



Slutrapport Fossilfri Bygglogistik

ANNA FREDRIKSSON, LINKÖPINGS UNIVERSITET
MATS ABRAHAMSSON, LINKÖPINGS UNIVERSITET
LINEA KJELLSDOTTER IVERT, VTI
MARIA HUGÉ-BRODIN, LINKÖPINGS UNIVERSITET
STEFAN ENGEVALL, LINKÖPINGS UNIVERSITET



Projektnummer 2019.2.2.5
Titel på projektet – svenska Fossilfri Bygglogistik
Titel på projektet – engelska Fossile Free Construction Logistics
Projektledareorganisation Linköpings universitet, ITN
Namn på projektledare Anna Fredriksson, LiU-ITN
Namn på ev övriga projektdeltagare Linea Kjellsdotter Ivert, VTI, Farah Naz, VTI/LiU-ITN, Stefan Engevall, LiU-ITN, Mats Abrahamsson, LiU-IEI, Maria Hüge-Brodin, LiU-IEI, Per Lindahl, Logistikia, Henric Jonsson, Peab/Lambertsson (Servistik), Michael Utterström, Renall, Robert Bäckström, Stångåstaden, Daniel Jonsson, SanktKors, Charlotte Elander, Energifabriken, Manuel Flores, NCC, Klas Eriksson, Almroths, Camilla Sonnentheil, RagnSells, Ulf Gustavsson, PreZero, Stefan Källman, Hyresbostäder, Birgitta Govén, Sveriges Byggindustrier
Nyckelord: 5-7 st Bygglogistik, transporter, fossilfrihet, bygglogistiklösningar, HVO-tank, systemsynsätt

Sammanfattning

Byggtransporter står för en betydande andel av CO2-utsläppen i byggprojekt (ca 10%) och en bättre logistik leder till lägre utsläpp, mindre trängseffekter och lägre kostnader. Projektet Fossilfri Bygglogistik, finansierat av Trafikverket genom Triple F, har 2019-2021 studerat potentialen i att minska utsläppen från byggtransporter med förbättrad logistik baserat på ett systemsynsätt. Projektet har varit ett samarbete mellan Linköpings universitet, VTI, Logistika, Energifabriken, Renall, Almroths, SanktKors, Stångåstaden, Hyresbostäder, Peab, NCC, RagnSells, PreZero, Lambertsson och Byggföretagen. Projektet har utgått från tre frågeställningar:

- Vad är potentialerna med samordnad bygglogistik och vad krävs för att hämta hem dessa?
- Vilka metoder/lösningar är användbara för att nå målet om fossilfrihet?
- Vad är rollfördelningen mellan aktörer, som är delaktiga i ett bygglogistiksystem, och behöver den förändras för att uppnå fossilfrihet

Projektet har tre huvudsakliga resultat:

- 1) Utvärdering av piloter såsom nyttan av bygglogistiklösningar i olika projekt och för olika aktörer, mätetal för byggtransporter och möjliga data för att följa upp, samt effekterna av en HVO-tank på site.
- 2) Potentialerna i att arbeta med en fossilfri bygglogistik utifrån ett systemperspektiv där inte bara enskilda byggen studeras utan även större bygglogistiksystem samt hur man kan beräkna CO2 emissionerna från bygglogistiken för den samlade byggvolymen i en stad.
- 3) En beskrivning av hur aktörerna i bygglogistiksystemet och hur de påverkar olika åtgärder för att minska utsläppen genom sina respektive roller har också identifierats.

En av de viktigaste slutsatserna är att det idag saknas rätt förutsättningarna för att implementera en fossilfri bygglogistik i stor skala. Det saknas gemensamma målbilder för logistiken.

Summary

Transportation accounts for about 10% CO₂-emissions caused by construction projects and improved logistics leads to lower emissions, less congestion and lower costs. The project Fossil Free Construction Logistics, financed by the Swedish Traffic Administration through Triple F, has between 2019 and 2021 studied the potential of reducing the emissions from construction transports, through improved logistics, based on a systems view. The project has included Linköping university, VTI, Logistikia, Energifabriken, Renall, Almroths, SanktKors, Stångåstaden, Hyresbostäder, Peab, NCC, RagnSells, PreZero, Lambertsson and Byggföretagen. The project have worked with three main questions:

- What are the potentials of coordinated construction logistics?
- What methods and solutions are suitable to reach the goal of fossil free construction logistics?
- What actors are part of the construction logistics system and what can these do to decrease the emissions from construction logistics?

The project provides three main results:

- 1) Evaluations of construction logistics pilot such as construction logistics setups, performance measures and data need for construction logistics and the effects of an HVO-tank on site.
- 2) The potentials of working with construction logistics from a system perspective and a method for how to calculate the CO₂ emissions of construction logistics in a city.
- 3) A description of the actors in the construction logistics system and how these affect different measures to decrease the emissions from construction logistics.

A main conclusion is that the right conditions to implement fossil free constructions at a large scale are lacking, a common agreement of how to plan and control construction transport, doesn't exist.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	2
Summary	3
Innehållsförteckning	4
1 Inledning	5
2 Bidrag till Triple F	6
3 Genomförande	8
4 Resultat	10
4.1 Resultat för de tre frågeställningarna	10
4.1.1 Potentialerna med en samordnad bygglogistik.....	10
4.1.2 Metoder och lösningar för att nå fossilfrihet	11
4.1.3 Rollfördelningen mellan aktörerna i bygglogistiksystemet.....	12
4.2 Projektets publikationer	14
5 Nyttiggörande och nästa steg	18
6 Diskussion	19
Referenslista	22

1 Inledning

Bygglogistik innebär att på ett effektivt sätt planera och styra materialflöden till, på och från byggarbetsplatsen. Bygglogistik är omfattande, såväl kostnads- som miljömässigt. Studier påvisar att effektiv och välorganiserad bygglogistik reducerar kostnader, ökar kvalitén och bidrar till en effektivare byggprocess (Janné och Fredriksson, 2019; Dubois et al., 2019; Ekeskär och Rudberg, 2016). Särskilt intressant är att studier visar att det finns en stor potential i att både öka produktiviteten och minska miljöpåverkan, vilket är centrala delar i en mer hållbar samhällsbyggnadssektor, genom effektiv bygglogistik (Sezer och Fredriksson, 2021a; Sezer och Fredriksson, 2021b). I ett husbyggnadsprojekt står inköpt material för ca 30-40% av byggkostnaden och i allmänhet får ett husbyggnadsprojekt 2-10 materialleveranser per dag motsvarande 8-10 ton material (Guerlain et al., 2019), vilket motsvarar ca 10% av CO₂-utsläppen från produktionsfasen (Sezer och Fredriksson, 2021b). I infrastrukturprojekt står transportererna för ca 16% av utsläppen (Chang och Kendall, 2011) och fyllnadsmaterial utgör den största delen av antalet tonkm som transporteras på vägarna i en region. Bara i Stockholmsregionen genereras mellan 5 och 15 miljoner ton massor varje år (Dalenstam, 2015). Läger man därtill att det enligt Byggfakta pågår ca 43 000 projekt samtidigt i Sverige, så gör det att sammantaget står byggtransporterna för ca 50% av de urbana godstransportererna i Sverige (Trafikanalys Statistik, 2020) och runt 20% av den totala transporterade vikten i Sverige (Sveriges Byggindustrier, 2010). Byggtransporterna måste därtill dela väginfrastrukturen med övriga användare och denna ytterligare trafikbelastning ökar köer och förseningar i samhället (Behrends et al., 2008). Det gör att byggtransporterna inte bara skapar egna utsläpp utan också genom sin blotta mängd och närvaro skapar ytterligare utsläpp (Zernis, 2021).

Bygglogistik är komplext, och omfattar många olika materialflöden och engagerar en mängd aktörer, och transportererna involverar fordon av olika slag (Sezer och Fredriksson, 2021a). Långväga flöden av exempelvis stomelement sker typiskt på trailer och lastbilar. Mellanlånga flöden med jord- och schaktmassor sker på schaktbilar. Kortväga flöden med förnödenheter, avfall och personal involverar lastbilar, distributionsbilar och personbilar. Dessutom genererar byggprojekt flöden som involverar grävmaskiner, lastmaskiner, tornkranar, kranbilar, teleskoplastare mm. på och i anslutning till byggarbetsplatsen. 90% av byggtransporterna går idag på väg och på samma sätt som för resten av Sveriges producerande företag finns många leverantörer till bygg och anläggningsbranschen på långt avstånd från där produkterna ska konsumeras, vilket förlänger transportsträckorna. Behovet av hållbara och effektiva logistiklösningar som möjliggör samordning av leveranser, ökade fyllnadsgrader, färre akututtryckningar och färre ineffektiva ad-hoc lösningar är uppenbart.

