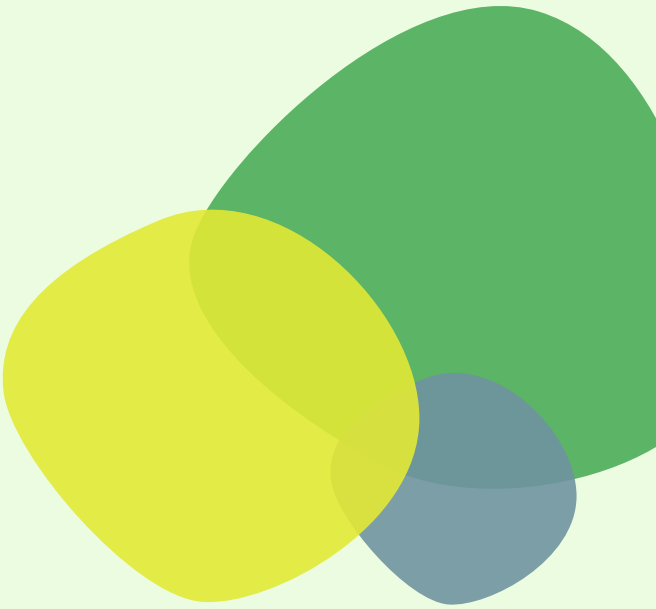

Slutrapport

Klimateffektivitet genom ökad samordning och informationsdelning i multimodala noder

Datum: 2025-12-29

Triple F projekt 2019.2.2.14

Slutrapport

Anna Fredriksson, Linköpings universitet, Joakim Kalantari, Trafikverket, Niklas Arvidsson, VTI, Abdalla Mubder, Linköpings universitet och VTI

TRIPLEF
FOSSIL FREE FREIGHT

Projektnummer 2019.2.2.14
Titel på projektet – svenska Klimateffektivitet genom ökad samordning och informationsdelning i multimodala transportnoder
Titel på projektet – engelska Climate efficiency through coordination and information sharing in multimodal transport
Projektledareorganisation Linköpings universitet, Institutionen för teknik och naturvetenskap, Avdelningen för kommunikation- och transportsystem, Bygglogistikgruppen
Namn på projektledare Anna Fredriksson
Namn på ev övriga projektdeltagare Abdalla Mubder, LiU; Joakim Kalantari, TrV; Niklas Arvidsson, VTI; Axel Merkel, VTI;
Nyckelord: 5-7 st Sjöfart, transporteffektivitet, informationsdelning, informationssystem, koordinering, hamnanlöp

Sammanfattning

Den internationella sjöfartsorganisationen (International Maritime Organization, IMO), som bland annat reglerar åtgärder för att minska sjöfartens utsläpp, har återigen haft svårt att enas om konkreta styrmedel. Under 2025 har införandet av ett så kallat net-zero framework för sjöfarten ännu en gång skjutits upp. De internationella svårigheterna att enas om ett gemensamt ramverk skapar osäkerhet för aktörer inom branschen. Osäkerheten gäller vilka investeringar som är strategiskt rimliga, vilket i sin tur riskerar att leda till ett avvaktande beteende (wait-and-see-effekt). Samtidigt är utrymmet för att avvakta begränsat, eftersom konsekvenserna av otillräckliga miljöåtgärder blir allt mer påtagliga. Detta ökar betydelsen av åtgärder som kan genomföras på kort sikt och som ofta beskrivs som low-hanging fruit. En sådan åtgärd är Just-in-Time (JIT) ankomst inom sjöfart. JIT innebär att fartygens hastighet anpassas efter resurs- och kapacitetsförutsättningarna i destinationshamnen, vilket skapar möjligheter att minska hastighet, bränsleförbrukning och därmed utsläpp.

Den befintliga forskningen har i huvudsak fokuserat på JIT:s potential i form av minskad bränsleförbrukning och lägre utsläpp. Studier som behandlar hur JIT kan införas i praktiken för att realisera denna potential är däremot mer begränsade. Detta projekt undersöker därför hur JIT kan implementeras i praktiken för att uppnå den förväntade effekten.

