

Slutrapport av FUD-projektet ”*Kombination av makronivåmodeller och agentbaserade modeller för förbättrad analys av åtgärders effekter på transportsystem*”

Medverkande: Vectura, Malmö högskola, Blekinge Tekniska Högskola

Finansierat av Trafikverket

2012-12-31

# Innehållsförteckning

Inledning.....	3
Bakgrund .....	3
Syfte och genomförande.....	4
Projektets koppling till FUD-centrat .....	4
Genomförda aktiviteter.....	5
Behovsanalys.....	5
Lösningförslag: Kombinera mikro- och makronivåmodeller .....	6
TAPAS-Z .....	7
Fallstudier/Simuleringsstudier.....	7
Fallstudie 1. EastWest Transport Corridor (EWTC).....	7
Fallstudie 2. Järnvägskapacitet Hallsberg-Degerön (HM) .....	8
Visualisering av simuleringsstudier av transportkedjor .....	9
Slutsatser och fortsatt arbete.....	9
Referenser.....	11
Appendix 1. Publikationer och rapporter .....	13
Appendix 2. Ekonomisk redovisning .....	13

## Inledning

Detta är en slutrapportering av FUD-projektet *Kombination av makronivåmodeller och agentbaserade modeller för förbättrad analys av åtgärders effekter på transportsystem*. Projektet har bedrivits inom ramen för det virtuella FUD-centrat Road Planning and Design (RPD) och finansierats av Trafikverket. Rapporten summerar huvudbidragen i projektet och är delvis baserad på ett antal vetenskapliga artiklar som har skrivits inom ramen för projektet. Dessa artiklar är bifogade som appendix till denna rapport.

Projektmedlemmar i projektet var:

- Linda Ramstedt, Vectura
- Henrik Edwards, Vectura
- Robert Sommar, Vectura
- Johan Holmgren, Blekinge Tekniska Högskola
- Paul Davidsson, Malmö högskola
- Jan A. Persson, Malmö högskola
- Banafsheh Hajinasab, Malmö högskola

Kontaktperson på Trafikverket har varit Sylvia Yngström Wänn, och Petter Hill har fungerat som referensgrupp.

## Bakgrund

För att uppnå samhällsmål såsom ett hållbart transportsystem är det bland annat viktigt att utnyttja den befintliga transportinfrastrukturen så effektivt som möjligt. Ofta används olika typer av styrmedel (skatter, avgifter och regleringar) eller andra typer av åtgärder för att nå sådana mål. Åtgärdernas effekter är viktiga att kunna förutsäga för att säkerställa att samhällsmålen faktiskt nås och för att åtgärderna ska vara så effektiva som möjligt. Transportsystem är komplexa och effekter kan vara svåra att förutspå varför olika typer av modeller kan bidra till att ta fram beslutsunderlag innan åtgärder införs. Traditionellt sett används makronivåmodeller vid studier av styrmedels eller infrastrukturinvesteringars effekter på förändringar i val av transportslag, fordon, vägval, etc. Makronivåmodeller använder ofta statistiska samband mellan olika parametrar för att bland annat ta fram trafikflöden på transportinfrastruktur genom kostnadsminimering. Resultaten från modell användningen redovisas ofta som samhällsekonomiska effekter och miljöeffekter i form av mängd emissioner. I Sverige används främst Samgods för sådana typer av studier på nationell nivå, och en logistikmodul är under utveckling då man har sett ett behov av att bättre representera transportföretagens logistiska val. Se publikationer från de Jong et al. (2008) och från SAMPLAN (2004) för mer information om Samgods och utvecklingen av denna. På regional nivå används ofta regionala modeller (exempelvis NÄTRA) där mer detaljer om bland annat transportinfrastrukturen kan inkluderas. På internationell nivå finns t.ex. den europeiska modellen TRANS-TOOLS<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> <http://energy.jrc.ec.europa.eu/transtools/>

