



Den störningsfria staden

En antologi om bygglogistik,
stads- och trafikplanering



Redaktörer

Anna Fredriksson, Linnea Eriksson och Niklas Rönnerberg

Den störningsfria staden

En antologi om bygglogistik, stads- och trafikplanering

Som forskare bakom Störningsfri stad-projekten är vi glada att få dela med oss av våra insikter och resultat i denna samling texter. I takt med att våra städer växer och förändras uppstår utmaningar kring tillgänglighet, transport och hållbarhet – frågor som ofta hamnar i skuggan av de stora byggprojekten. Med denna antologi vill vi belysa just dessa utmaningar och lyfta fram lösningar som kan bidra till en mer välfungerande och hållbar stadsutveckling, även under byggtid. Vi hoppas att denna bok ska inspirera, ge nya perspektiv och vara till nytta för dig som är intresserad av framtidens stadsplanering.

Trevlig läsning!

Mars 2025


Anna Fredriksson


Linnea Eriksson


Niklas Rönnberg

Redaktörer

Författare

Vangelis Angelakis, Nicolas Brusselaers, Linnea Eriksson,
Anna Fredriksson, David Gundlegård, Samuel Hjort,
Rasmus Ringdahl, Niklas Rönnberg, Ahmet Anil Sezer

Tryckt i mars 2025

ISBN 978-91-8118-094-7 (Tryckt)

ISBN 978-91-8118-095-4 (PDF)

<https://doi.org/10.3384/9789181180954>

Innehållsförteckning

1 Inledning	5
Anna Fredriksson, Linnea Eriksson och Niklas Rönnerberg	
2 Aktionsforskning i praktiken	13
Linnea Eriksson och Anna Fredriksson	
3 Störningar och hur fångar vi in dessa	17
Vangelis Angelakis, Anna Fredriksson, Rasmus Ringdahl och Ahmet Anil Sezer	
4 Stads- och trafikplanering och bygglogistik	25
Linnea Eriksson och Anna Fredriksson	
5 Planeringsgapet	31
Linnea Eriksson och Anna Fredriksson	
6 Simulering av byggtransportflöden	37
David Gundlegård och Samuel Hjort	
7 Explorativ dataanalys av data från byggprojekt	43
Nicolas Brusselaers och Samuel Hjort	
8 Strategisk TA-planering	49
Linnea Eriksson och Anna Fredriksson	
9 En kollaborativ planeringsprocess	55
Linnea Eriksson och Anna Fredriksson	
10 Framtida möjligheter	65
Niklas Rönnerberg	
11 Avslutning	77
Anna Fredriksson, Linnea Eriksson och Niklas Rönnerberg	

Inledning



Anna Fredriksson, Linnea Eriksson och Niklas Rönnberg

Idag sker en stor urbanisering i Sverige, som leder till en förtätning av våra städer och investeringar i ny infrastruktur och nya bostäder. Trots att vi vet att det inte är så, tenderar vi att förhålla oss till byggprojekt som en tidsbegränsad störning. "Det blir bättre sen när det är klart". Detta är inte sant, eftersom städer ständigt utvecklas. Mindre och större byggnationer av nya byggnader och infrastruktur sker kontinuerligt samtidigt med förändring och underhåll av gamla byggnader och infrastruktur. Tillfälliga ingrepp sker också med anledning av plötsliga och akuta händelser såsom vattenläckor. Att detta sker utan störningar är av vikt för stadens attraktivitet. Dock leder byggandet till ett behov av avstängningar av gator och annan mark och eventuella omledningar av stadens trafik eller förändringar i framkomlighet för densamma.

Det ökande byggandet är även förknippat med en stor miljöpåverkan, genom det behov av olika typer av transporter som genereras: transporter av material till och från en plats, samt transporter av de som arbetar på platsen samt eventuella maskiner som behövs för att genomföra arbetet. Till stadens trafiksystem tillkommer genom byggnationerna således fler transporter. Byggtransporterna utgör en ansevärd mängd av stadens transporter, minst 30% av stadens gods-transporter. De flesta av dessa sker med tunga lastbilar och är effektiviteten i dessa transporter låg med mycket väntetider, låg fyllnadsgrad och ruttval som påverkar staden negativt genom att de skapar stora störningar i form av förseningar för annan trafik, buller och partiklar, vilket i sin tur kan negativt påverka näringsidkares verksamhet och medborgarnas livskvalitet. Byggtransporterna utgör ca 10-15% av hela transportsektorns utsläpp, eller upp till 4-5% av Sveriges totala CO2-utsläpp.

Tyvärr är transportererna i byggsektorn (på, till och från byggarbetsplatsen) många gånger en bortglömd fråga. En orsak till att det är en bortglömd fråga är att det finns ett gap i planeringen inom kommunernas stadsutveckling. Kommunerna är naturligtvis medvetna om vad som planeras, men det saknas stöd för att konsekvens bedöma summan av kommande och pågående byggprojekt på

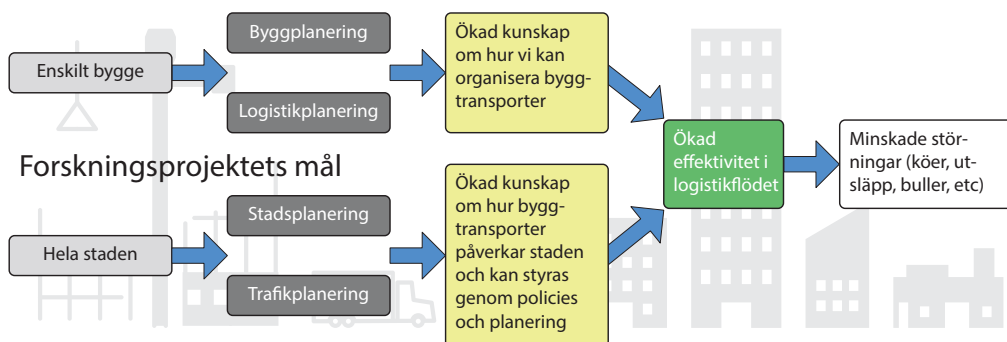
systemet staden utifrån ett tillgänglighetsperspektiv.