Idag saknas en helhetsbild av transporter kopplade till byggbranschen. Tidigare forskning har inte tagit ett systemperspektiv på bygglogistik som inkluderar samtliga aktörer/problemägare och det saknas heltäckande data om byggtrafik såsom antalet transporter under olika byggnationsfaser. Forskningen har istället fokuserat på enskilda transportproblem i form av enskilda byggarbetsplatser eller utvecklingsområden (Nolz, 2017; Lundesjö, 2011, Ekeskär och Rudberg, 2016; Sundquist et al., 2019, Janné och Fredriksson, 2019). Inom bygglogistikforskningen har ett antal olika bygglogistiklösningar identifierats, t.ex. olika kombinationer av terminal och check-points tillsammans med logistikanpassade arbetsplats dispositionsplaner (APD-planer) (Janné and Fredriksson, 2019), samordning av transporter av nya byggmaterial och produktionsspill, ökad informationsdelning mellan avfallsentreprenör och byggföretag samt nya avfallsbehållare (Kurdve et al., 2019). Beroende på åtgärd samt lokaliseringen av denna kommer effekterna på trafikflöde och utsläpp att variera (Janné and Fredriksson, 2017). De fossila utsläppen från byggtransporter kan också minska genom kravställning på nya former av fordon, lastbärare och annan utrustning. Därtill finns en möjlighet att ställa krav på att flytta över godset till sjöfart och/eller räls.

Det finns gott om finansiella och organisatoriska barriärer i form av de många aktörerna, de långa tidsramarna och att bygglogistik är ett relativt okänt område, som hindrar förändring (Langley, 2016).

Baserat på ovanstående kunskapsläge vet vi att det finns en mycket stor potential i att drastiskt minska de fossila utsläppen från byggbranschen genom förbättrad bygglogistik. Idag finns dock endast enskilda pusselbitar eftersom vi saknar data och en överblick av hela systemet samt kunskap hos politiker, beställare, entreprenörer och transportörer kring vilka möjligheter man har att påverka bygglogistiken i en fossilfri riktning.

Syftet för projektet Fossilfri Bygglogistik har varit att skapa förutsättningar för fossilfria byggtransporter genom:

1. Samordna flera byggen i en gemensam bygglogistiklösning för en stad, vilket i sin tur ger förutsättningar för effektivare transporter
2. Minska CO₂-emissionerna från den tunga byggtrafiken genom användning av förnyelsebara drivmedel där de gör mest nytta
3. Utvärdera förutsättningar för en omställning till helt fossilfria byggtransporter

Projektet har tagit fasta på de utmaningar som finns för att nå fossilfria byggtransporter genom samarbeten mellan aktörer för att möjliggöra en effektiv implementering av ett fossilfritt bygglogistiksystem.

Projektet har drivits av Linköpings universitet, avdelningen för Kvantitativ logistik, under 2019-2021. Aktiva forskare i projektet har varit kopplade till Kvantitativ logistik, till Logistik och Kvalitetsutveckling (LiU), VTI och till Logistikia. Finansiering har erhållits från Triple-F / Trafikverket för forskarnas insatser, och en rad företag har medfinansierat projektet genom sitt aktiva deltagande (företagen rabblas upp, alt peka på text nedan).

2 Bidrag till Triple F

Projektet har bidragit till Triple F övergripande mål på följande sätt:

Att bidra till det svenska godstransportsystemets omställning till fossilfrihet: Om Sverige ska kunna nå ett fossilfritt godstransportsystem år 2045 behöver Sverige snarast och drastiskt minska fossilberoendet för bygglogistik genom minskat antal transporter per bygge och en ökad användning av fossilfria och energieffektiva transportalternativ. Ett enkelt sätt att skapa förändring, är att uppmärksamma en företeelse genom systematiska beskrivningar och mätningar. Fossilfri Bygglogistik har inlett ett arbete med att skapa en gemensam bild av byggtransporterna idag. Genom en samlad och övergripande bild kan en fossilfri logistik medvetet utvecklas och drivas, transporter kan krävas och i många fall styras mot minskade utsläpp för inköpta och tillverkade varor. De systembeskrivningar som har tagits fram gör transporternas roll tydligare än de varit tidigare, vilket ger en mer transparent konkurrensytta för transportföretagen, vilket i sin tur driver fram nya lösningar och arbetssätt.

Långsiktig kunskapsuppbyggnad, vilken ny kunskap ger projektet: Den senaste IPCC-rapporten (augusti 2021) visar med stor tydlighet att vi inte har tid att vänta på den ”optimala lösningen”. IPCC konstaterar att: 1) Flera år har gått utan att utsläppen minskar. 2) Det är brådskande med ambitiösa utsläppsminskningar. 3) Varje ton CO₂-minskning spelar roll. Detta projekt har bidragit med en kunskapsuppbyggnad kring vilka sätt omställningen kan och bör ske inom bygg och anläggningsbranschen grundat i ett systemperspektiv som också förklarar olika aktörers roll i systemet och förändring inom detta. Vidare har projektet presenterat ett antal goda exempel som visar på potentialen till omställning, vilket har visat för de olika aktörerna att det går att göra skillnad med enkla

medel. Att denna kunskap sprids bland praktiker är centralt. En genomgripande systemförändring kräver att bygglogistik kommer in tidigare i planeringen än vad som varit fallet fram till nu.

Den övergripande slutsatsen från projektet är att orsaken till att det idag saknas efterfrågan på fossilfri bygglogistik i allt väsentligt är en kunskapsfråga. Det saknas kunskap om vilka åtgärder som behövs på de olika systemnivåerna för att uppnå fossilfrihet, en kunskap som måste tydliggöras och delas för att de olika aktörerna i samverkan ska kunna arbeta för fossilfrihet. Stora aktörer med miljömässig hållbarhet som del av sin målsättning skulle ha goda förutsättningar för att ta genomföra systemövergripande initiativ, där mindre aktörer kan följa. Exempel på sådana aktörer är myndigheter och offentliga byggherrar, som åtminstone potentiellt har närmare till de kommunala planeringsprocesserna. Efterfrågan skapas genom kunskap om helheten som kan tillämpas på de olika delarna, samt genom att det ställs transportkrav vid upphandling av t.ex. byggmaterial. Projektet bidrar med att öka kunskapen om vilka åtgärder som kan och behöver tillämpas på de olika systemnivåerna.

En annan form av kunskap är den metodmässiga. I projektet har vi tagit fram en metod för att kunna göra beräkningar av hur mycket CO₂-emissioner som bygglogistiken leder till för den samlade byggvolymen i en stad. Det anser vi vara en förutsättning för att kunna få igång de aktiviteter som på kort och lång sikt bidrar till fossilfri bygglogistik.

Kvantifiera potentialen för hur projektets resultat kan bidra till utsläppsminskning av växthusgaser:

1) *Ett mer transporteffektivt samhälle* genom samordning av transporter innebär ökade fyllnadsgrader och/eller färre transporter. Tidigare utvärderingar av bygglogistik såsom i Norra Djurgårdsstaden, Skanska/DHL, Bygglogistik och Servistik visar att antalet lastbilar som anlöper ett byggprojekt kan minska med 60 till 80% (Bergman, 2016). I och med att byggtransporterna i ett husbyggnadsprojekt står för 10% av utsläppen (Sezer och Fredriksson, 2021b), innebär en sådan minskning av transporter att utsläppen i ett projekt skulle kunna minska med upp till 8% om vi når den fulla potentialen. I infrastruktur projekt visar Fredriksson et al. (2021a) att man med förbättrad planering kan minska transporter med upp till 30%. Eftersom transporter utgör ca 16% av utsläppen i ett infrastrukturprojekt (Seo et al., 2016) innebär det en potential på 5% minskade utsläpp från genomförandet av denna typ av projekt. Potentialen är således avsevärd. Byggandet släpper ut 10 Mton CO₂ per år (Byggindustrin, 2009), varav infrastruktur står för 60% och husbyggnad 40%. Kan vi minska dessa utsläpp med 5 respektive 8% innebär det en total minskning på 620 000 ton CO₂ per år, vilket är ett substantiellt bidrag. Dock måste vi öka förståelsen för hur man planerar byggtransporter och relationen mellan denna planering och byggprojektets planering för att realisera potentialen.

2) *Överflyttning till energieffektiva fordon och farkoster*. Idag går mer än 90% av byggtransporterna på väg. Potentialen att flytta över byggtransporter är stor eftersom många byggmaterial är tunga och flera transporter dessutom kommer långväga ifrån, t.ex. från Baltikum. Potentialen i överflytt till tåg och sjöfart gäller även för inrikes transporterat byggmaterial (Trafikanalys, 2016). Dock behöver vi gå från ord till handling för att uppfylla potentialen och en viktig del är att beställare och kommuner ställer krav på typ av fordon och möjliggör genom att ge tillstånd att använda kajer och hamnar för denna typ av transporter. Vidare för att kunna flytta över behöver vi också förbättrad ledtid och leveransprecision vilket i sin tur kräver bättre planering och systemstöd.