En annan typ av modell är mikronivåmodeller där de individuella transporterna simuleras. Agentbaserade modeller är en avancerad typ av mikronivåmodeller där de enskilda aktörernas beslut och interaktion med varandra modelleras explicit. I tidigare forskningsprojekt har en agentbaserad simulator som kallas TAPAS (Transport And Production Agentbased Simulator) utvecklats i syfte att estimeras effekterna av styrmedel på transportkedjor (se <http://www.bth.se/tapas> för mer information om tidigare projekt och om TAPAS). I TAPAS simuleras olika transportkedjeaktörers beslutsfattande, agerande och interaktion i form av mjukvaruagenter och interaktionsprotokoll. Bland annat simuleras hur aktörer i en transportkedja utifrån ett visst produktbehov planerar att utföra transporter givet tillgängliga transportresurser och transportinfrastruktur. Agenternas beslutsfattande och agerande simuleras genom att strategier motsvarande de som verkliga aktörer använder har programmerats i agenterna. TAPAS simulerar även produktion och lagerhållning, varför transportefterfrågan även blir ett resultat från simuleringsexperiment. Transportefterfrågan uppstår som en konsekvens av ett produktbehov och resulterar i en transportefterfrågan uttryckt som ton gods per OD-par. Simuleringsexperiment med TAPAS av scenarion baserade på verkliga intermodala transportkedjor har tidigare utförts där bland annat effekter av en kilometerskatt på tunga lastbilar, snabbare färjor och tåg, och mer frekventa tåg- och färjeavgångar har studerats. Effekterna har exempelvis analyserats med avseende på transportmedelsval, kostnader och emissioner för olika produkttyper. Se bl.a. Holmgren et al. (2012), Davidsson et al. (2008) och Ramstedt (2008) för mer information om TAPAS och dess användningsområden.

Vi ser möjligheter för makronivåmodeller och agentbaserade modeller att komplettera varandra för att få fram bättre analysunderlag. Detta kan göras genom att dra nytta av fördelarna med de olika modelltyperna, vilket kan ge ett mer fullständigt och kvalitativt analysunderlag.

## Syfte och genomförande

Syftet med detta projekt är att undersöka hur det är möjligt att kombinera makronivåmodeller och agentbaserade modeller för att få fram bättre analysunderlag vid studier av åtgärders effekter på transportsystemet. De två modelltyperna exemplifieras i projektet framför allt med den nationella godstransportmodellen Samgods och den agentbaserade simuleringssmodellen TAPAS, men även andra modeller tas upp. I projektet genomfördes en behovsanalys för att undersöka vilket analysbehov som finns. Sedan identifierades olika möjligheter att kombinera modeller och några olika simuleringssstudier som illustrerar en del av möjligheterna genomfördes. Utifrån detta drogs sedan slutsatser angående olika aspekter vid kombination av modeller.

## Projektets koppling till FUD-centrat

Projektet kopplar till FUD-centrats område 2.1, Effektivare åtgärder och effektivare utnyttjande av befintligt vägtransportsystem, genom att bidra till att undersöka hur analysen av olika typer av åtgärder på transportsystem kan förbättras. Projektet har ett trafikslagsövergripande angreppssätt, då bland annat val av trafikslag kan studeras med de studerade modellerna. Projektet kan på sikt bidra till att öka förståelsen för hur logistiska val på företagsnivå påverkar transportsystemet då agentbaserade modeller och makronivåmodeller integreras. Genom att förbättra analysunderlaget vid studier av olika typer av åtgärders påverkan på transportsystemet kan åtgärderna bättre bidra till att nå miljömål genom

att bland annat öka energieffektiviteten av dagens transporter. Projektet har utförts parallellt med utvecklingen av Samgods, varför utbyte mellan olika modelleringstraditioner har skett via projektet.