Mycket av kommunernas arbete fokuseras på framtidsvisionen, slutmålet. Men vägen dit, det vill säga under byggtid, är inte alltid lika tydlig. Det finns ett antal frågor som kommuner borde ställa sig i samhällsplaneringen, som inte ställs idag:

- Hur kommer byggtiden att påverka (störa)?
- Hur ska byggprocessens aktörer samordna sina insatser?
- Är det över huvud taget möjligt att komma till slutmålet med de resurser och de förutsättningar som finns?
- Hur åstadkommer inblandade parter en så störningsfri stad som möjligt samtidigt som stora byggprojekt pågår i staden?

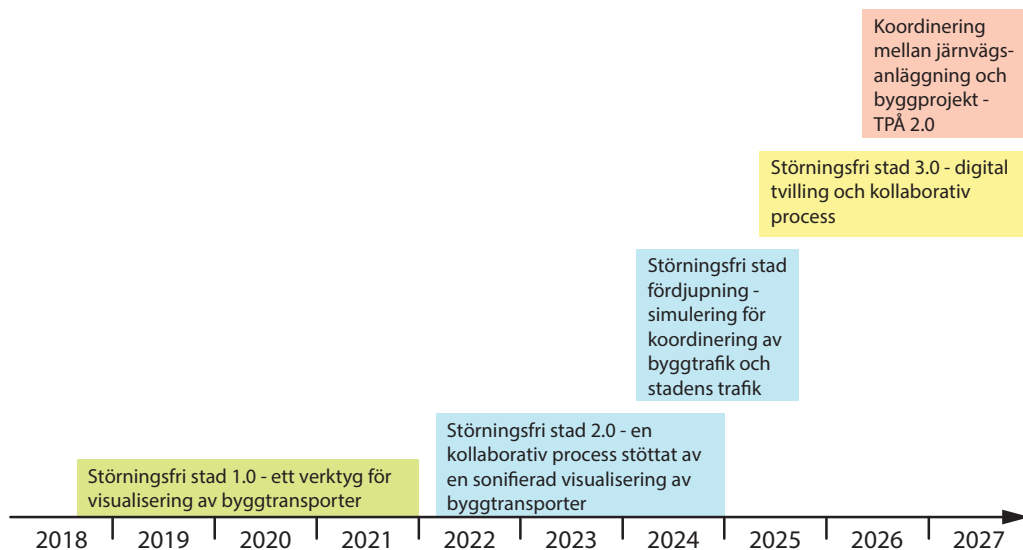
Samhällsproblemet som projekten Störningsfri stad och Störningsfri stad 2.0 tagit sig an relaterar till både hållbara städer och trafik, genom att bidra till digitalt samhällsbyggande i praktiken och på så sätt öka hållbarhet och tillgänglighet för alla människor som lever och arbetar i staden under byggtiden, samt öka effektiviteten i byggprojekt genom att minska påverkan av och antalet byggtransporter i staden. För att nå detta krävs att kommunernas förmåga att planera för kombinationen av ordinarie trafikbelastning och byggtrafik stärks, samt att kunskap om nya typer av åtgärder, scenarier och beteendeförändringar för att hantera de konfliktsituationer som uppstår utvecklas. Detta för att arbeta proaktivt i samhällsplaneringen för en störningsfri och tillgänglig stad under byggtid.

Målet med Störningsfri stad-projekten, har varit att stötta stadsutvecklingen genom att ta fram ett verktyg som länkar samman stads- och trafikplanering i staden med bygg- och logistikplanering för byggprojekten i en gemensam visualisering som används i en kollaborativ planeringsprocess.



Denna antologi sammanfattar de resultat som vi har uppnått i projekten Störningsfri stad och Störningsfri stad 2.0. Störningsfri stad var finansierat av Vinnova via deras program Innovationer för ett hållbart samhälle 2018,

diarienummer 2018-04114. Störningsfri stad 2.0 finansierades av Formas via Smart Built Environment, diarienummer 2022-00115. Vidare har projekten också initierat två fortsättningsprojekt Störningsfri stad fördjupning och Störningsfri stad 3.0, båda finansierade av Trafikverkets portfölj Bygga.



Projektet och bokens författare

Linköpings universitet har varit projektledare för alla Störningsfri stad-projekten. I projekten har tre organisatoriska delar inom Linköpings universitet (LiU) samt RISE och VTI varit involverade för att genomföra forskningen.

LiU – Institutionen för Teknik och Naturvetenskap (ITN) – Avdelningen för Kommunikations och transportsystem (KTS) – Bygglogistikgruppen. Denna grupp har i projektet bidragit med kunskap och forsknings fokus på organisation av arbetsplatsen och dess transporter, samt beställarens roll i att skapa förutsättningar för bra logistik i ett byggprojekt.