Projektet utgår från att först identifiera de beroenden som finns mellan olika aktörer vid implementering av JIT. Därefter analyseras samordningsmekanismer som kan möjliggöra en effektiv hantering av dessa beroenden. De mekanismer som studeras är digitala plattformar, policy för ankomsttider (slot-tider), kontraktuella klausuler, lotsdispens, samt system för övervakning och uppföljning av fartygsprestanda (vessel performance systems). Projektet argumenterar för att det är den samordnade och synkroniserade användningen av dessa mekanismer som skapar förutsättningar för att realisera effekten av JIT-anlöp i praktiken

Summary

The International Maritime Organization (IMO), which regulates measures to reduce emissions from shipping, has once again struggled to reach agreement on concrete policy instruments. In 2025, the introduction of a so-called net-zero framework for shipping was postponed yet again. These international difficulties in agreeing on a common framework create uncertainty for industry actors. This uncertainty concerns which investments are strategically sound, which in turn risks producing a "wait-and-see" effect. At the same time, there is limited scope for delaying action, as the consequences of insufficient environmental measures are becoming increasingly evident. This increases the importance of short-term measures that are often described as "low-hanging fruit." One such measure is Just-in-Time (JIT) arrival in shipping. JIT arrival means that vessels adjust their sailing speed based on the resources and capacity available at the destination port. This approach enables lower speeds and thereby reduced fuel consumption and emissions.

Existing research has primarily focused on the potential of JIT, particularly in terms of reduced fuel consumption and lower emissions. However, research on how JIT can be implemented in practice to realize this potential remains limited. This PhD project therefore focuses on how the benefits of JIT can be implemented and achieved in real-world settings.

The project first identifies the interdependencies that exist between different actors in the implementation of JIT. It then examines coordination mechanisms that can enable these interdependencies to be managed effectively. The mechanisms considered include digital platforms, slot-based arrival policies, contractual clauses, pilotage exemptions, and vessel performance systems. The core argument is that it is the collective and synchronized use of these mechanisms that creates the conditions necessary to realize the effects of JIT port calls in practice.

Innehållsförteckning

Sammanfattning *4*
Summary *5*
Inledning *7*
Bidrag till Triple F *9*
Genomförande *11*
Resultat *14*
Nyttiggörande och nästa steg *16*
Referenslista *17*

Inledning

Den svenska ekonomin kännetecknas av en relativt balanserad handelsstruktur (SCB, 2025). För både import och export utgör varor en större andel än tjänster, och cirka 60 procent av Sveriges internationella varuhandel transporteras via sjöfart (Trafikanalys, 2021). Det starka beroendet av sjötransporter understryker sjöfartens centrala betydelse för såväl nationella handelsflöden som den övergripande ekonomiska utvecklingen. Effektiva maritima transporter och logistiklösningar är därför avgörande för att stödja både exportörer och importörer.

Sjöfart och maritim-logistik omfattar såväl sjöbaserade processer, såsom flott- och ruttplanering, som landbaserade processer, exempelvis godshantering och inlandstransporter. Detta projekt fokuserar på anlöpsprocessen i hamn, vilken utgör gränssnittet mellan sjö- och landsidan. Processen omfattar de sista nautiska milen av en resa och kopplar samman sjö- och landsidan genom tjänster såsom lotsning, bogsering och godshantering, vilket möjliggör att gods når sina slutdestinationer. Mer specifikt studeras implementeringen av Just-in-Time (JIT) ankomst vid hamnanlöp. JIT-ankomst är en samordningsprocess som används av aktörer involverade i hamnanlöp för att anpassa fartygens seglingshastighet till tillgängligheten av hamntjänster och infrastruktur, såsom kajplatser och utrustning. Processen bygger på att identifiera störningar i anlöpsprocessen och kommunicera information i realtid, vilket gör det möjligt för fartyg att anpassa sin hastighet och ankomma vid rätt tidpunkt. Målet är att uppnå högre operativ effektivitet samt minska förseningar, bränsleförbrukning och utsläpp.

Motivationen för att implementera JIT kan härledas till två centrala utmaningar inom sjöfartssektorn. För det första står sjöfarten, trots att den ofta betraktas som det mest energieffektiva transportslaget, för omkring tre procent av de globala växthusgasutsläppen (IMO, 2020). Som en följd har flera miljöpolitiska styrmedel införts på både internationell och nationell nivå, såsom inkluderingen av sjöfarten i EU:s system för handel med utsläppsrätter (EU ETS), FuelEU Maritime, revideringen av energiskattedirektivet samt införandet av Carbon Intensity Indicator. Forskning och branschpraxis pekar samstämmigt på att dessa styrmedel huvudsakligen leder till ökade transportkostnader för sjöfarten (Veirth et al., 2024).