## Genomförda aktiviteter

Inom ramen för projektet har projektet presenterats i olika sammanhang:

- På Transportforum år 2011 och år 2012.
- För deltagare i Trafikverks-projektet Företagsekonomiska effekter, då en fallstudie genomfördes inom ramen för Trafikverkets projekt. Se dokumentation från Trafikverkets projekt för en beskrivning av projektet (Trafikverket, 2011).
- För deltagare i en arbetsgrupp i EastWest Transport Corridor II, då en fallstudie genomfördes inom ramen för detta projekt. Se <http://www.ewtc2.eu/> för information om projektet.
- För representanter i Samgods-gruppen.
- Internt på Vectura.

Dessutom har ett antal vetenskapliga artiklar författats inom ramen för projektet (se Appendix).

## Behovsanalys

Det finns ett generellt behov att kunna estimeras framtida transportflöden som stöd för olika typer av samhällsplanering. Dessutom behöver beslutsfattare kunna bedöma de ekonomiska effekterna och miljöeffekterna för olika typer av infrastrukturinvesteringar och politiska styrmedel samt hur de påverkar val av transportslag och rutt. Eftersom transportsystemen är komplicerade med många olika aktörer och transportmöjligheter krävs oftast någon form av datorbaserade modeller för att dessa estimeringar ska kunna göras.

Behoven leder till olika typer av krav på den modell som ska användas. Dels finns det funktionella krav, framför allt vilken typ av utdata som modellen ska generera, som t.ex. transportflöden, modval, emissioner och kostnader, men även vilken typ av indata modellen använder sig av, t.ex. medelvärden eller information om enskilda transporter, transportbehov mellan två noder eller produktbehov hos en nod. Den andra typen av krav är icke-funktionella och de kan t.ex. röra korrektheten i resultaten, tidsåtgången för beräkningarna, och hur enkelt det är att använda modellen.

Som tidigare nämnts finns det i grunden två typer av transportmodeller, makronivåmodeller som baseras på aggregerad data såsom medelvärden av transportflöden mellan städer samt statistiska korrelationer mellan olika parametrar, och mikronivåmodeller som baseras på data om individuella transporter och de beslut som fattas av olika aktörer i en transportkedja.

I princip är det så att alla möjliga typer av studier av hur infrastrukturinvesteringar och politiska styrmedel påverkar transportsystemet kan göras med en ren mikronivåmodell, givet att man har tillräckligt med tid. Om transportsystemet som modelleras är komplext kan en mikronivåmodell dock ställa höga krav på mängden indata, inklusive de interna modellerna av beslutsfattare och transportsystem. Eftersom en mikronivåmodell kan spegla verkligheten godtyckligt noggrant, så borde resultaten kunna bli tillräckligt korrekta. Anledningen att man inte alltid kan använda mikrosimulering

är att man inte har tillgång till all indata som behövs och/eller att det skulle ta för lång tid att exekvera modellerna. Vidare är rena mikronivåmodeller ofta inte så lätta att använda, mycket på grund av de stora indata mängderna som krävs och de stora utdatamängderna som genereras.

För mer komplicerade transportsystem använder man oftast makronivåmodeller eftersom indata mängden är mer hanterbar och exekveringstiden är kortare. Dock blir det ofta problem med att korrektheten inte är tillräckligt bra (på grund av förenklingar och approximationer i modellen) eller att utdatan inte är tillräckligt detaljerad.

Av dessa (och andra) skäl kan det vara önskvärt att kombinera makro- och mikronivåmodeller för att på så sätt kunna utnyttja fördelarna med respektive modelltyp. Det finns potentiellt många möjliga nivåer mellan en ren makronivåmodell och en ren mikronivåmodell, och även många möjliga sätt att kombinera dem. Fyrstegsmodellen som t.ex. Samgods är i grunden en makronivåmodell, men kan ses som ett litet steg att föra in mikronivåelement i en makronivåmodell.