LiU – ITN – KTS – Intelligent transport systemgruppen. Denna grupp har i projektet bidragit med kunskap och forskning kring data som en tillgång och hur man kan modellera olika transportsystem baserat på den datan. Insikterna från dataanalys kan sedan endera användas direkt, eller användas som indata till olika typer av trafikmodeller.

LiU – ITN – Avdelningen för Medie och informationsteknik (MIT) – Gruppen för visualisering och interaktionsdesign. Interaktionsdesign vid LiU drivs utmed två spår, dels studeras vilka upplevelser ett system, en vara eller en tjänst leder till. Systemens brukskvalitet och vilka effekter upplevelserna av systemen, produkten

eller tjänsten, ger upphov till utgör här grunden för forskningen.

Statens väg och transportforskningsinstitut (VTI) - Avdelningen för Mobilitet, aktörer och planering. I detta projekt har man bidragit med kunskap om samhällsplanering i form av hur de olika aktörerna i transportsystemet är organiserade och hur planeringsprocesserna ska utformas. Planerings- och beslutsprocesser på olika nivåer i samhället har stor betydelse för utvecklingen av transporter, mobilitet och tillgänglighet.

RISE Research Institutes of Sweden (RISE) är Sveriges forskningsinstitut och innovationspartner. I internationell samverkan med företag, akademi och offentlig sektor bidrar RISE till ett konkurrenskraftigt näringsliv och ett hållbart samhälle. RISE har i projektet bidragit med kunskap om interaktionsdesign och framställande av interaktiva plattformar i form av deltagande från enheten Teknologier för interaktion.

Under projektens gång har ett flertal personer varit delaktiga från ovan parter och bidragit till de resultat som presenteras i denna antologi. Nedan presenteras dessa kort.

Vangelis Angelakis är professor vid KTS, ITN, LiU. Han är huvudansvarig forskare för Testbed Kungsgatan och MODIG-TEK, samt för de EU-finansierade Horizon Europe-projekten GreenInCities, TwinAIR och ELABORATOR. Hans senaste forskning har kretsat kring skalbarhet och användbarhet av IoT-system och deras tillämpningar inom olika områden som är relevanta för smarta städer. På senare tid har han fokuserat på tvärvetenskapliga aktiviteter för digitalisering och "smartifiering" av städer, inom ramen för nätverket "Cities 5.0". Hans nuvarande arbete handlar om samspelet mellan infrastrukturdigitalisering och samhälle.

Nicolas Brusselaers är postdoktoral forskare inom bygglogistik vid KTS, ITN, LiU. Hans forskning kretsar kring hållbara och datadrivna byggtransporter, stadsutvecklingsplanering och cirkulär bygglogistik. Han har en doktorsexamen i transportekonomi, där han modellerade den dynamiska inverkan av byggtransporter på luftkvaliteten, och är ordförande för det europeiska NECTAR-klustret om logistik och frakt.

Linnea Eriksson forskar om policy- och planeringsprocesser i utveckling av transportsystemet vid VTI, framförallt med fokus på de organisationer som deltar och hur styrning, beslut och planering organiseras för att åstadkomma hållbar förändring av samhället. Linnea är intresserad av frågor som relaterar till hela transportsystemet; persontransporter och gods och har studerat det på lokal, regional och nationell nivå. Linnea har varit projektledare för VTIs räkning och har varit en av redaktörerna för denna antologi.

Anna Fredriksson är professor i Bygglogistik och leder forskargruppen Stadsutveckling och logistik vid KTS, ITN, LiU. Annas forskningsintressen täcker områden såsom bygglogistiktjänster, byggtransporter samt koordinering och planering av olika flöden och hur dessa kan hanteras i föränderliga skeden samt planering. Anna har varit projektledare för projekten och varit en av redaktörerna till antologin.

David Gundlegård är universitetslektor vid KTS, ITN, LiU och forskar om nya metoder för datadriven analys av transportsystemet. Fokus ligger på att utnyttja storskaliga mobilitetsdata i form av exempelvis mobilnätdata och data från GPS-utrustade fordon i kombination med maskininlärning och traditionella trafikmodeller. Forskningen har användningsområden inom både trafikledning, trafikplanering och stadsplanering.

Annika Gustafsson är innovations- och processledare på RISE Research Institutes of Sweden (RISE), där hon specialiserar sig på processutveckling och tillämpning av forskning. Hon brinner för projekt som främjar hållbarhet och samhällsförändring, och arbetar med allt från individbaserade koncept till nationella initiativ, alltid med ett tekniskt och användarcentrerat perspektiv.

Samuel Hjorth är doktorand med inriktning på stadsutveckling och logistik vid KTS, ITN, LiU. Hans forskning kretsar kring hur datadrivna metoder, som maskininlärning och transportmodellering, kan skapa beslutsunderlag för mer hållbar sista-milen logistik.

Jonas Löwgren är professor i Design vid MIT, ITN, LiU, och är interaktionsdesigner, lärare och forskare med fokus på interaktiv visualisering, kollaborativa medier och design-teori. Hans arbete handlar om samhällsutmaningar och hur design kan bidra genom sociotekniska interventioner.

Rasmus Ringdahl är forskningsingenjör och forskar inom trafiksystem med ett fokus på datadriven transportanalys vid KTS, ITN, LiU. På grund av behovet av data i forskningen så innehar han även kompetens inom Internet of Things och sensorer. Rasmus är intresserad av hur man kan förbättra trafiksystemet och samhället genom att dra nytta av insamlad data från olika källor.

