



# Branschprogram Kapacitet i järnvägstrafiken – KAJT

## Årsrapport 2021

Mars 2022



## 1. Beslut och avtal

Branschprogram Kapacitet i järnvägstrafiken – KAJT – är ett forskningssamarbete inom järnvägsbranschen avsett att verka 1 januari 2013 – 31 december 2022. Vård för branschprogrammet är Institutionen för Teknik och Naturvetenskap vid Linköpings universitet.

Verksamheten baseras på ett avtal, daterat den 8 januari 2013, mellan parterna Trafikverket, Linköpings universitet (LiU), Blekinge Tekniska Högskola (BTH), KTH, RISE, Uppsala universitet (UU) och Statens väg- och trafikforskningsinstitut (VTI). Lunds universitet (LU) är akademisk partner genom anslutningsavtal. SJ AB, LKAB, Transrail Sweden AB, Green Cargo AB och Sweco Society AB, MTR Nordic AB är partnerföretag på nivå 2.

Avtal för verksamhetens tredje etapp (1 januari 2019 – 31 december 2022) tecknades under 2019. Avtalet reglerar bl.a. parternas åtaganden när det gäller bidrag i form av naturinsatser och kontanta medel. Enligt avtalet ska KAJT redovisa årsrapporter till Trafikverket. Det följande utgör årsrapport för branschprogrammets nionde verksamhetsår (1 januari - 31 december 2021).

Under 2016 tecknades också ett långsiktigt samverkansavtal mellan Trafikverket och KAJTs akademiska parter. Samverkansavtalet ligger till grund för samverkan mellan Trafikverket och KAJTs parter inom EU-programmet Shift2Rail och har giltighetstid 2015-2025.

Från och med 2021 samordnas två Excellensområden via KAJT. I dessa Excellensområden medverkar lärosätena LiU, LU, KTH, BTH, UU.

## 2. Organisation och bemanning

Enligt avtal ska en styrelse ansvara för branschprogrammets verksamhet. Under 2021 har styrelsen bestått av följande personer:

Ordinarie ledamöter:

Johanna Dillén	Trafikverket (ordf)
Åke Lundberg	Trafikverket
Göran Erskérs	Trafikverket
Mats Berlin	Trafikverket
Jan Lundgren	LiU
Johanna Törnquist-Krasemann	BTH
Johan Silfwerbrand	KTH (t.o.m. 2021-06-10)
Oskar Fröidh	KTH (fr.o.m. 2021-09-10)
Lena Hiselius	LU
Martin Aronsson	RISE
Anders Arweström Jansson	UU
Sofia Lundberg	VTI

Under verksamhetsåret 2021 har styrelsen haft fyra sammanträden (den 18 mars, 10 juni, 10 september och 29 november). Alla styrelsemöten har genomförts på distans.

Branschprogrammets verksamhet leddes av Martin Joborn, LiU och RISE, som var *programkoordinator* för branschprogrammet. *Trafikverkets kontaktperson* har varit Magnus Wahlborg.

I KAJT finns också ett *programråd*, som främst ansvarar för beredning av projektförslag och forskningsprogram. Förutom programkoordinatorn och Trafikverkets koordinator har programrådet under verksamhetsåret bestått av Anders Peterson, LiU, Johanna Törnquist-Krasemann, BTH, Behzad Kordnejad, KTH, Martin Aronsson, RISE, Anders Arweström Jansson, UU, Tomas Lidén, VTI och Carl-William Palmqvist, LU, Hans Dahlberg, Trafikverket.

Projektidéer har uppkommit på initiativ från såväl Trafikverket som från forskare via programrådet. Den huvudsakliga ansökningsperioden för större projekt var mars-april. Mindre projekt och förstudier, främst på initiativ av Trafikverket, initieras löpande under året. Projektförslag har behandlats i programrådet, varefter godkännande av KAJT-projekt fattas av styrelsen. Slutligt godkännande av projektstart fattas av projektfinansiär.

Under året har 53 medarbetare finansierats helt eller delvis av branschprogrammets medel (se Bilaga 1).

### 3. Verksamhet

#### Vision och Programförklaring

*KAJT:s vision är ett framtida järnvägssystem med maximal kapacitet och punktlighet. KAJT:s bidrag till denna vision 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 fortsätta 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.*

## Forskningsområde

KAJT:s forskningsprogram består av tre (delvis överlappande) huvudkomponenter: Internationell samverkan och Shift2Rail, Kärnområden och Breddningsområden, vilket illustreras i Figur 1.



Figur 1: KAJT Forskningsprogram

*Kärnområden* definierar branschprogrammets primära forskningsområde. Inom kärnområdet är det parterna i KAJT som är Sveriges primära forskningsutövare. Deltagarna i branschprogrammet har tillsammans ledande kompetens för att bedriva forskning inom området. KAJT:s tre kärnområden är:

- Strategisk kapacitetsplanering
- Taktisk kapacitetsplanering
- Operativ trafikstyrning och tågdrift

Inom kärnområdena ska branschprogrammet utveckla metoder och processer, tillämpliga på branschprogrammets intressenter. Forskningen inom kärnområdena beskrivs närmare av KAJT:s forskningsprogram, som fastställs av KAJT:s 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, och dessa fastställs av KAJT:s styrelse. Vissa

breddningsområden kan ha stor forskningsaktivitet, medan andra har mindre. Forskningsprogrammet uppdaterades under 2019 och innehåller efter förändring 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

Breddningsområdena beskrivs närmare i KAJT:s forskningsprogram.

*Internationell samverkan och Shift2Rail* är en övergripande komponent i forskningsprogrammet för att synliggöra att KAJT är internationellt aktiva. Forskningen som bedrivs i de internationella projekten och Shift2Rail-projekten ansluter till forskningsprogrammets kärnområden eller breddningsområden. (Mer information om Shift2Rail nedan.)

I *KAJT Projektkatalog* (version 2022-03-31) sammanställs KAJT:s pågående och avslutade projekt. Projekten sammanställs även i Bilaga 2.

## **Verksamhetsupplägg**

Branschprogrammets verksamhet bedrivs huvudsakligen i projektform. Typiskt för ett projekt är att det avser en avgränsad frågeställning, har en viss förväntad ”leverans” (t.ex. en rapport eller vetenskaplig artikel) och är avgränsat i tid och resursomfattning. Strävan är att skapa synergier mellan de olika parterna i branschprogrammet genom gemensamma projekt, och därigenom skapa en miljö som är mer än summan av dess delar.

Bilaga 2 innehåller en förteckning över vilka projekt som finansierats inom KAJT under 2021. Beloppen i kolumnerna avser budgeterade belopp i kkr enligt respektive beslut om projektstart. Förteckningen rymmer projekt av mycket olika karaktär, allt från grundläggande forskning till översiktligare förstudier.

KAJT verkar för att sprida resultat och information genom att arrangera konferenssessioner och seminariedagar. En viktig del av KAJT:s verksamhet är också att skapa gemensamma aktiviteter för att både vidareutveckla kontakterna och sprida information inom KAJT, inte minst eftersom KAJT-parterna är geografiskt utspridda över Sverige.

## 4. Ekonomi

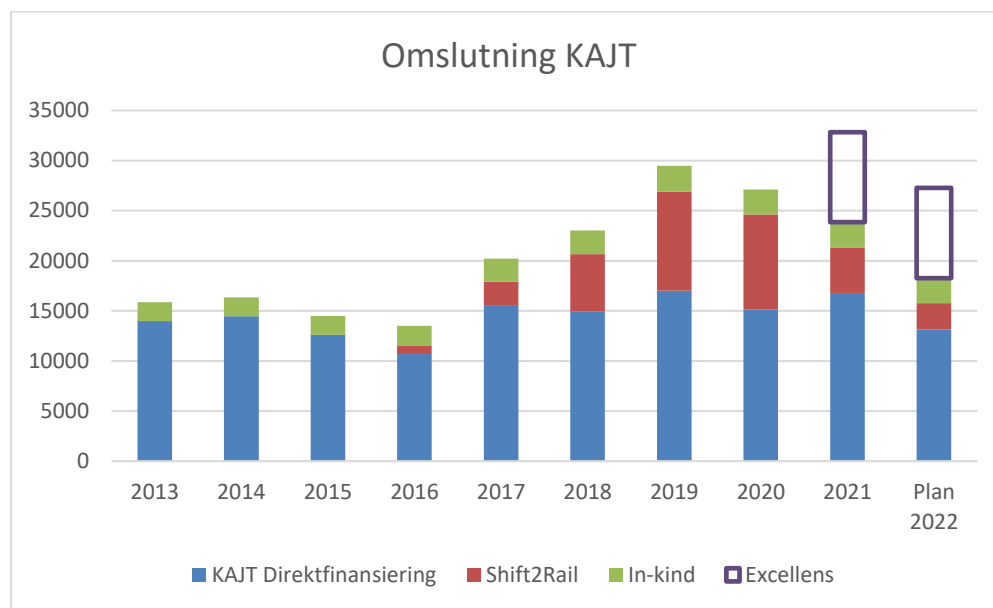
I Tabell 1 anges de totala intäkterna och kostnaderna för KAJT under 2021. Mer detaljer kring Excellensområdets ekonomi görs i separat redovisning.

