson@trafikverket.se">kenneth.hakansson@trafikverket.se</a>	2020-03-31
Utveckling av spridningsmått för störningar och deras påverkan på punktlighet (UTSPRIDD)	2018–2019	RISE	Martin Joborn, <a href="mailto:martin.joborn@ri.se">martin.joborn@ri.se</a> , Mats Gummesson, <a href="mailto:mats.gummesson@trafikverket.se">mats.gummesson@trafikverket.se</a>	2020-03-31
Nyckeltal för punktlighet på järnväg (Nypunkt)	2018–2019	VTI	Ida Kristoffersson, <a href="mailto:ida.kristoffersson@vti.se">ida.kristoffersson@vti.se</a> , Magnus Wahlborg, <a href="mailto:magnus.wahlborg@trafikverket.se">magnus.wahlborg@trafikverket.se</a>	2020-03-31
Strategisk anläggningsplanering för	2018	LiU	Tomas Liden, <a href="mailto:tomas.liden@liu.se">tomas.liden@liu.se</a> Pär Köhler, <a href="mailto:par.kohler@trafikverket.se">par.kohler@trafikverket.se</a>	2019-03-31

balansering av underhåll och tågtrafik – förstudie (STAPLA-F)				
Samhällsekonomiskt effektiv fördelning av järnvägskapacitet (SamEff)	2015–2018	RISE	Martin Aronsson, <a href="mailto:martin.aronsson@ri.se">martin.aronsson@ri.se</a> Hans Dahlberg, <a href="mailto:hans.dahlberg@trafikverket.se">hans.dahlberg@trafikverket.se</a>	2019-03-31
Smart Planning and Safety for a safer and more robust European railway sector (Plasa)	2016–2018	KTH	Oscar Fröidh, <a href="mailto:oskar.froidh@abe.kth.se">oskar.froidh@abe.kth.se</a> Magnus Wahlborg, <a href="mailto:Magnus.wahlborg@trafikverket.se">Magnus.wahlborg@trafikverket.se</a>	2019-03-31
Realiserbara och Ändamålsenliga Tidtabeller (RELÄET)	2016–2018	LiU	Johanna Törnquist Krasemann, <a href="mailto:johanna.tornquist.krasemann@bth.se">johanna.tornquist.krasemann@bth.se</a> Kristina Eriksson, <a href="mailto:kristina.eriksson@trafikverket.se">kristina.eriksson@trafikverket.se</a>	2019-03-31
Bankapacitet och kostnadselasticitet för underhåll	2017–2018	VTI	Kristofer Odolinski, <a href="mailto:kristofer.odolinski@vti.se">kristofer.odolinski@vti.se</a> Pär-Erik Westin, <a href="mailto:par-erik.westin@trafikverket.se">par-erik.westin@trafikverket.se</a>	2019-03-31
Effektiv planering av järnvägsunderhåll – servicefönster (EPLUS)	2013–2018	LiU	Martin Joborn, <a href="mailto:martin.joborn@liu.se">martin.joborn@liu.se</a> Lars Brunsson, <a href="mailto:lars.brunsson@trafikverket.se">lars.brunsson@trafikverket.se</a>	2019-03-31
Banarbeten – processer och datatillgång (Bada-f)	2018	LU	Lena Hiselius, <a href="mailto:lena.hiselius@tft.lth.se">lena.hiselius@tft.lth.se</a> Rose-Marie Renberg, <a href="mailto:rose-marie.renberg@trafikverket.se">rose-marie.renberg@trafikverket.se</a>	2019-03-31
Avvikande hastighet på godståg	2016–2018	VTI	Ragnar Hedström, <a href="mailto:ragnar.hedstrom@vti.se">ragnar.hedstrom@vti.se</a> Elisabet Spross, <a href="mailto:elisabet.spross@trafikverket.se">elisabet.spross@trafikverket.se</a>	2019-03-31
Coordination of core European supply chains using Optimization (CO2REOPT)	2016–2018	RISE	Markus Bohlin, <a href="mailto:markus.bohlin@ri.se">markus.bohlin@ri.se</a> Fredrik Lundström, <a href="mailto:Fredrik.lundstrom@trafikverket.se">Fredrik.lundstrom@trafikverket.se</a>	2019-03-31
In2Rail, Intelligent Mobility Management (WP7-WP9)	2015–2018	RISE	Martin Joborn, <a href="mailto:martin.joborn@ri.se">martin.joborn@ri.se</a> Magnus Wahlborg, <a href="mailto:magnus.wahlborg@trafikverket.se">magnus.wahlborg@trafikverket.se</a>	2019-03-31
Förstudie tågsimulering och ERTMS	2018	VTI	Birgitta Thorslund, <a href="mailto:birgitta.thorslund@vti.se">birgitta.thorslund@vti.se</a> Magnus Wahlborg, <a href="mailto:magnus.wahlborg@trafikverket.se">magnus.wahlborg@trafikverket.se</a>	2019-03-31
Flexibel omplanering av tåglägen vid driftstörningar (FLOAT)	2013–2017	BTH	Johanna Törnquist Krasemann <a href="mailto:Johanna.tornquist.krasemann@bth.se">Johanna.tornquist.krasemann@bth.se</a> Peter Hammarberg <a href="mailto:peter.hammarberg@trafikverket.se">peter.hammarberg@trafikverket.se</a>	2018-03-31
Förbättrad tomflödesallokering i Samgods med hänsyn till angiven kapacitet – förstudie (TOMSAM)	2017	Sweco RISE	Henrik Edwards <a href="mailto:Henrik.edwards@sweco.se">Henrik.edwards@sweco.se</a> Petter Wikström, <a href="mailto:Petter.wikstrom@trafikverket.se">Petter.wikstrom@trafikverket.se</a>	2018-03-31
Increasing Capacity 4 Rail networks through enhanced infrastructure and optimized operations (Capacity4Rail)	2013–2017	LiU	Anders Peterson <a href="mailto:Anders.peterson@itn.liu.se">Anders.peterson@itn.liu.se</a> Magnus Wahlborg, <a href="mailto:magnus.wahlborg@trafikverket.se">magnus.wahlborg@trafikverket.se</a>	2018-03-31
Utvärdering av tidtabellsstrategier	2012–2017	KTH	Markus Bohlin <a href="mailto:mbohl@kth.se">mbohl@kth.se</a> Magnus Wahlborg, <a href="mailto:magnus.wahlborg@trafikverket.se">magnus.wahlborg@trafikverket.se</a>	2018-03-31
Förstudie utformning av rangerkonfiguration i prognostiserad vagnslasttrafik	2015–2016	RISE	Martin Aronsson <a href="mailto:martin.aronsson@ri.se">martin.aronsson@ri.se</a> Mats Åkerfeldt <a href="mailto:mats.akerfeldt@trafikverket.se">mats.akerfeldt@trafikverket.se</a>	2017-03-31