Niklas Rönnberg är biträdande professor i Sonifiering och Ljuddesign vid MIT, ITN, LiU, och forskar inom sonifiering, visualisering och interaktionsdesign. Hans arbete knyter an mot mer grundforskning om hur ljud kan användas för att kommunicera data, och mer designinriktad forskning om användande av musikaliska ljud för kommunikation. Han har varit en av redaktörerna för denna antologi och ansvarig för illustrationernas slututförande.

Ahmet Anil Sezer är lärare och forskare, med fokus på att koppla samman hållbarhet och produktivitet inom byggbranschen. Hans nuvarande forskning handlar om ökad återbruk av byggprodukter och cirkularitet i byggbranschen. Han är anställd på akademien för Företagande, Innovation och Hållbarhet vid Högskolan i Halmstad. Han var under projektets gång del av Bygglogistikgruppen vid KTS, ITN, LiU.

Niels Stor Swinkels är forskare och utvecklare inom interaktionsdesign på RISE Research Institutes of Sweden (RISE). Niels har en master i interaktionsdesign från Chalmers. Han har arbetat på RISE i 11 år och har deltagit i många olika projekt med varierande tillämpningsområden. Hans arbete fokuserar mycket på att på ett iterativt och användarcentrerat sätt ta fram och utvärdera prototyper för tillämpad forskning inom interaktionsdesign.

Vi vill tacka Daniel Eriksson och Nina Lemon som bidrog från RISE i början av projekten. Vidare vill vi tacka övriga deltagare i projekten, utan er öppenhet och er medverkan hade resultaten inte varit möjliga. Övriga deltagare representerar kommuner, branschorganisationer, bygglogistik och beställare. Att projektet har haft ett brett deltagande från olika typer av aktörer har varit väsentligt för projektets lyckade resultat. Ett stort till alla er individer som har bidragit till arbetet som ligger till grund för denna antologi från följande aktörer: Norrköpings kommun, Linköpings kommun, Motala kommun, Göteborg stad, Stockholm stad, Uppsala kommun, Trafikverket, Logeco AB, Sankt Kors Fastighetsaktiebolag, Svensk Bygglogistik AB, Wiklunds Åkeri Aktiebolag, Kubicom AB, Ahlsell Sverige AB, Norrköpings Visualisering AB, AB Östgötatrafiken, FM Byggningsdrift, Östsvenska Handelskammarens Service AB, Byggföretagen i Sverige Service AB, CleanTech Östergötland och Myloc AB.

Antologins disposition

Antologin är disponerad såsom följer. Kapitel 1 ger en inledning och bakgrund till antologin. Kapitel 2 presenterar hur forskningen vilken antologin bygger på har varit organiserad i form av en iterativ aktionsforskningsprocess. Kapitel 3 definierar vad som är en störning och hur dessa kan mätas. Kapitel 4 ger en kort introduktion och begreppsdefinition gällande bygglogistik och stads samt trafikplanering. Kapitel 5 definierar upp planeringsgapet och hur det leder till att frågan kring planering för byggskedet inte hanteras i dagens processer. Kapitel 6 presenterar hur trafiksimulering kan stötta planeringen i den kollaborativa processen. Kapitel 7 ger en överblick av den data som behövs för att vi ska kunna nyttja trafiksimuleringarna på det sätt som krävs i en kollaborativ process och i kapitel 8 introduceras begreppet strategisk TA-planering och hur simuleringarna kan nyttjas för scenarioanalys. Kapitel 9 presenterar den kollaborativa planeringsprocessen för att kunna nå en gemensam bild av hur man vill dela stadens plats och tid. Kapitel 10 presenterar framtida möjligheter och kapitel 11 summerar och reflekterar kring det som har presenterats.

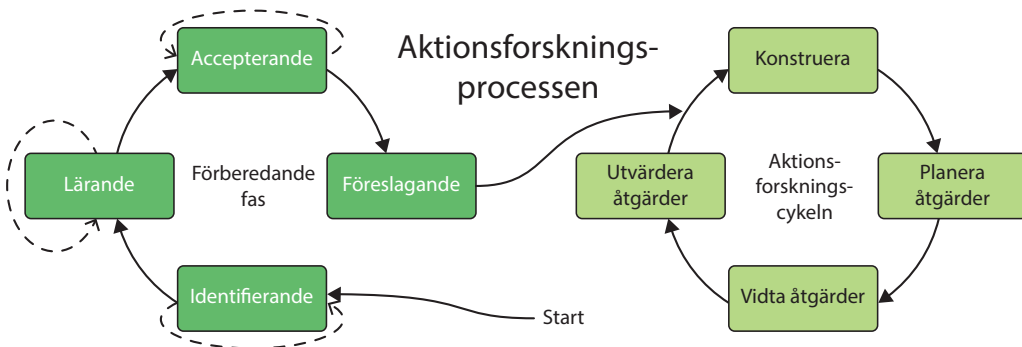
Aktionsforskning i praktiken

2

Linnea Eriksson och Anna Fredriksson

Materialet till boken har tagits fram som en del av en aktionsforskningsprocess. Aktionsforskning är en kollaborativ forskningsansats, där forskare och praktiker arbetar tillsammans för att skapa resultat som är användbara i båda leden.

Aktionsforskningen i detta projekt har byggt på en process som består av en förberedande fas där behov och utmaningar identifieras först vilket senare leder till föreslagande av åtgärder vilka betraktas i aktionsforskningscykeln, se följande figur.



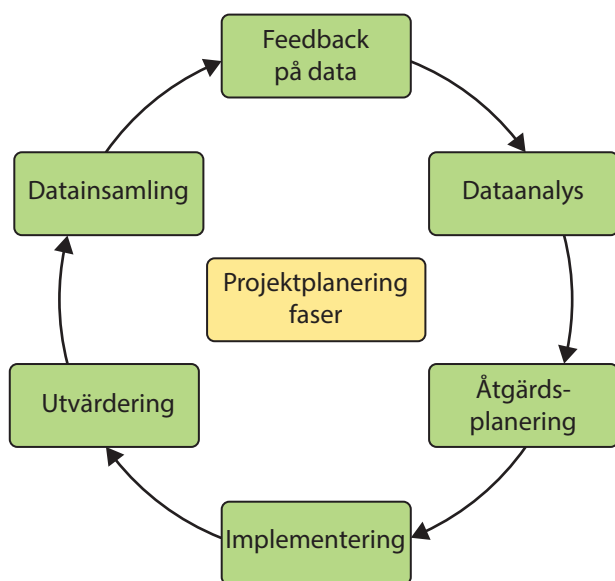
Fokus för projektet har varit att skapa en kollaborativ planeringsplattform (inkluderande både simuleringsverktyg, visualiseringsgränssnitt och en kollaborativ process) som ska hjälpa kommuner och Trafikverk att planera för ett störningsfritt genomförande av olika byggprojekt. Projektet har huvudsakligen arbetat med projekt Ostlänken som exempel. Projekt Ostlänken är ett av de största infrastrukturprojekten i Sverige där 16 mil järnväg ska byggas mellan Järna och Linköping. Arbetet i Störningsfri stad har fokuserat på sträckan från norr om Norrköping och till och med Linköping. Fokus i arbetet har varit på byggnationen genom städerna och hur den ska genomföras samtidigt som en attraktiv och tillgänglig stad bibehålls.

Den förberedande fasen i aktionsforskningsprocessen genomfördes som del av Störningsfri stad och ledde fram till det arbetssätt som legat till grund för

materialet i denna antologi. Arbetssättet fokuserar på att skapa en inkluderande miljö för kollaborativ planering mellan olika aktörer som behöver dela på det gemensamma stadsrummet under byggtid. Den kollaborativa planeringsprocessen presenteras i kapitel 9. Grunden i den kollaborativa planeringsprocessen har varit aktionsforskningsprocessen som presenterad i figuren ovan. Detta har sedan omsatts i praktiken tillsammans med aktörerna och lett till att aktionsforskningsprocessens cykliska sätt att arbeta har samordnats med projektplaneringen. Detta arbete har i huvudsak genomförts tillsammans med Norrköpings kommun, Linköpings kommun och Trafikverket projekt Ostlänken. Utgångspunkten var att:

- LiU/VTI har varit moderatorer i en form av styrd aktionsforskning
 - För att utöka förståelsen för problemen
 - Ta fram verktyg för att hantera problemen
 - Utveckla kollaborativ planeringsprocess inklusive samverkansprocesser
- Typ av möten och deras frekvens
 - Konsortiegemensamma möten 1 gång/halvår
 - Forskargruppmöten 1 gång/månad
 - Kollaborativ planering: samverkansmöten mellan Norrköping och Trafikverket 1 gång/varannan månad

Det första steget var att för respektive kommun och Trafikverket forma en arbetsgrupp med en bred representation och som förankrats i respektive ledningar. Därefter etablerades en gemensam målbild för arbetssättet. Den målbilden har varit att gemensamt verka för en funktionell stad under byggtid (beskrivs mer i kapitel 5).

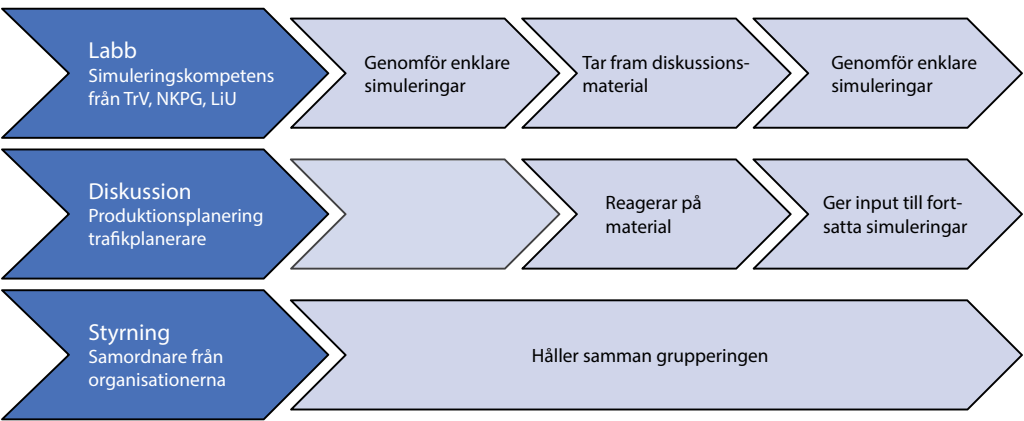


Grundtanken för arbetssättet i figuren ovan är att själva aktionsforskningen ska följa projektets planering och samtidigt sparra projektet att ta initiativ utanför det vanliga. Datainsamling har skett genom att forskarna har deltagit i projektens ordinarie gemensamma arbetsforum och observerat interaktionen och frågeställningarna som diskuterats där. Därefter har forskarna presenterat sina observationer för aktörerna på ett gemensamt möte i arbetsgruppen och fått feedback på detta. Baserat på denna feedback har forskarna analyserat mönster i och mellan möten men också jämfört mellan Norrköpings och Linköpings kommuner. Denna analys har sedan återrapporterats till arbetsgruppen och tillsammans med forskarna har gruppen sedan planerat vilken action man ska ta. Denna har sedan implementerats som en del av existerande arbetsforum eller som ett nytt arbetsforum under projektets organisation. Implementeringen har sedan utvärderats genom att nyttan av det nya arbetssättet har reflekterats kring.

Under projektets gång har vi genomfört tre iterationer. Varje iteration har haft en utgångspunkt i målbilden av att gemensamt verka för en funktionell stad under byggtid. För varje iteration har detaljnivå ökat och det har lett i sin tur till avknoppningar i nya arbetsforum eller nya inriktningar för existerande forum.



Första iterationen hade fokus på förutsättningar för att nå en funktionell stad, att enas i dessa och skapa en spatial överblick av saker som kan påverka men också saker som inte ska påverkas samt även tidplaner hos respektive parter. Exempelvis dagvattenkanaler, broar, större andra planerade projekt och viktiga hållpunkter i projektplaneringar och budgetprocesser. Vi arbetade i detta skede baserat på kartbilder och grova tidplaner.



Andra iterationen fokuserade på att skapa en gemensam problembild. Här introducerades scenarioutvärderingen och simuleringsmetodiken för att stödja densamma (se figuren ovan). Fokus här var att identifiera problemområden som kräver vidare analys.

Tredje iterationen fokuserade på åtgärder. För de identifierade problemområdena vilka åtgärder är lämpliga och hur utvärderar vi effekterna av desamma.

Fjärde iterationen kommer att fokusera på hur vi skapar besluts och kommunikationsunderlag som ger en förståelse för problem men också åtgärder som har tagits. Denna del av utvecklingen av arbetssättet kommer att vara en del av projekten *Störningsfri stad fördjupning* och *Störningsfri stad 3.0*.

Störningar och hur fångar vi in dessa

3

Vangelis Angelakis, Anna Fredriksson,
Rasmus Ringdahl och Ahmet Anil Sezer

För att kunna arbeta för en störningsfri stad är det av vikt att aktörerna enas om vad som är en störning och identifierar vad som kan ge upphov till en störning.

Vad är en störning?

En störning är en negativ påverkan från en källa utanför personens eller aktörens egen kontroll. Om byggprojekt och byggtransporter inte hanteras rätt skapar detta exempelvis störningar i form av:

- Ökad trängsel, CO₂- och NO_x-emissioner, buller och vibrationer som effekt.
- Ökade risker för olyckor när tunga transporter måste samsas med cyklister och gångtrafikanter på liten yta.
- Omarbeten och renovering av infrastruktur på grund av att byggtransporterna använder vägar med för låg bärighet eller parkerar på gräsytor och cykelbanor.

Störningarna uppstår genom den påverkan som tillkomsten av ett byggprojekt har på miljön runt omkring. Denna påverkan består i:

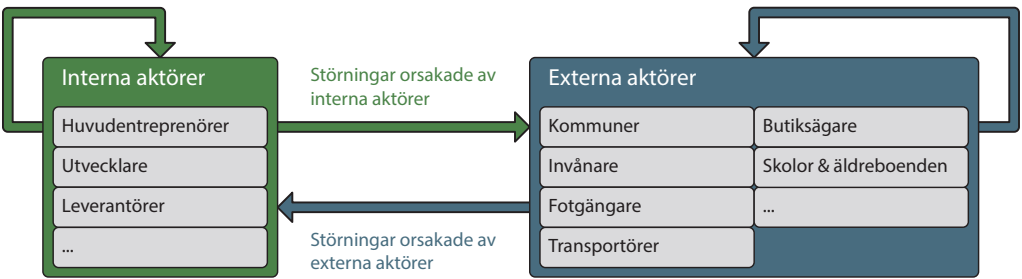
- Förändrad tillgänglighet till den fysiska miljön
- Avstängda vägar
- Förändrad kapacitet för vägar (vägbeläggning, hinder...)
- Temporära effekter (leverans av större gods)
- Själva arbetsplatsens utbredning på mark utanför projektets gränser
- Förändrad efterfrågan på transporter
- Ökad trafik till och från byggområdet (rutter som inte tidigare varit belastade i den mängd som nu blir)
- Ökad andel tung trafik
- Ökad trafik på nya tidpunkter

Hur vi påverkas av detta beror på hur mycket trafik som projektet genererar, vilka rutter dessa tar och när i tiden de genomförs samt vart projektet är lokaliserat i

kombination med dess utbredning.

Det är dock viktigt att ha med sig att ett projekt också kan bli påverkat av andra projekt runt omkring samt andra aktiviteter som samtidigt pågår i staden. Det vill säga att ett projekt kan också bli stört. Att vi har detta duala förhållande till störningar mellan byggprojekt och omgivande stad har varit en central del i arbetet, då det är av vikt att inte peka ut en aktör. Sammantaget gör detta att vi definierar fyra typer av störningar:

- Störningar av projektaktörer som påverkar externa parter
- Störningar av externa parter som påverkar projektaktörer
- Störningar av projektaktörer som påverkar projektet
- Störningar av externa parter som påverkar andra externa parter



Det är dock inte självklart att se framför sig vad en störning är. Vi har därför valt att arbeta med fyra typer av störningar: trafik, ekonomi, miljö och hälsa. Baserat på en litteraturgenomgång har vi identifierat en mängd störningar som byggnation och byggtransporter kan skapa i en stad, se följande tabell.

Typ av störning	Störningens karaktär
Trafik	Avstängningar
	Omledningar
	Minskad tillgång till parkeringar
	Ökad bränsleåtgång
	Förseningar
	Ökad risk för trafikolyckor
	Ökat slitage av vägar
	Köer
Ekonomi	Förlorad inkomst och intäkter
	Minskad produktivitet
	Minskade skatteintäkter
	Skada på fastigheter och andra till-gångar
Miljö	Ljud
	Damm

Zon 1 är själva byggarbetsplatsen, Zon 2 är närmaste omgivningen (ett par kvarter runtomkring) och Zon 3 är resten av staden som projektets transporter behöver passera för att nå fram till själva byggarbetsplatsen. Ovanstående figur visar störningarnas karaktär och hur de fördelar sig i förhållande till dessa zoner.

Hur fångar vi in Störningar?

För att vi ska kunna förstå störningarnas natur och hur de påverkar olika aktörer vid olika platser och tidpunkter har vi ett behov av att kunna mäta olika former av störningar. I projektet har vi tagit fram en sensorbox som vi har installerat i relation till olika byggprojekt för att öka förståelsen för störningar och hur de påverkar samt vad vi behöver veta för att kunna följa upp dem på ett bra sätt.

Sensorbox

Sensorboxen som använts för insamling är byggd av forskarlaget. Boxen består av lättillgängliga sensorer som är relativt billiga att köpa in. För att inhämta data och visualisera data har programkod utvecklats till ändamålet. Sensorboxens beståndsdelar kostar cirka 2 500 kr.



Datan från sensorer har analyserats på följande sätt:

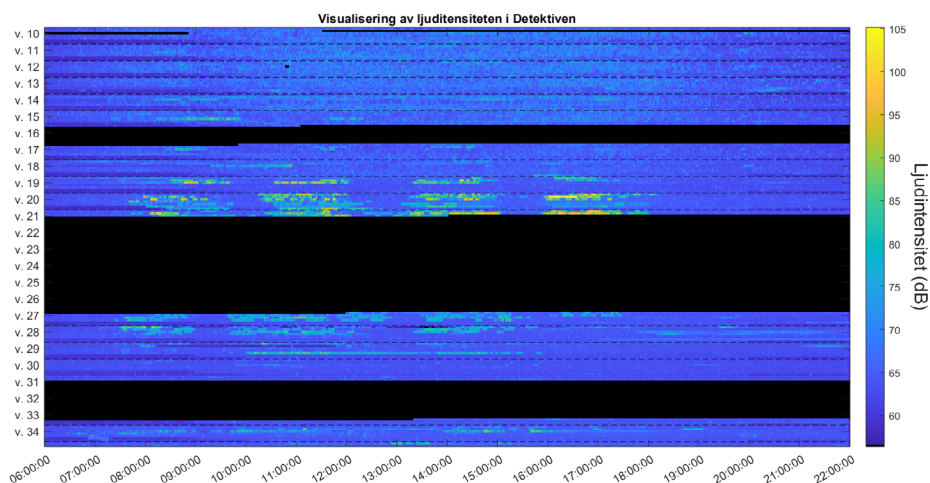
- Ljudet har samlats in via en mikrofon som kontinuerligt samlat in

data. Det insamlade ljudet har delats upp i grupper om 1 sekund. För varje grupp av data har ljudintensiteten i 16 olika frekvensområden beräknats. De olika frekvensområdena går från lågfrekvent till högfrekvent och i Detektiven har en sammansättning av samtliga 16 frekvensområden använts i analysen. Sensorn består av ett ljudkort av modellen XG-SC1 och en mikrofon.

- Partiklarna har samlats in via en partikelsensor som samlar in partikelnivåer på PM10 och PM2.5 var 30:e sekund. I Detektiven har PM10 jämförts. Partikeldata har sedan medelvärdesbildats på minutnivå likt ljuddata. Partikelsensorn är av modellen SDS011.
- Analys av ljuddata. Inledningsvis grupperades rådata på minutnivå och ett medelvärde beräknades för varje minut. Därefter delades dagarna som mätningarna skett in i 3 grupper, kluster. Valet av tre skedde efter att visuellt tittat på data och algoritmen kmeans användes för att dela in dem. Klustren har namngetts efter hur ljudintensiteten varit över dagarna. Slutligen identifierades arbetsperioder och raster med hjälp av kmeans klustering för den högintensiva perioden.

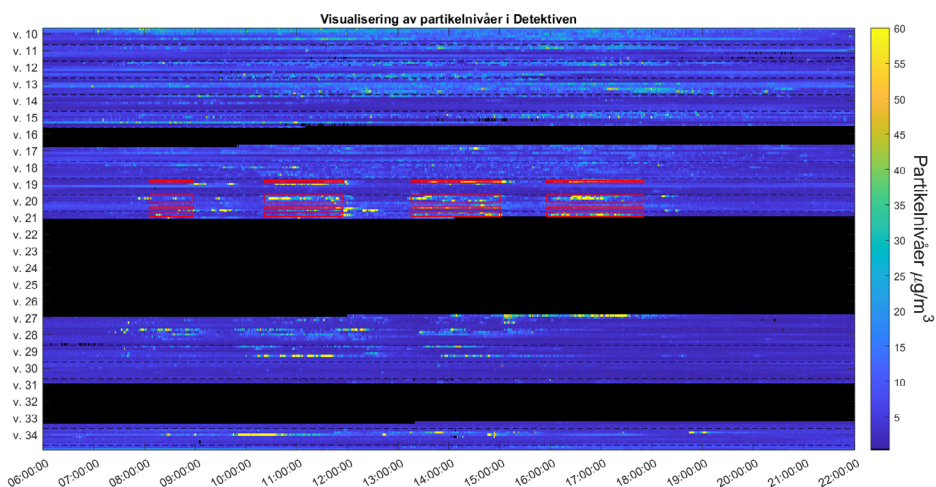
Reflektioner från ljud och partikeldata

Ljuddatan är mer kommunikativ om projektet än partikeldatan.