## Lösningförslag: Kombinera mikro- och makronivåmodeller

Det finns olika tillfällen då det kan vara lämpligt att kombinera makronivåmodeller och mikronivåmodeller, speciellt agentbaserade modeller, t.ex., då en modell inte ensam klarar av att analysera alla aspekter man vill studera, eller då resultaten från en viss modell i något avseende inte håller tillräckligt hög kvalitet. Det kan även vara lämpligt att kombinera modeller då resultaten från en modell är svåra att förstå. Inom projektet har vi specificerat tre sätt på vilket det är möjligt att kombinera makronivåmodeller och agentbaserade modeller för att möjliggöra förbättrad analys av olika åtgärders effekter på transportsystem.

*Utbyte av data mellan modeller.* Syftet med det här lösningalternativet kan t.ex. vara att ta fram parametervärden vid utveckling av modeller eller scenarier eller vid exekvering av scenarier. Detta skulle kunna ske genom att utbyta indata och/eller utdata mellan två modeller då verklig data saknas eller har låg kvalitet. Om man i en agentbaserad modell vill använda ett parametervärde som reflekterar transporter mer generellt kan det genereras i en makronivåmodell och sedan användas som indata i den agentbaserade modellen. Exempel på indata som kan genereras med en agentbaserad modell och sedan användas i en makronivåmodell inkluderar elasticitetstal, storlekar på sändningar, och fordons fyllnadsgrader.

*Kompletterande studier.* Det här alternativet syftar till att parallellt använda modeller av olika typ i en studie och sedan kombinera resultaten i analysfasen. Det kan användas då en modell inte är tillräcklig för att göra det möjligt att studera alla de aspekter som behöver analyseras i en studie. Till exempel kan logistiska val studeras med hjälp av detaljerad modellering i en agentbaserad modell, medan allmänna tendenser i transportnätet kan studeras med hjälp av en makronivåmodell.

*Integrering av makronivå och agentbaserad modellering.* Det här lösningalternativet syftar till att utveckla modeller som innehåller funktionalitet på både makro- och mikronivå. Genom att använda agentbaserad funktionalitet i en makronivåmodell kan man t.ex. göra det möjligt att studera fler detaljerade och logistiska aspekter än vad annars vore möjligt. Ett annat exempel är att i en agentbaserad modell bygga in funktionalitet för nätverksflödesutläggning, vilket traditionellt bygger på makronivåmodellering, för att på så vis kunna studera trängsel utan att behöva simulera samtliga individuella transporter i systemet.

Medan de första två alternativen (utbyte av data och kompletterande studier) fokuserar på specifika studier, är det tredje alternativet (integrering) mer generellt och handlar om att utveckla nya typer av modeller. Det är även viktigt att nämna att det är möjligt att kombinera makronivåmodeller och agentbaserade modeller på mer än ett sätt i en specifik studie.

## TAPAS-Z

För att studera möjligheterna med det tredje alternativet har vi tagit fram TAPAS-Z. Det är en agentbaserad modell som integrerar funktionalitet på makronivå för simulering av olika typer av transportrelaterade åtgärder, såsom skatter, avgifter och infrastrukturinvesteringar. TAPAS-Z är en vidareutveckling av TAPAS som har förbättrat stöd för att simulera transporter i stora geografiska områden. Modellen bygger på att transporter studeras mellan geografiska zoner istället för noder. Den är baserad på principerna att geografisk placering av leverantörer/konsumenter genereras slumpmässigt för varje försändelse, och att alla leverantörer/konsumenter i en zon representeras av en leverantör-/konsumentnod och en leverantör-/kundagent.

I den ursprungliga TAPAS-modellen finns det inte möjlighet att slumpmässigt variera geografisk placering av leverantör- och konsumentnoder, och den är därför inte lika bra på att fånga den variation av godstransporter, till exempel, med avseende på ruttval och modval, som beror på hur leverantörer och konsumenter är geografiskt placerade i en zon, t.ex. ett storstadsområde.