2020–2040 (PRAGGE/PRAGGE2)				
Robusta Tidtabeller För Järnvägstrafik + (RTJ+)	2013– 2016	LiU	Anders Peterson <a href="mailto:anders.peterson@itn.liu.se">anders.peterson@itn.liu.se</a> Magdalena Grimm <a href="mailto:magdalena.grimm@trafikverket.se">magdalena.grimm@trafikverket.se</a>	2017-03-31
Framtidens Leveranstågplaneprocess (FLTP)	2014– 2016	RISE	Martin Aronsson <a href="mailto:martin.aronsson@ri.se">martin.aronsson@ri.se</a> Hans Dahlberg <a href="mailto:hans.dahlberg@trafikverket.se">hans.dahlberg@trafikverket.se</a>	2017-03-31
Optimering och tidtabellläggning	2014– 2015	VTI, RISE, BTH	Jan-Eric Nilsson <a href="mailto:jan-eric.nilsson@vti.se">jan-eric.nilsson@vti.se</a> Hans Dahlberg <a href="mailto:hans.dahlberg@trafikverket.se">hans.dahlberg@trafikverket.se</a>	2017-03-31
Beslutsstöd och automation av tågtrafikstyrning (BAOT)	2013– 2015	UU	Bengt Sandblad <a href="mailto:bengt.Sandblad@it.uu.se">bengt.Sandblad@it.uu.se</a> Peter Hammarberg <a href="mailto:peter.hammarberg@trafikverket.se">peter.hammarberg@trafikverket.se</a>	2017-03-31
Metoder att mäta och utvärdera stora trafikavbrott i persontrafik på järnväg	2015– 2016	KTH	Bo-Lennart Nelldal <a href="mailto:bo-lennart.nelldal@abe.kth.se">bo-lennart.nelldal@abe.kth.se</a> , Elisabet Spross <a href="mailto:elisabet.spross@trafikverket.se">elisabet.spross@trafikverket.se</a>	2017-03-31
Spridningseffekter av störningshändelser i tågtrafiken (SPRIDA)	2016	RISE	Martin Joborn <a href="mailto:martin.joborn@ri.se">martin.joborn@ri.se</a> Elisabet Spross <a href="mailto:elisabet.spross@trafikverket.se">elisabet.spross@trafikverket.se</a>	2017-03-31
Tidtabellläggning med hjälp av simulering	2010– 2015	KTH	Bo-Lennart Nelldal <a href="mailto:bo-lennart.nelldal@abe.kth.se">bo-lennart.nelldal@abe.kth.se</a> , Magnus Wahlborg <a href="mailto:magnus.wahlborg@trafikverket.se">magnus.wahlborg@trafikverket.se</a>	2016-03-31
Överbelastad infrastruktur - var går gränsen?	2010– 2015	KTH	Bo-Lennart Nelldal <a href="mailto:bo-lennart.nelldal@abe.kth.se">bo-lennart.nelldal@abe.kth.se</a> , Magnus Wahlborg <a href="mailto:magnus.wahlborg@trafikverket.se">magnus.wahlborg@trafikverket.se</a>	2016-03-31
Kapacitetsanalys i ett nätverksperspektiv	2014– 2015	KTH	Oskar Fröidh <a href="mailto:oskar.froidh@abe.kth.se">oskar.froidh@abe.kth.se</a> Kristina Eriksson <a href="mailto:kristina.eriksson@trafikverket.se">kristina.eriksson@trafikverket.se</a>	2016-03-31
Framtida operativa tågtrafiksystemet - FOT	2013– 2015	UU	Bengt Sandblad <a href="mailto:bengt.Sandblad@it.uu.se">bengt.Sandblad@it.uu.se</a> Robin Edlund <a href="mailto:robin.edlund@trafikverket.se">robin.edlund@trafikverket.se</a>	2016-03-31
Effektsamband för underhåll av järnväg	2015	KTH	Oskar Fröidh <a href="mailto:oskar.froidh@abe.kth.se">oskar.froidh@abe.kth.se</a> Clas-Göran Rydén <a href="mailto:clas-goran.ryden@trafikverket.se">clas-goran.ryden@trafikverket.se</a>	2016-03-31
Trafikinformation lägesbild	2014– 2015	UU	Bengt Sandblad <a href="mailto:bengt.Sandblad@it.uu.se">bengt.Sandblad@it.uu.se</a> Kent Olsson <a href="mailto:kent.olsson@trafikverket.se">kent.olsson@trafikverket.se</a>	2016-03-31
Uppföljning och prediktion - UoP	2014– 2015	BTH, RISE	Johanna Törnquist Krasemann <a href="mailto:johanna.tornquist.krasemann@bth.se">johanna.tornquist.krasemann@bth.se</a> Magnus Wahlborg <a href="mailto:magnus.wahlborg@trafikverket.se">magnus.wahlborg@trafikverket.se</a>	2016-03-31
Punktlighet genom målpunktsstyrning - PUMPS	2014	RISE, (Transra i Sweden AB)	Martin Joborn <a href="mailto:martin.joborn@ri.se">martin.joborn@ri.se</a> Tomas Arvidsson <a href="mailto:tomas.arvidsson@trafikverket.se">tomas.arvidsson@trafikverket.se</a>	2016-03-31
Klimat på spåret - KLIPS	2013– 2014	RISE	Martin Aronsson <a href="mailto:martin.aronsson@ri.se">martin.aronsson@ri.se</a>	2016-03-31