För det andra präglas sjöfarten av betydande operativa ineffektiviteter, särskilt i form av förseningar vid hamnanlöp. Enligt International Maritime Organization (IMO) tillbringar bulkfartyg i genomsnitt cirka nio procent av sin årliga tid fördröjda vid ankarplats (IMO, 2020). Dessa förseningar medför både ekonomiska och miljömässiga konsekvenser, såsom ökade transportkostnader, prisinflation på varor, högre utsläpp samt ökad risk för olyckor (Brancaccio et al., 2025; Bai et al., 2024). Mot denna bakgrund uppmuntrar och stödjer institutioner såsom Sjöfartsverket och IMO implementeringen av JIT-ankomst. I Sverige har Sjöfartsverket initierat Smarta anlöp-programmet, som syftar till att främja mer hållbara hamnanlöp genom samverkan mellan offentliga och privata aktörer. Liknande initiativ återfinns internationellt, exempelvis i Finland genom Fintraffic och inom EU genom MISSION-projektet.

Tidigare studier visar att JIT-ankomst har potential att minska bränsleförbrukning och utsläpp med cirka 2-20 procent (Jia et al., 2017). Fördelarna är relevanta för flera aktörsgrupper. Hamnmyndigheter kan dra nytta av minskad trängsel och lägre utsläpp i hamnområden, medan fartygsägare och befraktare kan minska förseningar, bränslekostnader och utsläpp samt förbättra regelefterlevnad. Trots denna potential är implementeringen av JIT i praktiken fortfarande begränsad. Tidigare forskning identifierar flera hinder, bland annat användningen av First-Come-First-Served vid kajallokering, bristande informationsdelning, långsam

digitalisering, begränsningar i befraktningsavtal samt organisatoriska och kommersiella barriärer. Forskningen kring hur dessa hinder kan hanteras genom samordning mellan aktörer är dock begränsad. Implementeringen av JIT är en interorganisatorisk process som kräver koordination mellan flera aktörer, vilket förutsätter en kombination av kompletterande samordningsmekanismer snarare än isolerade lösningar. Avsaknaden av empirisk kunskap om aktörernas ömsesidiga beroenden, samspelet mellan olika samordningsmekanismer samt deras införandeprocesser utgör centrala kunskapsluckor. Dessa begränsningar lämnar beslutsfattare och praktiker med otillräckligt stöd för att hantera de praktiska utmaningarna vid implementering av JIT-ankomst i hamnar. Syftet med projektet är att förstå hur informationsdelning kan stödja införandet av JIT I anlöpsprocessen.

Bidrag till Triple F

Bidrag till det svenska godstransportsystemets omställning till fossilfrihet

Triple F:s övergripande mål är att möjliggöra en fossilfri omställning av Sveriges godstransportsystem. Inom ramen för detta projekt har fokus legat på godstransporter som sker via sjöfart, med särskild inriktning på hur sjöfartens energieffektivitet kan förbättras genom implementering av JIT-anlöp.

Projektets första del har syftat till att kvantifiera JIT:s potentiella effekt i en svensk kontext. Analysen har särskilt fokuserat på fartyg som anlöper svenska hamnar inom trampsegmentet. Resultaten visar att den potentiella bränslebesparingen till följd av JIT varierar mellan cirka 3 och 15 procent, beroende på vilka antaganden som görs vid estimeringen, exempelvis avseende hastighetsanpassning och operativa förutsättningar (Merkel et al., 2022). Detta indikerar att JIT kan utgöra ett bidrag till ökad energieffektivitet och minskade utsläpp inom svensk sjöfart.

Projektets andra del har haft ett mer tillämpat fokus och undersökt hur svenska hamnar kan möjliggöra och realisera den identifierade JIT-potentialen i praktiken. Resultaten pekar på att införandet av digitala informationsplattformar är centralt för att förbättra informationsdelning och samordningen mellan berörda aktörer (Mubder och Fredriksson, 2025). Vidare visar projektet att användningen av slotbaserade kajtider kan bidra till ökad förutsägbarhet i anlöpsprocessen och därigenom skapa förutsättningar för hastighetsanpassning i linje med JIT-principer (Mubder, 2024).