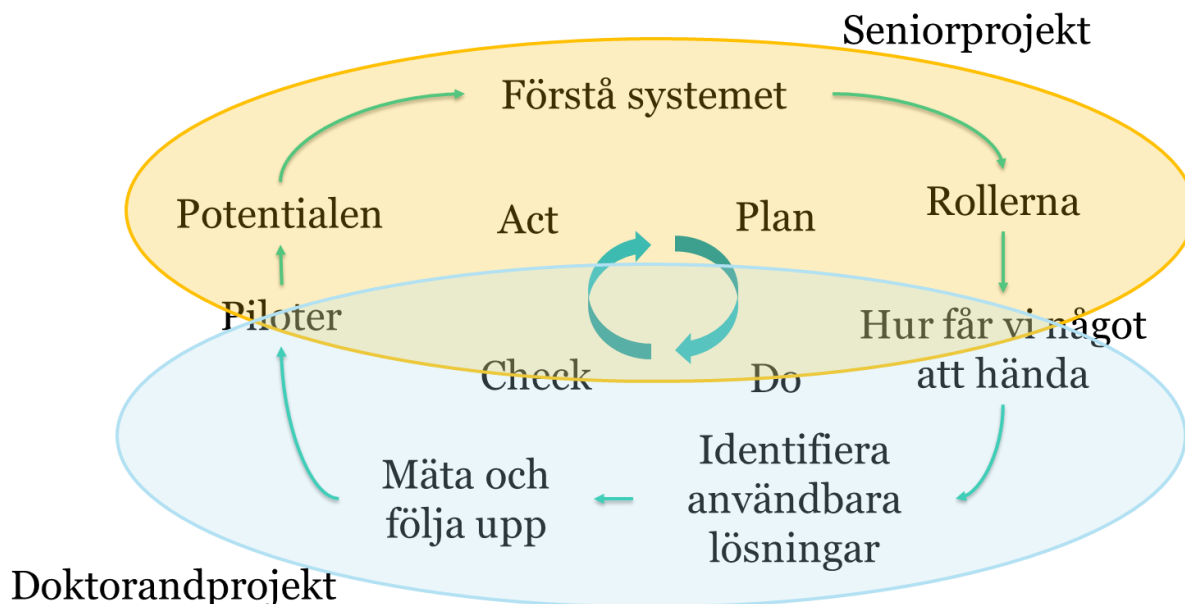
3) *Skifte till fossilfria drivmedel*. Byggtransporter i staden blir alltmer omfattande i takt med ökat bostadsbyggande och stora infrastrukturprojekt. Norrköping, som vi studerat i projektet Fossilfri Bygglogistik, är ett tydligt exempel på hur det blir när förnyelse av bostäder och infrastruktur sker samtidigt. Staden ska de kommande åren bygga 1100 bostäder per år samtidigt som man bygger andra

typer av lokaler. Utifrån övergripande planer har vi i projektet beräknat att det samlade klimatavtrycket från byggtransporterna i Norrköping är c:a 9000 ton CO₂ per år, vilket motsvarar 175 tunga lastbilar för anläggningstransporter som var och en kör 5000 mil per år i Norrköpings stad (Abrahamsson et al., 2021). Utöver det sker utvecklingen av hamnen och projekt Ostlänken som med svenska mått mätt är riktigt stora byggprojekt. De olika projekten utvecklas idag enskilt, och vi ser stor potential till samordnad styrning mellan satsningarna. Tekniskt sett finns redan idag möjlighet att ersätta diesel med HVO eller biogas (vilket sker i många andra branscher). Vår egen studie av HVO-tank på byggplatsen Ebbepark (Engevall och Fredriksson, 2021) visar att i de tre delprojekt där HVO har använts har utsläppen minskat med 101,9 ton CO₂ jämfört med användning av vanlig diesel. Samtidigt har man kunnat effektivisera arbetet till ett värde motsvarande 75 000 kr genom sparad tid och genom att man har undvek transporter för att tanka på annan plats. Skulle detta implementeras i stor skala i en kommun eller hos Trafikverket finns substantiella förbättringar att nå.

3 Genomförande

Beskriv de olika delmomenten/arbetspaketen i projektet samt vilka metoder som har använts. Vilka projektdeltagare/grupper har medverkat i projektet?

Projektet har pågått i nästan 2,5 år med start i september 2019 och avslut december 2021. Projektet har haft två väl integrerade delar. Dels ett doktorandprojekt som löper över 4,5 år (varav strax över 2 år är genomfört vid denna skrivning), dels ett mer utvecklingsinriktat projekt med brett deltagande av seniora forskare. Att ha ett seniorprojekt parallellt med doktorandprojektet har varit ett framgångskoncept. Projektet har genomförts i en iterativ process där det finns ett tydligt beroende mellan arbetspaketen, se figur 1.



Figur 1: Projektets arbetssätt

Projektet har involverat följande parter

- LiU – ITN – Stadsutveckling och logistik. Kompetens kring bygglogistik, masslogistik och kostnadsmodellering och ruttoptimering.
- LiU-IEI- Logistik- och Kvalitetsutveckling. Kompetens kring system, citylogistik mellan olika aktörer och miljölogistik.
- VTI – Trafikanalys och logistik. Fokus på trafikanalytiska och logistiska frågor för transportutveckling.
- Logistikia, tidigare Logistikkuster i Östergötland med fokus på energieffektiva transporter och finansierat av Tillväxtverket.
- Transportörer i form av Almroths och Renall.
- Tredjepartslogistik i form av Servistik. Under projektets gång har Servistik blivit uppköpta och ingår numera i Lambertsson.
- Entreprenörer i form av Peab.
- Beställare i form av Sankt Kors och Stångåstaden vilka just nu driver projektet Ebbepark i Linköping där piloter har studerats.
- Leverantörer av alternativa bränslen i form av Energifabriken.
- NCC, Sveriges Byggindustrier, RagnSells, PreZero (tidigare Suez) och Hyresbostäder har varit en del av referensgruppen.

Projektet har varit organiserat i 6 arbetspaket.

AP1 har varit dedikerat till projektledning och spridning. Projektet har haft kontinuerliga konsortiummöten varje halvår och månatliga möten mellan forskarna. Vi inledde med en kick-off på plats på Campus Norrköping. Därefter slog pandemin till och vi har varit mestadels online. Det har varit god uppslutning på projektmötena och diskussionerna har möjliggjort utvärdering av delresultat och kunskapspridning. Logistikia har varit en viktig aktör för en aktiv kunskapspridning utanför projektet och tillsammans med projektet har man arrangerat ett flertal seminarier kring bygglogistik, bland annat på Almedalen, ÖBKN, pitch and match tillsammans med Clean Tech, med länsstyrelsen Östergötland m.m..

I AP2, AP4 och AP5 har vi haft ett samordnat arbetssätt. AP2 har fokuserat på att definiera olika typer av logistikåtgärder som kan tillämpas i syfte att uppnå fossilfria byggtransporter samt hur dessa kan mätas. Detta leder fram till ett antal piloter som testas i AP4, och följs upp och utvärderas i AP5 i relation till de mått och mät-modeller som utvecklats i tidigare arbetspaket. För att ut föra arbetet inom dessa arbetspaket har vi använt oss mycket av fallstudiemetodik. Totalt har det gjorts fem olika fallstudier tillsammans med Peab, Renall, Almroths, Stångåstaden, SanktKors, Energifabriken och Berga Ängar (ett område som ska bebyggas inom Linköpings kommun). Inom fallstudierna har vi använt oss av intervjuer, observationer och dokument samt simulerings- och optimeringsmodeller. Vidare har det genomförts litteraturstudier för att identifiera måtten och en studie av olika dataset för att identifiera data som finns tillgänglig för att beräkna bygglogistikens prestationsmått. Dataseten har kommit från RagnSells, Servistik, Peab och SanktKors.

I AP3 har fokus varit systemmodeller som visar vilka aktörer som finns med i bygglogistiksystemet beroende på vilken fas i bygget som är aktuellt, samt vilka roller dessa aktörer har. För att utföra arbetet inom detta arbetspaket har vi använt oss av litteraturstudier och konceptuellt teoretiskt arbete för att ta fram olika modeller som sedan har fyllts med innehåll med hjälp av konsortiets medlemmar och datan från dataseten i AP2. Dessa har sedan sammanfattas i termer av systemmodeller och kravplattformar i AP6. Fokus har varit att beskriva bygglogistiksystemet utifrån olika aktörers perspektiv och med hänsyn till såväl samhällsekonomisk nytta som företagsekonomisk lönsamhet.

4 Resultat

4.1 Resultat för de tre frågeställningarna

Projektet har haft tre frågeställningar som det ämnat att besvara:

- Vad är potentialerna med samordnad bygglogistik och vad krävs för att hämta hem dessa?
- Vilka metoder/lösningar är användbara för att nå målet om fossilfrihet?
- Vad är rollfördelningen mellan kommuner, transportörer, byggherrar, entreprenörer, m.fl. som är delaktiga i ett bygglogistiksystem, och behöver den förändras för att uppnå fossilfrihet?