Intäkter				
		Kontant	Natura	Total
Trafikverket direktfinansiering		15733		15733
Trafikverket - Shift2Rail		2407		2407
EU - Shift2Rail		2135		2135
Trafikverket koordinering		600	500	1100
Trafikverket KAJT-konto		100		100
Excellensområden		9000		9000
LiU			200	200
RISE			200	200
BTH			200	200
KTH			200	200
UU			200	200
VTI			200	200
LU			200	200
Övriga finansiärer		186		186
EU - ej Shift2Rail		0		0
Partnerföretag		0	600	600
Inkommande KAJT-konto-överskott		180		180
<b>Total</b>		<b>30341</b>	<b>2500</b>	<b>32841</b>
<b>Kostnader</b>				
		<b>Kontant</b>	<b>Natura</b>	<b>Total</b>
Koordinator och kansli		600		600
TrV-koordinator			500	500
Inkommande projekt		15574		15574
Nystarter 2021		4887		4887
Nystarter 2022				
Excellensområde 7		5000		5000
Excellensområde 9		4000		4000
KAJT-konto		9		9
Utgående KAJT-konto-överskott		271		271
Övriga naturainsatser			2000	2000
<b>Total</b>		<b>30341</b>	<b>2500</b>	<b>32841</b>

Tabell 1: KAJT omslutning 2021

I diagrammet nedan illustreras utvecklingen av KAJT:s årliga omslutning samt fördelning mellan in-kind-jobb, Shift2Rail-projekt och direktfinansierade projekt.

Budgetplan för 2022 inkluderar även medel från Excellensområden, men inkluderar inte eventuell omsättning från Europe's Rail.



Figur 2: Utveckling av KAJT-omslutning uppdelat på olika finansieringslag.

I Tabell 2 och Tabell 3 nedan redovisas KAJT:s olika projekt under 2021. Aktiviteter inom Excellensområden ingår ej i redovisning nedan. (KAJT-relaterade projekt, som ej finansierats via KAJT ingår ej i denna redovisning.)

<b>Specifikation Projekt</b>				
	Utförare	TrV	Annan fin	Total
<b>Inkommande projekt 2021-01-01</b>				
SJ - Optimering och tidtabeller (SJOT)	RISE/SJ			
Robusta tidtabeller med kombinerad simulering och optimering (FlexÅter2)	KTH	650		650
Reservkapacitet i tågplaneprocessen - huvudstudie (RIT-H)	RISE	1300		1300
Tågsimulering och ERTMS	VTI	510		510
Mindre störningar i tågtrafiken, del 2 (MIST2)	LU	1100		1100
Socioteknisk systemdesign av framtidens tågtrafiksystem (FTTS2)	UU	715		715
Blixten försättningsprojekt (Blixten2)	BTH	1124		1124
Banarbeten - processer och datatillgång (Bandat)	LU	1000		1000
Testplattform med simulatorer för effektiv och trafiksäker driftsättning av ER	VTI	600		600
Detaljeringsnivåer i tidtabellsplanering: mikro och makro (MIMA)	RISE	360		360
Förseingarnas påverkan på efterfrågan av tågresor – en tidserieanalys (DeDe	KTH	623		623
Nyckeltal för punktlighet på järnväg del 2 (Nypunkt2.0)	VTI	300		300
Störningars påverkan och samband med punktligheten (Ståndpunkt)	RISE	1080		1080
Samplanering av trafikpåverkande åtgärder och trafikflöden, modellstudie (SA	RISE, VTI	1320		1320
Decision support for railway crew planning (DSRCP)	LiU/SJ		50	50
Kapacitet, körbarhet och arbetsbelastning (KAKA)	VTI	300		300
				0
<b>Total</b>		<b>10982</b>	<b>50</b>	<b>11032</b>
<b>Nystarter under 2021</b>				
Capacity Modeling and Shift Optimization for Train Dispatchers (CAPMO-Train	LiU	733		733
Prediktion av Ankomsttider och avgångar (PRATA)	KTH	732		732
Betydelsen av styva tidtabeller för anslutningstrafik (BASTA)	VTI, LiU	250		250
Tjänsteutbud och Transportkapacitetsförsörjning på järnväg (TOT)	RISE	143		143
Kapacitet i nätverk 2 (KAIN 2)	KTH	1100		1100
Nyttjandegrad för anläggningar som bangårdar och terminaler (NYTTA)	KTH	500		500
Flexibilitet för ökad kapacitet på Malmbanan (Flexikap)	RISE/LKAI	43	136	179
Människa-automation i framtida samverkan (Human-Auto)	UU	250		250
Stora omplaneringar sent (SOS)	LiU	0		0
Headway-och signalpunktsplaceringar i ETCS (HESE)	KTH	500		500
Simulering med Prism och RailSys (SIMPOR)	KTH	500		500
				0
<b>Total</b>		<b>4751</b>	<b>136</b>	<b>4887</b>

Tabell 2: KAJT:s projekt under 2021 (exklusive Shift2Rail).



<b>Shift2Rail</b>				
IMPACT-2		RISE	350	350
FR8RAIL-2		RISE, VTI, KTH, LU, LiU	1254	1254
FR8RAIL-3		RISE, VTI, KTH, LiU	2698	2698
X2RAIL-4		VTI	240	240
<b>Total</b>			<b>4542</b>	<b>0</b>
				<b>4542</b>

Tabell 3: KAJT:s projekt inom Shift2Rail.

Noter gällande finansiering 2021:

- SJ AB finansierar projekt SJOT där RISE är forskningsutförare. Projektet har formellt ingen budget under 2021, men är ännu ej helt slutfört.
- SJ AB finansierar projekt Decision support for railway crew planning (DSRCP) där LiU är forskningsutförare.
- JIT Shift2Rail finansierar projekten Impact-2, Fr8Rail-2, Fr8Rail-3 och X2Rail-4. I dessa projekt är de svenska forskarparterna ”linked third parties” till Trafikverket.
- Trafikverkets naturinsatser utgörs av det arbete som Trafikverket koordinerar och kontaktpersoner lägger ned inom KAJT.
- Green Cargo tillskjuter naturinsats i projekten Fr8Rail-2 och Fr8Rail-3.
- Övriga naturinsatser görs som administration, medverkan i programråd och styrelse och medverkan i projekt. Naturinsatser i projekt ingår ej i projektvolymerna i tabellen ovan.
- Excellensområden ingår inte i redovisningen i Tabell 2 och Tabell 3. Excellensområden redovisas i mer detalj i separat årsrapport för Excellensområdets verksamhet.

## 5. Publikationer

I Bilaga 3 redovisas publikationer under 2021 som behandlar material som tagits fram inom ramen för KAJT. Under året publicerades 4 vetenskapliga avhandlingar, 10 tidskriftsartiklar, 8 konferensartiklar samt 16 forskningsrapporter.

## 6. Konferenser och spridning av forskningsresultat

KAJT sprider information och kunskap om forskningsresultat både vid egna arrangemang och andra nationella och internationella konferenser.

På grund av den rådande pandemin arrangerades KAJT:s möten digitalt. De digitala arrangemangen var lyckade och lockade betydligt fler medverkande än vid de ”normala fysiska” arrangemangen, upp emot 200 anmälningar från 40-tal organisationer vid varje arrangemang.

### **KAJT Vårseminarium, 21 april 2021**

KAJT tvådagarskonferens på våren, som vanligtvis brukar genomföras i Dala Storsund utanför Borlänge, ersattes under 2021 med en halvdags KAJT Vårseminarium på grund av Covid-19. Som brukligt innehöll seminariet en blandning av presentationer från KAJT-projekt och Trafikverkets verksamhetsutveckling. Se Bilaga 4 för program.

### **KAJT Höstseminarium, 23 november 2021**

Även höstseminariet hölls digitalt över nätet. Vid dagen presenterades dels aktuell KAJT-forskning dels det utvecklingsarbete som görs vid Trafikverket och andra KAJT-företagspartner. Det stora intresset kring dagen belyser relevansen av KAJT:s frågeställningar. Se Bilaga 4 för program.