Genom att kombinera analysen av JIT:s potentiella effekt med studier av hur denna effekt kan realiseras i praktiken bidrar projektet till att stärka Sveriges position som en ledande nation inom fossilfri godstransport. Projektets resultat har relevans även utanför den nationella kontexten, då de utvecklade metoderna och samordningslösningarna kan tillämpas i andra länder med varierande institutionella förutsättningar. Genom aktiv spridning av denna kunskap kan Sverige bidra till att stödja både industrialiserade länder och utvecklingsländer i deras omställning mot mer energieffektiv sjöfart, samtidigt som landets roll som kunskapsledare inom internationellt klimatarbete och *climate action leadership* stärks. Projektet har finansierats av Trafikverket (TrV).

Knyta digitaliseringen och fossilfri och hållbar sjöfart

Sverige är internationellt erkänt som en ledande nation inom digitalisering. Enligt det globala digitaliseringsindexet, som mäter den övergripande mognadsgraden av digitalisering på global nivå, rankas Sverige som tredje högst i världen. Mot denna bakgrund har detta projekt bidragit till att ytterligare stärka Sveriges digitala konkurrenskraft genom att studera hur implementering och användning av digitala plattformar inom hamnar och sjöfart kan främja mer hållbara godstransporter.

Projektet har huvudsakligen genomfört två empiriska studier med fokus på digitalisering inom sjöfartssektorn. Resultaten har lett till utvecklingen av tillämpbara ramverk som kan stödja sjöfartsaktörer i deras investeringsbeslut, i syfte att säkerställa att investeringar i digitala plattformar och digitala lösningar genererar förväntad nytta och avkastning. Vidare visar projektet hur dessa digitala plattformar bör användas operativt för att realisera de effekter som låg till grund för investeringsbesluten.

Utöver att belysa digitaliseringens möjligheter identifierar projektet även centrala begränsningar i den pågående digitala omställningen. Resultaten indikerar att teknologisk utveckling i sig inte är tillräcklig för att uppnå hållbara godstransporter. För att realisera digitaliseringens fulla potential krävs även organisatoriska reformer samt en breddad och samordnad kompetensutveckling hos berörda aktörer. Projektet visar att en gemensam förståelse och kollektiv synkronisering mellan organisationer, processer och mänskliga resurser är avgörande för att digitala lösningar ska kunna bidra till ett mer hållbart svenskt godstransportsystem.

Genomförande

Projektet har genomförts i form av ett doktorandprojekt. Se avhandlingen inklusive artiklar i Mubder (2025). Projektet har delats upp i fyra delstudier, var och en med specifika mål och metoder. Fokus har legat på att vad JIT:s potential är för svensk sjöfart, och hur denna potential kan realiseras i praktiken. Delstudie 1 fokuserar på vad potential är, medan övriga studier fokuserar på hur den kan realiseras i praktiken. Studierna är presenterade nedan.

Delstudie 1 – Estimering av Just-in-Time effekt för svensk sjöfart

I delstudie 1 låg fokus på att estimera effekten av JIT för svensk sjöfart. Tre datakällor – AIS, hamnanlöp statistik, och fartygsdata – har kombinerats för att först identifiera väntetiderna vid ankar för de fartyg som anlöpt svenska hamnar. Efter identifierad väntetid har modelleringen av JIT:s effekt gjort. Modelleringen gjordes baserat på scenarier som kombinerar tekniska och operativa antaganden. Tekniska antaganden omfattar de som är relaterade till bränsleförbrukningen, medan operativa åtgärder omfattar exempelvis när (huruvida det är 4,8, eller 12 timmar) före ankomst hastighetsanpassningen kan påbörja.

Studien visar att för svensk sjöfart, effekten av att implementera JIT kan resultera i mellan 1-15% besparing i bränsleförbrukning beroende på vilka antaganden görs.

Delstudie 2 – Vilka samordningsmekanismer möjliggör införandet av Just-in-Time?

Tidigare studier indikerar att JIT kan reducera bränsleförbrukning och utsläpp med cirka 5–20 procent, vilket har motiverat International Maritime Organization (IMO) att uppmuntra dess införande. Trots denna potential är implementeringen av JIT fortfarande begränsad, främst på grund av bristande informationsdelning, långsam digitalisering, restriktiva befraktningsavtal samt dominerande First-Come-First-Served kajallokering.

Tidigare forskning har i stor utsträckning identifierat dessa hinder, men i mindre utsträckning analyserat vilka resurser och förmågor som krävs för att hantera dem. Eftersom JIT utgör en interorganisatorisk process kan ingen enskild resurs/aktör möjliggöra implementering. I stället krävs en samordnad kombination av resurser och förmågor. Syftet med denna studie är därför att undersöka hur resurser och organisatoriska förmågor inom maritima transportnätverk samverkar för att möjliggöra implementeringen av JIT vid hamnanlöp.

Studien bygger på en multiple case-study av energi- och stålförsörjningskedjor i de svenska hamnarna Oxelösund, Gävle och Göteborg. Dessa hamnar valdes på grund av deras tidiga arbete med JIT-implementering. Datainsamlingen baserades på intervjuer med representanter för hamnmyndigheter, rederier och terminaloperatörer.

Resultaten visar att sex centrala samordningsmekanismer (resurser och förmågor) är avgörande för JIT-implementering: Port Community Systems (PCS), förbokad kajallokering (*Pre-booking Berth Policy*), fartygsprestandasystem, befraktningsavtal, lotsdispens samt personliga relationer. Dessa resurser spelar olika roller under JIT-processens olika faser. Personliga relationer är särskilt viktiga i initieringsfasen, då de möjliggör samarbete och gemensamma initiativ, medan de övriga resurserna har en mer direkt påverkan på den operativa implementeringen.

Studien visar att PCS utgör en grundläggande möjliggörare genom att förbättra transparens och informationsdelning i realtid, vilket skapar förutsättningar för att övergå från First-Come-First-Served till JIT-anpassade kajallokeringsprinciper såsom PBP. Den ökade förutsägbarheten i kajtilldelning minskar osäkerhet och möjliggör införande av dynamiska hastighetsklausuler i befraktningsavtal. Tillsammans med fartygsprestandasystem bidrar dessa resurser till ökat förtroende mellan aktörer genom mer tillförlitlig validering av bränslebesparingar. Sammantaget visar studien hur den samordnade användningen av flera kompletterande resurser kan övervinna etablerade hinder och därmed möjliggöra praktisk implementering av JIT-anlöp.

Delstudie 3 – Bytet från First-Come-First-Served till förbokad kajallokering

Syftet med studien är att analysera hur övergången från First-Come-First-Served till förbokad kajallokering genomförs i praktiken samt att identifiera drivkrafter och hinder för att PBP ska möjliggöra JIT-ankomst. Studien genomförs som en longitudinell single-case-studie i Gävle hamn, där PBP infördes. Datainsamlingen omfattar observationer, intervjuer och dokumentstudier under perioden 2020-2022. Analysen baseras på beteendeförändringsmodellen COM-B (Capability, Opportunity, Motivation, Behavior), vilket möjliggör ett fokus på både organisatoriska och beteendemässiga aspekter av förändringsprocessen.

Resultaten visar att övergången från First-come-First-Served till förbokad kajallokering är en komplex interorganisatorisk förändringsprocess som kräver aktiv involvering av externa aktörer, såsom rederier, terminaloperatörer och nautiska tjänsteleverantörer. Genom workshops, utbildningar och gemensam riskhantering kunde hamnmyndigheten hantera motstridiga intressen och öka aktörernas motivation och förändringsberedskap. Studien visar att PBP förbättrar planeringsförutsättningar, minskar osäkerhet i anlöpsprocessen och skapar förutsättningar för JIT-ankomst, vilket i sin tur leder till förbättrad operativ effektivitet, lägre utsläpp och ökad servicekvalitet.

En central möjliggörare för förbokad kajallokering och JIT är utvecklingen av ett Port Community System (PCS), som förbättrar informationsdelning och transparens mellan aktörer. Kombinationen av PCS och justerade hamnregler möjliggör gemensamt beslutsfattande och bättre samordning mellan sjö- och landsidan av transportkedjan. Samtidigt identifierar studien viktiga begränsningar, bland annat beroenden till resurser som hamnmyndigheten inte kontrollerar, såsom lotsning och terminaloperationer, samt kommersiella och kontraktuella barriärer kopplade till befraktningsavtal. Dessa begränsningar påverkas i hög grad av hamnens styr- och affärsmodell.

Delstudie 4 – Effektiv användning av digitala plattformar

Digitala plattformar, såsom PCS, identifieras ofta som en central möjliggörare för JIT. Emellertid är kunskapen begränsad om hur PCS faktiskt adopteras, används och sprids för att stödja JIT – en process som i studien benämns som assimilering. Även de faktorer som påverkar denna process är otillräckligt utforskade.

Syftet med studien är därför att analysera de mekanismer som påverkar assimileringen av PCS för att möjliggöra JIT, samt att undersöka vilka konsekvenser JIT har för maritim servicekvalitet. Studien genomförs som en longitudinell flercasestudie i hamnarna i Gävle och Göteborg, vilka valts eftersom de är föregångare i användningen av PCS för JIT. Datamaterialet består av intervjuer, observationer och dokument insamlade under perioden 2020–2025.

Resultaten visar att PCS är utformade för att tillhandahålla realtidsinformation, prediktiva och analytiska tjänster samt funktioner som stödjer JIT-implementering. Samtidigt påverkas assimileringen av flera motverkande mekanismer. Organisatoriska begränsningar, såsom beroende av kommunal finansiering, försvårar vidareutveckling av plattformarna. Resursberoenden, exempelvis till externa tjänster som bogsering, begränsar möjligheten att realisera JIT:s fulla effekt. Interorganisatoriska faktorer, såsom varierande digital mognad och motstridiga intressen mellan aktörer med olika reseprofiler, påverkar den upplevda nyttan av PCS negativt. Därtill bidrar bristande informationskvalitet, arbetsrelaterade problem såsom felaktig datainmatning samt regulatoriska begränsningar i interoperabilitet mellan PCS och andra nationella system till minskad användbarhet.

Trots dessa utmaningar identifierar studien flera mekanismer som främjar effektiv användning av PCS. Tydligt stöd från ledningen, klar kommunikation av plattformarnas syfte och koppling till hållbarhetsmål ökar användarnas motivation. Utbildningsinsatser, gemensam kompetensutveckling och adaptiv förändringsledning underlättar både PCS-adoption och JIT-implementering. Studien visar även att assimileringen är dynamisk, där identifierade brister i informationskvalitet och användning leder till iterativa förbättringar av systemens funktionalitet. Sammantaget bidrar studien till en fördjupad förståelse av hur digitala plattformar kan möjliggöra JIT i praktiken och hur deras införande påverkar servicekvaliteten i maritima transportkedjor.

Projektet har genomförts med hjälp av flera aktörer från olika sektorer:

1. **Akademiska institutioner**: Dessa har designat och genomfört de fyra delstudierna. Forskarna har skrivit och publicerat vetenskapliga artiklar baserade på resultaten.

2. **Bransch aktörer**: Bidrog med möjligheter till att genomföra observationer, till dela data och ge praktiska insikter. De har också validerat resultaten och diskuterat hur de kan ändra sina egna processer. Representanter har inkluderat hamnmyndigheter, rederier, terminaloperatörer, och konsulter.

Resultat

Projektet har genererat flera viktiga resultat och slutsatser som bidrar till ökad förståelse för hur sjöfartens transporteffektivitet kan förbättras:

1. Resultaten indikerar att implementering av JIT-ankomst inom svensk sjöfart kan bidra till en minskning av bränsleförbrukningen i storleksordningen cirka 1–15 procent. Detta är av särskild relevans för svenska myndigheter med ansvar för att uppfylla hänsynsmålet, i synnerhet dess miljödimension. Inom dessa myndigheter arbetar både tjänstemän och politiska beslutsfattare med att utforma fossilfria transportstrategier, vilka syftar till att minska transportsektorns klimat- och miljöpåverkan. Sådana strategier utformas vanligtvis som kombinationer av flera åtgärder riktade mot olika transportslag och delsegment. Kunskap om JIT-ankomstens potentiella bidrag möjliggör därför en mer informerad bedömning av hur denna åtgärd kan kombineras med andra styrmedel och tekniska lösningar**,** samt vilken roll JIT bör ges i ett bredare åtgärdspaket för att öka sjöfartens miljömässiga hållbarhet.

2. För att implementera JIT-ankomst och realisera dess potential krävs samordning mellan ett flertal aktörer inom sjöfarten. På grund av typer av beroenden mellan aktörerna i sjöfartskedjan är det svårt för enskilda aktörer att ensamt styra eller kontrollera implementeringen av JIT. Implementeringen förutsätter i stället användning av flera samordningsmekanismer, vilka utvecklas, förvaltas och tillämpas av olika aktörer. Dessa samordningsmekanismer omfattar bland annat digitala plattformar (Port Community Systems), policyer för förbokad kajallokering, system för uppföljning av fartygsprestanda samt nischade JIT-klausuler och avtalslösningar. Det är inte enskilda mekanismer i sig, utan synkroniseringen och samspelet mellan dessa mekanismer, som möjliggör en fungerande implementering av JIT i praktiken

3. Av resonemanget i punkt två framgår att policyer för förbokad kajallokering utgör en central förutsättning för implementering av Just-in-Time-ankomst. I nuläget tillämpar dock majoriteten av hamnar First-Come-First-Served-principen för kajtilldelning. Detta indikerar att det finns begränsad kunskap om hur hamnmyndigheter praktiskt kan genomföra en övergång från First-Come-First-Served till policyer för förbokad kajallokering. Projektet har resulterat i utvecklingen av ett ramverk riktat till hamnmyndigheter och övriga aktörer inom sjöfarten, vilket illustrerar hur en sådan förändring av ankomstpolicyer kan genomföras i praktiken. Ramverket tydliggör dels de steg och organisatoriska förändringar som krävs för att införa förbokad kajallokering, dels vilka operativa och organisatoriska förmågor som behöver vara på plats för att möjliggöra denna övergång. Vidare identifierar ramverket de begränsningar och utmaningar som är förenade med förbokad kajallokering i relation till implementeringen av JIT-ankomst.

4. Digitala plattformar utgör en central komponent för implementering av JIT-ankomst genom möjliggörande av realtidsbaserad informationsdelning mellan berörda aktörer. Resultaten visar att det finns ett flertal organisatoriska och operativa åtgärder som är avgörande för att dessa plattformar ska komma till faktisk användning och därigenom generera de effekter som eftersträvades vid införandet. Med andra ord är det inte tillräckligt att enbart investera i digitala plattformar; deras värdeskapande potential är beroende av hur de används och integreras i befintliga arbetsprocesser och beslutsrutiner. Vidare identifierar resultaten flera hinder och barriärer som begränsar

plattformarnas effektivitet i praktiken. Genom att synliggöra och hantera dessa barriärer kan hamnar och andra aktörer i sjöfartskedjan öka sannolikheten för att uppnå den avsedda avkastningen på sina digitala investeringar samt realisera de operativa och miljömässiga effekter som plattformarna är avsedda att stödja.

5. Tre vetenskapliga artiklar har publicerats under projektets gång. Dessa stärker Sveriges varumärke för forskning och innovation inom sjöfart.

Nyttiggörande och nästa steg

Nyttiggörandet av projektet tar sin utgångspunkt i PCS vars användning ökar snabbt i takt med att nya digitala lösningar utvecklas för att stödja JIT-ankomst vid hamnanlöp. I detta sammanhang bidrar projektet med ramverk som är direkt relevanta för både hamnmyndigheter och mjukvaruleverantörer, genom att stödja effektiv adoption och anvädning av PCS.

För hamnmyndigheter är framgångsrik använding av PCS avgörande, då den möjliggör spridning och användning av systemet bland hamnens aktörer samt dess förmåga att stödja JIT i praktiken. Detta är centralt för att realisera avkastning på investeringar i digitalisering, förbättra planering och servicekvalitet samt minska utsläpp i hamnområden. Genom att möjliggöra JIT kan hamnar även stärka kundnöjdheten bland rederier och befraktare, vilka står inför ökade krav på utsläppsminskningar, samt positionera sig som mer hållbara och konkurrenskraftiga hamnar. För PCS-utvecklare ger projektet ökad förståelse för den kontext där systemen används samt för de hinder och möjliggörare som påverkar assimileringen. Denna kunskap är viktig för att utveckla lösningar som bättre matchar kundernas behov och därigenom stärka konkurrenskraft och marknadsposition. Resultaten visar även vilka barriärer som kan hanteras genom teknisk och organisatorisk anpassning, respektive vilka som kräver dialog med externa aktörer såsom myndigheter och lagstiftare.

Projektet ger även konkreta implikationer för implementering av JIT genom analysen av övergången från First-Come-First-Served till förbokad kajallokering. Denna övergång är resurskrävande för hamnmyndigheter, och resultaten ger vägledning kring nödvändiga investeringar, samarbetsformer och begränsningar i PBP:s förmåga att stödja JIT. Genom att tydliggöra dessa begränsningar klargörs även vilka aktörer som behöver involveras för att uppnå en effektiv implementering.

Slutligen bidrar avhandlingen med implikationer för beslutsfattare genom att belysa JIT:s potential och begränsningar som en kostnadseffektiv åtgärd inom sjöfartens klimatomställning. Genom ökad förståelse för JIT i relation till andra åtgärder kan resurser, styrmedel och stödinsatser utformas mer träffsäkert. Avhandlingen understryker även vikten av att stödja PCS och att utveckla incitamentsstrukturer som främjar den multilateral samordning som krävs för att JIT ska kunna implementeras i praktiken.

För framtida forskning finns flera möjliga inriktningar. För det första kan enkätbaserade studier genomföras för att validera och generalisera resultaten till bredare urval. För det andra kan analysnivån utvidgas bortom den enskilda resan. Studier på flott- och nätverksnivå, exempelvis inom gröna sjöfartskorridorer och transportkedjor, kan bidra till ökad förståelse för de systemförutsättningar som möjliggör en skalbar implementering av JIT-ankomst. Vidare utgör kopplingen mellan sjöfart och hinterlandtransporter, såsom järnväg och väg, ett viktigt men hittills begränsat utforskat forskningsområde. Slutligen bör framtida studier undersöka implementeringen av JIT-ankomst i andra geografiska och institutionella kontexter, särskilt i tillväxt- och utvecklingsekonomier, där skillnader i digital mognad, styrformer och institutionella förutsättningar kan påverka både genomförande och utfall.

Referenslista

Bai, X., Jia, H., & Xu, M. (2024). Identifying port congestion and evaluating its impact on maritime logistics. *Maritime Policy & Management*, 51(3), 345–362.

Brancaccio, G., Kalouptsidi, M., & Papageorgiou, T. (2025). Rigidities in transportation and supply chain disruptions. NBER Working Paper, w33452.

IMO. (2020). Fourth IMO GreenHouse Gas Study. London, UK: IMO.

Jia, H., Adland, R., Prakash, V., & Smith, T. (2017). Energy efficiency with the application of Virtual Arrival policy. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 54, 50– 60.

Merkel, A., Kalantari, J., & Mubder, A. (2022). Port call optimization and CO2-emissions savings–Estimating feasible potential in tramp shipping. *Maritime Transport Research*, *3*, 100054.

Mubder, A. A. A. M. (2024). The implementation of berth allocation policies that enable Just-in-Time arrival in port calls. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, *54*(6), 610-630.

Mubder, A. & Fredriksson, A. (2025). Mechanisms supporting the continuance use of Port Community Systems: A Swedish case-study. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, *34*, 101715.

Mubder, A. A. A. M. (2025). *Port Community Systems and Just-in-Time arrival in port calls: Adoption and outcome* (Doctoral dissertation, Linköping University Electronic Press).

Statistics Sweden. (2025). Handelsnettot 15,1 miljarder kronor i januari. Retrieved from https://www.scb.se/

Vierth, I., et al. (2024). The cost impacts of Fit for 55 on shipping and their implications for Swedish freight transport. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 179, 103894.

Triple F står för **Fossil Free Freight**, som anspelar på programmets syfte - att bidra till att minska godstransporternas koldioxidutsläpp i Sverige. Triple F är Trafikverkets forskning- och innovationssatsning och Lindholmen Science Park står som värd i samarbete med VTI och RISE. Programmet startade 2018 och kommer som längst pågå till 2030.