Norrköping är ett utmärkt exempel på hur det blir när förnyelse av bostäder och infrastruktur sker samtidigt och inte koordineras. Staden ska de kommande åren bygga 1100 bostäder årligen samtidigt som man bygger andra typer av lokaler. Utifrån övergripande planer har vi i projektet beräknat att det samlade klimatavtrycket från byggtransporterna i Norrköping är c:a 9000 ton CO₂ per år, vilket motsvarar 175 tunga lastbilar för anläggningstransporter som var och en kör 5000 mil per år i Norrköpings stad. Lägg därtill utvecklingen av hamnen och projekt Ostlänken som med svenska mått är stora byggprojekt.

4.1.1 Potentialerna med en samordnad bygglogistik

Ett första steg att förstå bygglogistiken som ett system är att beräkna hur stora emissioner som den leder till för stadens byggen som helhet. Den metodik som vi har tagit fram för att förstå systemet på den övergripande nivån bygger på att man utgår från de byggen som pågår eller är planerade och bryter ner dessa i BTA (bruttototalarea) för att kunna göra beräkningar av emissioner, vilket kan göras med tillräckligt stor precision i t.ex. Excel. Metodiken bygger på följande logik:

1. Utgå från den samlade mängden byggen, t.ex. flerbostadshus som är pågående eller planerade i staden, vilka bryts ner i ett genomsnittsvärde per år för totalt antal projekt respektive totalt antal BTA:
2. I tidigare studier har vi sett att det totala antalet transporter per BTA för bostäder är 0,35, vilket ger oss det totala antalet transport som den totala byggvolymen leder till
3. Därefter delar vi in bygget i tre faser, grundsättning, stomresning och färdigställande. Från fallstudier har vi sett att grundsättningen står för c:a 60% av transportererna och stomresningen respektive färdigställande för står för c:a 20% vardera av antalet transporter
4. Transportarbetet beräknas genom att i staden ta fram det genomsnittliga transportavståndet för transportererna i respektive byggfas. Masstransportererna i grundsättningsfasen går oftast från bergs- och grustäkter vars lokalisering går att få från t.ex. länsstyrelsen. Stomresningen är ofta en kombination av korta transporter av betong, armering etc. samt långväga transporter av färdiga betongelement och färdigställandet består i huvudsak av transporter från bygg-grossister. På så sätt kan man räkna ut ett genomsnittligt transportavstånd per byggfas.
5. De flesta av dessa transporter går med hög fyllnadsgrad till byggena och tomma tillbaka. Genom att utgå från de vanligaste typerna av lastbilar för de olika transportererna och deras bränsleförbrukning samt CO₂-emissioner per liter diesel, kan man räkna ut de totala emissionerna som byggande av det aktuella antalet bostäder leder till.
6. Utöver dessa emissioner uppstår det utsläpp från de entreprenadmaskiner som arbetar på byggplatserna. Här har vi utifrån våra fallstudier tagit fram genomsnittligt antal timmar grävmaskintid per BTA, och med

snittvärden för förbrukningen kan man räkna ut total bränsleförbrukning och totala CO₂-emissioner för entreprenadmaskinerna som behövs för att genomföra de aktuella byggena.

För Norrköping ser beräkningsmodellen ut enligt bilden nedan där totalvärdet också inkluderar lokaler och infrastrukturprojekt:

Stad	Sverigeförhandlingen: 15000 bostäder 2016-2035		
Norrköping	Bostäder		
Totalt antal projekt	1123 (Sverige Bygger)		
Totalt antal BTA	100 000		
Emissioner från transporter till/från			
Transporter per BTA	0,35		
Totalt antal transporter	35 000		
Andel transporter per byggfas (ton)	Grundsättning	Stomresning	Färdigställande
Antal transporter	60%	20%	20%
	21 000	7 000	7 000
Transportavstånd (mil)	3	25	2
Liter per mil	4	3	3
kg CO ₂ /liter diesel	2,67	2,67	2,67
Kg CO₂	672 840	1 401 750	112 140
Summa	2 186 730		
Emissioner på byggplatsen			
Antal tim grävare per BTA	0,08		
Totalt antal tim grävare	8 000		
CO ₂ per tim	14,5		
Kg CO₂	116 000		
Summa Kg CO₂	2 302 730		
Kg CO ₂ per BTA	23,0		
Totalt Kg CO₂ för:			
Norrköping	9 012 091		

Fördelen med den här typen av övergripande beräkningsmodeller är att man får en bra bild av nuläget samt vilken typ av transporter som orsakar emissionerna i bygglogistiken. Ambitionen är inte att få fram ett exakt värde, utan en kvalificerad beräkning av helheten som man kan diskutera med de olika aktörerna i bygglogistiksystemet. Man kan också i en sådan modell simulera olika typer av åtgärder, t.ex. att byta konventionell diesel som genererar 2,67 kg CO₂ per liter mot HVO som genererar 0,26 kg CO₂ per liter, för vissa transporter eller för entreprenadmaskiner (vilket vi har gjort i en pilotstudie) och få en samlad effekt för den åtgärden. Det tror vi är ett bra sätt både för att öka kunskapen och med det som grund ställa krav på transporter och över tiden skapa en efterfrågan på fossilfri bygglogistik.

Modellen har i nuläget enbart testats på Norrköping, planen är att i fortsättningsprojekt ta denna vidare och testa i fler städer och skapa en ny där man utgår från organisationer istället.

4.1.2 Metoder och lösningar för att nå fossilfrihet

Vi har i projektet Fossilfri Bygglogistik sett att det finns stora potentialer med en fossilfri bygglogistik både för enskilda aktörer och för att minska klimatavtrycket från byggsektorn. T.ex. har vi visat att det är enbart 56-57% av tiden som är värdeadderande inom byggtransporter (Naz et al., 2021). I doktorandprojektet har vi bland annat studerat olika logistiklösningar som används i ett större projekt i Göteborg tillsammans med entreprenören Peab och undersökt effekter på transporter (Fredriksson et al., 2021c) och visat på nyttan av att gå från ord till handling. Det senare av vikt eftersom många av lösningarna har förespråkats inom andra områden under lång tid (t.ex. Aronsson och Hüge-Brodin, 2006). Som exempel på logistiklösningar har man på byggarbetsplatsen inrättat en fysisk butik dit förbrukningsmaterial beställs för hela projektet. Därmed åstadkommer man samordning och ett färre

antal transporter än vad som hade varit fallet utan den fysiska butiken. En annan del av lösningen innebär bättre styrning av transporter och minskade väntetid för lastbilar som ska ankomma till byggarbetsplatsen genom gemensam planering. Dock, trots implementerade logistiklösningar, saknas gemensamma målbilder för logistiken mellan de olika aktörerna i projektet, vilket hindrar att effektiva och aktörsövergripande lösningar införs (Fredriksson et al., 2021c).

Med fokus på gemensamma målbilder har Engevall och Fredriksson (2021) utvärderat en pilot inom projektet med en HVO-tank på plats på Ebbepark. HVO-tanken placerades ut på ett bygge i syfte att minska utsläppen från entreprenadmaskiner. Effekterna av denna tämligen enkla åtgärd var betydande. Tillgängligheten på maskinerna ökade på grund av mindre stilleståndstid (dvs tid då fordonet åker iväg och tankas, och inte kan utnyttjas) eftersom tanken fanns på plats på bygget. Produktivitetsökningen gav en ekonomisk fördel som mer än väl täcker ökningen av bränslekostnaden för att gå från vanlig diesel till HVO. Dessutom minskade det administrativa arbetet kring påfyllning av tanken, och den elektroniska faktureringen ökar synligheten av bränsleförbrukning och minskar tid för pappersarbete hos både entreprenör och bränsleleverantör. HVO-tanken startade som en miljöåtgärd av utvecklaren men blev till en win-win-lösning som också ökade produktiviteten för den studerade entreprenören. Dessutom uppstod det ett intresse för och en stolthet hos inblandade aktörer att kunna göra skillnad för en bättre framtid, vilket är en viktig förutsättning för fortsatt proaktivt arbete.

Det finns många skäl till att man inte lyckats införa bygglogistik i stor skala än och på så sätt inte nått potentialerna. Projektet Fossilfri Bygglogistik har 2019-2021 studerat potentialen i att minska utsläppen från byggtransporter med förbättrad logistik baserat på ett systemsynsätt. De åtgärder som har studerats kan klassificeras enligt (McKinnon, 2018):

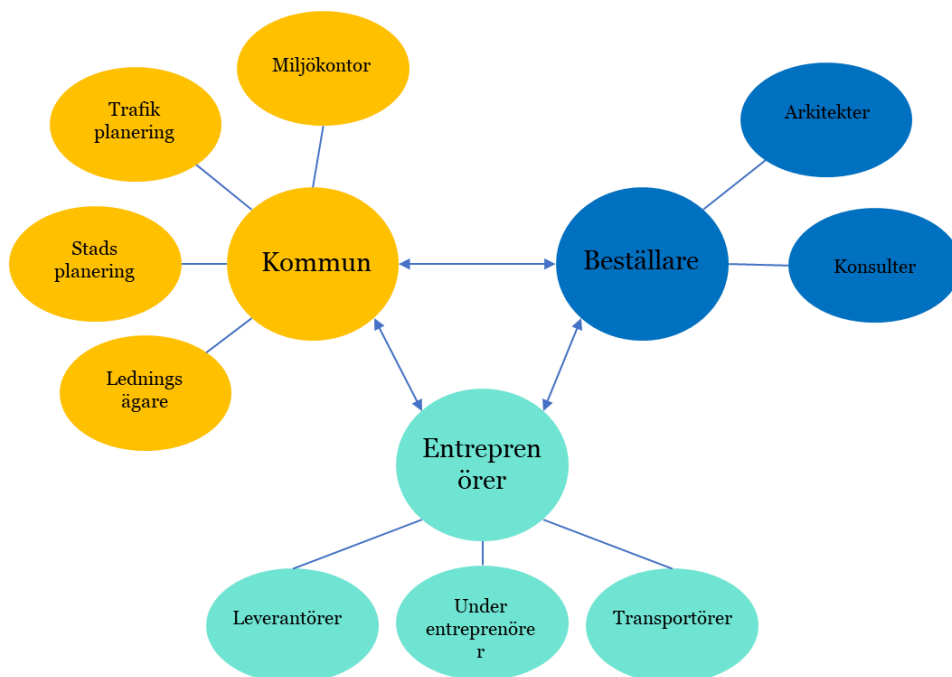
- Val av och kombination av miljöbättre transportslag
- Minska komplexiteten i form av antalet överlämningar i systemet
- Minska total transportlängd
- Öka fyllnadsgraden
- Minska antal tomtransporter
- Ökad energieffektivitet: trafik och förarbete
- Minskade emissioner: val av bränsle
- Övriga effekter, såsom öksf säkerhet, och minskade olyckor och buller

För att åtgärderna ska få genomslag krävs en övergripande logistikplanering som tar ett helhetsgrepp på logistiken för t.ex. ett bygge. Men bygglogistiksystemet är komplext och består av flera olika delsystem som inkluderar många olika aktörer, både privata och offentliga, se Figur 2. Olika aktörer kan påverka olika åtgärder, vilket gör att det är svårt att få någon enskild aktör att ta ansvar för systemet som helhet. Ur ett logistikperspektiv är det problematiskt eftersom effektiv och fossilfri logistik förutsätter att det finns ett fungerande samspel mellan de olika aktörerna och gemensamma målbilder som bidrar till att de olika aktörerna kan skapa värde för systemet som helhet. Då det saknas en naturlig ledning av systemet som helhet är samspelet och en ökad förståelse av effekter på övergripande nivå kritiskt för att komma vidare mot effektiv och fossilfri bygglogistik. Här finns behov av vidare forskning, eftersom det finns enbart ett fåtal rapporter som inkluderar denna typ analyser, t ex Abrahamsson (2017), Janné och Fredriksson (2021) och Dahlberg et al. (2018).

4.1.3 Rolfördelningen mellan aktörerna i bygglogistiksystemet

Till skillnad från de flesta andra transportintensiva branscher är logistikfrågan inom bygg- och anläggningsbranschen (både husbyggnad och anläggning) fortfarande av underordnad betydelse, och transporternas miljökonsekvenser finns praktiskt taget inte med på någons agenda. Inom bygg och anläggningsbranschen saknas den övergripande planering som sker inom varuproducerande företag, och

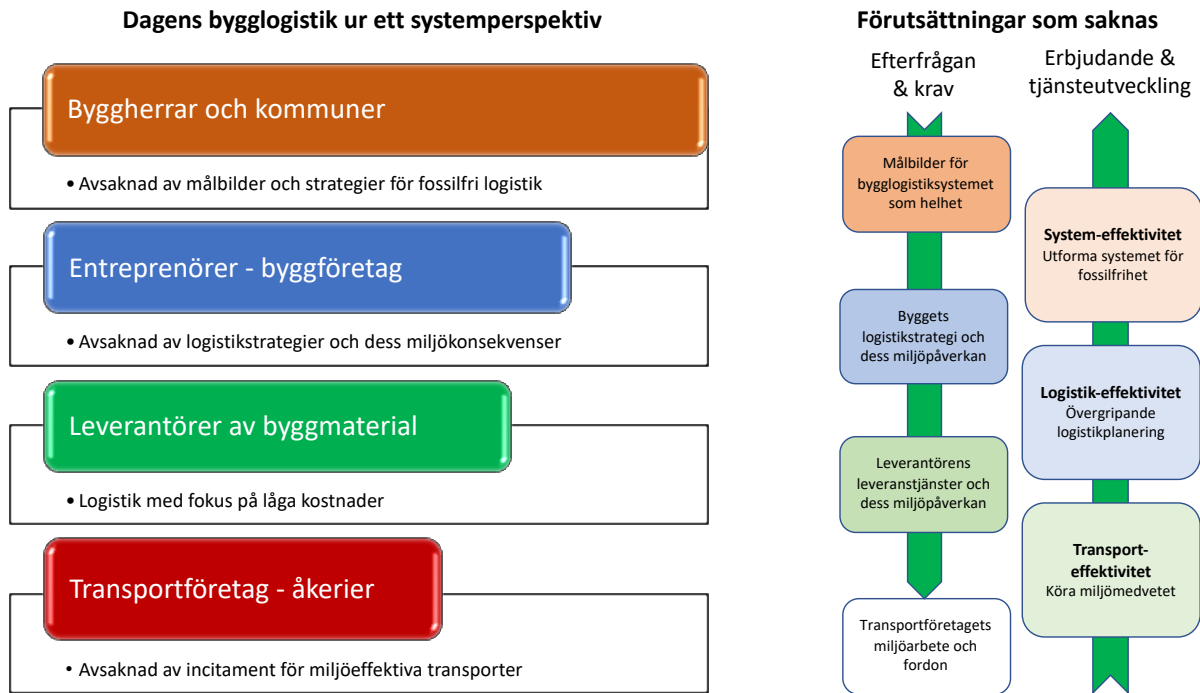
som inkluderar transport- och logistikfrågor som där blir en naturlig del av kärnverksamheten. En orsak är det rådande funktionella fokus, som ensidigt styr mot låga byggkostnader och som gör att man missar helhetsbilden. Det självklara måtvärdet borde vara byggets totala CO₂-avtryck under byggtiden, som sedan kan brytas ner till kravbilder på de olika aktörerna och deras respektive bidrag till det övergripande målet.



Figur 2: Bygglogistiksystemet (Fredriksson och Hüge-Brodin, WIP).

En annan komplicerande faktor i bygglogistiksystemet är att bygg- och anläggningsbranschen i högre grad än andra verksamheter är beroende av den kommun där bygget sker, både för byggnadstillstånd och indirekt för bygget av fastigheter, eftersom en stor del av transportererna är tunga och sker i städerna. Dessutom är kommunerna själva ofta bland de största byggherrarna. Kommunerna är således en viktig aktör i bygglogistiksystemet, men inom kommunerna finns det inte något samlat ansvar för bygglogistikfrågor. Godstransporter i städerna sker ofta helt utan kommunal styrning. Här skiljer sig godstransporter från kollektivtrafik som styrs helt av kommunerna och där man har kommit mycket långt i utvecklingen mot fossilfri kollektivtrafik. På samma sätt är Trafikverket en viktig myndighet med dubbelt ansvar när det gäller bygglogistik. De är delansvariga tillsammans med kommunerna för att det finns en fungerande infrastruktur så att det transportererna fungerar till och från alla de byggen som pågår, dels ett ansvar som byggherrar för infrastruktur som byggs och därmed för de transporter som de behöver för sina egna byggprojekt. Detta skapar en hel del "trade-offs" mellan olika nyttor, där klimatpåverkan än så länge drar det kortaste strået.

Som exemplifieras ovan är ansvaret för transportererna inom bygg och anläggningsbranschen, sett ur ett systemperspektiv, väldigt långt ifrån de nivåer där de strategiska besluten om byggena fattas. På de högsta nivåerna, dvs. hos byggherrar och i kommunerna finns idag inte logistikfrågorna på agendan och det ställs därför heller inga krav på att transportererna som sker - genom de aktörer som finns på andra nivåer i systemet - är fossilfria. Om efterfrågan och kraven på mer miljövänliga transporter inte finns på den övergripande nivån, så finns det heller inga incitament för aktörer på lägre nivåer att utveckla, erbjuda och skapa en marknad för fossilfria byggtransporter, se figur 3.



Figur 3. Karta över beslutsnivåer och hinder i bygglogistiksystemet

4.2 Projektets publikationer

Projektet har inkluderat fem seniora forskare: Anna Fredriksson (LiU/ITN), Stefan Engevall (LiU/ITN), Linea Kjellsdotter Ivert (VTI), Mats Abrahamsson (LiU/IEI) och Maria Hüge-Brodin (LiU/IEI). Projektet inkluderar också en doktorand: Farah Naz (LiU/ITN – VTI). Totalt har i projektet producerats fem artiklar med enbart seniora forskare, tre artiklar där doktoranden är involverad och som ska ingå i licentiatavhandling som presenteras vår 2022 och fyra examensarbeten initierade av projektet. Tabell 1 nedan visar de publikationer som har tagits fram som en del i projektet.

Bilaga nr	Titel och författare	Slutsatser	Typ av publikation	Spridning
Vetenskapliga artiklar som har samförfattats av forskarna i projektet				
1	An HVO-tank onsite – a win-win solution increasing productivity and decreasing emissions, Stefan Engevall och Anna Fredriksson (2021)	Denna studie utvärderar implementeringen av HVO-tank på site i Ebbepark. Tillsammans med Stångåstaden, ED-bygg, Energifabriken och SanktKors har man här beräknat besparingar och uppskattat kvalitativa effekter av att implementera HVO-tank på site. Slutsatsen är att HVO-tank på site har en stor potential i att minska både utsläpp och kostnader samt att det ger anställda en känsla av att kunna bidra.	Konferenspaper LiU ITN, presenterat på EurOMA 2021	

2	Green Construction Logistics – A multi actor challenge, Anna Fredriksson och Maria Hugel-Brodin (WIP)	Baserat på tidigare systemmodeller för transportsystemet och byggsystemet utvecklas här en bygglogistikmodell. Denna används därefter för att identifiera vilka aktiviteter inom miljölogistik som kräver vilka aktörers involvering för att förändring ska ske.	Journal paper under review Research in Transportation Business & Management, LiU ITN/LiU IEI.	Ej spridning
3	Vägen mot fossilfri bygglogistik, Mats Abrahamsson, Anna Fredriksson, Per Lindahl (2021)	En artikel som på ett populärvetenskapligt sätt sammanfattar behovet av att politiker och beställare driver förändringen gällande den påverkan bygglogistik har på miljö och stadens transporter. Ironiskt nog så är offentliga verksamheter (myndigheter och kommuner) några av de största syndarna - de planerar för stora bostads- och infrastrukturprojekt, som de ofta själva är byggherrar för, men de ställer sällan krav på byggtransporters miljöpåverkan. Samtidigt är kunskapen, incitamenten och drivkrafterna hos byggherrar, transportföretag eller byggföretag att samverka för att förbättra logistiken och minska emissionerna väldigt låga.	Artikel i Supply Chain Effect, LiU IEI/LiU ITN/Logistikia	
4	Effektivitet i insamlingen av byggavfall (2019)	Syftar till att öka kunskapen om vad en ökad sorteringsgrad av byggavfall får för konsekvenser på fyllnadsgrader vid transporter och insamlingskostnader. Sorteringsgrader och fyllnadsgrader har räknats fram för 22 byggprojekt. Utsorterat material och fyllnadsgrader har satts i relation till insamlingskostnader. Resultat visar att det finns en stor förbättringspotential avseende sorteringsgrader och	PLAN's Forsknings- och Tillämpningskonferens Linköping, Sweden, 2019-10-23 - 2019-10-24	

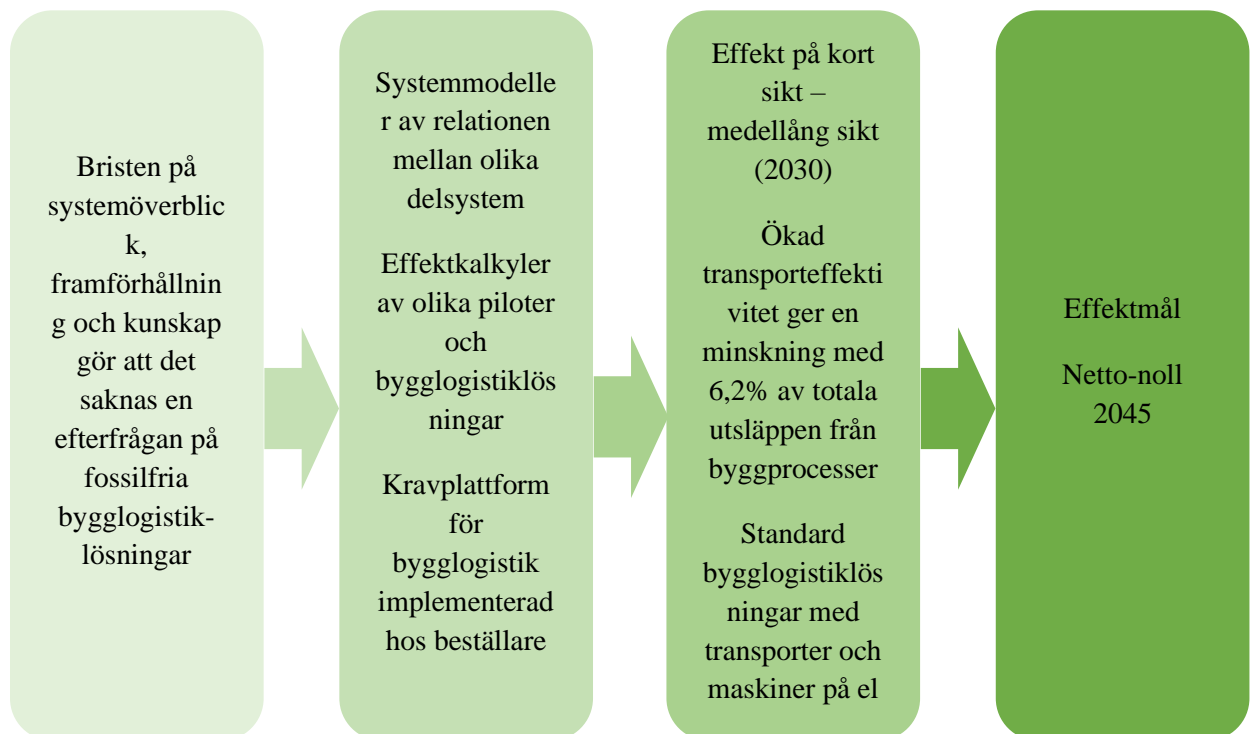
		fyllnadsgrader. Det finns inget samband mellan sorteringsgrad och fyllnadsgrad. Huruvida man tjänar på källsortering eller inte beror på vilket material det handlar om.		
5	An HVO-tank onsite – a win-win solution increasing productivity and decreasing emissions, Stefan Engevall, Lucas Andersson, Anna Fredriksson, Erik Fridlund, Alexander Sjölund, Malgorzata Wiczorek (2021)	Visar på potentialerna att använda kvantitativa metoder såsom optimering och simulering vid planeringen av bygglogistik och tomttilldelning.	Konferenspaper LiU ITN, presenterat på Nationell konferens i transportforskning	
Doktorandartiklar som ska ingå i licentiatavhandling				
6	Assessing transport efficiency using construction logistics setup data, Farah Naz, Anna Fredriksson and Linea Kjellsdotter Ivert (WIP)	Först identifieras ett antal mått för hur man kan mäta transporteffektivitet från både ett logistikperspektiv och ett transportperspektiv. Detta görs med hjälp av en litteraturstudie. Som andra steg samlas fyra dataset från olika bygglogistiklösningar in och det jämförs med måtten, vilka mått som kan beräknas och vad som saknas gällande datan för att komma vidare.	Presenterat på Nationella Transportkonferensen 2020, omarbetas till journal, LiU ITN/VTI.	Ej spridning
7	Improving construction transport – A freight forwarder perspective, Farah Naz, Linea Kjellsdotter Ivert, Anna Fredriksson (2021)	Baserat på observationer och tidsstudier gör man i denna studie en värdeflödeskartläggning av inkommande leveranser och avfallstransporter ur transportörens perspektiv. Studien visar på att det är en stor andel icke värdeadderande tid i byggtransporterna och det därmed finns en stor potential till att öka effektiviteten genom bättre planering och informationsdelning.	Konferenspaper LiU ITN/VTI, presenterat på NOFOMA 2021, omarbetas nu för journal.	Ej spridning
8	The value creation of construction logistics, Anna	Baserat på en djupfallstudie av Peabs projekt Plantinan identifieras vilket värde olika	Presenterat som WIP på NOFOMA 2021,	Ej spridning

	Fredriksson, Linea Kjellsdotter Ivert, Henric Jonsson and Farah Naz (WIP)	bygglogistiklösningar kan ge till olika aktörer. Vidare visars hur bygglogistikservice-moduler samspelar för ett högre värde. Slutsatsen är att bygglogistik ger värde till alla de involverade aktörerna och att det största värdet kommer från ökad koordinering mellan aktörerna som gör att man får högre transport effektivitet och mer värdeadderande tid.	omarbetas för journal, LiU ITN/VTI.	
Examensarbeten på master och kandidatnivå som har utförts i projektet				
9	Beräkningsmodell för koldioxidutsläpp vid byggt transporter -En fallstudie av Almroths, Nahir Baravdish och Johan Cederström (2021)	Baserat på den lagändring som träder i kraft 2022 som innebär att man i byggprojekt behöver redovisa också transportutsläppen för de största materialslagen har man i detta exjobb tittat på olika sätt att beräkna dessa utsläpp och vilka krav de modellerna ställer på datainsamling hos olika aktörer.	Examensarbete LiU ITN, KTS-programmet	
10	Modell för att beräkna driftkostnader vid ett Masslogistikcenter - Modellering och fallstudie på jord- & bergflöden i norra Norrköping, Adam Moberg och Simon Runefors (2021)	Här har man tagit fram en totalkostnadsmodell för att införa ett masslogistikcenter i Norrköping. Totalkostnadsmodellen är baserad på intervjuer och data från existerande masscenter.	Examensarbete LiU IEI, I-programmet	
11	En analys av logistiklösningar för etablering i Berga Ångar - En studie med fokus på effektivisering av byggarbetsplatsen, Lukas Andersson och Alexander Sjöblom (2021)	Baserat på tillgänglig data gällande antal transporter i olika faser av ett byggprojekt och intervjuer för att fånga in lossningstider, har man här för ett framtida projekt baserat på dess produktionstidplan simulerat antalet transporter under olika kvartal och identifierat vad potentialen är att minska dessa med checkpoint- respektive terminallösningar.	Kandidatarbete, LiU ITN, FTL-programmet	

12	Optimering av tomtfördelning Berga Äng, Erik Fridlund och Gosia Wieczorek (2021)	För att kunna planera logistiken behöver man fördela tomterna i ett område. Tomternas värde varierar beroende på ett antal olika faktorer. I fallet med Berga Äng är det många olika byggherrar involverade och man har här tagit fram ett sätt att optimera tomtfördelningen baserat på de olika byggherrarnas preferenser.	Kandidatarbete LiU ITN, SL-programmet	
----	--	--	---------------------------------------	--

5 Nyttiggörande och nästa steg

Vi har sett att det inte kommer att behöva utvecklas så många nya logistikteorier eller modeller – det handlar snarare om att med ett systemsynsätt som grund tillämpa och anpassa redan känd teoretisk kunskap på ett systematiskt sätt och därigenom skapa den efterfrågan på fossilfria godstransporter som behövs för att aktörerna ska prioritera och aktivt bidra till fossilfri logistik. Detta visas också i figur 4, som sammanfattar projektets resultat i form av en effektlogik.



Figur 4: Effektlogik för projektet.

Projektet har haft ett kontinuerligt samarbete kring fossilfrihet med projektet Störningsfri Stad som har fokus på störningarna som byggtransporter skapar i staden. I det projektet pågår ett tätt samarbete med Trafikverket projekt Ostlänken och Norrköpings kommun. Från LiUs sida deltar vi också i CLOSER/RISE Vinnova projektet Logistikdatalabb, något vi ser som en viktig bas för att kunna göra skillnad. Som kan ses i Baravdish och Cederström (2021), Andersson och Sjöblom (2021) samt Naz et al. (2021) så är data och kännedom om effekterna grunden för att nå ut till industrin och göra skillnad.

Vidare ser vi också att de krav som ställs på insamling av miljödata skapar en efterfrågan på fossilfri bygglogistik då påverkan synliggörs. Trafikverkets projekt ELSA för insamling av miljödata och Electric Worksite från CLOSERS sida har varit två sätt att nå ut till industrin kring denna fråga.

Som en effekt av det arbete som skett tillsammans med Cleantech, Logistikia, ÖBKN har LiU ansökt och blivit beviljade ett projekt om masslogistikcentrum. Att fortsätta och öka kunskaperna om masslogistik är en väsentlig del i kunskapsspridandet då dessa är en ofta bortglömd del av stadens transporter som också till stora delar går att påverka genom tillstånd för tåker och materialhanteringsnoder.

Att fortsätta och arbeta aktivt för en överflytt är också en viktig del av kunskapsspridandet. Här har vi samarbete med det pågående projektet SHREK som syftar till att nyttja sjöfart för transport av restavfall och med det av Trafikverket finansierade projektet Urbana kajer, för att öka möjligheten till överflytt till sjöfart.

Projektets resultat kommer att tas vidare dels i det doktorandprojekt som pågår och dels genom andra projekt som projektet har bidragit till att de kommer till stånd. Internationellt har vi samverkat med projekt och forskare i Österrike, Belgien, Danmark och Norge genom det JPI-urban finansierade MIMIC projektet (www.mimic-project.eu).

Som en del av resultatspridningen i detta projekt har vi gjort följande aktiviteter:

- Deltagande i CLOSERS workshopserie om masstransporter.
- Presentationer på Nationella Transportkonferensen, Transportforum, NOFOMA, EurOMA och Triple Fs gemensamma resultatkonferens och doktoranddag har gjort att vi har nått ut med våra resultat både till industrin, beslutsfattare och forskarsamhället.
- Deltagande i ÖBKN (Östergötland Bygg Klimat Neutralt). Detta nätverk drivs av Cleantech och Sweco och vi har som projektdeltagare varit med och presenterat resultat och bidragit med fallstudier.
- Presentation på populärvetenskapliga veckan som LiU arrangerar.
- Presentation på Region Östergötlands deltagande i Almedalsveckan 2021.
- En slutkonferens i formatet Pitch & Match med 15 deltagare. Detta resulterade i ett antal olika konkreta möten mellan aktörer för att skapa nya samarbeten.

Allt ovan har fått igång ett engagemang från länsstyrelsen, kommunala beställare och Norrköpings hamn gällande fossilfria godstransporter i region Östergötland. Vi har även fått in byggtransporterna som en del i de kommunala godsstrategierna i både Norrköping och Göteborg och lyckats visa på kommunernas möjligheter att påverka och styra dessa transporter som en del i markägandet eller som beställare. Som en del i projektet har de olika aktörerna engagerat sig i ett antal initiativ som arbetar för att sprida kunskap och förändring i bygg och anläggningsbranschen.

6 Diskussion

Syftet för projektet Fossilfri Bygglogistik har varit att skapa förutsättningar för fossilfria byggtransporter genom:

1. Samordna flera byggen i en gemensam bygglogistiklösning för en stad, vilket i sin tur ger förutsättningar för effektivare transporter

2. Minska CO₂-emissionerna från den tunga byggtrafiken genom användning av förnyelsebara drivmedel där de gör mest nytta
3. Utvärdera förutsättningar för en omställning till helt fossilfria byggtransporter

Projektet har tre huvudsakliga resultat:

- 1) Utvärdering av piloter såsom nyttan av bygglogistiklösningar i olika projekt och för olika aktörer, mätetal för byggtransporter och möjliga data för att följa upp, samt effekterna av en HVO-tank på site.
- 2) Potentialerna i att arbeta med en fossilfri bygglogistik utifrån ett systemperspektiv där inte bara enskilda byggen studeras utan även större bygglogistiksystem samt hur man kan beräkna CO₂ emissionerna från bygglogistiken för den samlade byggvolymen i en stad.
- 3) En beskrivning av hur aktörerna i bygglogistiksystemet och hur de påverkar olika åtgärder för att minska utsläppen genom sina respektive roller har också identifierats.

För att förändring ska ske krävs att de aktörer som kan ställa krav (myndigheter, beställare och entreprenörer) verkligen ställer krav och att effekterna av att ställa kraven blir kända. Utöver det behöver bygglogistiklösningar implementeras på ett effektivt sätt, men hur detta ska gå till på bästa sätt i praktiken är ännu ett utforskat område. En av de viktigaste slutsatserna är att det idag saknas rätt förutsättningarna för att implementera en fossilfri bygglogistik i stor skala. Det saknas gemensamma målbilder för logistiken som bidrar till att de olika aktörerna kan samspela på ett sätt som genererar värde för de ingående företagen och för samhället i form av lägre miljöpåverkan. Här har vi som forskare viktiga uppgifter i att göra systemanalyser där vi beskriver och analyserar det övergripande systemet, eftersom det är på den nivån som framför allt samhällsnyttan med fossilfri logistik blir tydlig.

Det finns en okunskap hos både beställare och myndigheter om hur bygglogistiksystemet hänger ihop, vilka krav man kan ställa och hur man ska ställa dem. Ett problem är också synen på och hur man upphandlar transporter i byggbranschen. Man ser byggtransporter som ett problem och något som inte skapar värde, vilket till en del hämmar initiativ för förbättring. Det finns en otydlighet gällande nyttor och kostnader för bygglogistiken, där man från myndigheters håll gärna vill skjuta över kostnaderna på entreprenörerna med tron att de ska samordna sig, utan att det finns incitament för dem att göra det. Ska byggtransporterna ställas om till fossilfrihet måste det finnas tydliga krav från beställare och myndigheter. Speciellt eftersom de stora vinsterna finns hos myndigheterna i form av mindre påverkan på tredje man (t ex minskade utsläpp och buller), måste det finnas en balans mellan den samhällsekonomiska nyttan i form av lägre CO₂-emissioner och entreprenörernas incitament att bidra till en sådan samhällsnytta i bygglogistiksystemet. Systemanalysen och systembeskrivningarna som detta projekt har bidragit med är därför avgörande för att kunna definiera och fördela roller mellan kommuner, transportörer, byggherrar, entreprenörer, m.fl. som är delaktiga i ett bygglogistiksystem.

Samhällets aktörer, t.ex. staden, Boverket och Trafikverket är viktiga för att skapa fungerande bygglogistiksystem, både i sina roller som myndigheter, men även som stora byggherrar för kommunala bostadsprojekt och infrastrukturprojekt. De har också goda möjligheter att driva förändring genom datainsamling och miljömål.

När man som aktör tänker initiera någon typ av bygglogistiklösning behöver man förstå:

- Med vilka byggarbetsplatser i staden eller infrastrukturprojektet man kan ha gemensam transportplanering för leveranser till och från i tidiga byggfaser.
- Vilka byggarbetsplatser som kan samordnas transportplaneringsmässigt och på så sätt maximera fyllnadsgraden och därmed minimera antalet distributionsbilar i staden i senare byggfaser.

- Hur man kan skapa en för staden eller för flera projekt gemensam terminal för ompackning, kittning etc. så att antalet transporter till stadens byggen kan minimeras.
- Vilka alternativa transportsätt som finns att tillgå och om det finns möjligheter till godsöverflytt t.ex. för större element eller moduler som kan transporteras per båt eller järnväg samt vilka krav det ställer på eventuella anslutningar och lokalisering av terminaler.
- Ha kontroll på vilken typ av distributionsbilar som trafikerar staden och projektet, i termer av kapacitet men framför allt i termer av emissioner, och bidra till att det finns en infrastruktur för alternativa bränslen för dessa fordon

Själva lösningen initieras sedan genom krav i upphandlingar, markanvisningar och/eller TA-planer, vilka i den bästa av världar utformas i samklang.

Referenslista

Abrahamsson, M., (2017) Affärsmodeller för citylogistik & samordnad varudistribution – Handbok för kommuner och private aktörer, Forskningsrapport LiU-IEI-RR—17/00283-SE

Abrahamsson, A., Fredriksson, A. och Lindahl, P. (2021) Vägen mot fossilfri bygglogistik, Supply Chain Effect

Aronsson, H. och Huge-Brodin, M. (2006) Environmental impact of changing logistics structures – in search for key components, in the International Journal of Logistics Management, Vol. 17, No. 3, pp 394-415

Baravdish, N. och Cederström, J. (2021) Beräkningsmodell för koldioxidutsläpp vid byggtransporter - En fallstudie av Almroths, Masteruppsats, Linköpings universitet

Bergman, F., 2016. Bygglogistikcenter i Norra Djurgårdsstaden - delavstämning. Stockholm: S. Stad.

Behrends, S., Lindholm, M., och Woxenius, J., (2008) The Impact of Urban Freight Transport: A Definition of Sustainability from an Actor's Perspective. Transportation Planning and Technology. Vol. 31, pp. 693-713.

Boverket (2016) Reviderad prognos över behovet av nya bostäder till 2025. Boverket.

Byggindustrin (2009) Byggtransporter – en bortglömd miljöfråga, publicerad 27/2 2009, <https://www.byggindustrin.se/affarer-och-samhalle/hallbarhet/byggtransporter-en-bortglomd-miljofraga/>

Chang, B. och Kendall, A. (2011). Life cycle greenhouse gas assessment of infrastructure construction for California's high-speed rail system. Transport Research part D: Transport and Environment vol. 16, Iss. 6, pp. 429-434.

Dahlberg, J., Engevall, S., Göthe-Lundgren, M., Jörnsten, K. och Rönnqvist, M (2018) Incitements for transportation collaboration by cost Allocation. Central European Journal of Operations Research, pp. 1-24 (available online)

Dalenstam, M. (2015) Att återanvända schaktmassor, http://www.sverigesbergmaterialindustri.se/images/pdf/handbocker_mallar_rad/rapport_masshantering.pdf

Dubois, A., Hulthén, K. och Sundquist, V. (2019) Organising logistics och transport activities in construction, The International Journal of Logistics Management, Vol. 30, Iss. 2, pp. 620-640.

Ekeskär, A., och Rudberg, M. (2016) Third-party logistics in construction: the case of a large hospital project, Construction Management and Economics, Vol. 34, Iss. 3, pp. 174-91. doi: 10.1080/01446193.2016.1186809.

Engevall, S., Andersson, L., Fredriksson, A., Fridlund, E., Sjöblom, A., och Wiczorek, M.; (2021), Quantitative methods for planning a construction development project at Berga Äng and its transport flows. Presenterad (on-line) på Nationell konferens i transportforskning 2021, Malmö 19-20/10 2021.

Engevall, S., och Fredriksson, A.; (2021), An HVO-tank on site – a win-win solution increasing productivity and decreasing CO₂-emissions, Presented (on-line) at EurOMA 2021, Berlin 5-7/7 2021.

Eriksson, V., Hulthén, K. och Pedersen, A.-C. (2020) Improving transport performance in supply networks: effects of (non)overlapping network horizons, Journal of Business & Industrial Marketing, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/JBIM-01-2020-0062>.

Fredriksson, A. och Hüge-Brodin, M. (WIP) Green construction logistics – a multi-actor challenge, under review in *Research in Transportation Business & Management*

Fredriksson, A., Nolz, P., och Seragiotta, C. (2021a) A mixed method evaluation of economic and environmental considerations in construction transport planning: The case of Ostlänken, *Sustainable Cities and Society*, vol. 69, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102840>

Fredriksson, A., Janné, M., och Rudberg, M. (2021b) Characterizing Third-party Logistics Setups in the context of construction, *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-03-2019-0078>

Fredriksson, A., Kjellsdotter-Ivert, L. och Naz, F. (2021c), Service Blueprinting as a tool to improve construction logistics efficiency, WIP, NOFOMA Conference

Guerlain, C.; Renault, S.; Ferrero, F. (2019) Understanding construction logistics in urban areas and lowering its environmental impact: a focus on construction consolidation centres. *Sustainability*, Vol. 11.

Janné, M. och Fredriksson, A., (2019) Construction logistics governing guidelines in urban development projects, *Construction Innovation*, Vol. 19 Iss. 1, pp.89-109,

Janné, M. och Fredriksson, A., (2021) Construction logistics in urban development projects – learning from, or repeating, past mistakes of city logistics?, *The International Journal of Logistics Management*, ISSN 0957-4903

Kurdve, M., Kjellsdotter Ivert, L., Fredriksson, A., och Bosch-Sijtsema, P. (2019) Improved circularity in Swedish construction and demolition industry through the use of sustainable supply chain management. In *Proceedings of the EurOMA Sustainability Forum, Gothenburg, Sweden, 18-19 March 2019*.

Langley, C.J. (2016) *Third-Party Logistics Study: The State of Logistics Outsourcing*: C. Consulting.

Lundesjö, G. (2015) Consolidation centres in construction logistics. In *Supply chain management logistics in construction: delivering tomorrow's built environment*; Lundesjö, G., Ed.; Kogan Page Publishers: London, UK, 2015, pp. 225-242.

McKinnon, A. (2018) *Decarbonizing Logistics. Distributing goods in a low-carbon world* London: KoganPage

Naz, F., Fredriksson, A. och Kjellsdotter-Ivert, L. (2021), Improving Construction Transports, A freight forwarder perspective, NOFOMA Conference 2021, Reykjavik, Iceland

Nolz, P., Hu, B., och Ahlander M., (2017), Decision support for construction logistics management, presentation at EDSI annual conference 2017, Granada, Spain

Seo, M.-S., Kim, T., Hong, G. och Kim, H. (2016) On-site measurements of CO2 emissions during the construction phase of a building complex. *Energies*, 9, 599.

Sveriges Byggindustrier, (2010), *Effektiva Byggtransporter*: S. Byggindustrier, 12235

Sezer, A. A., och Fredriksson, A. (2021a) Paving the Path towards Efficient Construction Logistics by Revealing the Current Practice and Issues, *Logistics*, ISSN 2305-6290, Vol. 5, Iss. 3

Sezer, A. A., och Fredriksson, A. (2021b) Environmental impact of construction transport and the effects of building certification schemes, *Resources, Conservation & Recycling*, ISSN 0921-3449, E-ISSN 1879-0658, Vol. 172

Trafikanalys (2016), *Godstransporter i Sverige – en nulägesanalys*, Rapport 2016:7.

Trafikanalys Statistik. (2020) Lastbilstrafik 2019, Rapport nr 14, publication date 5th of May 2020.

Zernis, R. (2021), Modelling urban traffic congestion due to construction transports – The Case of Norrköping, Masteruppsats, Linköpings universitet