En viktig del av verksamheten är att sprida forskningsresultat och att diskutera pågående forskning med andra forskare och behovsägare inom järnvägsbranschen. Under året medverkade KAJT med 23 presentationer vid vetenskapliga konferenser, vilket sammanställs i Bilaga 3 och 4. KAJT har även inbjudits att hålla föredrag i andra sammanhang för att bl.a. presentera KAJT:s verksamhet.

Resultat från KAJT Shift2Rail har redovisats vid Shift2Rail resultatkonferens den 10 december 2021. Seminariet sessionen om EU:s forskning inom godstransporter var det mest välbesökta med över 250 deltagare.

## 7. Media och kommunikation

Även under 2021 producerades en projektkatalog som innehåller information om pågående och avslutade KAJT projekt. För varje projekt har syfte, aktiviteter, forskningsbidrag och nytta för beställare 1 – 5 års sikt och 5 – 10 års sikt beskrivits. Syftet med projektkatalogen är att ge en samlad och enkel bild av KAJT:s forskningsverksamhet, för spridning till både forskare och andra intresserade av järnvägens utveckling.

Anders Arweström Jansson medverkade i Sveriges Radio i Filosofiska rummet 2021-04-18 på temat *Behöver den mänskliga faktorn uppdateras?* och även 2021-10-17 på temat *Humör och hunger styr våra beslut oftare än vi tror – Om Daniel Kahnemans bok Brus*. I programmen diskuteras skillnader mellan bedömningar från människor och algoritmer.

## 8. Undervisning och handledning

Ett annat viktigt sätt att föra ut forskningsresultat är att forskare på olika sätt medverkar i undervisning. Alla lärosäten i KAJT bedriver grund- och forskarutbildning där KAJT:s forskning är relevant och presenteras. Många av KAJT:s medarbetare är engagerade som lärare och handledare. Vid alla lärosäten i KAJT finns doktorander som handleds av lektorer, docenter och professorer engagerade i KAJT. Under 2021 finansierades 18 doktorander helt eller delvis av projektmedel från KAJT.

## 9. Excellensområden

Trafikverket har i samverkan med dagens ledande forsknings- och utbildningsmiljöer vid svenska lärosäten och Järnvägensbranschens samverkansforum (JBS), tagit fram ett program för Järnvägsforskningen 2021–2030 och skapat tio stycken så kallade *Excellensområden*. Syftet med Excellensområdena är att långsiktigt stärka järnvägsforskning och relaterad grund- och forskarutbildning i Sverige med målet att Sverige ska kunna bygga för en järnvägsforskning i världsklass. 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>1</sup>.

KAJT ansvarar för två av dessa excellensområden: Område nummer 7, **Trafikplanering och trafikstyrning**, och område nummer 9, **Kapacitet och punktlighet**. Verksamheten inom Excellensområden redovisas i Bilaga 7 och i särskild årsrapport.

## 10. Vetenskapliga examina, utnämningar och utmärkelser

Under 2021 framlades fyra avhandlingar för vetenskapliga examina av KAJT-anknutna doktorander:

Ingrid Johansson, forskarstuderande vid KTH, erhöll doktorsexamen. Avhandlingen heter ”Simulation Studies for Improved Efficiency in Road and Rail Freight Transports”.

---

<sup>1</sup> Järnvägsforskning 2021 – 2030 – Excellensområden: Beskrivning 2021 maj  
<http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:trafikverket:diva-5122>

Tomas Rosberg, forskarstuderande vid KTH och anställd vid VTI erhöj licentiatexamen. Avhandlingen heter ”Evaluation of Train Driving with Lineside ATP and ERTMS Signaling”.

Sai Prashanth Josyulas, forskarstuderande vid BTH, erhöj doktorsexamen. Avhandlingen heter ”Parallel algorithms for solving the train timetable rescheduling problem”.

Rebecca Corts, forskarstuderande vid UU, erhöj doktorsexamen. Avhandlingen heter ”Getting Work Done: The Significance of the Human in Complex Socio-Technical Systems”.

Martin Joborn och Zohreh Ranjbar erhöj ”Best paper”-utmärkelse för rapporten *Understanding causes of unpunctual trains: Delay contribution and critical disturbances* vid konferensen RailBeijing.

## 11. Forskningsresultat, demonstratorer och dess tillämpning

KAJT har en målsättning att bedriva högklassig forskning och att forskningsresultat ska omsättas till förbättringar inom Sveriges järnvägsverksamhet. KAJT forskningen bedrivs hela tiden nära problemägare och intressenter. Problemägare är Trafikverket, svenska järnvägsföretag och JBS (Järnvägsbranschens samverkansforum). Intressenter är systemleverantörer, kunskapsföretag, godstransportkunder, resenärer m.fl.

Nedan beskrivs forskningsbehov och forskningsnytta övergripande för några KAJT områden. För mer detaljerad information se Bilaga 6 *KAJT Projektresultat 2021*<sup>2</sup>.

I KAJT projektresultat 2021 redovisas frågeställning, publikationer och resultat för pågående och avslutade projekt. Antal projekt per område är:

- Operativ trafikstyrning, 5 st projekt
- Simulering, optimering och kapacitetseffekter – demonstratorer och implementation, 3 st projekt
- Planering och styrning av godstrafik, 4 st projekt
- Kapacitetsplanering av tåg och banarbeten, 9 st projekt
- Punktlighet, 4 st projekt
- ERTMS, 3 st projekt

### Operativ trafikstyrning

Flera av de större förändringsprojekten inom Trafikverket och svensk järnväg har koppling till forskning som gjorts av KAJT och det framtagna konceptet att styra genom planering.

Projekt NTL (Nationellt Tågledningssystem) är ett införandeprojekt för att unifiera Sveriges tågledningssystem och att trafikledarna går från penna och papper till digital trafikledning. Hos Trafikverk pågår arbete både med att utveckla och införa det nya systemet samt att genomföra förändring av arbetssätt.

---

<sup>2</sup> <https://kajt.org/om-kajt/arsrapport.html>

Innan NTL är på plats pågår arbete med att sprida Digital Graf till samtliga driftledningscentraler. En plattform har utvecklats för externt datautbyte för C-DAS (Connected Driver Advisory System) som branschen kan koppla upp sig mot. Det finns också en järnvägssimulator som är kopplad till det kommande systemet.

KAJT:s miljöer utvecklade koncept, metoder och demonstration av beräkningsstöd i den operativa driften vid trafikstörningar. Forskning om människans del i processen, samt delning av information och utveckling av processer hos Trafikverket inom svensk järnväg Trafikverket och andra delar tex tåg, lokförare, bangårdspersonal, Järnvägsföretagens trafikledning m.m.

Nyttor från KAJT forskning är:

- Bidrag genom kunskap om den operativa processen, att studera identifierade problem och förbättringsmöjligheter
- Kunskap om människans del i processen och frågor kopplat till pågående digitalisering och automation
- Framtagande av koncept demonstratorer och algoritmer
- Framtagande av simulatorer och demonstratorer som kan användas för utveckling av processer och beslutsstöd
- Koncept om hur beslutsstöd för operativa processen hänger ihop finns beskrivna i rapporten FR8Rail II D 3.2. Description of decision support tool.

### **Simulering, optimering och kapacitetseffekter – demonstratorer och implementation**

Att utföra simulering och optimering, samt studera kapacitetseffekter sker i strategiskt, taktiskt och operativ nivå.

I projektet Plasa har KAJT parter tillsammans med DB utvecklade en makrosimulator Proton. Proton är en forskningssimulator som i Tyskland används för simulering av nationellt järnvägsnät. Trafikverket och DB Tyska järnvägen har forskningssamverkan om Proton. KTH och Lunds universitet utför forskning och deltar i utveckling av Protons metodik och användning för Sverige. Trafikverket håller på att införa Proton i förvaltning. Trafikverket planerar att börja använda simulatoren i TPÅ-processen (Trafikpåverkande åtgärder) för planering av tåg och banarbeten. Workshop har utförts med kapacitetsexperter och intressenter hos Trafikverket, samt forskare inom KAJT.