TAPAS-Z är huvudsakligen en agentbaserad modell, men den integrerar makronivåfunktionalitet, och bygger därför på det tredje föreslagna lösningsalternativet. Eftersom alla slumpmässigt placerade konsumenter i en zon representeras av samma nod och samma kundagent, så delar de lager, konsumtionsmönster, och orderpolicy. Beslut om när beställningar kommer att ske görs därför centralt och beslut om storlek på försändelser görs ”lokalt” baserat på kundens och leverantörens geografiska lokaliseringar, som varierar för varje försändelse.

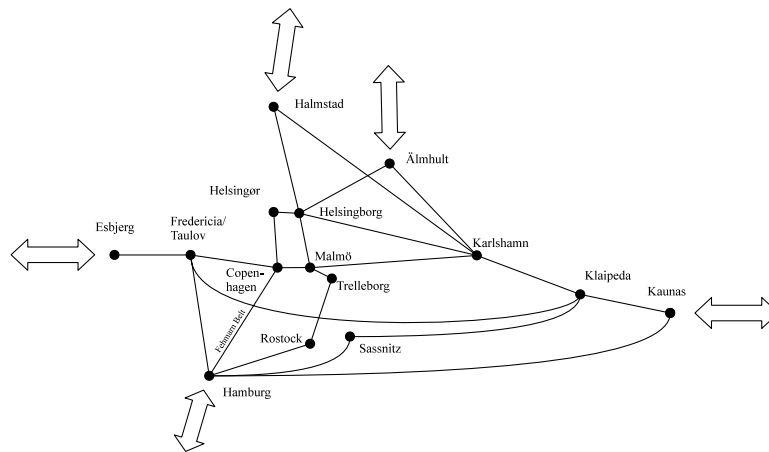
## Fallstudier/Simuleringsstudier

Vi har utvärderat de tre lösningsalternativen med hjälp av två fallstudier; East West Transport Corridor (EWTC) och Järnvägskapacitet Hallsberg-Degerön (HM). I de båda fallstudierna har vi använt oss av ett antal olika analysmodeller, som vi kortfattat introducerar här. Detaljerade beskrivningar återfinns i de artiklar som skrivits inom ramen för projektet.

Två reviderade versioner av makronivåmodellen Samgods användes i HM-studien. Den agentbaserade modellen TAPAS användes i sin ursprungliga form i HM-studien medan TAPAS-Z användes i EWTC-studien. I EWTC-studien användes makromodellen TRANS-TOOLS.

### Fallstudie 1. EastWest Transport Corridor (EWTC)

EastWest Transport Corridor (EWTC) är en transportkorridor som sträcker sig från Kina/Ryssland i öst via södra Östersjöområdet och vidare västerut mot Storbritannien. I en simuleringsstudie har vi analyserat transporter i det geografiska område (det så kallade EWTC-området) som visas i Figur 1, och som täcker in delar av transportkorridoren. Syftet med studien var bland annat att undersöka hur man kan uppnå grönare framtida transporter i EWTC-området.



**Figur 1: Illustration av EWTC-området.**

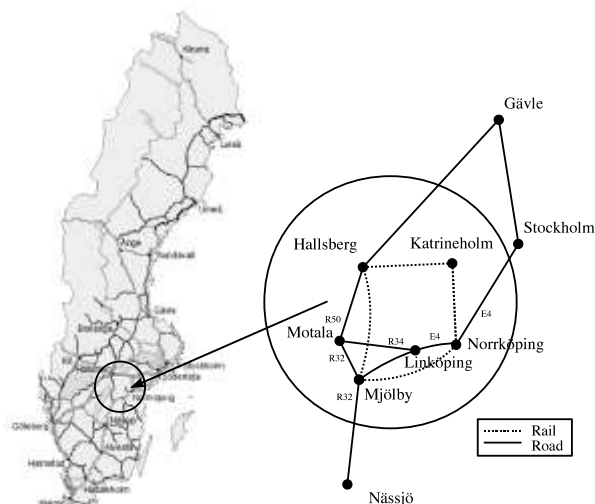
I studien användes TRANS-TOOLS för att uppskatta transport-efterfrågan mellan ett antal geografiska zoner i EWTC-området, och TAPAS-Z användes för att uppskatta logistiska val. Utdatan från de två modellerna analyserades gemensamt för att generera totala transportflöden differentierade, t.ex. över transportslag och rutter.