			Mats Åkerfeldt <a href="mailto:mats.akerfeldt@trafikverket.se">mats.akerfeldt@trafikverket.se</a>	
Tidtabellsoptimering för malmtrafikens expansion - TOMTE	2014	RISE	Martin Joborn, <a href="mailto:martin.joborn@ri.se">martin.joborn@ri.se</a> Dick Carlsson <a href="mailto:dick.carlsson@lkab.se">dick.carlsson@lkab.se</a>	2016-03-31
Tågplan 2015 Lean Marakasen	2012–2014	RISE	Martin Aronsson <a href="mailto:martin.aronsson@ri.se">martin.aronsson@ri.se</a> Hans Dahlberg <a href="mailto:hans.dahlberg@trafikverket.se">hans.dahlberg@trafikverket.se</a>	2016-03-31
Optimal networks for train integration management across Europe - ONTIME	2013–2014	UU	Bengt Sandblad <a href="mailto:bengt.Sandblad@it.uu.se">bengt.Sandblad@it.uu.se</a> Magnus Wahlborg <a href="mailto:magnus.wahlborg@trafikverket.se">magnus.wahlborg@trafikverket.se</a>	2016-03-31
Förstudie uppföljning, kapacitetsplanering, simulering och trafikstyrning - FUKS	2013–2014	BTH, Li U, RISE, UU, KTH	Johanna Törnquist Krasemann <a href="mailto:johanna.tornquist.krasemann@bth.se">johanna.tornquist.krasemann@bth.se</a> Magnus Wahlborg <a href="mailto:magnus.wahlborg@trafikverket.se">magnus.wahlborg@trafikverket.se</a>	2016-03-31
Samhällsekonomiska prioriteringskriterier vid tåglägestilldelning - SPIT	2013–2014	RISE	Martin Aronsson <a href="mailto:martin.aronsson@ri.se.se">martin.aronsson@ri.se.se</a> Hans Dahlberg <a href="mailto:hans.dahlberg@trafikverket.se">hans.dahlberg@trafikverket.se</a>	2016-03-31
Beräkningsstöd för planering och resursallokering på rangerbangårdar - RANPLAN	2012–2013	RISE	Markus Bohlin <a href="mailto:markus.bohlin@ri.se">markus.bohlin@ri.se</a> Hans Dahlberg <a href="mailto:hans.dahlberg@trafikverket.se">hans.dahlberg@trafikverket.se</a>	2016-03-31



Forskningsprogram Kapacitet i järnvägstrafiken

Ett samarbete mellan:

