

MODULARISERAD BYGGLOGISTIK I STADSUTVECKLINGSPROJEKT

Avrapportering av projektet Effekter av modulariserad bygglogistik i stadsutvecklingsprojekt (EMBLA)

Mats Janné

2022-09-26

FÖRORD

Denna rapport utgör avrapporteringen av forskningsprojektet ”Effekter av bygglogistiklösningar i stadsutveckling” (EMBLA) som har bedrivits som följeforskning av logistiklösningen vid NCC Property Developments projekt Hangar 5 i Brommastaden. EMBLA har finansierats av SBUF inom ramen för projekt 13975.

Undertecknad (Mats Janné) har varit projektledare och NCC Sverige AB har varit huvudman för projektet med Harald Stjernström och Tina Fredriksson som väldigt engagerade representanter för NCC. Denna avrapportering är författad av undertecknad, verksam vid LiU Bygglogistik, Linköpings universitet, campus Norrköping. Vid sidan av undertecknad har också Anna Fredriksson vid LiU (ingen släktrelation till Tina här ovan) verkat som forskare i EMBLA-projektet och Stefan Fenelius vid Nobolog AB har vid sidan av sitt uppdrag som logistikansvarig vid Hangar 5 även varit delaktig som utredare i EMBLA-projektet. I sina roller som forskare och utredare i EMBLA har både Anna Fredriksson och Stefan Fenelius finansierats av SBUF.

Vid sidan av SBUF som har finansierat projektet och har publicerat denna rapport har även forskningscentrumet Brains & Bricks vid Linköpings universitet verkat som plattform för att sprida information om resultaten via seminarier, konferenser och nyhetsbrev.

Ett flertal personer har deltagit i intervjuer och delat ovärderliga data under projektets gång. Projektets referensgrupp har också bidragit med värdefull input, speciellt i tidiga faser av projektet. Som projektledare är jag tacksam för den tid och kunskap som dessa personer har bidragit med då det är en viktig del av projektets resultat och slutsatser. De organisationer som har varit mest aktiva i projektet är: Nobolog AB som såväl logistikorganisation i det studerade projektet som utredare och möjliggörare av forskningsinsatserna i EMBLA, NCC Property Development som ägare, fastighetsutvecklare och beställare av det studerade projektet, NCC Building och NCC Civil som utförarorganisation av det studerade projektet samt Beijer Bygg AB och Ahlsell AB som leverantörer till det studerade projektet. NCC, Beijer och Ahlsell har även bidragit med sin tid i form av intervjurespondenter. Stort tack till alla dessa företag och organisationer, och de personer som har bidragit till projektet på olika sätt. Jag vill även rikta ett tack till NCC Property Development, NCC Building, Peab, Skanska, Byggmaterialhandlarna och Stockholms stad som har deltagit med representanter i referensgruppen och bidragit med goda insikter och intressanta frågeställningar kring bygglogistik.

Ett extra stort tack till logistikpersonalen vid projektet Hangar 5 som parallellt med sina vanliga arbetsuppgifter har genomfört en omfattande datainsamling som underlag till EMBLA-projektet. Utan er hjälp hade den statistiska analysen i rapporten inte varit möjlig.

Jag är också mycket tacksam för den finansiering från SBUF som har möjliggjort detta projekt och för att NCC Sverige AB med Harald Stjernström och Tina Fredriksson i spetsen har varit drivande och engagerade som huvudman i projektet. Slutligen vill jag tacka Stefan Fenelius och Anna Fredriksson som under detta projekt har bidragit till att vi har kunnat flytta fram kunskapsläget gällande hur bygglogistiklösningar kan byggas upp genom modultänk för att ge större flexibilitet i nyttjandet av desamma.

Mats Janné

Biträdande universitetslektor i bygglogistik

Linköping universitet

mats.janne@liu.se

SAMMANFATTNING

För att hantera logistik till stora bygg- och stadsutvecklingsprojekt har vi det senaste decenniet sett hur användandet av bygglogistiklösningar såsom terminaler och checkpoints har ökat. Dock har lösningarna som sådana varit ganska rigida i det att de bygger på att man använder antingen en terminal eller checkpoint eller kombination av de två genom alla faser i ett byggprojekt. Detta har lett till att man har betalat för en storskalig lösning under hela byggprojektet, men de positiva effekterna av lösningen har varit ojämnt fördelade mellan olika faser i projektet. Med ett ökande behov av och intresse för bygglogistik i stadsutvecklingsprojekt har nya lösningar som bygger på ett modultänk börjat synas på marknaden. Tanken bakom dessa lösningar har varit att man skall använda rätt tjänstekomponenter i rätt byggfas. Dock är dessa lösningar nya, och inga djupgående forskningsstudier har genomförts som har analyserat modulariserade bygglogistiklösningar i stadsutveckling. Projektet EMBLA (Effekter av modulariserad bygglogistik i stadsutvecklingsprojekt) har därför genomförts som ett samarbete mellan Linköpings universitet, NCC och Nobolog AB för att analysera hur modulariserade bygglogistiklösningen vid projektet Hangar 5 har fungerat.

Projektet Hangar 5 bildar ett helt nytt kvarter med en total bruttoyta om ca 82 000 kvadratmeter i Stockholms nya stadsdel Brommastaden och ägs av NCC Property Development som agerar beställare och fastighetsutvecklare i projektet. Projektet byggs av NCC Building och NCC Civil som utförarorganisationer. Hangar 5 ligger logistiskt utmanande då det omgärdas av flygplatsinfarten till Bromma Flygplats, Ulvsundaleden och Tvärbanans Kistagren mot Bromma Blocks handelsplats. För att hantera den komplicerade logistiksituationen i projektet anlätande NCC en extern expertorganisation i form av Nobolog som logistikutförare.

Projektet EMBLA har genomförts genom en kartläggning av logistikprocesserna inom Hangar 5, från design och operationalisering av bygglogistiklösningen till materialanskaffning och godsmottagning på byggarbetsplatsen. Dessutom har en transportuppföljning genomförts där ankomsttider till projektet, leveransernas turnaroundtid (tid från ankomst till avgång) och deras tidsfönsterprecision har analyserats.

Det stora problemet som identifierades i kartläggningen var informationsöverföringen. I många fall användes mail, telefonsamtal och sms för att informera om ankomststatus för en leverans. Med en gemensam och sammankopplad informationssystemslösning som erbjudit ingångar för leverantörerna hade den här informationen istället kunnat överföras elektroniskt och mycket manuell informationsöverföring och uppföljning hade kunnat undvikas. På så sätt skulle personalen kunnat fokusera på andra arbetsuppgifter istället för att informera. Med ett sammankopplat system skulle även datakvalitet kunna förbättras då det alltid föreligger en risk att viss information går förlorad i ett manuellt informationssystem.

Regelverket för Hangar 5 fastställde att leveranser skulle bokas in i leveranstidsfönster. Genom en manuell uppföljning av transporter utförd av logistikorganisationen vid Hangar 5 har EMBLA kunnat följa upp när leveranser anländer och när de lämnar byggarbetsplatsen. Kopplat till tidsfönsterbokningarna har vi i EMBLA kunnat analysera hur väl det här har stämt överens. Analysen visar att en klar majoritet av leveranserna under uppföljningstiden har kommit till, och också lämnat, byggarbetsplatsen innan det bokade tidsfönstret har startat. Tidiga leveranser kan ses som ett mindre problem än en leverans som kommer sent, men kan ge följd effekter genom att en tidig leverans kan blockera en lossningsplats för en leverans som kommer i tid. Till viss del kan problem med tidiga leveranser avhjälpas genom hårdare regelefterlevnad. Dock kan ett bättre alternativ vara att informera tydligare om varför tidsfönster måste hållas. Ett annat problem är att man har bokat betydligt längre tidsfönster än var turnaroundtiderna visar att man behöver. Detta leder till att man har beredskap för sina resurser under längre tid än vad som behövs, vilket i sin tur kan leda till dåligt utnyttjade resurser och ökade kostnader. Dock har logistikorganisationen

vid Hangar 5 haft fler uppgifter och jobbat dynamiskt med inbärning, materialförflyttning och avfallshantering löpande under dagarna vid sidan av ren lossning, godsmottagning och materialsortering. Den flexibiliteten i arbetsuppgifter har inneburit att logistikorganisationen och projektet har påverkats mindre av överkapacitet i tidsfönster och faktisk ankomsttid för transporterna. Vill man trimma detta ytterligare bör man dock se över hur man bestämmer längden på leveranstidsfönstren.

Projektet visar att man genom modulariseringen av logistiktjänster kan erbjuda flexibilitet genom byggprojektets gång genom att man kan koppla på och ifrån dellösningar vid behov för att underlätta materialflödena till och från byggarbetsplatsen. Vidare visar projektet att användandet av modulariserade bygglogistiklösningar ställer krav på tydliga rutiner och regler för nyttjandet av lösningen och att en framgångsfaktor för en modulariserad bygglogistiklösning är ett tydligt gränssnitt mellan de inblandande aktörer i form av integrerade informationssystem. Utan dessa riskerar lösningen att bli lidande av informationsbrister och kan på så sätt inte nå sin fulla potential.

INNEHÅLL

1. INTRODUKTION	1
1.1 PROBLEMBESKRIVNING	1
1.2 MÅLSÄTTNING	2
1.3 COVID 19-PANDEMINS PÅVERKAN PÅ FORSKNINGSPROJEKTET	2
2. LITTERATUR	3
2.1 BYGGLOGISTIKLÖSNINGAR	3
2.2 TRANSPORTEFFEKTIVITET	4
2.2.1 Mätetal för transporteffektivitet	5
3. TILLVÄGAGÅNGSSÄTT	5
3.1 FALLET HANGAR 5.....	6
3.2 KARTLÄGGNING.....	7
3.3 TRANSPORTUPPFÖLJNING.....	7
3.4 AVRAPPORTERING AV RESULTAT	8
4. RESULTAT AV STUDIEN	8
4.1 KARTLÄGGNING.....	8
4.2 MÄTBARA TRANSPORTEFFEKTER	10
5. AVSLUTANDE DISKUSSION	13
6. VIDARE FORSKNING	15
LITTERATURFÖRTECKNING	16
BILAGA 1 - DESIGN AV LÖSNING	19
BILAGA 2 - OPERATIONALISERING AV LÖSNING	20
BILAGA 3 - MATERIALANSKAFFNING	21
BILAGA 4 - MATERIALBOKNING	22
BILAGA 5 - ORDERHANTERING AHLSELL	23
BILAGA 6 - ORDERHANTERING BEIJER	24
BILAGA 7 - LEVERANSMOTTAGNING	25

FIGURER OCH TABELLER

Figur 1 – Vad får olika kombinationer av bygglogistik tjänster för effekter på miljö, arbetsmiljö, produktivitet och ekonomi i projekten?	1
Figur 2 – Funktionaliteten hos ett BLC respektive hos en checkpoint	4
Figur 3 – Funktioner och flöden i logistiklösning Hangar 5	6
Tabell 1 – Min-, max- och medeltider för tidsfönster och turnaroundtid	11
Tabell 2 – Ankomst- och avgångsprecision	12

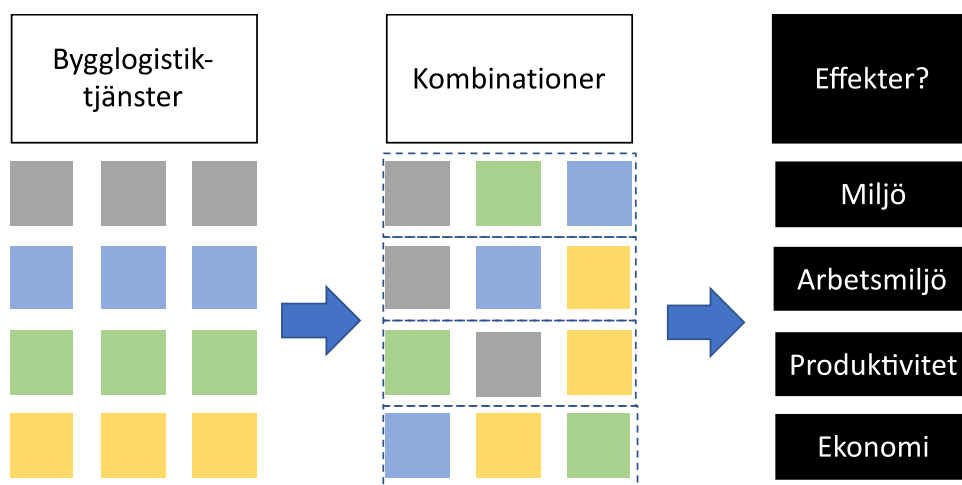
1. INTRODUKTION

1.1 Problembeskrivning

Under de senaste åren har intresset för bygglogistik och bygglogistiklösningar ökat i den svenska byggsektorn. Dock har det visat sig i tidigare forskningsprojekt (bland andra SBUF 12902, SBUF 13605 och SBUF 13687) att de tjänster som erbjuds genom bygglogistiklösningarna inte alltid kommer till användning, eller ens är rätt för det projekt som lösningen skall serva. Till viss del har det visat sig bero på otillräckliga eller i vissa avseenden ”felaktiga” informationsflöden i byggförsörjningskedjan (se SBUF 13687). I dessa projekt konstaterades det också att användandet av bygglogistiklösningar fram till de senaste åren har varit ett ganska sällsynt fenomen (se Langley, 2015, Ekeskär, 2016), men i de fall de har funnits har de ofta tagits fram utifrån de ovan beskrivna grundprinciperna. Dock har dessa lösningar framförallt syftat till att hantera trafiksituationen, utan att nödvändigtvis ta hänsyn till hur de påverkar byggprojekten och arbetsplatsernas effektivitet (Janné och Fredriksson, 2022). Det har i sin tur lett till att acceptansen för och utnyttjandet av bygglogistiklösningarna har varit relativt låg. Slut användarna (entreprenörerna) har i exempelvis Norra Djurgårdsstaden bara utnyttjat de grundläggande tvingande tjänsterna, men har lämnat de värdeadderande tjänsterna därhän (se Janné och Fredriksson, 2022). Dessutom har det i vissa delar varit en ”one-size fits all” tanke och man har saknat flexibilitet att kunna anpassa lösningen efter olika aktörers behov såväl som olika faser i byggprojektet.

Olika faser innefattar olika material, som kräver olika former av logistik för att kunna hanteras på ett effektivt sätt. Jämför man med annan tillverkande industri så är materialförsörjningen anpassad till hur tillverkningen är uppbyggd; Linjeproduktion har en typ av materialförsörjning medan exempelvis flödesgrupper har en annan typ av materialförsörjning. Således är frågan när man inför gemensamma bygglogistiklösningar i ett projekt; Hur kan man erbjuda byggprojekten de tjänster som kan underlätta logistikarbetet på arbetsplatserna anpassat till byggprojektets kontinuerligt föränderliga behov?

Som ett svar på detta ser vi nu att nya bygglogistiklösningar växer fram, baserade på modulariserade serviceerbjudanden som riktar sig mer mot att säkerställa effektiva byggprojekt och erbjuda anpassningsmöjligheter. I SBUF 13605 var just en av rekommendationerna att arbeta mer modulbaserat för att erbjuda bygglogistik-tjänster samtidigt som det också konstaterades att det krävs mer kunskap om hur modularisering av tjänster ska gå till och vad effekterna av att kombinera olika moduler med varandra kan bli för byggprojekten (se figur 1).



Figur 1 – Vad får olika kombinationer av bygglogistik-tjänster för effekter på miljö, arbetsmiljö, produktivitet och ekonomi i projekten?

1.2 Målsättning

Projektets målsättning har varit att bidra till kunskapsläget om modulariserade bygglogistiklösningar för stadsutvecklingsprojekt genom att undersöka hur processerna bakom en modulariserad lösning ser ut från framtagande till operationell lösning och hur lösningen har fungerat i skarpt läge för att kunna undersöka hur den strukturella omvandlingen som modulariserad bygglogistik innebär påverkar transportflöden. Vidare har en målsättning som vuxit fram under projektets gång varit att visa gränssnitten mellan olika byggprojektparter för att kunna visa på vad som fungerar bra och vad som har förbättringspotential.

Målen har uppfyllts genom två specifika delstudier; kartläggning av bygglogistiklösningen och dess relationer samt transportuppföljning och dess påverkan på byggarbetsplatsen.

Kartläggningen av bygglogistiklösningen genomfördes för att förstå vilka logistikmoduler som var tillgängliga och hur de kombinerades för att skapa den slutliga bygglogistiklösningen. Det gav i sin tur förståelse för den tänkta funktionen av lösningen som helhet men även för de stödprocesser, system och regler som stödjer logistikprocesserna under projektets gång. Genom att kartläggningen utfördes utifrån olika steg i såväl designprocessen som de operativa processerna och utifrån olika aktörsperspektiv gavs en djupare förståelse för hur den slutliga lösningen och de använda modulerna påverkade logistikprocesserna vid Hangar 5, vad som fungerade bra och vad som har förbättringspotential till kommande byggprojekt.

Transportuppföljningen genomfördes för att kvantitativt kunna visa på hur transportstyrningen har fungerat under byggprojektets gång. En viktig funktion hos bygglogistiklösningar är att styra transportflöden för att kunna planera för en effektiv godsmottagning på byggarbetsplatsen samtidigt som störningar på närliggande områden och transportsystemet i stort minskas. Genom att följa upp transporterans ankomst till och avgång från Hangar 5 under perioden maj till november 2021 gavs en djupare bild av tidsåtgången för varje leverans, men även hur väl leveranserna stämde överens med de bokade leveranstidsfönster som angetts av leverantörerna.

Delstudierna beskrivs närmare i kapitel 3. ”Tillvägagångssätt” och kapitel 4. ”Resultat av studien”.

1.3 Covid 19-pandemins påverkan på forskningsprojektet

I normalfallet genomförs studier likt EMBLA-projektet med fördel genom observationer och intervjuer på plats hos respondenter och vid studieobjektet för att kunna skapa en så tydlig bild av förutsättningarna som möjligt. EMBLA-projektet har pågått under tiden april 2021 till oktober 2022 men den mest intensiva datainsamlingsfasen under en tid då Linköpings universitet hade hårda restriktioner angående resor även inom landet. På grund av Covid 19-pandemin och de restriktioner denna medfört har studiens genomförbarhet påverkats negativt; inga platsbesök har varit möjliga under datainsamlingen. Istället har datainsamling och validering skett via distansmötesplattformar såsom Microsoft Teams och Zoom.

Datainsamlingsproblematiken har i sin tur lett till att det ursprungliga syftet och målet med projektet EMBLA har justerats. Då inga platsobservationer har kunnat genomföras har fokus skiftats från produktivitetmätningar till att undersöka hur gränssnitten i form av informationsdelning och arbetssätt hos och mellan de olika studerade parterna har fungerat. Detta kan ge en fingervisning kring effektivitet, om än inte tydliga produktivitetmått. Det nya fokuset gav en ny delstudie i form av delstudie 1 (se även kapitel 3.2 och 4.1).

Den ursprungliga målsättningen att undersöka hur modulariserade bygglogistiklösningar påverkar transportflöden har kunnat hållas fast vid som delstudie 2 (kapitel 3.3 och 4.2). Dock har vi kunnat se att även transportflödena till och från Hangar 5 har påverkats av Covid 19-pandemin då transportintensiteten i Stockholm överlag har påverkats av pandemin. Detta redogörs vidare för i kapitel 4.2, men den minskade transportintensiteten som kommer av att fler människor har jobbat

från sina hemmakontor har gett utslag på tidspassningen i transporterna till Hangar 5 vilket i sin tur gör att man kan ifrågasätta hur representativa de resultat kring tidspassningen är som presenteras i kapitel 4.2. Dock är tidsfönsterpassningen en liten del av de resultat som kapitel 4.2 presenterar och flera av huvudresultaten kan isoleras från just tidsfönsterpassningen som variabel.

2. LITTERATUR

2.1 Bygglogistiklösningar

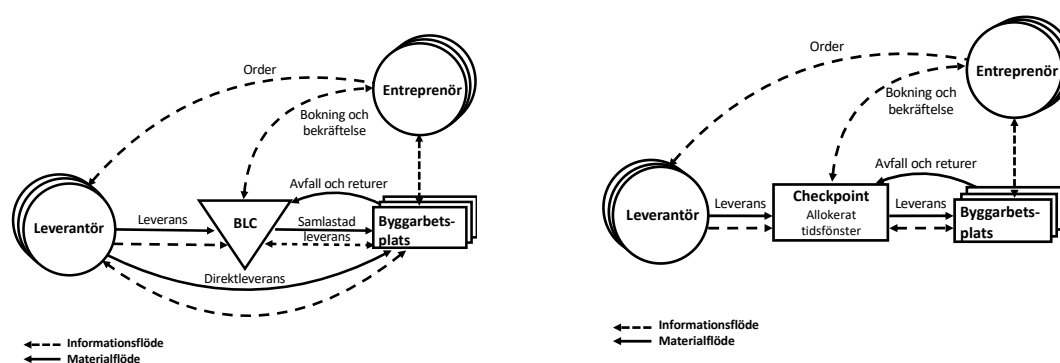
Målet med alla byggprojekt är att leverera projektet i tid, till kostnad och uppfylla den föreskrivna kvaliteten. För att göra det måste en mängd material och resurser levereras i rätt tid, till rätt plats och enligt de regler som fastställts av platsledningen (Kim och Nguyen, 2018). Alltså krävs det att man tar ett grepp om bygglogistik. Om logistiken hanteras på ett bra sätt så kan den dessutom skapa konkurrensfördelar. Ghanem *m. fl.* (2018) delar in bygglogistikens fokus i två primära funktioner: ledning och hantering av logistikverksamheten på byggarbetsplatsen och transport av resurser och material till och från byggarbetsplatsen.

För att säkerställa effektiviteten i byggprojekt och deras verksamhet betonar Ying *m. fl.* (2018) vikten av att hantera logistikaktiviteter på byggarbetsplatsen såsom planering, lagring, materialspårning och avfallshantering för att underlätta en eventuell ökning av den totala värdeskapande tiden för ett projekt. Detta vidareutvecklas av Thunberg *m. fl.* (2017) som menar att bygglogistik kan vara en katalysator för att hantera frågor på plats som för mycket material på plats, och för att förbättra kommunikationen och samarbetet mellan aktörer i byggförsörjningskedjan. Thunberg och Fredriksson (2018) argumenterar för att bygglogistiken, genom att samordna olika partners och spåra material- och resursbehov genom IT-system, kan leda till effektivare byggprojekt. Åtgärder för att förbättra logistiken är att använda dedikerad logistiksamordning inom platsorganisationen (Sundquist *m. fl.*, 2018) och logistikbaserade APD-planer (Spillane och Oyedele, 2017) som tydligt specificerar var lossningszoner och materialupplag finns på arbetsplatsen (Lundesjö, 2015). Lager på eller utanför arbetsplatsen kan också minska mängden samtidigt material på arbetsplatsen och förbättra kontrollen av var material finns (Spillane och Oyedele, 2017). Dedikerade materialhanterare kan även öka hantverkarnas värdeadderande tid och minska risken för materialrelaterade olyckor (Sundquist *m. fl.*, 2018). Sammantaget kan insatser i bygglogistik ge bättre ekonomi för projekten och företagen, bättre arbetsmiljö genom kontroll över material på arbetsplatsen och i flödena till och från byggarbetsplatsen samt minskad negativ påverkan på miljön.

Den andra viktiga delen av bygglogistik är material- och resursleveranser till och från byggarbetsplatsen. Rapporter från Sverige, Belgien och Storbritannien uppskattar att byggrelaterade transporter uppgår till mellan 17 och 22 % av stadens godstransporter (Department for Transport, 2017, Sveriges Byggindustrier, 2010, Strale *m. fl.*, 2015) och Guerlain *m. fl.* (2019) rapporterar till och med att byggtransporter kan stå för så mycket som 30% av stadens godstransporter. I stadsutvecklingsprojekt innebär det att dessa transporter utförs i städer. Samtidigt ställer kommuner och stora beställare krav och sätter upp regelverk i det urbana transportsystemet och byggarbetsplatsernas närliggande områden i form av utrymmesbegränsningar, framkomlighetskrav, miljöhänsyn, bullerkrav och en strävan att minimera olyckor (Carlsson och Janné, 2012, Dablanc, 2007). Alla dess regler och krav är också något som vi måste förhålla oss till när bygglogistiken planeras och operationaliseras.

För att hantera byggtransporterna måste dessa koordineras på ett sätt som gör att deras påverkan på transportsystemet minimeras (Guerlain *m. fl.*, 2019) samtidigt som byggprojekten kan fortlöpa utan risk för störningar på grund av missade materialleveranser (Dubois *m. fl.*, 2019). Ett sätt att hantera bygglogistiken är genom så kallade bygglogistiklösningar (Guerlain *m. fl.*, 2019). De i nuläget vanligast förekommande bygglogistiklösningarna är terminaler (bygglogistikcenter) och

checkpoints (se figur 2). Syftet med de här typerna av lösningar är att styra och samordna byggtransporter. Tillvägagångssättet är dock olika för de två grundtyperna. En terminal i form av ett bygglogistikcenter (BLC) samlar varor för att minska trafiken till arbetsplatsen (se Hamzeh *m. fl.*, 2007, Transport for London, 2013) men kan också erbjuda andra tjänster såsom kittning och korttidslagring (Selviaridis och Spring, 2007). Checkpointen å sin sida syftar till att samordna leveranser just-in-time (JIT) genom planeringsarbete (se Ekeskär och Rudberg, 2016). På så sätt leder inte en checkpointlösning nödvändigtvis till färre transporter, men den ger en ökad kontroll över när leveranserna sker (Dubois *m. fl.*, 2019, Ekeskär och Rudberg, 2016). En gemensam förutsättning för de två lösningarna är att de är beroende av att ha ett gemensamt planeringssystem för att styra över och bestämma när och var leveranserna sker (Thunberg och Fredriksson, 2018). Logistiklösningar kan initieras och utformas av olika intressenter; t.ex. byggherren (Ekeskär och Rudberg, 2016), kommunen (Transport for London, 2013), huvudentreprenörer (Lindén och Josephson, 2013), eller enskilda projekt (Lindén och Josephson, 2013).



Figur 2 – Funktionaliteten hos ett BLC respektive hos en checkpoint

I en kartläggning av Fredriksson *m. fl.* (2021) studerades vilka typer av tjänster som erbjöds som värdeadderande tjänster kopplade till de ovanstående bygglogistiklösningarna. Tjänster som bokningssystem, logistikkoordination, trafikvakter, inbärning och bodetablering var alla tjänster som kunde erbjudas genom dessa lösningar (Fredriksson *m. fl.*, 2021). Dock utgick tjänsterna från att det fanns en checkpoint eller terminal på plats som huvudsaklig tjänst. I ett modulariserat upplägg utgår designen av lösningen istället från vilka olika tjänster som kan kombineras ihop till en helhet passande det aktuella projektets behov (Janné, 2020). Här kan då terminaler och checkpoints användas i de fall behov finns för att vid andra fall ”släckas” i den totala lösningens Upplägg. På så sätt skapas ytterligare resurseffektivitet för byggprojektet i och med att man bara använder (och betalar) för de tjänster som krävs i de olika faserna.

Om man blickar bortom landets gränser och ser hur bygglogistiklösningar används i olika delar av världen kan man konstatera att Sverige och Europa är långt framme i användandet av bygglogistiklösningar. Enligt en litteraturstudie av Janné (2018) kommer forskningen inom bygglogistiklösningar framförallt från Sverige, Storbritannien och Nederländerna. Det indikerar att de här länderna kan vara föregångare i användandet av bygglogistiklösningar och att andra regioner kan lära av de lösningar som har studerats i dessa länder. Lösningarna som har implementerats och studerats har dock ofta varit terminalbaserade (Lundesjö, 2015) eller att kravställa att logistikplaner används (Transport for London, 2013).

2.2 Transporteffektivitet

Transporteffektivitet kan definieras som att utföra det transportarbete som behöver utföras från det att gods lastas till det att lossas samtidigt som man minimerar resursutnyttjandet utan att försämra logistikprestandan vad gäller leveransservice och kostnader (Arvidsson *m. fl.*, 2013). Enligt Moen (2016) beror transporteffektiviteten på hur resurserna används. Dessa resurser inkluderar affärsmodeller, fordon, förare, informationsteknik och infrastruktur (Moen, 2016).

Resursutnyttjandet inkluderar såväl transporttid, sträcka och bränsleförbrukning med målet att säkerställa leveranser och minska miljöpåverkan från de utförda transportererna (Naz, 2022). Arvidsson *m. fl.* (2013) framhåller att förutom tekniska förbättringar spelar även beteende- och operativa aspekter en stor roll för att förbättra transporteffektiviteten.

Att förbättra transporteffektiviteten är avgörande för att minska miljöpåverkan (McKinnon, 2018). För att uppnå denna ambition kan man arbeta med parametrar som fyllnadsgrad, fordonseffektivitet, förarbete och tomkörningar. Fyllnadsgrad avser hur mycket av fordonets kapacitet som utnyttjas och mäts vanligtvis i vikt, eller i fallet med produkter med lägre densitet, volymmått (McKinnon, 2018). Fordonseffektivitet kan istället definieras som förhållandet mellan tillryggalagd sträcka och förbrukad energi och tar hänsyn till fordonsegenskaper som drivmedel, men även de trafikförhållanden som transportererna måste hantera (McKinnon, 2018). Även förarens beteende har påverkan på transporteffektiviteten beroende hur föraren kör för att minska bränsleförbrukningen och därmed maximera effektiviteten (Arvidsson *m. fl.*, 2013). Att hålla lämplig hastighet, minimera fordonets tomgång och att minska kraftiga accelerationer och inbromsningar påverkar miljöpåverkan från de enskilda transportererna (Arvidsson *m. fl.*, 2013). Tomkörning innebär att fordon färdas tomma och uttrycks som procentandelen av totala fordonskilometer som körs tomma (Arvidsson *m. fl.*, 2013, McKinnon, 2018). Om dessa parametrar förbättras kan resurser såsom tid, transportarbete, bränsleförbrukning och energiförbrukning förbättras avsevärt (Naz, 2022).

2.2.1 Mätetal för transporteffektivitet

Målet med byggtransporter är att säkerställa att byggmaterial finns på plats i projekten när det behövs för produktionens framskridande (Ying *m. fl.*, 2018). Om material finns på plats när produktionen behöver det så behöver yrkesarbetarna inte vänta på materialet och projektets produktivitet kan förbättras. Naz (2022) menar därför att det ur entreprenörens perspektiv är viktigt att mäta och följa upp transporter till projekten för att på så sätt kunna säkerställa att material beställs i rätt tid för att leveransplanerna skall fungera med produktionsplanen. Här lyfter Naz (2022) prestationsmått som leveranstid, perfekt orderuppfyllelse, leveranssäkerhet med flera är viktiga att följa upp. Genom att mäta leveransledtiden kan den totala tiden som det tar från orderläggning till ordermottagande bedömas vilket i sin tur kan ge förutsättningar för att planera för när man behöver ta emot materialet. Med bättre planering och användning av planeringssystem kan hela transportledet och godsmottagningen förbättras inom byggprojekten (Naz, 2022, Arvidsson *m. fl.*, 2013). För att följa upp transporteffektiviteten och ge byggprojekt möjligheten att planera för hur och när material tas emot föreslås följande mätetal:

1. Turnaroundsid: Tiden det tar för ett fordon att anlända, lasta av/på och lämna site. Beräknas som $T_{ia} = \text{Avgångstid} - \text{ankomsttid}$
2. Ankomstprecision: Har leveransen kommit under bokad tidsfönster? Hur väl passar leveransen första respektive sista ankomsttid?
3. Avgångsprecision: Hur väl passar leveransen tidsfönstrets sluttid?
4. Min-, max- och medeltider för tidsfönster och turnaroundtider
5. Antal leveranser som är tidiga, sena och inom tidsfönster

3. TILLVÄGAGÅNGSSÄTT

Forskningsprojektet (EMBLA) har bedrivits som ett samverkansprojekt mellan Linköpings universitet, NCC och Nobolog i fyra arbetspaket (AP), där två AP:n (AP1: Projektledning och AP4: Avrapportering) har varit av mer administrativ natur och två (AP2: Kartläggning och AP3: Effekter) har bestått av själva forskningsverksamheten. Enligt Flick (2009) är fallstudier en bra metod att använda då det som undersöks inte tidigare har studerats så väl eller man vill skapa en djupare förståelse för fenomen genom att dedicera tid och resurser för att undersöka det på djupet.

EMBLA har begagnat sig av fallstudiemetoden för att undersöka hur modulariserade bygglogistiklösningar fungerar i komplexa projekt genom att studera NCC:s projekt Hangar 5.

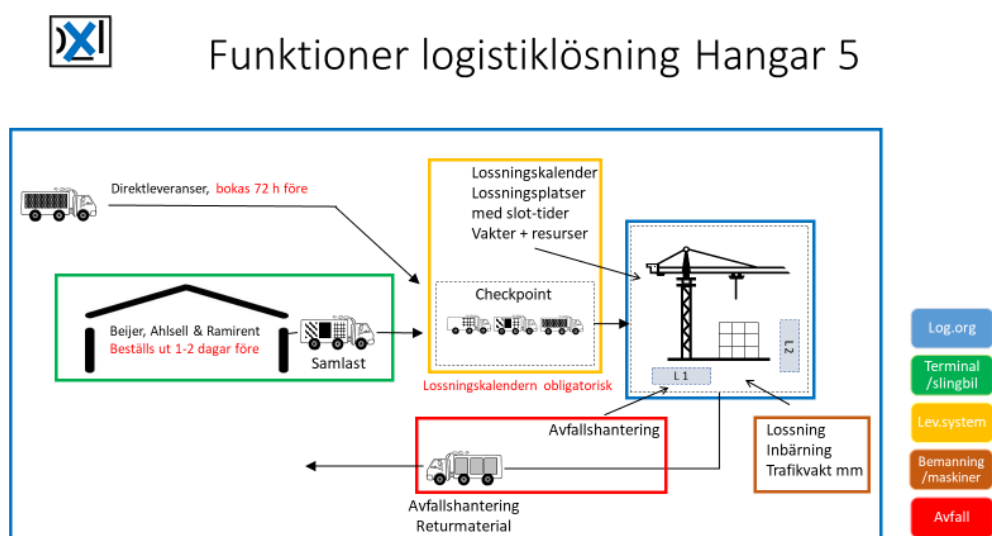
3.1 Fallet Hangar 5

Projektet Hangar 5 ägs av NCC Property Development som agerar beställare och fastighetsutvecklare i projektet. Projektet byggs av NCC Building och NCC Civil som utförarorganisationer. Projektet hade byggnadsstart 2018 och de första hyresgästerna började flytta in 2021. Produktionen har genomförts enligt tidplan med måluppfyllelse i samtliga beställarpunkter upprättade av NCC Property Development och fastigheten kommer att certifieras i BREEAM.

Hangar 5 omfattar fyra huskroppar som bildar ett helt nytt kvarter i Stockholms nya stadsdel Brommastaden. Kvarteret har en total bruttoyta om ca 82 000 kvadratmeter. I bottenplanet på de fyra huskropparna består av garage och en av de största ICA Maxi-butikerna i Sverige. Uthyrningsprocessen har pågått parallellt med entreprenaden. Praktiskt innebär det att hyresgästanpassningar, etableringen av en förvaltningsorganisation och inflyttning av hyresgäster sker löpande under projektiden.

Hangar 5 ligger logistiskt utmanande då det omgärdas av flygplatsinfarten till Bromma Flygplats, Ulvsundaleden och Tvärbanans Kistagren mot Bromma Blocks handelsplats. Två försvarande omständigheter är omkringliggande projekt och att flygplatsinfarten är en riksangelägenhet med särskilda krav på framkomlighet. För att hantera den komplicerade logistiksituationen i projektet anlätande NCC en extern expertorganisation i form av Nobolog som logistikutförare.

Vid Hangar 5 nyttjas en logistiklösning bestående av fem moduler; (1) logistikorganisation med samordningsforum och controller, (2) checkpoint, slingbil och terminal där anslutna leverantörer lagrar, kittar och samlastar sitt gods innan leverans till Hangar 5, (3) leveransplanering med central koordinering och system där ytor och resurser bokas, (4) bemanning och maskiner för eventuellt stöd i lossning, lastning och flytt av material, organiserat under NCC och (5) avfallshantering med operatör knuten till NCC där transportererna bokas in i samma leveransbokningssystem som materialleveranser till Hangar 5. Figur 3 nedan visar hur funktionerna hänger ihop i den logistiklösning som nyttjats vid Hangar 5.



Figur 3 – Funktioner och flöden i logistiklösning Hangar 5

3.2 Kartläggning

Kartläggningen i AP2 bygger på metoden Service Blueprinting (Bitner *m. fl.*, 2008) som är ett kartläggningsverktyg som visualiserar relationerna mellan olika tjänstekomponenter (dvs människor, processer, enheter, etc.) (Radnor *m. fl.*, 2013). Service Blueprints ger en djupgående förståelse för hur tjänster, resurser och processer hänger ihop och syftar till att visa potentiella förbättringar (Radnor *m. fl.*, 2013) i exempelvis ett bygglogistikupplägg. Service Blueprints är relativt enkla och lätta att förstå genom deras grafiska representation (Bitner *m. fl.*, 2008). Enligt Bitner *m. fl.* (2008) består en typisk Service Blueprint av fem komponenter:

1. "Fysiska bevis" ("Physical evidence") är de aktiviteter och resultat som kunden kan se, exempelvis att en materialleverans har burits in till inbyggnadsplats.
2. "Kundåtgärder" ("Customer actions") inkluderar de steg som kunden tar som en del av tjänsteleveransprocessen, exempelvis att registrera materialbeställningar i en leveranskalender.
3. "Synliga handlingar" ("On-stage action") är de aktiviteter som utförs av tjänsteleverantören som en del av ett fysiskt möte, exempelvis kontroll av dokumentation och varor när leveranser anländer till byggprojektet.
4. "Osynliga handlingar" ("Backstage action") är de interaktioner med kunder och leverantörer som inte syns såväl som de aktiviteter som utförs för att betjäna kunden, exempelvis telefonsamtal eller uppdaterade leveransplaner.
5. "Stödprocesser" ("Support processes") är aktiviteter som utförs av personer och enheter inom företaget som behöver ske för att tjänsten ska kunna levereras, exempelvis att sätta upp regelverk för hur en bygglogistiklösning skall användas.

För att kunna utföra Service Blueprintingen genomfördes intervjuer med NCC, Nobolog, Ahlsell och Beijer för att fånga deras syn på logistikprocessen, från utformande av lösningen till inleverans av gods och upphämtning av avfall från byggarbetsplatsen. Dessa intervjuer ledde fram till initiala kartläggningar som sedan diskuterades med respondenterna för att förfinas ytterligare. Genom kartläggningen skapades en förståelse för bygglogistiklösningens funktion men hjälpte även till att identifiera möjliga problem- och förbättringsområden.

3.3 Transportuppföljning

Som tidigare nämnts är Hangar 5 ett projekt som är omgivet av andra byggprojekt, stora genomfartsleder och Bromma flygplats. En viktig målsättning med den bygglogistiklösning som satts upp för projektet har därför varit att hantera transportflödena till och från byggprojektet. För att ha kontroll över transportflödena följs alla transporter till och från projektet upp på aggregerad nivå. Detta görs för att dels skapa ett statistiskt underlag för transporterna, dels för att kunna förändra och förbättra transportstyrningen i projektet genom att exempelvis kunna koppla på eller ifrån tjänstemoduler under projektets gång. Den statistik som har samlats in under projektet Hangar 5 har delats med forskarna i EMBLA för att kunna användas som bakgrundförståelse för hur transportmönstren ser ut i ett projekt av Hangar 5:s storlek.

Under en period av sju månader (maj till november 2021) följdes även leveranserna till Hangar 5 upp mer detaljerat genom manuell registrering av datum, boknings-ID. Bokats tidsfönster, ankomsttid, avgångstid, fordonstyp, antal fordon, företag, slutdestination, vilken grind som användes, lossningszon samt i förekommande fall godsvikt och notering om leveransen. Efter datavätt och strukturering av datasetet kunde den insamlade datan användas för att beräkna de transporteffektivitetsmått som presenterades i kapitel 2.2.1 samt för att kategorisera leveranserna i fem transportkategorier; återkommande slingbil, återkommande leverantör, sällanleverantör, ej till produktion (kaffe, toalettpapper, etc.) samt leverans till hyresgäst. Utifrån dessa kategorier och de framtagna transporteffektivitetsmått (se kapitel 2.2.1) analyserades den detaljerade datan för att skapa en uppfattning om hur logistiklösningen har fungerat under Hangar 5-projektet.

3.4 Avrapportering av resultat

Forskningsresultat behöver spridas för att kunna nå ut till berörda branschintressenter och andra forskare inom samma eller närliggande forskningsområden. Under EMBLA:s gång har resultat redovisats till den referensgrupp som har varit knuten till projektet genom referensgruppsmöten. Huvudsaklig avrapportering av projektresultaten är denna rapport som dels tillgängliggörs via SBUF:s projektportal samt delas till referensgruppen och övriga projektintressenter, exempelvis NCC Property Development, NCC Building, NCC Civil och Nobolog för att användas i deras framtida arbete med bygglogistikfrågor och för att spridas inom NCC-sfären.

4. RESULTAT AV STUDIEN

Projektets övergripande syfte har varit att undersöka vilka effekter de strukturella förändringarna av bygglogistiklösningar får för byggprojekt och leverantörerna samt att kunna visa på vilka modulariserade bygglogistiklösningar som skall användas vid olika typer av byggprojekt med avseende på storlek, läge och typ av produktionsupplägg.

4.1 Kartläggning

Kartläggningen av lösningen har involverat fyra olika parter (NCC, Nobolog, Ahlsell och Beijer) och har på så sätt kunnat ge olika perspektiv på hur lösningen vid Hangar 5 har fungerat och hur man har arbetat med lösningen. De fullständiga kartläggningarna är bifogade i bilagorna 1 – 7.

NCC såg en risk att placeringen av Hangar 5 skulle kunna leda till problem med logistiken och i förlängningen att projektet skulle kunna bli försenat om materialflödena till, från och på byggarbetsplatsen inte hanterades strukturerat under projektets gång. Man kontaktade Nobolog som analyserade projektets logistikförutsättningar och föreslog en **Design av lösning** innefattande såväl logistikstyrning som tjänster i form av checkpoint, slingbil, terminal, boknings- och koordineringssystem, bemanning för inbärning, maskiner och avfallshantering. Till detta levererades även ett första förslag på regelverk för hur entreprenörer och leverantörer ska förhålla sig till logistiklösningen. NCC granskar förslaget och bestämmer vad de vill styra själva och lämnar feedback till Nobolog som omarbetar lösningsförslaget och förslaget på regelverk. Bland annat valdes bokningssystemet bort till förmån för NCC:s egen lossningskalender. Förslaget godkänns av NCC som upphandlar utförandeorganisationen.

Regelverket innehåller grundinformation om projektet, hur leveransinformation skall struktureras enligt BEAst-standard och inkludera storlek på fordon, tidsgränser och leveransadresser, logistikförutsättningarna i projektet (infarts- och utfartsvägar, tidbokning) samt eventuella viten vid hinder av trafik, störande av ordning (ex. genom att inte röja väg) och sena leveranser.

Under **Operationaliseringen av bygglogistiklösningen** tydliggörs eventuella projektspecifika anpassningar av lösningen för att passa Hangar 5 och utnyttjandet av lösningen och resursättandet av den planeras. Under operationaliseringen av bygglogistiklösningen kontrakteras även eventuella terminal- och systemlösningar som behövs för att bygglogistiklösningen skall fungera under projektets gång. Ett startmöte hålls med entreprenörer och leverantörer där bygglogistiklösningen samt verktygen, utrustningen och den fysiska ytan som ska användas presenteras. På startmötet tar man även upp frågor som kräver extra fokus och planering för att alla inblandade parter ska ha samma förutsättningar att kunna göra rätt. Efter startmötet görs eventuella mindre anpassningar och ett slutgiltigt förslag presenteras. Detta förslag ligger till grund för operatörens bemannings- och resursplan.

Materialanskaffningen har två möjliga startpunkter; dels de strategiska upphandlingar och inköp som görs av NCC:s inköpare, dels de löpande avropen som platsledningen gör mot leverantörerna (i detta fall Ahlsell och Beijer). Hos leverantören registreras dessa inköp i ordermottagningssystem

och NCC registrerar leveranstidpunkt, leveransplats, kvantiteter, storlekar, materialslag och nödvändig hanteringsutrustning i leveranskalendern. I samband med registreringen i leveranskalendern kontrolleras också om den föredragna leveranstidpunkten är möjlig, alltså om NCC har kapacitet att ta hand om leveransen. Samtidigt som NCC kontrollerar om det är möjligt ur ett entreprenörsperspektiv att ta emot sändningen planerar logistikorganisationen för mottagningen på projektområdet ur ett logistikperspektiv (**Materialbokning**) vilket i sig innebär en kontroll av om det finns mottagningsresurser och lossningsplatser tillgängliga. Om någon av de två kontrollerna visar att leverans inte är möjlig gör NCC en ombokning. Oavsett vad kontrollen ger för utfall (möjligt eller inte möjligt att ta emot) går en signal till leverantören som därmed kan förbereda för leverans och plocka material eller omplanera sin egen verksamhet. Om leverans är möjligt enligt planen så informerar projektet leverantören om de logistikförutsättningar som gäller samtidigt som logistikorganisationen planerar för mottagnings- och inbärningsresurser och eventuella trafikvakter. I och med att leveransen förbereds planerar leverantören leveransen och skickar en orderbekräftelse samt faktura till NCC. När leveransen avgår från leverantören aviseras densamma till projektet.

Planeringen för **Leveransmottagningsprocessen** kan påbörjas på byggprojektet i samband med materialbokningsprocessen så när transportören anländer till byggprojektet har logistikoperatören säkerställt att det finns tillgängliga resurser för att ta emot transporten. När transportören anländer till byggprojektet stämmer trafikvakterna av mot leveranskalendern om leveransen är bokad. Om det är en obokad leverans som anländer söker trafikvakterna upp entreprenören för att meddela att det har kommit en obokad leverans. NCC gör då en konsekvensanalys av om man behöver och kan ta emot materialet. Om man anser att materialet kan eller behöver tas emot försöker logistikoperatören lägga pussel för att kunna ta emot materialet. Om det inte går att ta emot en leverans (obokad eller bokad) så avvisas transportören. Om det däremot är en bokad leverans eller man har bedömt att det går att ta emot den obokade leveransen så öppnar trafikvakterna grinden och transportören kan fortsätta till anvisad lossningsplats där logistikoperatören möter upp och stämmer av att informationen i bokningen stämmer med vad som levereras. Samtidigt kontrolleras godset för att säkerställa att det är oskadat. Om godset är rätt och oskadat lossas och sorteras om det är en slingbil. Därefter tas godset till leveransplatsen och en signal går till entreprenören att godset är ankommet. Därefter tas godset sista biten in till inbyggnadsplats. Efter lossning släpper trafikvakterna ut transportören från området och spärrar eventuellt av trafiken om det behövs. Om godsbesiktningen visar att godset är skadas lossas det inte innan entreprenören har kontaktats. I det fallet får entreprenören besluta om det ska lossas ändå för att kunna använda delar det levererade materialet.

Som uppföljning i leveransmottagningsprocessen arbetar NCC med erfarenhetsåterföring till leverantörer i de fall det rör sig om obokade leveranser. I samma situation noterar logistikorganisationen att det har varit avvikelser från bokningsrutinerna. När leveranser tas emot och godset levereras till leveransplats samlas följesedlar in och stäms av mot inköp och fakturering. Operatören gör även statistik manuellt över vad som har anlänt, vilken typ av fordon det rör sig om och vilka tjänster man har använt för att hantera det mottagna godset. Denna statistik ligger även till grund för jämförelse av fakturerade tjänster till de olika delentreprenörerna.

Hos leverantörsföretagen (Ahlseil och Beijer i denna kartläggning) startar det interna arbetet med materialleverans i och med att Hangar 5 skickar en order eller ett EDI-avrop. Hos Ahlseil går EDI-avropet in i deras inköpsportal och vidare in i deras ordersystem, medan det hos Beijer går till en EDI-inkorg hos den filial som är knuten till Hangar 5-projektet och vidare in i deras ERP-system. Därefter börjar **Orderhanteringsprocessen** skilja sig åt mer hos de två leverantörerna.

Hos **Ahlseil** fortsätter orderhanteringsprocessen med att det genereras en intern orderbekräftelse och en lagersaldokontroll utförs. Därefter skickas en orderbekräftelse till Hangar 5, antingen en fullständig (hel) eller en delbekräftelse beroende på hur lagersaldot ser ut. Vid delleverans sker en

diskussion mellan beställare på Hangar 5 och säljare hos Ahlsell om hur leveransen ska utföras. Olika alternativ är möjliga som exempelvis att samlasta delleveranserna med andra leveranser eller att en restleverans går ut till projektet som en enskild leverans. När orderbekräftelsen har gått till Hangar 5 påbörjas plock och packning hos Ahlsell genom att detta planeras in i deras plock- och packningssystem. Detta avgör också vilken typ av leverans och fordon som bokas i Ahlsells transportbokningssystem (TA-system). Samtidigt som plock och pack utförs går fakturan till projektet och bilar avropas för leverans ut till byggarbetsplatsen. Det kan handla om fjärrbilar, slingbilar, eller bilar för ex. plåt eller långgods. Det här förs in i TA-systemet som i sin tur genererar leveransmärkning. På terminalen i Norsborg sorteras det utgående godset baserat på ett postnummersystem där olika projekt har fått ett unikt postnummer. Därefter lastas godset och körs ut som en normalleverans, en restleverans eller en samlastad leverans. Sorteringsfunktionen har gjort att Ahlsell har kunnat samlasta el-, rör-, och byggmaterial till projektet, leveranser som annars hade gått med enskilda bilar. När godset anländer till Hangar 5 så tas det emot enligt projektets rutiner. Vid eventuella avvikelser i leveransen skapas och skickas en avvikelserapport. Här har man noterat att en stor del av avvikelser i tid beror på att man inte delar data genom en gemensam plattform eller EDI. De EDI-kopplingar som finns ligger i början av orderhanteringsprocessen, men eventuella uppdateringar av produktions- och leveranstidplaner kommuniceras inte på samma sätt vilket gör att det kan vara svårt att få in all information i flödet.

Hos **Beijer** skapas en skarp order i och med att EDI-ordern kommer in i deras ERP-system. Därmed skapas ett ordererkännande till kund och en leveransorder skapas i Beijers transportplaneringssystem och ett plockuppdrag skapas i deras lagerhanteringssystem. Plockuppdragen delas på olika zoner i lagret och plocklistor skickas till plockarnas handdatorer. Godset plockas i de olika zonerna och tas till en ”stagingplats” i terminalen där det skapas en fysisk sändning. I arbetet med att skapa sändningen ingår även uppmärkning enligt BEAst och emballering av godset. När plockuppdraget är färdigt stängs det och en pdf med sändningen genereras och skickas via mail till NCC och logistikorganisationen som leveransbekräftelse. Leveransbekräftelsen innehåller information om kollin och innehåll. När plocket är klart kopplas sändningen mot en specifik bil i transportplaneringssystemet och lastuppdraget skapas. Chauffören plockar hem lastuppdraget i sin mobiltelefon via systemet Mobile link och ett sms går till platsledningen på Hangar 5 att lastningen är på gång. Lastningen valideras i en scanner och skeppas i lagerhanteringssystemet. Därefter påbörjas transporten till projektet och ett nytt sms skickas till arbetsplatsen att leveransen är på väg. När leveransen anländer till projektet startar mottagsprocessen på projektet enligt de satta rutinerna. När leveransen anländer ändras dess status till ”arrive” och man skapar ett ”proof of delivery” med bilder på godset och påskrifter. Man samlar även in de fysiska följesedlarna. Ordern sätts även i status ”fakturering” och fakturan går till NCC, antingen på individnivå eller arbetsplatsnivå. Faktureringen kan ske på daglig eller månatlig basis.

4.2 Mätbara transporteffekter

Under tidsperioden 2021-05-03 – 2021-11-30 genomförde logistikorganisationen manuell uppföljning av de leveranser som kom till projektet Hangar 5. Under denna tidsperiod togs 854 leveranser emot, fördelade på 913 fordon. För att följa upp transporteffektiviteten i dessa leveranser används För mätetalen som presenterades i kapitel 2.2.1 ovan:

1. Turnaroundsid: Tiden det tar för ett fordon att anlända, lasta av/på och lämna site. Beräknas som $T_{ta} = \text{Avgångstid} - \text{ankomsttid}$
2. Ankomstprecision: Har leveransen kommit under bokad tidsfönster? Hur väl passar leveransen första respektive sista ankomsttid?
3. Avgångsprecision: Hur väl passar leveransen tidsfönstrets sluttid?
4. Min-, max- och medeltider för tidsfönster och turnaroundsider
5. Antal leveranser som är tidiga, sena och inom tidsfönster

Leveranserna kategoriserades i fem transportkategorier; återkommande slingbil, återkommande leverantör, sällanleverantör, ej till produktion (kaffe, toalettpapper, etc.) samt leverans till hyresgäst. Under den studerade tidsperioden stod återkommande leverantörer och återkommande slingbilar för de i särklass största transportflödena. Båda kategorierna stod för 318 leveranser vardera fördelat på 351 fordon för de återkommande leverantörerna och 329 fordon för de återkommande slingbilarna. Sällanleveranserna stod för 165 leveranser på 171 fordon, ”ej till produktion” stod för sju leveranser på sju fordon och slutligen stod hyresgästleveranserna för 45 leveranser på 54 fordon. Den sista kategorin har inte en direkt påverkan på framdriften av projektet, men kan påverka projektets trafiksituation genom att de ändå kräver trafikvakter och att de bokas in i vad som kommer under en leveransdag. Dock går dessa leveranser till hyresgästernas egna lossningsplatser och kommer därför presenteras utan att analyseras vidare i följande avsnitt.

Det vi har sett i det här projektet, men även i andra projekt (se ex. Sezer och Fredriksson (2021) och Naz (2022)), är att turnaroundtiden har en stor påverkan på transporteffektiviteten i ett byggprojekt. Som definierat i kapitel 2.2.1 ovan så är turnaroundtiden den tid det tar för ett fordon att anlända, lasta av/på och lämna site. Ju effektivare logistikhanteringen och mottagsprocessen är på site, desto kortare blir turnaroundtiden. Följden blir att nästa fordon kan komma in och lossas på lossningsplatsen snabbare och eventuella köar kan kortas ner. Tabell 1 nedan visar de uppmätta min-, max- och medeltiderna för tidsfönster och turnaroundtider för de leveranser som skedde under tidsperioden 2021-05-03 – 2021-11-30.

	Tidsfönster			Turnaroundtid		
	Min	Max	Medel	Min	Max	Medel
Återkommande slingbil	00:15:00	08:00:00	01:24:31	00:00:00	03:55:00	00:20:20
Återkommande leverantör	00:05:00	07:00:00	01:21:47	00:00:00	06:50:00	00:31:44
Sällanleverantör	00:15:00	09:00:00	01:39:16	00:01:00	07:00:00	00:25:56
Ej till produktion	02:00:00	02:00:00	02:00:00	00:03:00	00:35:00	00:09:00
Leverans till hyresgäst	00:30:00	14:00:00	03:14:40	00:05:00	07:05:00	00:55:05

Tabell 1 – Min-, max- och medeltider för tidsfönster och turnaroundtid

EMBLA-projektet har visat att medelturnaroundtiden för återkommande slingbilar är 20 minuter och för återkommande leverantörer är den 31 minuter. Samtidigt är de bokade medeltidsfönstren för de här två kategorierna 1 timme 24 minuter (återkommande slingbilar) respektive 1 timme 21 minuter (återkommande leverantörer). För sällanleverantörer och ”ej till produktion” är medelturnaroundtiden 26 minuter (sällanleverantörer) respektive 9 minuter (ej till produktion) och de bokade tidsfönsterna är 1 timme 39 minuter (sällanleverantörer) respektive 2 timmar (ej till produktion). Ministidsfönsterna är bokade till 15 minuter för återkommande slingbilar och sällanleverantörer, 5 minuter för återkommande leverantörer och 2 timmar för ”ej till produktion”.

Maxtidsfönstren för de återkommande slingbilarna är 8 timmar och för återkommande leverantörer 7 timmar. I fallet med de återkommande slingbilarna är 8 timmar en klar outlier, det har skett vid ett tillfälle, men sjutimmarstidsfönstren har bokats vid 18 tillfällen för de återkommande

leverantörerna. I fallet med åttatimmerstidsfönstret var turnaroundtiden fem minuter medan det i sjutimmarsfallet varierade mellan som lägst 2 timmar 35 minuter och 6 timmar 50 minuter med ett medel på 4 timmar 43 minuter. Även hos sällanleverantörerna hittar vi outliers; en på 9 timmar med turnaroundtiden 9 minuter, två stycken på 8 timmar 30 minuter med turnaroundtider på 5 respektive 32 minuter och en på 8 timmar med 5 minuters turnaroundtid. Samtliga leveranser bokade som ”ej till produktion” var bokade som tvåtimmars tidsfönster med en medelturnaroundtid på 9 minuter. Rensar man för outliers i återkommande slingbilar och sällanleverantörernas leveranser så justeras medeltidsfönstren till 1 timme 23 minuter för slingbilarna och 1 timme 29 minuter för sällanleverantörerna. Samtidigt justeras medelturnaroundtiden till 26 minuter för sällanleverantörer medan den ligger kvar på 20 minuter för återkommande slingbilar.

Tittar man på miniturnaroundtiderna för de olika leveranskategorierna så har återkommande slingbilar och återkommande leverantörer en miniturnaroundtid på 0 minuter (en leverans vardera), sällanleverantörer har minimum 1 minut, ”ej till produktion” har 3 minuter och ”leverans till hyresgäst” har 5 minuter. Det är naturligtvis inte rimligt att man har en turnaroundtid på 0 minuter vare sig som slingbil eller återkommande leverantör. Här visar sig problematiken med att följa upp manuellt; dels kan det handla om leveranser som har skett innan personalen kommit på plats (exempelvis kan det ha lämnats mindre paket utanför grindar) och dels kan det handla om att man har missat att logga tiden när leveransen har skett och istället registrerat det som att en leverans ankom och avgick samtidigt. I fallen med 1 minut upp till 4 minuter turnaroundtid handlar det om fåtalet leveranser, totalt 17 slingbilar och 11 återkommande leverantörer. Utifrån dataunderlaget är det svårt att avgöra om turnaroundtiden verkligen har varit så kort, men om man ser på 5 minuters turnaroundtid så ökar antalet leveranser drastiskt för såväl slingbilar (50 av 318) och återkommande leverantörer (71 av 318). Det är därför inte orimligt att många av leveranserna i dessa kategorier är av en snabb karaktär.

Av intresse är också hur pass väl de bokade tidsfönstren hålls av leveranserna. Tabell 2 nedan presenterar ankomstprecision och avgångsprecision under tidsperioden 2021-05-31 – 2021-11-30. En leverans anses vara tidig om den ankommer innan tidsfönstrets starttid. Om den istället kommer på eller efter utsatt sluttid anses den vara sen. På motsvarande sätt anses en leverans ha avgått tidigt om den lämnar projektet före eller på utsatt starttid för tidsfönstret och sen om den lämnar efter att sluttiden för tidsfönstret har passerat.

	Ankomstprecision			Avgångsprecision			Tidsfönsterprecision
	Inom tidsfönster	Tidiga	Sena	Inom tidsfönster	Tidiga	Sena	Helt inom tidsfönster
Återkommande slingbil	46	246	26	41	239	38	35
Återkommande leverantör	54	254	9	69	234	14	50
Sällanleverantör	45	104	16	46	97	22	40
Ej till produktion	3	4	0	2	4	1	2
Leverans till hyresgäst	2	42	1	5	38	2	2

Tabell 2 – Ankomst- och avgångsprecision

Vad Tabell 2 ovan visar är att majoriteten av alla leveranser ankommer tidigt till projektet och lämnar också tidigt, alltså innan det bokade tidsfönstret ens har börjat. Det bör i detta läge noteras att mätningarna ovan gjordes under en tid då Sverige och världen påverkades av Covid 19-pandemin. I uppföljningar gjorda av Trafikverket (Åstrand, 2021) och mätningar gjorda av Trafik Stockholm noteras en minskning i den totala trafiken i Stockholm under pandemiåret 2020. En möjlig förklaring till att många leveranser kommer tidigt till projektet kan ligga i att man har varit van vid den trafiksituation som var innan pandemin och har antagit att trafiksituationen under 2021 skulle vara densamma. Man har därför tagit till när man har bokat sitt tidsfönster och sedan ankommit tidigare då det trafikflödet har varit lättare.

Den minskade trafiken kan dock inte förklara alla tidiga leveranser. Från projektet Hangar 5:s sida har man varit tillmötesgående och velat ta emot de leveranser som anländer, oavsett om man har kommit tidigare eller senare än planerat. Detta har varit till fördel för såväl leverantörer som projektet i de fall man har haft möjlighet att ta emot materialet. Samtidigt har det också gett en signal av att det är okej att inte hålla de bokade tidsfönstren. Som Tabell 2 visar är det endast 35 återkommande slingbilar, 50 återkommande leverantörer, 40 sällanleverantörer och 2 ”ej till produktion” som har hållit sig helt inom de bokade tidsfönstren, alltså ankommit till och lämnat byggarbetsplatsen under det bokade tidsfönstret. På ett sätt visar detta på en flexibilitet och anpassningsförmåga i logistiklösningen, men det ger även indikationer på att mandatet att upprätthålla bokningsreglerna är lågt för logistikorganisationen.

5. AVSLUTANDE DISKUSSION

Under kartläggningsfasen av EMBLA-projektet har vi sett att valet av tjänstemoduler påverkar hur bygglogistiklösningen fungerar i det operativa logistikarbetet i byggprojektet. En av de tjänster som erbjöds var ett integrerat planeringssystem. Detta valdes bort till förmån för NCC:s egen lossningskalender. Problemet som uppstod genom detta val var att informationsflödet försvårades genom bristande integration mot andra systemlösningar. Många av de informationslösningar som användes av leverantörerna hade kunnat kopplas mot ett system genom EDI-ingångar (Electronic Data Interchange) eller API:er (Application Programming Interface) men detta saknades det stöd för i lossningskalendern under projektets gång. Detta har som beskrivits i kapitel 4.1 inneburit att såväl leverantörer som logistikorganisation och NCC själva har fått använda mail, sms och telefoner till en stor del av kommunikationen. Detta skapar, förutom risk för ofullständig data, merarbete och kostnader i form av tidsåtgång för kommunikationen. Med ett integrerat system som kan prata med leverantörernas system *och* lossningskalendern så skulle man skapa ett säkrare underlag för leveransuppföljning och kommunikation.

Under Hangar 5-projektets gång har Nobolog även haft möjligheten att stresstesta den modulära lösningen man erbjuder. Terminalen var kontrakterad till en underleverantör som under projektets gång meddelade att man skulle sälja av sina verksamheter, bland annat den terminal som var kontrakterad att användas i Hangar 5 under de tider en terminal behövdes. Detta innebar att Nobolog var tvungna att snabbt få fram en alternativ terminalleverantör/operatör vilket man fann i Beijer. Den förändring man var tvungen att göra var att meddela en annan leveransadress än den som ursprunglig hade angivits till de leverantörer vars gods behövde samlas. Detta fungerade utan störningar. Hade lösningen varit uppbyggd mer traditionellt med terminal och terminaloperatör som grundbult i helhetslösningen hade det varit svårare att byta terminal.

Ur transportuppföljningen som genomfördes under projektet kan vi konstatera att bokade tidsfönster vanligtvis inte passas. Såväl ankomst till som avgång från projektet sker tidigt, ofta innan det bokade tidsfönstret ens har startat. Två slutsatser kan dras från den observationen. Den första är att såväl NCC som deras logistikoperatör har en inbyggd flexibilitet i sina system som gör att man faktiskt *kan* ta emot gods tidigt. Logistikorganisationen vid Hangar 5 har haft fler

uppgifter och jobbat dynamiskt med inbärning, materialförflyttning och avfallshantering löpande under dagarna vid sidan av ren lossning, godsmottagning och materialsortering. Den flexibiliteten i arbetsuppgifter har inneburit att logistikorganisationen har påverkats mindre av överkapacitet i tidsfönster och faktisk ankomsttid för transporterna. Det är en styrka att ha den flexibiliteten, men det kan underminera det regelsystem som man har enats om när logistiklösningen sattes.

Man kan naturligtvis vid en första anblick anse att det är en fördel att gods anländer tidigt snarare än sent och att man har kapacitet och utrymme att ta emot det när det anländer. Dock innebär det att man som leverantör kan frestas att sätta i system att boka ett godtyckligt leveranstidsfönster och bara "dyka upp" när det passar den egna verksamheten. Här rekommenderar EMBLA-projektet att regelefterlevnaden måste stramas åt. Dock har det här en stark koppling till informationsöverföringsproblematiken som beskrivits ovan; om informationen inte delas på ett bra sätt blir det svårt för en leverantör att planera utifrån vad som fungerar för projektet (se även Thunberg och Fredriksson (2018)). Om man till det lägger att projektet är berett att ta emot en leverans när den dyker upp, så skapas inte ett incitament att göra rätt i planering och leverans. En ytterligare faktor som försvårar med tidiga leveranser är att om man tar emot den direkt när den kommer så riskerar man att låsa en lossningsplats för en annan bokad leverans som på så sätt kan bli försenad i stället. I projektet Hangar 5 görs en kontroll av trafikvakterna när en leverans anländer, men detta är en aktivitet som i normalläget bara skulle behöva göras i de fall det är en avvikelser i leveranserna, inte vid varje ankommande leverans. Om det här skulle kunna automatiseras så skulle såväl tidsåtgång som trafikstyrningsresurser kunna minimeras vilket även skulle kunna ge en ekonomisk besparing.

Den andra slutsatsen som kan dras av transportuppföljningen är att de bokade tidsfönstren skulle kunna trimmas utifrån vad det är för typ av leverans som skall anlända och dess medelturnaroundtid. Turnaroundtiderna vid Hangar 5 har varit bra. Rensar man datan för outliers och leveranser till hyresgäster får man en total medelturnaroundtid på 26 minuter, baserat på 800 inkommande leveranser till projektet. Ser man till de två vanligaste leveranskategorierna "Återkommande slingbilar" och "Återkommande leverantörer" är deras respektive medeltidsfönster bokade till 1 timme 24 minuter respektive 1 timme 21 minuter medan deras medelturnaroundtider är 20 respektive 31 minuter. Det innebär att logistikorganisationen i värsta fall bokar upp mottagningsresurser för 1 timme 4 minuter respektive 50 minuter mer än vad som (i genomsnitt) behövs för dessa mottagningar. Även "Sällanleverantörer", "Ej till produktion" och "Hyresgästleveranser" visar liknande tendenser att boka betydligt längre leveranstidsfönster än vad som behövs för att ta emot och hantera leveranser. Här finns alltså tid och resurser att spara vilket skulle kunna leda till ett jämnare in- och utflöde på byggarbetsplatsen. Om tidsfönstren kan trimmas utifrån vad det är för typ av leverans kan regelverket för tidsfönster anpassas till de olika typerna av leveranser redan i planeringen och på så sätt ge ett bättre och mer ekonomiskt resursutnyttjande för godsmottagningen.

Att införa bygglogistiklösningar i stora stadsutvecklingsprojekt och citynära byggprojekt kan underlätta byggprocessen avsevärt. Under EMBLA har vi sett att med hjälp av modulariserade bygglogistiklösningar kan logistikprocessen dessutom strömlinjeformas utifrån rådande omständigheter. Under vissa perioder har logistioperatören kunnat koppla på terminallösningar för att kunna samlasta gods från olika leverantörer innan dessa levererades till byggarbetsplatsen. När terminalen sen inte behövdes har man kunnat koppla bort den från lösningen. Detsamma har varit situationen med checkpointlösningen. Under perioder där man har behövt styra om transportflöden till en väntepåls, exempelvis vid leverans av större element, så har man haft möjligheten att koppla på checkpointen och när man har sett att denna inte behövs längre så har man kopplat ifrån den. Detta skiljer sig mot de traditionella uppläggen som bygger på att man har antingen en terminal eller en checkpoint som grund för sin logistiklösning. Genom att betrakta de här

tjänstekomponenterna just som moduler i det totala tjänsteerbjudandet har man kunnat minska kostnaderna för att terminalisera gods eller styra om transportflödena med checkpoint.

Sammanfattningsvis kan vi utifrån EMBLA-projektet konstatera att med modulariserade bygglogistiklösningar kan vi hantera en del av de svårigheter i bygglogistikflödena som uppmärksammats genom projektets gång:

- Bristen på informationsdelning gör att planeringssystemmodulen blir väldigt central. Med ett gemensamt planeringssystem eller genom integration mellan olika parter system delas rätt information på rätt tid vilket är en förutsättning för att kunna följa uppsatta regelverk.
- Transporteffektiviteten behöver belysas i samband med väljandet av moduler som påverkar transporternas effektivitet, dvs checkpoint och terminal. Traditionellt väljs de i stor utsträckning baserat på magkänsla, vad logistikoperatörerna erbjuder och det behov av lagringsutrymme man har inom projektet.
- Ointresset för turnarounds tider visar på behovet av att tydligare visa nyttan av logistik på byggarbetsplatsen kopplat till lossning och lastning och inte enbart inbärning. Tidsfönsterstyrning för bättre turnarounde effektivitet kan vara en ny modul som inte tydligt finns idag.

6. VIDARE FORSKNING

I den här forskningen har vi inte kunnat göra några direkta ekonomiska analyser. Istället har vi varit tvungna att resonera kring tids- och resursutnyttjande. Att införa en gemensam bygglogistiklösning leder till bättre kontroll av logistiken till och från ett byggprojekt vilket i sin tur leder till effektivare materialflöden, bättre arbetsmiljö, minskad negativ miljöpåverkan och bättre ekonomi för projektet. Dock är det behäftat med en kostnad att ha en dedikerad bygglogistiklösning. Traditionellt har det inneburit att man har betalat för en terminal- eller checkpointlösning under ett helt projekt, medan det vi har sett i EMBLA är att dessa lösningar kan kopplas på eller ifrån vid behov. Detta borde leda till ännu bättre ekonomi för projekten. Utan möjlighet att göra en ekonomisk jämförelse mellan traditionella bygglogistiklösningar och modulära bygglogistiklösningar är det dock svårt att sätta ett värde på besparingarna utan att vara allt för spekulativa. Vidare forskningsarbete skulle därför behöva få tillgång till ekonomiska uppföljningar för att kunna jämföra hur olika typer av bygglogistiklösningar påverkar projekten ekonomiskt om vilka besparingar en modulariserad bygglogistik kan leda till.

I EMBLA-projektet har vi sett att informationsflöden mellan entreprenörer, logistikoperatörer och leverantörer har stor påverkan på hur effektivt logistikarbetet i ett byggprojekt genomförs. Fallstudien visar på att logistiken vid Hangar 5 har fungerat bra, men också att det finns svårigheter med att ha många olika planeringssystem som inte kommunicerar med varandra på ett integrerat sätt. Att en aktör sitter på mer information än motparten kallas för informationsasymmetri och kan i vissa fall leda till att man inte delar rätt information med varandra även inom en väletablerad affärsrelation där man strävar mot samma mål. En möjlig riktning för framtida forskning skulle vara att gå djupare in i problematiken kring informationsasymmetri mellan olika byggprojektparter som är beroende av ett nära samarbete för att undersöka vilken påverkan den har på projektets möjlighet att kunna avslutas på utsatt tid och inom budget.

Slutligen skulle det utifrån resultaten kring tidsfönstren vara intressant att se hur dessa kan styras tydligare baserat på olika leveranskategorier och hur man kan dimensionera tidsfönstren med hänsyn taget till osäkerheter i ankomsttid, turnarounds tid, lossningstid och resursbehov. Dimensioneringen av tidsfönstret skulle kunna baseras på efterfrågan av lossningstid och de nämnda osäkerheterna då det totala tidsfönstret blir efterfrågan av lossningstid plus en bufferttid. Bufferttiden bestäms genom att man anger en servicenivå för godsmottagningen baserat på hur många leveranser utanför tidsfönstret vi kan acceptera.

LITTERATURFÖRTECKNING

Arvidsson, N., Woxenius, J. & Lamngård, C. 2013. Review of Road Hauliers' Measures for Increasing Transport Efficiency and Sustainability in Urban Freight Distribution. *Transport Reviews*, 33, 107-127.

Bitner, M. J., Ostrom, A. L. & Morgan, F. N. 2008. Service blueprinting: a practical technique for service innovation. *California management review*, 50, 66-94.

Carlsson, C.-M. & Janné, M. 2012. Sustainable Urban Distribution in the Øresund Region. In: Carlsson, C.-M., Emtairah, T., Gammelgaard, B., Vestergaard Jensen, A. & Thidell, Å. (eds.) *Rethinking Transport in the Øresund Region: Policies, Strategies and Behaviours*. Lund: Lund University.

Dablanc, L. 2007. Goods transport in large European cities: Difficult to organize, difficult to modernize. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 41, 280-285.

Department for Transport 2017. Freight Carbon Review. In: Transport, D. F. (ed.). London, United Kingdom: Department for Transport (DfT).

Dubois, A., Hulthén, K. & Sundquist, V. 2019. Organising logistics and transport activities in construction. *The International Journal of Logistics Management*, 30, 620-640.

Ekeskär, A. 2016. *Exploring Third-Party Logistics and Partnering in Construction: A Supply Chain Management Perspective*. Licentiate of Engineering Licentiate thesis, Linköping University.

Ekeskär, A. & Rudberg, M. 2016. Third-party logistics in construction: the case of a large hospital project. *Construction Management and Economics*, 34, 174-191.

Flick, U. 2009. *An introduction to qualitative research*, London, England, Great Britain, Sage Publications Limited.

Fredriksson, A., Janné, M. & Rudberg, M. 2021. Characterizing third-party logistics setups in the context of construction. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 51, 325-349.

Ghanem, M., Hamzeh, F., Seppänen, O. & Zankoul, E. 2018. A New Perspective of Construction Logistics and Production Control: An Exploratory Study. *26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*.

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*, 11.

Hamzeh, F. R., Tommelein, I. D., Ballard, G. & Kaminsky, P. M. 2007. Logistics Centers to Support Project-Based Production in the Construction Industry. In: Pasquire, C. L. & Tzortzopoulos, P. (eds.) *15th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. East Lansing, Michigan, USA.

- Janné, M. 2018. *Construction Logistics Solutions in Urban Areas*. Licentiate of Engineering Licentiate thesis, Linköping University.
- Janné, M. 2020. *Construction logistics in a city development setting*. Ph. D., Linköping University.
- Janné, M. & Fredriksson, A. 2022. Construction logistics in urban development projects – learning from, or repeating, past mistakes of city logistics? *The International Journal of Logistics Management*, 33, 49-68.
- Kim, S.-Y. & Nguyen, V. T. 2018. A Structural model for the impact of supply chain relationship traits on project performance in construction. *Production Planning & Control*, 29, 170-183.
- Langley, C. J. 2015. 2016 Third-Party Logistics Study: The State of Logistics Outsourcing, the Annual Study on the State of Logistics Outsourcing. In: Langley, C. J. & Capgemini Consulting (eds.). USA: Capgemini Consulting.
- Lindén, S. & Josephson, P. E. 2013. In-housing or out-sourcing on-site materials handling in housing? *Journal of Engineering, Design and Technology*, 11, 90-106.
- Lundesjö, G. 2015. Consolidation centres in construction logistics. In: Lundesjö, G. (ed.) *Supply Chain Management and Logistics in Construction: Delivering Tomorrow's Built Environment*. 1st ed. London, United Kingdom: Kogan Page.
- Mckinnon, A. 2018. *Decarbonizing logistics: Distributing goods in a low carbon world*, Kogan Page Publishers.
- Moen, O. 2016. The Five-step Model – Procurement to Increase Transport Efficiency for an Urban Distribution of Goods. *Transportation Research Procedia*, 12, 861-873.
- Naz, F. 2022. *Construction transport efficiency from the perspective of Main Contractor and Transporter*. Licentiate thesis, comprehensive summary, Linköping University Electronic Press.
- Radnor, Z., Osborne, S. P., Kinder, T. & Mutton, J. 2013. Operationalizing Co-Production in Public Services Delivery: The contribution of service blueprinting. *Public Management Review*, 16, 402-423.
- Selviaridis, K. & Spring, M. 2007. Third party logistics: a literature review and research agenda. *The International Journal of Logistics Management*, 18, 125-150.
- Sezer, A. A. & Fredriksson, A. 2021. Paving the Path towards Efficient Construction Logistics by Revealing the Current Practice and Issues. *Logistics*, 5.
- Spillane, J. P. & Oyedele, L. O. 2017. Effective material logistics in urban construction sites: a structural equation model. *Construction Innovation*, 17, 406-428.
- Strale, M., Lebeau, P., Wayens, B., Hubert, M. & Macharis, C. 2015. Le transport de marchandises et la logistique à Bruxelles : état des lieux et perspectives. In: Thiry, C. (ed.) *Cahiers de l'Observatoire de la mobilité de la Région de Bruxelles-Capitale*. Brussels, Belgium: Bruxelles Mobilité.

Sundquist, V., Gadde, L.-E. & Hulthén, K. 2018. Reorganizing construction logistics for improved performance. *Construction Management and Economics*, 36, 49-65.

Sveriges Byggindustrier 2010. Effektiva Byggtransporter.

Thunberg, M. & Fredriksson, A. 2018. Bringing planning back into the picture – How can supply chain planning aid in dealing with supply chain-related problems in construction? *Construction Management and Economics*, 36, 425-442.

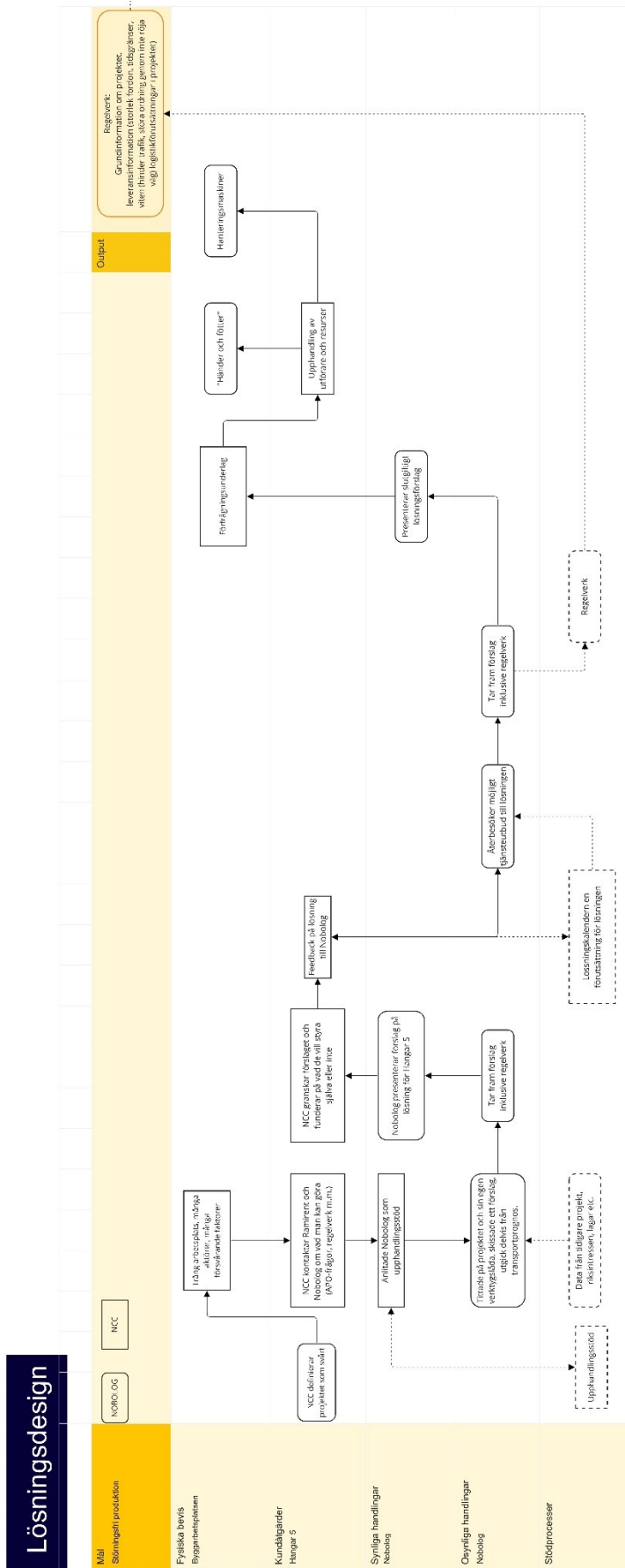
Thunberg, M., Rudberg, M. & Karrbom Gustavsson, T. 2017. Categorising on-site problems: A supply chain management perspective on construction projects. *Construction Innovation*, 17, 90-111.

Transport for London 2013. Construction Logistics Plan Guidance for Developers. Windsor House, London, United Kingdom: Transport for London.

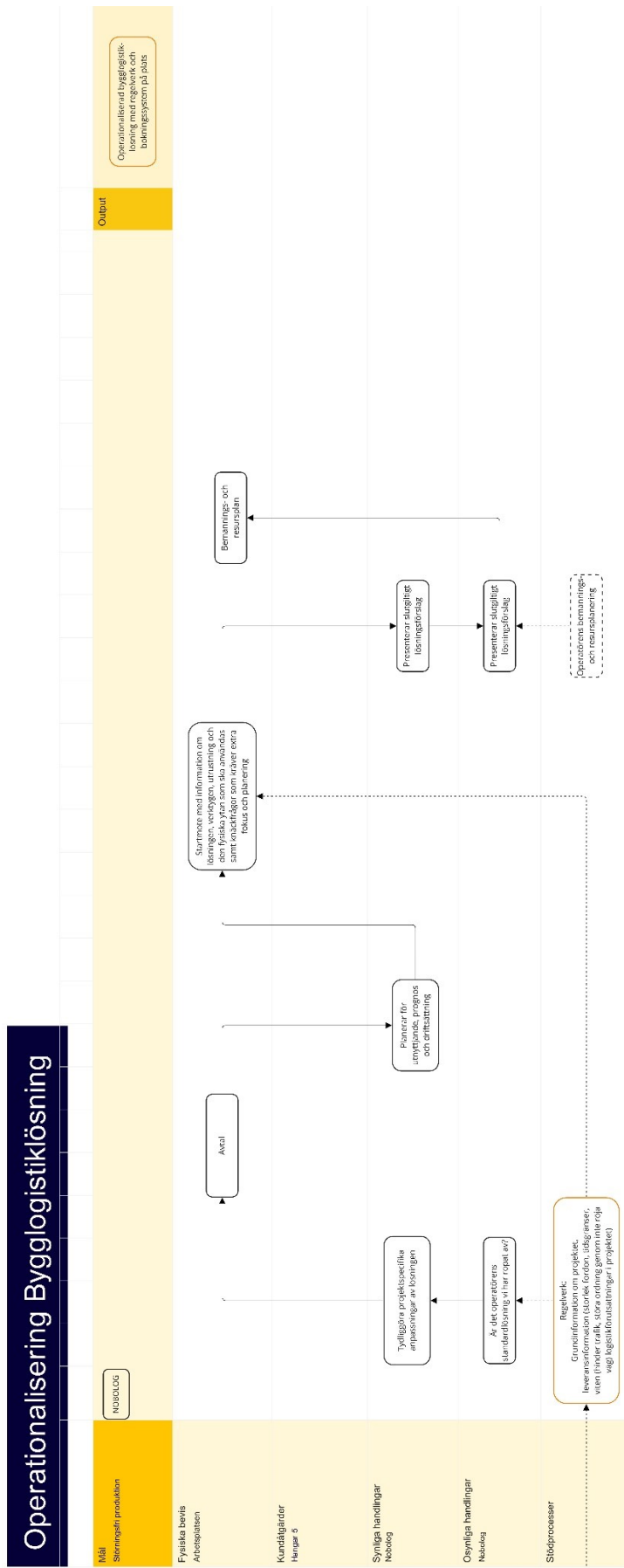
Ying, F., Tookey, J. & Seadon, J. 2018. Measuring the invisible: A key performance indicator for managing construction logistics performance. *Benchmarking: An International Journal*, 25, 1921-1934.

Åstrand, O. 2021. Trafiken på vägarna i Stockholms län - En tillståndsbeskrivning 2020. Sundbyberg, Sverige: Trafikverket,.

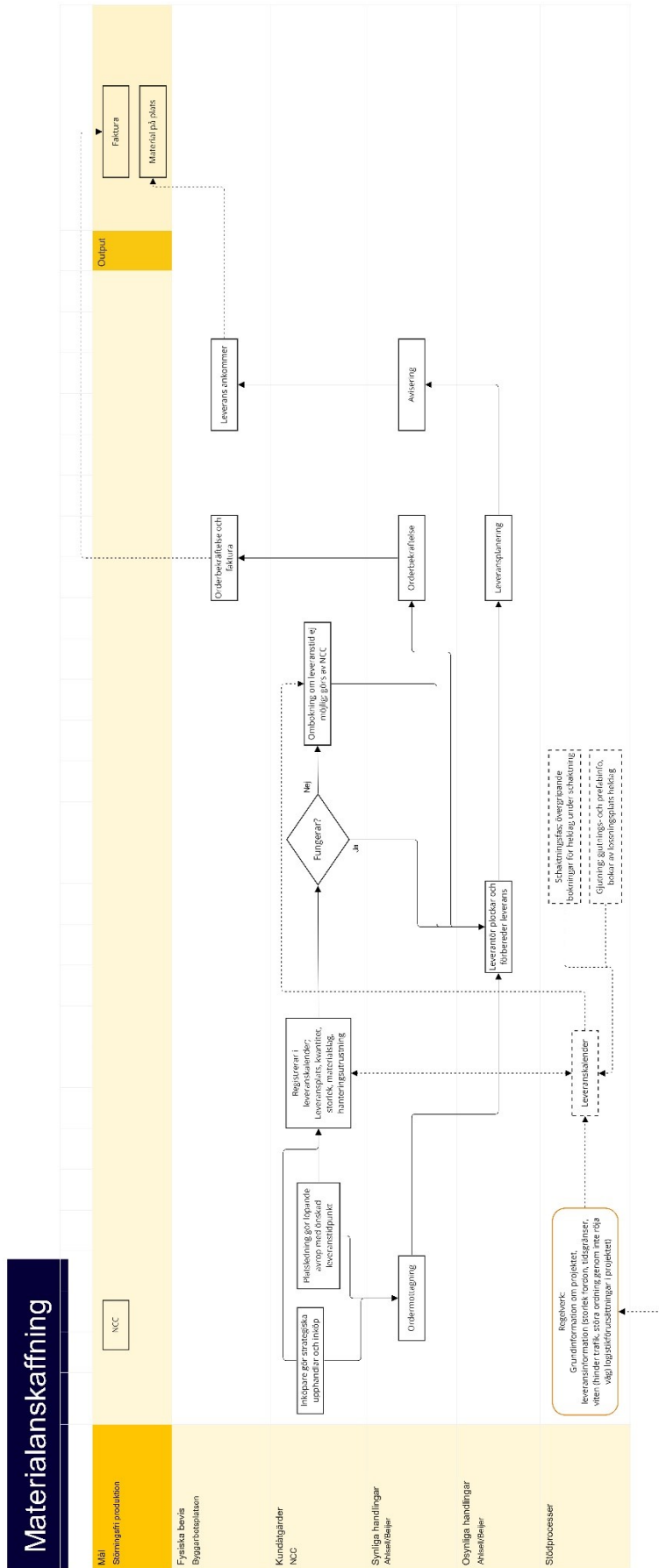
BILAGA 1 - DESIGN AV LÖSNING



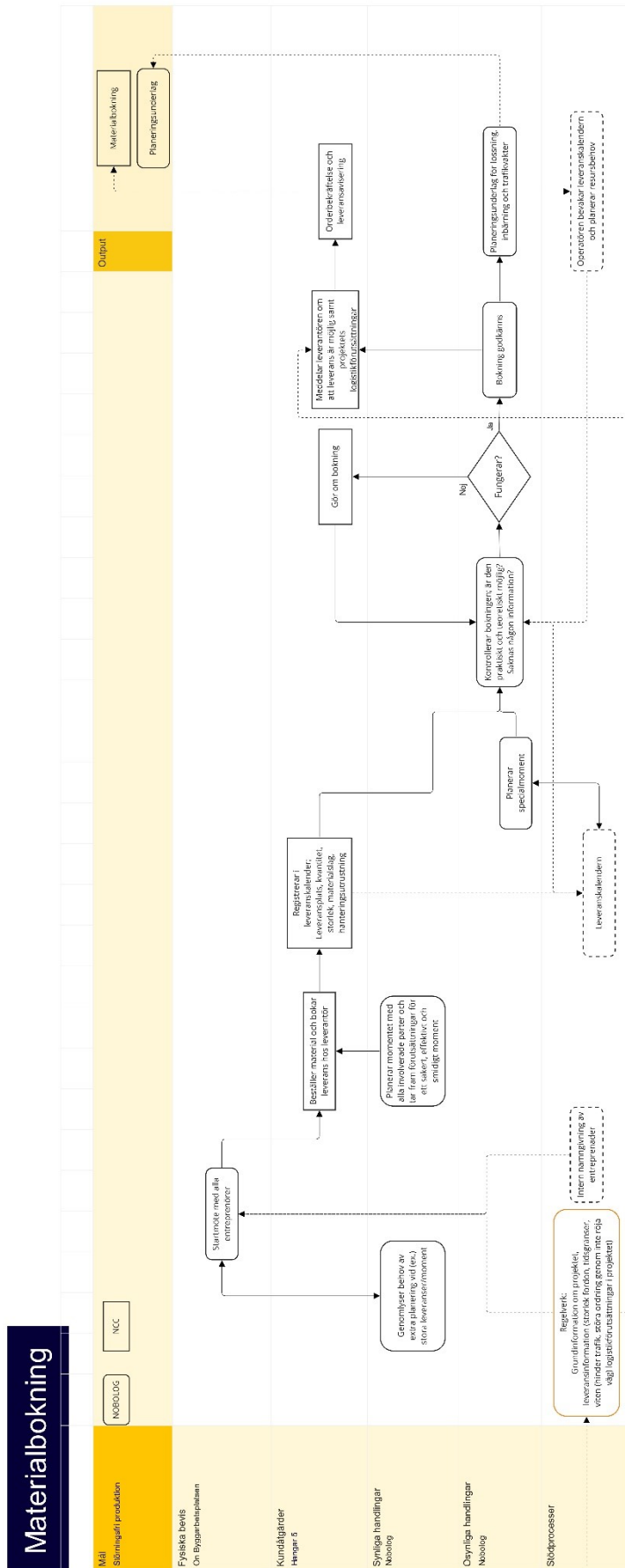
BILAGA 2 - OPERATIONALISERING AV LÖSNING



BILAGA 3 - MATERIALANSKAFFNING



BILAGA 4 - MATERIALBOKNING



BILAGA 6 - ORDERHANTERING BEIJER