I EWTC-studien användes alla de tre föreslagna lösningsmetoderna. Som beskrivits ovan är TAPAS-Z en agentbaserad modell som integrerar makronivåfunktionalitet. Separata studier med TRANS-TOOLS och TAPAS-Z genomfördes parallellt och resultaten från de båda modellerna analyserades gemensamt. Dessutom baserades viss indata i TAPAS-Z på aggregerad data från Samgods, t.ex., varugrupsbeskrivningar, och på så vis skulle man kunna säga att vi delvis använt oss av lösningsförslaget ”*utbyte av data mellan modeller*”.

## Fallstudie 2. Järnvägskapacitet Hallsberg-Degerön (HM)

I samarbete med projektet ”Företagsekonomiska effekter” (Trafikverket) har vi genomfört en simuleringsstudie med syftet att analysera möjliga effekter av en ökad kapacitet på järnvägslänken Hallsberg-Degerön. Hallsberg-Degerön anses vara en viktig länk för transporter mellan norra och södra Sverige, och en ökad kapacitet på länken förväntas bidra till snabbare och mer robusta transporter i hela regionen. Vi har studerat den föreslagna kapacitetsökningen genom att analysera transporter i det geografiska området illustrerat i Figur 2.





**Figur 2. Illustration av geografiskt område i HM-studien**

I studien använde vi två varianter av Samgods (Edwards, 2011) som tagits fram för att studera kapacitetsbegränsningar för järnväg. De båda varianterna användes för att studera totala flöden i området med och utan att ta hänsyn till kapacitetsbegränsningar i järnvägsnätet. TAPAS användes för att i detalj studera transporter i en specifik relation i området.

I HM-studien användes främst lösningsalternativet ”kompletterande studier” eftersom de olika modellerna användes parallellt och bidrog på olika sätt till att analysera nyttan av ökad järnvägskapacitet mellan Hallsberg-Degerön. Precis som i EWTC-studien baserades även viss TAPAS-indata på aggregerad data från Samgods, vilket gör att lösningsalternativet ”utbyte av data” delvis representerades.

## Visualisering av simuleringsstudier av transportkedjor

Då flera typer av modeller används i simuleringsstudier, d.v.s. vid kombination av modeller, är det särskilt viktigt med en god förståelse av det studerade scenariot och simuleringsresultaten. Ett sätt att öka förståelsen för simuleringsstudier är att använda sig av visualisering. Visualisering kan ses som ett stöd för att underlätta förståelsen och analysen av ett scenario. Inom ramen för projektet har ett generellt visualiseringsverktyg för transportsimuleringar tagits fram som använder simuleringsstudier gjorda med TAPAS som fallstudie. För mer information om visualiseringsverktyget, vänligen se artikel 4 och 5 i Appendix.

## Slutsatser och fortsatt arbete

Vi har identifierat tre olika principiella möjligheter att kombinera makronivå- och mikronivåmodeller i effektstudier: kompletterande studier, utbyte av data mellan modellerna, samt att integrera (delar av) en modell i en annan. Dessa har i projektet tillämpats i två fallstudier.