KAJT parter utvecklar ett koncept M2 – Timo optimeringsstöd till kapacitetsplanerare. M2 (RISE) är en forskningsplattform som hanterar tidtabell, visualisering och optimeringsfunktionalitet. M2 har exportfunktion av data till Timo. Timo (Linköpings universitet) är ett IT stöd för optimering av tågplan. I Timo kan användare definiera uppgiften, t.ex. område och vilka tåg/banarbeten som ska förbättras/ändras. Nästa steg är att genomföra optimering och välja kapacitetsplan utifrån KPI:er och inställning av objektfunktion. Workshop har utförts med kapacitetsplanerare och personer med olika roller inom tågplaneprocessen hos Trafikverket och forskare inom KAJT.

### **Planering och styrning av godstrafik**

Inom planering och styrning av godstrafik sker ett arbete med att få en bättre koppling mellan bangård och järnvägsnät. Forskning pågår inom Shift2Rail och fokus är Hallsberg – Malmö – Danmark/Tyskland. Forskningen studerar kapacitet, processer och brister för Hallsberg och Malmö. Forskning sker i samverkan med TTT bangårdar järnvägsföretag gods (Malmö, Hallsberg och Ånge). Ett arbete pågår med att specificera och utveckla beslutsstöd för Malmö godsbangård (MGB). Beslutsstödet benämns Yard Co-ordination System (YCS) och är samplanering av infarts/utfartsgrupp vid bangården. Intressenter som ska samplaneras är Trafikverket, rangeringsbangården (Green Cargo) och kombiterminalen (Mertz). Utbildning av expertanvändare hos de tre parterna har påbörjats. Under 2022 ska konceptet med samplanering testa genom workshops med YCS-verktyget för olika scenarios.

### **Kapacitetsplanering av tåg och banarbeten**

Trafikverket utvecklar kapacitetsplaneringen genom processen Trafikpåverkande åtgärder. I den nya processen sker planering av större banarbeten i ett tidigare skede än tidigare. Trafikverket deltar också i att utveckla kapacitetsplaneringsprocessen på Europeisk nivå, den nya processen benämns TTR.

KAJT har flera projekt som studerar kapacitetsplanering av tåg och banarbeten. Det gäller dels forskning om optimeringsstöd för planering och dels hur väl processen fungerar.

### **Punktlighet**

KAJT har ett flertal projekt som arbetar med uppföljning och analys av punktlighet, samt stöd för åtgärder om ökad punktlighet.

Projektet Nypunkt 2 har studerat punktligheten i de tre storstadsområdena Stockholmsområdet, Göteborgsområdet och Malmö-/Skåneområdet. Dataanalys och uppföljning har utförts för de tre områdena. En triangel har tagits fram som beskriver punktighetssamband och punktlighetsarbete. Metodik tas fram för ledande och släpande indikatorer, samt hur indikatorer kan användas för arbete med åtgärd och effekt av punktlighetsåtgärd.

I projektet Ståndpunkt är syfte att hitta tydligare samband mellan händelser/störningar och punktlighetsbrist. Algoritmer har utvecklats av forskare i samverkan med Trafikverket om uppföljning och analys av störningar och dess spridning. Arbete sker i nära samverkan med Trafikverkets rot-grupp som arbetar med åtgärder för ökad punktlighet.

### **ERTMS**

Det nya europeiska signalsystemet ERTMS är under införande i Sverige, nästkommande banor är Malmbanan och Södra stambanan. Arbete pågår med projektering och simulering av kapacitetseffekter för dessa banor pågår. I Sverige är det ERTMS nivå 2 som införts och planeras att införas. Forskning utförs även på ERTMS nivå 3 och ERTMS nivå 3 hybrid.

För ERTMS införande är simuleringar med VTI tågssimulator och med Railsys viktiga. För VTI tågssimulator finns ett samarbete med ett flertal tågföretag verksamma i Sverige, samarbetet benämns TUFFA gruppen. VTI har också forskningssamverkan på Europeisk nivå kopplat till sin simulator och

tåg/förarsimulering. För Railsys håller Trafikverket i en användargrupp i Sverige, samt ett internationellt samarbete med Norge, Danmark och Nederländerna.

Nyttor från KAJT forskning är:

- Förbättrade simuleringsmodeller, användningsområden och metodik kopplat till dessa för VTI tågsimulator och Railsys
- Bidrar till ökad kvalitet i ERTMS utbildning för förare. Utbildning med simulering har en viktig uppgift i ERTMS införandet
- Forskningsstudier med VTI simulatorm eller uppföljning av körningar (kördata, film m.m.). Det ger kunskap om skillnader i förarbeteende mellan ATC och ERTMS, hur föraren bromsar i förhållande till ERTMS övervakningskurvor, m.m.
- Ökad kunskap om kopplingen förare – trafikledning samt koppling ERTMS förargränsnitt (DMI) förarbeteende och kapaciteten
- Projektet ger oss mer korrekta metoder och modeller för gångtidsberäkning, samt utvecklar analysmetodik för kapacitets- och punktlighetsstudier.
- Kunskap om bromskurvor och dess påverkan på kapacitet
- Kunskap om ERTMS nivå 2 versus ERTMS nivå 3 hybrid och ERTMS nivå 3, samt nivåernas effekter på gångtider, kapacitet och punktlighet
- Kunskap som stödjer ERTMS projektering t ex metoder för hur hastighetsprofilerna ska utformas.

## 12.Svensk och internationell samverkan

Branschprogrammet har 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. I ett internationellt perspektiv är svensk transportforskning liten, därför är samarbeten med andra internationellt erkända parter och hemtagning av kunskap extra viktigt.

KAJT-parterna verkar också internationellt genom nätverk och konferenser. Anders Peterson och Markus Bohlin, representanter för KAJT-parterna LiU respektive KTH, är med i styrelsen av IAROR (International Association of Railway Operations Research).

Trafikverket är en av huvudaktörerna i ett EU-stött ”Joint Technical Initiative” kallat Shift2Rail, som pågår under perioden 2016-2023. KAJTs parter har medverkat som ”linked third parties” i åtta Shift2Rail-projekt: ARCC (RISE, LiU, KTH), Fr8Hub (KTH, LiU), Impact-2 (RISE) och X2Rail2 (VTI), Fr8Rail II (RISE, LiU, LTH, VTI, LU, BTH), Plasa-2 (KTH, LU), Fr8Rail III (RISE, LiU, LTH, VTI) och X2Rail4 (VTI). Shift2Rail är under avslut och de nu KAJT-aktiva projekten är Fr8Rail III och X2Rail4.

Trafikverket har under 2021 varit delaktig i att utforma efterföljare till Shift2Rail, kallad Europe’s Rail, tillsammans med tjugotal andra europeiska parter. Under 2021 har Multi Annual Work Plan för Europe’s Rail tagits fram vilket är en innehållsmässig utgångspunkt för det framtida programmet. Projekt inom Europe’s

Rail kommer att starta under hösten 2022, och KAJT räknas med att bli aktiv i programmet.

Jernbanedirektoratet har påbörjat samarbete med KAJT och dialog pågår om hur samarbetet kan utvecklas. En samverkan med Jernbanedirektoratet och ”det norska järnvägslandslaget” (Jernbanedirektorat, BaneNor, norska järnvägsföretag och ett par norska forskningsinstitut) sker inom Europe’s Rail.

KAJT har samverkan med Järnvägsbranschens samverkansforum (JBS) och initiativet Tillsammans för Tåg i Tid (TTT). KAJT är aktiv forskningspart inom TTT:s delområde ”Forskning och innovation”. KAJT:s parter delger resultat och har dialog med TTT om forskningsbehov och problem. TTT är även aktiva vid KAJT:s seminarier.

Genom Excellenssamarbetet sker en samverkan mellan KAJT, Charmec, Järnvägsgruppen KTH, och JVTC i Luleå.

### **13.Säkerhet**

Under året har arbete inom området säkerhet och FUD fortsatt att utvecklas. Arbete har varit att identifiera vilka projekt som har säkerhetsvärden, samt att vidta åtgärder för dessa projekt.

Säkerhetsarbetet har utvecklats hos Trafikverket med att bygga upp organisation och utveckla rutiner. Dialog om säkerhet har pågått mellan Trafikverket och KAJT akademiska parter. Arbete har skett med att få in skrivningar om säkerhet i KAJT Foi avtal.

Säkerhetsarbetet utförs utifrån svensk lagstiftning. Säkerhetskraven har påverkan på forskningens genomförande.

### **14.Framtidsutsikter**

2022 är det sista verksamhetsåret för KAJT under gällande avtal. Arbete med att ta fram förutsättningar och avtal för KAJT:s fortsättning är påbörjat och avses att avslutas under första halvan av 2022. Införande av Excellensområden och Europe’s Rail kan ha viss påverkan på utformningen av KAJT. Excellensområden ger lärosäten inom KAJT en ökad långsiktighet och stabilitet för järnvägsforskningen och är mycket välkomnad av lärosätena. Samtidigt måste långsiktiga rollen för instituten inom KAJT (vilka inte är parter i Excellensområden) också säkerställas.

Under 2022 sker ett avslut av Shift2Rail samtidigt som Europe’s Rail startar. Samtidigt har konkurrensen om direktfinansiering genom Trafikverkets forskningsportföljer ökat. Förutsättningarna för forskningsfinansiering inom KAJT:s område är därför något svagare under 2022-2023 än senaste åren.

Former för kommunikation, såsom t.ex. seminariedagar och projektkatalog, har etablerats och fallit väl ut. Seminariedagar är väl uppskattade och övergång till digitala möten har kraftigt ökat deltagandet. I framtiden kan man förhoppningsvis



kombinera digitala och fysiska möten för att både erbjuda nätverkande och spridning till många.

Frågeställningar kopplade till kapacitetsfrågor och punktlighet är fortsatt viktiga och har ett starkt intresse. Kapacitetsfrågor kommer att ha en betydligt mer framträdande roll inom Europe's Rail än inom tidigare Shift2Rail, vilket verkar lovande för KAJTs förutsättningar till engagemang i området.

## **Bilagor till KAJT Årsrapport**

Bilaga 1: Medarbetare vid KAJT 2021. Se sid 18.

Bilaga 2: Översikt KAJT-projekt 2021. Se sid 21.

Bilaga 3: Publikationer under 2021. Se sid 27.

Bilaga 4: Konferenspresentationer under 2021. Se sid 31.

Bilaga 5: KAJT-seminarier under 2021. Se sid 33.

Bilaga 6: KAJT Projektresultat 2021, se särskilt dokument:

<https://kajt.org/om-kajt/arsrapport.html>.

Bilaga 7: KAJT Excellensområden 2021, se särskilt dokument:

<https://kajt.org/forskning/excellensomraden/>.

## Bilaga 1

### Medarbetare vid KAJT 2021

Nedan listas personer som arbetat inom KAJT-projekt inklusive Excellensområde 7 och 9 under 2021 (exkl. medverkande från Trafikverket.)

#### Forskare

Namn	Organisation
Martin Joborn	Linköpings universitet, Inst. för Teknik och Naturvetenskap, och RISE, Mobilitet och system
Anders Peterson	Linköpings universitet, Inst. för Teknik och Naturvetenskap
Christiane Schmidt	Linköpings universitet, Inst. för Teknik och Naturvetenskap
Carl Henrik Häll	Linköpings universitet, Inst. för Teknik och Naturvetenskap
William Erlandsson	Linköpings universitet, Inst. för Teknik och Naturvetenskap
Jan Lundgren	Linköpings universitet, Inst. för Teknik och Naturvetenskap
Nils Breyer	Linköpings universitet, Inst. för Teknik och Naturvetenskap
Liyun Yu *	Linköpings universitet, Inst. för Teknik och Naturvetenskap
Rabii Zahir *	Linköpings universitet, Inst. för Teknik och Naturvetenskap
Jonas Eliasson	Linköpings universitet, Inst. för Teknik och Naturvetenskap
Emma Solinen *	Trafikverket. Doktorand vid Linköpings universitet, Inst. för Teknik och Naturvetenskap
Johanna Törnquist-Krasemann	Blekinge Tekniska Högskola, Inst. för datavetenskap (DIDA)
Sai Prashanth Josyula *	Blekinge Tekniska Högskola, Inst. för datavetenskap (DIDA)
Emil Folino	Blekinge Tekniska Högskola, Inst. för datavetenskap (DIDA)
Lars Lundberg	Blekinge Tekniska Högskola, Inst. för datavetenskap (DIDA)
Bo-Lennart Nelldal	Railresearch
Oskar Fröidh	KTH, Transportplanering
Johan Högdahl *	KTH, Transportplanering
Jennifer Warg *	KTH, Transportplanering
Behzad Kordnejad	KTH, Transportplanering
Nilofar Minbashi *	KTH, Transportplanering
Ingrid Johansson *	KTH, Transportplanering
Hans Sipilä	KTH, Transportplanering
Markus Bohlin	KTH, Transportplanering
Mohammad Al-Mousa *	KTH, Transportplanering
Martin Aronsson	RISE, Mobilitet och system
Martin Kjellin	RISE, Mobilitet och system
Sara Gestrelius *	RISE, Mobilitet och system. Doktorand vid Linköpings universitet, Inst. för Teknik och Naturvetenskap
Zohreh Ranjbar	RISE, Mobilitet och system
Eddie Olsson	RISE, Mobilitet och system
Anders Arweström Jansson	Uppsala universitet, Inst. för informationsteknologi
Rebecca Cort *	Uppsala universitet, Inst. för informationsteknologi
Anton Axelsson	Uppsala universitet, Inst. för informationsteknologi
Jessica Lindblom	Uppsala universitet, Inst. för informationsteknologi

Mikael Laaksoharju	Uppsala universitet, Inst. för informationsteknologi
Sofia Lundberg	VTI
Tomas Lidén	VTI och Linköpings universitet, Inst. för Teknik och Naturvetenskap
Ida Kristoffersson	VTI
Tomas Rosberg *	VTI
Birgitta Thorslund	VTI
Gunilla Björklund	VTI
Chengxi Liu	VTI
Kristofer Odolinski	VTI
Jan Andersson	VTI
Niklas Olsson *	VTI
Abderrahman Ait Ali	VTI och Linköpings universitet, Inst. för Teknik och Naturvetenskap
Emanuel Broman *	VTI. Doktorand vid Linköpings universitet, Inst. för Teknik och Naturvetenskap
Lena Hiselius	Lunds universitet
Carl-William Palmqvist	Lunds universitet
Daria Ivina *	Lunds universitet
Tiong Kah Yong *	Lunds universitet
Ruben Kuipers *	Lunds universitet
Michelle Ochsner *	Lunds universitet
Nils Olsson	Lunds universitet

Doktorander markerade med \*.

## Kontaktpersoner vid Trafikverket

Nedanstående personer har varit företagens kontaktpersoner och aktiva mottagare av resultat från forskningsprojekten.

Namn	Organisation
Amelie Propst	Trafikverket, VO Trafik
Anders Ekmark	Trafikverket, VO Planering
Andreas Bååth	Trafikverket, VO Trafik
Anna Maria Östlund	Trafikverket, VO Trafik
Emil Berndtsson	Trafikverket, VO Trafik
Emma Dyrsséen	Trafikverket VO Planering
Emma Solinen	Trafikverket, VO Planering
Fredrik Lundström	Trafikverket, VO Planering
Gunnar Bengtsson	Trafikverket VO Trafik
Hans Dahlberg	Trafikverket, VO Trafik
Helena Tilander	Trafikverket, ERTMS-programmet
Jerry Onmalm	Trafikverket, VO Trafik
Joel Sultan	Trafikverket, VO Planering
Johan Engsfelt	Trafikverket, VO Underhåll
Jonas Bälter	Trafikverket, VO Trafik
Jörgen Frohm	Trafikverket, VO Trafik

Kenneth Håkansson	Trafikverket, VO Trafik
Lars Brunsson	Trafikverket, VO Planering
Lisa Mannerhagen	Trafikverket, ERTMS programmet
Magnus Backman	Trafikverket, VO Planering
Magnus C. Johansson	Trafikverket, VO Trafik
Magnus Wahlborg	Trafikverket, VO Planering
Pelle Thorén	Trafikverket, VO Trafik
Per Johansson	Trafikverket, VO Planering
Per Köhler	Trafikverket, VO Planering
Pär-Åke Wörn	Trafikverket, VO Trafik
Ralf Grahn	Trafikverket, VO Planering
Rose-Marie Renberg	Trafikverket, VO Planering
Soli Liu-Viking	Trafikverket, VO Trafik
Stefan Persson	Trafikverket, VO Trafik
Tomas Gustafsson	Trafikverket, VO Planering
Åke Lundberg	Trafikverket, VO Planering

KAJT relaterade projekt markerade med \*

## Kontaktpersoner vid företag

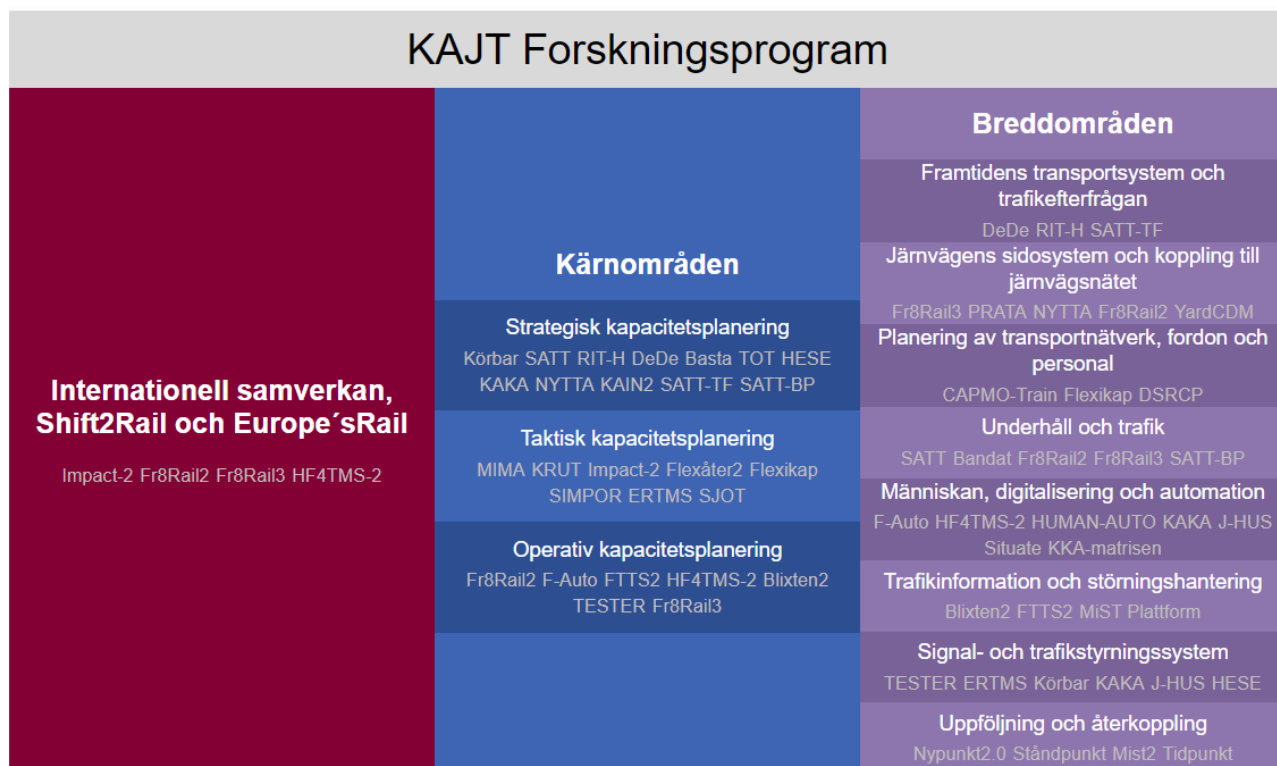
Nedanstående personer har varit partnerföretagens kontaktpersoner i KAJT.

Namn	Organisation
Bjarni Skipper	SJ AB
Magnus Ragneberg	LKAB
Per Leander	Transrail Sweden AB
Jonatan Gjerdrum	Green Cargo AB
Stefan Bojander	Sweco Society AB
Anders Hållberg	MTR

## Bilaga 2

### Översikt KAJT-projekt 2021

I *KAJT Projektkatalog* (version 20220331) sammanställs KAJT:s pågående och avslutade projekt. I sammanställning här ingår även KAJT-projekt som startats i början av 2022 samt KAJT-relaterade projekt, dvs projekt i KAJTs forskningsområde, men som inte är finansierade via KAJT.



Figur 3: Översikt över KAJT-projekt (inkl nystarter 2022).

Projekt	Akronym	Område	Utförare
Samplanering av trafikpåverkande åtgärder och trafikberäkningsmodell för trafikflöden <sup>1</sup>	SATT-TF	Strategisk kapacitetsplanering	RISE
Kritiska störningar och punktlighet <sup>1</sup>	Tidpunkt	Uppföljning och återkoppling	RISE
Mindre Störningar i Tågtrafiken - Plattformsåtgärder <sup>1</sup>	MIST Plattform	Trafikinformation och störningshantering	Lunds Universitet
Samplanering av trafikpåverkande åtgärder och trafikflöden - banarbetsplanering <sup>1</sup>	SATT-BP	Underhåll och trafik, Strategisk kapacitetsplanering	VTI
Kommunikation-Kompetens-Arbetsbelastning som stöd vid händelseutredningar och beslutande om åtgärder inom operativ tågtrafikledning <sup>1</sup>	KKA-matrisen	Operativ kapacitetsplanering, Människan, digitalisering och automation	VTI
Simulatorbaserad utbildning och träning av tågförare <sup>1</sup>	SITUATE	Optimerade trafikflöden	VTI
Tågsimulering och ERTMS.		Taktisk kapacitetsplanering, Signal- och trafikledningssystem	VTI
Reservkapacitet i tågplaneprocessen - huvudstudie	RIT-H	Framtidens transportsystem och trafikefterfrågan, Strategisk kapacitetsplanering	RISE
Blixten försättningsprojekt	Blixten2	Trafikinformation och störningshantering, Operativ kapacitetsplanering	Blekinge Tekniska Högskola
Mindre störningar i tågtrafiken, del 2	Mist2	Uppföljning och återkoppling	Lunds Universitet
Testplattform med simulatorer för effektiv och trafiksäker driftsättning av ERTMS (TESTER)	TESTER	Operativ trafikstyrning och tågdrift	VTI
Smart, data-based assets and efficient rail freight operation	Fr8RAIL3	Järnvägens sidosystem och koppling till järnvägsnätet, Underhåll och trafik, Operativ	RISE, LiU, KTH, VTI

		kapacitetsplanering,	
HF4A-TMS	HF4A-TMS	Trafikledning	VTI
Människa-automation i framtida samverkan	HUMANAUTO	Operativ kapacitetsplanering – Människan, digitalisering och automation	Uppsala Universitet
Prediktion av Ankomsttider och avgångar	PRATA	Järnvägens sidosystem och koppling till järnvägsnätet	KTH
Betydelsen av styva tidtabeller för anslutningstrafik	BASTA	Taktisk planering	VTI, Linköpings Universitet
Tjänsteutbud och Transportkapacitetsförsörjning på järnväg	TOT	Strategisk kapacitetsplanering	RISE
Robusta tidtabeller med kombinerad simulering och optimering	FlexÅter2	Taktisk kapacitetsplanering	KTH
Flexibilitet för ökad kapacitet på Malmbanan	Flexikap	Taktisk kapacitetsplanering, Planering av transportsystem, fordon och personal	RISE
Simulering med Prism och RailSys (SIMPOR)	SIMPOR	Strategisk kapacitetsplanering	KTH
Kapacitet i nätverk 2 (KAIN 2)	KAIN2	Strategisk kapacitetsplanering	KTH
Capacity Modeling and Shift Optimization for Train Dispatchers (CAPMO-Train)	CAPMO-Train	Planering av transportnätverk, fordon och personal	VTI, Linköpings Universitet
Robust tågplan med hjälp av kritiska punkter*	KRUT	Taktisk kapacitetsplanering	Trafikverket, Linköpings Universitet
Följsam automation*	F-Auto	Operativ kapacitetsplanering, Människan, digitalisering och automation	Linköpings Universitet, Linnéuniversitetet, Uppsala Universitet, Trafikverket
Simulatorbaserad utbildning och träning för tågförare*		Operativ drift med inriktningen Människan digitalisering och automation.	VTI
Körbarhetsanalyser med tågsimulator*	KÖRBAR	Körbarhet, Kapacitetsplanering,	VTI

		Signal- och trafikledningssystem	
Järnvägens hus*		Operativ drift med inriktningen Människan, digitalisering och automation	VTI
Banarbetsprocesser och datatillgång	Bandat	Underhåll och trafik	Lunds Universitet
SJ – Optimering och Tidtabeller	SJOT	Taktisk kapacitetsplanering	RISE

\* KAJT-relaterat projekt. <sup>1</sup>Projekt startar 2022.

## Avslutade projekt 2021

Projekt	Akronym	Område	Utförare
Socioteknisk systemdesign av framtidens tågtrafiksystem	FTTS2	Operativ kapacitetsplanering, Människan, digitalisering och automation	Uppsala Universitet
Indicator monitoring for a new railway paradigm in seamlessly integrated cross modal transport chains – Phase 2	Impact-2	Taktisk kapacitetsplanering	RISE
Digitalization and Automation of Freight Rail	Fr8Rail II	Järnvägens sidosystem och koppling till järnvägsnätet, Underhåll och tågtrafik, Operativ kapacitetsplanering	RISE, LiU, KTH, BTH, VTI, LU
Detaljeringsnivåer i tidtabellsplanering: mikro och makro	MIMA	Taktisk kapacitetsplanering	RISE
Förseningarnas påverkan på efterfrågan av tågresor – en tidserieanalys	DeDe	Framtidens transportsystem och trafikefterfrågan, Strategisk kapacitetsplanering	KTH
Nyckeltal för punktlighet på järnväg del 2	Nypunkt 2.0	Uppföljning och återkoppling	VTI
Störningars påverkan och samband med punktligheten	Ståndpunkt	Uppföljning och återkoppling	RISE
Samplanering av trafikpåverkande åtgärder och trafikflöden, modellstudie	SATT	Underhåll och trafik, Strategisk kapacitetsplanering	VTI, RISE



Kapacitet, körbarhet och arbetsbelastning	KAKA	Människan digitalisering och automation.	VTI
Headway-och signalpunktsplaceringar i ETCS	HESE	Signal- och trafikstyrningssystem, Strategisk kapacitetsplanering	KTH
Nyttjandegrad för anläggningar som bangårdar och terminaler	NYTTA	Järnvägens sidosystem och koppling till järnvägsnätet, Strategisk kapacitetsplanering	KTH
Decision support for railway crew planning	DSRCP	Planering av transportnätverk, fordon och personal	Linköpings Universitet, SJ, IVU, TU Wien

\* KAJT-relaterat projekt.

## Bilaga 3

### Publikationer under 2021

#### Avhandlingar

Cort, R., (2021). Getting Work Done: The Significance of the Human in Complex Socio-Technical Systems. Digital Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology 2088. 101 pp. Uppsala: Acta Universitatis Upsaliensis. ISBN 978-91-513-1330-6.

Prashanth Josyula, S., (2021), "Parallel algorithms for solving the train timetable rescheduling problem", Doktorsavhandling No. 2021:06, Blekinge Tekniska Högskola.

Johansson, I., (2021). Simulation Studies for Improved Efficiency in Road and Rail Freight Transports, PhD dissertation, KTH Royal Institute of Technology , <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kth:diva-294326>

Rosberg, T., (2021). Evaluation of Train Driving with Lineside ATP and ERTMS Signaling, Licentiate Thesis in Transport Science, KTH Royal Institute of Technology, <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:vti:diva-16904>

#### Examensarbeten

Bäckman, A. & Lindfors, K. (2021). Artificiell intelligens för att uppnå strategiska mål inom järnvägsbranschen. Potential och utmaningar vid implementering av artificiell intelligens i Stockholms pendeltågstrafik. UPTec STS 21021, se <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1562312/FULLTEXT02.pdf>

Landelius & Wallgren (2021) Network analysis of delay propagation on Swedish railways. Examensarbete. Lund: Lunds tekniska högskola. <https://lup.lub.lu.se/student-papers/search/publication/9058326>

Oberweger, F. F. (2021). A Learning Large Neighborhood Search for the Staff Rostering Problem. Diploma thesis, TU Wien. <https://doi.org/10.34726/hss.2021.92421>

Pappaterra, M. J. (2022). Blueprints for the application of AI in the Railway Industry. A Literature and Public Datasets Review. Thesis report from the Department of Information Technology to be examined 2022-01-24. (Examensarbetets innehåll har delpublicerats i bland annat Infrastructures 2021, 6, 136. <https://doi.org/10.3390/infrastructures6100136>

#### Tidskriftsartiklar

Cort, R. & Lindblom, J. (2021). At the Centre of Coordination for Train Traffic: Activity Theory and Distributed Cognition in times of digitalisation. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, accepterad, och inskickad efter en andra omskrivning.

Cort, R. & Lindblom, J. (2021). Sensing the breakdown: Managing complexity at the railway: *Culture and Organisation* (under granskning).

Ivina, D., Olsson, O.E.N., Hiselius W.L. (2022). Significance of the contractual relationship for the efficient railway maintenance project planning. *Procedia Computer Science*, V. 196, pp. 920-926, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.093>.

Johansson, I., Palmqvist, C.W., Sipilä, H., Warg, J. & Bohlin, M. (2022) Microscopic and macroscopic simulation of early freight train departures. *Journal of Rail Transport Planning and Management*.

Kuipers, R.A., Palmqvist, C.W., Olsson, N.O.E. & Winslott Hiselius, L. (2021) The passenger's influence on dwell times at station platforms: a literature review, *Transport Reviews*, DOI: 10.1080/01441647.2021.1887960.

Minbashi, N., Bohlin, M., Palmqvist, C. W., & Kordnejad, B. (2021). The Application of Tree-Based Algorithms on Classifying Shunting Yard Departure Status. *Journal of Advanced Transportation*, 2021.

Minbashi, N., Palmqvist, C. W., Bohlin, M., & Kordnejad, B. (2021). Statistical analysis of departure deviations from shunting yards: Case study from Swedish railways. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 18, 100248.

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

Prashanth Josyula, S., Törnquist Krasemann, J., Lundberg, L., "Parallel computing for multi-objective train rescheduling", *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing*, ISSN 2168-6750, Vol. 9, nr 4, pp. 1683 - 1696, IEEE Computer Society, 2021

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. Published. <https://doi.org/10.1016/j.jrtpm.2021.100240>

Palmqvist, C.W., Lind, A. & Ahlqvist, V. (2022) How and Why Freight Trains Deviate from the Timetable: Evidence from Sweden. *Submitted*.

### Konferensartiklar

Erlandson, W., Häll, C.H., Peterson, A. and C. Schmidt (2021). Meta-heuristic for inserting a robust train path in a non-cyclic timetable. In: *RailBeijing 2021: 9th International Seminar on Railway Operations Modelling and Analysis RailBeijing 2021*, Beijing, China, November 3–7, 2021.

Gestrelus, S., Häll, C.H. and A. Peterson (2021). Capacity utilization, travel time, stability and heterogeneity — a linear programming analysis for railway timetabling. In: *RailBeijing 2021: 9th International Seminar on Railway Operations Modelling and Analysis RailBeijing 2021*, Beijing, China, November 3–7, 2021.

Ivina, D., Olsson, O.E.N., Hiselius W.L. (2022). Significance of the contractual relationship for the efficient railway maintenance project planning. *Procedia Computer Science*, V. 196, pp. 920-926. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.093>

Ivina, D., Palmqvist, C.-W., Olsson, O.E.N., Hiselius, W.L. (2021). Train delays due to trackworks in Sweden. 48th 9th International Conference on Railway Operations Modelling and Analysis (ICROMA) RailBeijing21, Beijing, China, Online.

Joborn, M., Ranjbar, Z. (2021). Understanding causes of unpunctual trains: Delay contribution and critical disturbances. Proceedings of 9<sup>th</sup> International Conference on Railway Operations Modelling and Analysis (ICROMA), RailBeijing 2021, Beijing, China, 3-7<sup>th</sup> November 2021. Submitted to Journal of Rail Transport Planning and Management.

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

Kah Yong, T., Palmqvist, C.W., Olsson, N.O.E., Winslott Hiselius, L. (2021) Train Passes and Dwell Time Delays. 9th International Conference on Railway Operations Modelling and Analysis (ICROMA) – RailBeijing in Beijing, China.

Kuipers, R., Palmqvist, C.W., Olsson, N.O.E., Winslott Hiselius, L. (2021) Passenger flows and dwell times for commuter trains in Stockholm. 9th International Conference on Railway Operations Modelling and Analysis (ICROMA) – RailBeijing in Beijing, China.

#### **Vetenskapliga artiklar/Tekniska rapporter/”White papers”**

Ait Ali, A., & Lidén, T. (2021). Minimal utilization rates for railway maintenance windows : a cost-benefit approach. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:vti:diva-17178>

Aronsson, M., Lidén, T. (2021). A model for calculating volumes of trains as flows given demand and capacity restriction. arXiv: 2112.09507, URL: <https://arxiv.org/abs/2112.09507>

Aronsson, M., Olsson, E. (2021). TDA – Train Disturbance Assessor. RISE rapport/PM.

Gestrelus, S. (2022). Slutrapport för MIMA.

Joborn, M., Ranjbar, Z. (2021). Orsaker till opunktlighet: kritiska störningar och småförseningar, RISE Rapport 2021:74, <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ri:diva-56766>

Joborn, M., Ranjbar, Z. (2021). Effekter av tidiga och sena godståg, RISE Rapport 2021:112, <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ri:diva-58588>.

Joborn, M., Ranjbar, Z. (2021). Effektsamband mellan störningar och punktlighet för resandetåg. RISE rapport 2021:125, <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ri:diva-58589>.

Kristoffersson, I., Palmqvist, C.-W. (2021). Nyckeltal för punktlighet på järnväg – del 2 (Nypunkt 2.0). Populärvetenskaplig sammanfattning. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1629742/FULLTEXT01.pdf>

Lidén, T., Aronsson, M. (2021). An optimization model for renewal scheduling and traffic flow routing. arXiv: 2111.13121, <https://arxiv.org/abs/2111.13121>

Lidén, T., Aronsson, M., Liu, C. (2021). Samplanering av trafikpåverkande åtgärder och trafikflöden, modellstudie: Delrapport 1 – Krav- och behovsinventering. VTI resultat 2021:7. <http://vti.diva-portal.org/smash/get/diva2:1618719/FULLTEXT01.pdf>

Liu, C., Lidén, T. (2021). Dynamic traffic assignment for railway: the 4th report in the project Joint planning of temporary capacity restrictions and railway traffic flow, a model study. VTI resultat 2021:5. <http://vti.diva-portal.org/smash/get/diva2:1612544/FULLTEXT01.pdf>

Oberweger, F. F., Raidl G. R., Rönnberg E., Huber M. A Learning Large Neighborhood Search for the Staff Rostering Problem. Submitted manuscript, 2021.

Rosberg, T., Cavalcanti, T, Thorslund, B., Prytz, E., Moertel, P. (2021). Driveability Analysis of the European Rail Transport Management System (ERTMS) - A Systematic Literature Review. *Accepted for publication in JRTPM*

### **Shift2Rail och EU-rapporter**

Gestrelus, S., et al. (2021), Demonstrator on Improved Planning - Verification of Demonstrators. Deliverable D3.4 from Project FR8RAIL II.

Sánchez Pérez, J.A., et al. (2021). Requirements for Freight Operations, Deliverable D7.3. <https://projects.shift2rail.org/download.aspx?id=ff201a32-ab1c-444b-9192-82f80a80d08b>

Wahlborg. M., et al. (2021), Specification of Innovations and Scenarios for Enhanced and Integrated Line- and Yard Planning. Deliverable D2.1 from project FR8RAIL III.

### **Bok**

Kecklund, L. & Sandblad, B. (2021). Den (o)mänskliga faktorn: MTO – Digitalisering och automatisering för säkerhet och hållbarhet. Lund: Studentlitteratur. ISBN 978-91-44-14083-4.

## Bilaga 4

### Konferenspresentationer under 2021

Presentationer på vetenskapliga konferenser, KAJT-konferenser och Shift2Rail resultatkonferenser under 2021, i tillägg till konferensartiklar listade i Bilaga 3.

Konferens	Titel	Namn
SME Joint Rail Conference (JRC2021)	Departure Status Prediction from Railyards Using Machine Learning Algorithms	Minbashi, N.
AI4RAILS workshop in the 31st European Conference on Operational Research, 2021.	Applying Machine Learning for Yard Departure Prediction	Minbashi, N.
International Symposium on Transport Network Reliability, 2021.	Delay Analysis of Departing Trains from Shunting Yards: a Case Study	Minbashi, N.
Society for Benefit-Cost Analysis: European Conference, 2021	Towards Benefit-Cost Analysis of Railway Maintenance Windows	Ait Ali, A., Lidén, T.
Swedish Transportation Research Conference 2021, Malmö.	Minimal utilisation rates of railway maintenance windows: a cost-benefit analysis approach	Ait Ali, A., Lidén, T.
Swedish Transportation Research Conference 2021, Malmö.	Use of reserved capacity for trackwork in Sweden.	Ivina, D., Palmqvist, C.-W.
Swedish Transportation Research Conference 2021, Malmö	Modelling approaches for handling traffic impact in railway renewal project planning.	Lidén, T., Aronsson, M.
INFORMS Annual Meeting, 2021.	Machine Learning Algorithms for Yard Departure Prediction	Minbashi, N.
Rising Stars Workshop, "Friedrich List" Faculty of Transport	The Application of Machine Learning on Yard Departure Prediction	Minbashi, N.

and Traffic Sciences, 2021.		
Rising Stars Workshop, “Friedrich List“ Faculty of Transport and Traffic Sciences, 2021.	Understanding unpunctual trains through delay contribution and critical disturbances,	Joborn, M.
Transportforum 2021.	Plattform för tidtabellsplanering med modul för modifieringar	Kjellin, M., Erlandson, W.
International Conference on Project MANagement, Portugal, Online, 2021	Significance of the contractual relationship for the efficient railway maintenance project planning.	Ivina, D., Olsson, O.E.N., Hiselius W.L.
24th EURO Working Group on Transportation Meeting (EWGT), Aveiro, Portugal (online presentation), 2021.	Improving commuter train punctuality using lead indicators.	Kristoffersson, I.
Trafikutskottet, Stockholm (online presentation), 2021.	Planering med nya mått och indikatorer.	Palmqvist, C.-W.
Transportstyrelsens Säkerhetskonferens 2021-12-16	Paneldiskussion på temat ”En inspirationsföreläsning – Behöver den mänskliga faktorn uppvärderas?”	Arweström Jansson, A.

## Bilaga 5

### KAJT-seminarier under 2021

KAJT:s seminarier hölls under 2021 via internet som följd av den rådande pandemin. Intresse för deltagande vid de digitala seminarierna var betydligt högre än vid tidigare ”fysiska” seminarier.

#### Program för KAJT Vårseminarium 21 april 2021

- Inledning och om KAJT, Martin Joborn, Linköpings universitet & RISE, Magnus Wahlborg, Trafikverket
- Resenärsperspektiv på punktlighet utifrån några europeiska exempel, Emil Frodlund, talesperson Resenärsforum
- Hur påverkar förseningarna efterfrågan på persontrafik - en tidsserieanalys, Bo-Lennart Nelldal, KTH
- Orsaker till opunktlighet: kritiska händelser och småförseningar, Martin Joborn, Zohreh Ranjbar, RISE
- Trafikverket foi resultat, foi behov och Europe Rail, Magnus Wahlborg och Jörgen Frohm, Trafikverket
- Jernbanesektoren i Norge og Jernbanedirektoratets rolle i arbeidet med tilbudsutvikling og kapasitetsfaget, Christian Knittler, Jernbanedirektoratet
- Datadelning för operativ bangårdsplanering - CDM och YCS, Sara Gestrelus, Eddie Olsson, RISE
- Operativt beslutsstöd i realtid - pilot C-DAS, Morgan Lindström, RailIT, Therese Angel, Trafikverket
- ERTMS påverkan på Körbarhet och uppmärksamhet Ådalsbanan, Tomas Rosberg, VTI
- Automatic Train Operation, Emil Jansson, KTH
- Korttidsanpassad långtidsplanering - Metoder för reservkapacitetsbehovet, Martin Aronsson, RISE, Stefan Persson, Trafikverket
- Modifiering av tidtabeller med Timo och M2, Carl-Henrik Häll, LiU, Martin Kjellin, RISE

#### Program för KAJT Höstseminarium 23 november 2021

- Inledning, Martin Joborn, RISE och Linköpings Universitet, Magnus Wahlborg, Trafikverket
- Målgång Shift2Rail och Uppstart Europe's Rail - KAJT, flaggskepp och Excellensområden, Magnus Wahlborg, Trafikverket
- Samplanering av trafikpåverkande åtgärder och trafikflöden Del 1, Joel Sultan, Trafikverket, Martin Aronsson, RISE, Tomas Lidén, VTI



- Samplanering av trafikpåverkande åtgärder och trafikflöden Del 2, Martin Aronsson, RISE
- Detaljeringsnivåer i tidtabellsplanering, Sara Gestrelus, RISE, Magnus Backman, Trafikverket
- Disturbance management: Some insights from the project Blixten II, Sai Prashanth Josyula, BTH
- Passengers and dwell times for commuter trains, Ruben Kuipers, Lunds universitet & K2
- Kapacitetseffekter av ERTMS Level 2 och Hybrid Level 3 på Södra stambanan, Per Köhler och Pär Johansson Trafikverket
- Yard Departure Prediction: Case Study from Malmö Yard, Niloofar Minbashi, KTH
- En studie om ERTMS, Kapacitet och körbarhet – en rullande tågsimulator, Tomas Rosberg, VTI
- Effekter av tidiga och sena godståg, Martin Joborn, Zohreh Ranjbar, RISE