Exempel på konkreta situationer då makronivåmodeller kan kombineras med agentbaserade modeller är då:

- agentbaserade modeller kan generera transportefterfrågan för vissa typer av transportkedjor (t.ex. transporter av en viss produkttyp) som sedan kan fungera som indata till makronivåmodeller.
- agentbaserade modeller kan bidra med förbättrad inputdata till makronivåmodeller för nya marknader där det saknas inputdata om hur logistiska val görs.
- agentbaserade modeller kan ge ökad förståelse för hur känsliga vissa transportslag är för kostnadsförändringar, och därigenom ge input till makronivåmodeller i form av elasticitetstal.
- agentbaserade modeller kan generera mer realistisk inputdata för vilka konsekvenser t.ex. en ny kombiterminal eller en ny lastbilsterminal kan få för effekter på transportefterfrågan.
- agentbaserade modeller har potentialen att simulera samlastnings- och samordningseffekter av åtgärder för att effektivisera distributionstrafik, där resultaten sen kan användas som input i makronivåmodeller.
- resultaten från makronivåmodeller inte stämmer med observerade flöden. Då kan relevanta delar av scenariot studeras mer detaljerat med en agentbaserad modell och resultaten kan potentiellt stötta en justering av input för makronivåmodellen. Makronivåmodeller kan på motsvarande vis ge input till simuleringsstudier med agentbaserade modeller där det är svårt och tidskrävande att samla in data

Fördelar vi har kunnat se med kombination:

- En fördjupad analys från olika perspektiv vid parallella studier. Genom att använda en annan typ av modell än vad som traditionellt sett används måste antaganden som har gjorts i tidigare studier granskas, vilket ger en fördjupad analys av det studerade problemet. Dessutom finns det fördelar med att komplettera studier med makronivåmodeller med agentbaserade modeller genom att mer detaljerad data behövs till agentbaserade modeller. I arbetet med att specificera ett scenario som är lämpligt att studera, liksom genom att samla in lämplig data till simuleringsstudien, görs en viktig del av analysarbetet som bidrar till att öka förståelsen för det studerade problemet.

Svårigheter med kombination:

- Olika modeller fungerar olika bra att kombinera med varandra, speciellt då det gäller integrering.
- Det kräver vanligtvis merarbete jämfört med att använda enbart en modell. Exempelvis är det svårare att utveckla och validera modeller som bygger på ”integrering av makronivå och agentbaserad modellering”, jämfört med att endast använda en modelleringsteknik.

Lärdomar:

- Utifrån projektet och tidigare erfarenhet av modellarbete har vi observerat att det typiskt krävs större arbetsinsats att genomföra ”kompletterande studier”, än att genom ”integrering av makronivå och agentbaserad modellering”. I integrering av modeller har den största arbetsinsatsen genomförts då modellerna har integrerats, medan analysarbetet blir mer omfattande i ”kompletterande studier”.

- Visualisering är ett bra verktyg för att jämföra simuleringsstudier baserat på olika modeller. Speciellt vore ett generiskt visualiseringsverktyg där olika modellers utdata kan jämföras värdefullt.

Inom ramen för projektet har vi identifierat ett antal områden där mer forskning behövs:

- Kombination av makro- och mikronivåmodeller har tidigare inte gjorts i någon större utsträckning, varför vi menar att det finns ett behov av att fortsätta att undersöka när och på vilket sätt kombination av modeller kan förbättra analysunderlaget. I ett kortare tidsperspektiv menar vi att det är mer effektivt att kombinera makronivå och agentbaserad modellering enligt principerna ”utbyte av data mellan modeller” och ”kompletterande studier”. I ett längre tidsperspektiv menar vi att mer avancerade modeller bör utvecklas som bygger på ”integrering makronivå och agentbaserad modellering”. Därför menar vi att det finns ett behov av forskning av hur integrerade modeller kan användas.
- Vid kombination av modeller, där scenarion med olika detaljeringsnivåer studeras, är det viktigt att generalisering av studerade transportsystem görs på ett lämpligt sätt. Detta är viktigt att undersöka vidare för att kunna dra generella slutsatser från simuleringsstudier där agentbaserade modeller används.
- Vid modellering och simulering är data centralt. Då olika modeller används är det viktigt att rätt data används för att resultaten ska vara valida. Metoder för både generalisering och konkretisering av data är värdefulla vid kombination av modeller. Även hanteringen av in- och utdata är ett viktigt område för att underlätta vid studier.

## Referenser

Davidsson, P., Holmgren, J., Persson, J.A., Ramstedt, L., Multi Agent Based Simulation of Transport Chains, *Seventh International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems (AAMAS 2008)*, Padgham, Parkes, Muller and Parsons (eds.), Estoril, Portugal, May 12-16, 2008, pp.1153-1160.

de Jong et al., *Method Report - Logistics Model in the Swedish National Freight Model System*, 2008

Edwards, H., *Kortsiktiga förbättringar av logistikmodellen - SLM, RCM och kalibrering*. Rapport till Trafikverket, 2011.

Holmgren, J., Ramstedt, L., Davidsson, P., Persson, J.A., On the Usage of Multi-Agent-Based Simulation for Analysis of Transport Policy and Infrastructure Measures, *Workshop on Agent Based Simulation for a Sustainable Society*, Wollongong, Australien, 14 november 2011

Holmgren, J., Davidsson, P., Persson, J.A., Ramstedt, L., TAPAS: A multi-agent-based model for simulation of transport chains, *Simulation Modelling Practice and Theory*, Vol. 23, pp. 1-18, Elsevier, 2012.

Ramstedt, L., Holmgren, J., *Företagsekonomiska effekter: Case study Hallsberg-Mjölby*, Report, 2012.

Ramstedt, L., *Transport Policy Analysis Using Multi-Agent-Based Simulation*, Doctoral Dissertation Series No. 2008:09, School of Engineering, Blekinge Tekniska Högskola, 2008

SAMPLAN, *The Swedish national freight model. A critical review and an outline of the way ahead*, 2004

Trafikverket, *Företagsekonomiska effekter i samband med samhällsekonomiska bedömningar av investeringar - PM1*, 2011

## Appendix 1. Publikationer och rapporter

Publikationer och rapporter direkt relaterade till projektet

1. Holmgren, J., Ramstedt, L., Edwards, H., Davidsson, P., & Persson, J.A. *Combining macro-level and agent-based modeling for improved freight transport analysis*. (Kommer inom kort att skickas in till vetenskaplig tidskrift inom transportområdet).
2. Holmgren, J., Dahl, M., Davidsson, P., & Persson, J.A. *Agent-based simulation of freight transport between geographical zones*. (Inskickat till 2nd International Workshop on Agent-based Mobility, Traffic and Transportation Models, Methodologies and Applications (ABMTRANS'13) Halifax, Nova Scotia, Canada, 25-28 June 2013.).
3. Ramstedt, L., & Holmgren, J. *Företagsekonomiska effekter: Case study Hallsberg-Mjölby*. (Leverabel inom projektet *Företagsekonomiska effekter*).
4. Banafsheh Hajinasab, Paul Davidsson, Jonas Löwgren, Jan. A. Persson. *A visualization toolkit for transportation simulation systems* (Abstract presenterat på NordiCHI '12 och publicerat i Proceedings of the 7th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Making Sense Through Design, Pages 793-794, ACM, 2012.)
5. Banafsheh Hajinasab, Paul Davidsson, Jonas Löwgren, Jan. A. Persson. *Visualization of data from transportation simulation systems* (Artikel inskickad till 13th World Conference on Transport Research, Rio de Janeiro, Brazil, July 15-18, 2013.)

Relevanta övriga publikationer

- Holmgren, J., Dahl, M., Hajinasab, B., Davidsson, P., & Persson, J. *The EastWest Transport Corridor Region – A micro-level simulation study*. (Leverabel inom projektet *EastWest Transport Corridor II*)

## Appendix 2. Ekonomisk redovisning

- Totala reseutlägg och personalkostnader per person.