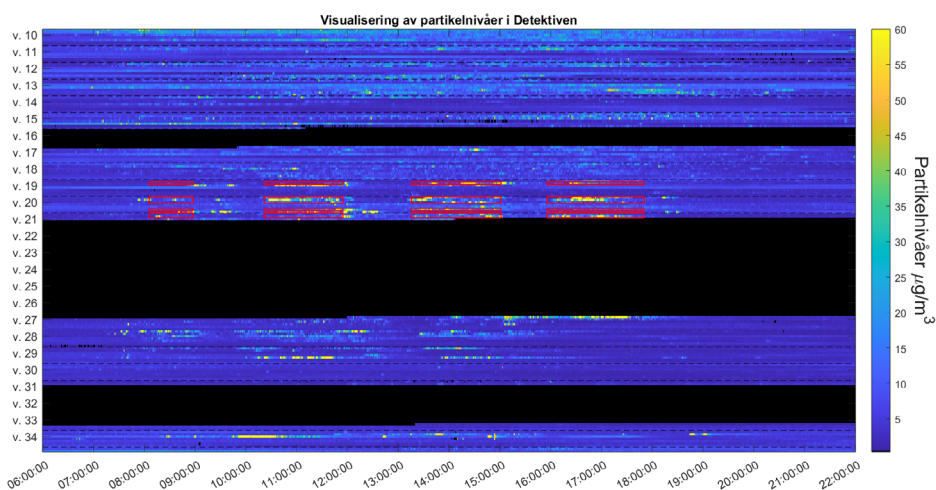
Ljudnivåer på 70 dB eller mer skedde i mer än 24% av dagen för medel- och högintensiva arbetsdagar jämfört med 7% för lågintensiva dagar. Ljudnivåer på 80 dB eller mer skedde 16% av dagen för högintensiva arbetsdagar, vilket motsvarar 3,5 timmar. Under lågintensiva arbetsdagar är ljudnivån nästan dubbelt så hög i

Detektiven de dagar då garaget är öppet jämfört med när det var stängt



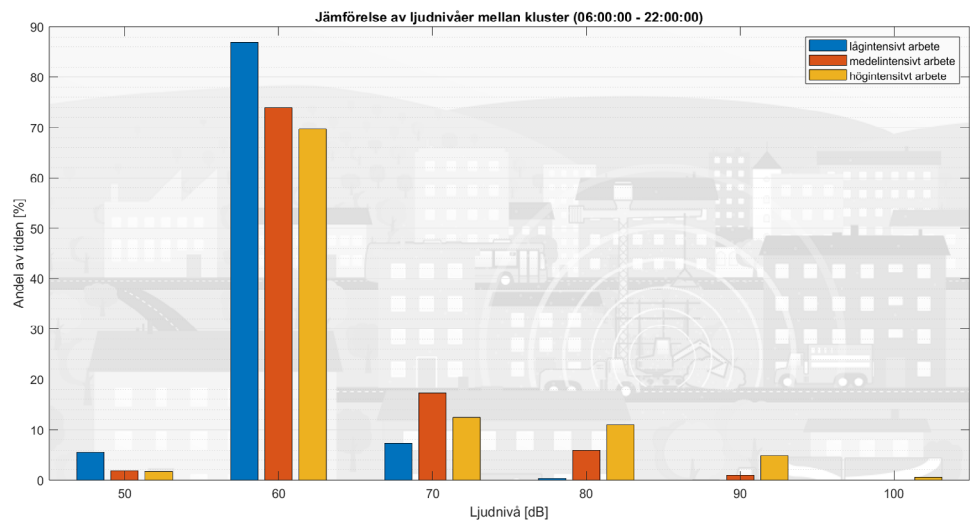
Identifieringen av högintensiva arbetspass visar på att arbetsdagen var uppdelade i 4 arbetspass med en längd på cirka 90 minuter och tiden mellan arbetspassen var det cirka 75 minuter (en timme och en kvart). Den genomsnittliga tiden med högintensivt arbete var ca 6 timmar per dag.

Grundnivån på partiklar i Detektiven är på en medelhög nivå när det är lågintensivt arbete och garaget är öppet. Partikelnivåerna är sporadiskt höga vid högintensivt arbete men följer inte helt samma mönster som ljudnivåerna



Ljuddatan möjliggör identifiering av resursutnyttjande och man kan ställa sig frågan hur detta kan användas mer i realtid för att öka kontroll och trygghet, till

exempel i syfte av att följa upp vilotider. Vidare kan man använda visualiseringarna av ljudet för att visa på arbetstidens fördelning och ställa störningar i relation till annat ljud, se följande figur. Avslutningsvis gick det att identifiera via ljudmätningarna att ventilationen inte var igång på helgerna.



Stads- och trafikplanering och bygglogistik

4

Linnea Eriksson och Anna Fredriksson

Detta kapitel beskriver hur projektet ser på stads och trafikplanering och bygglogistik. Vad som innefattas i termerna och hur processerna ser ut.

Stads och trafikplanering

Planering beskrivs ofta som en process för att skapa mening om en osäker framtid i syfte att kunna hantera den på ett strukturerat och organiserat sätt. Befintlig forskningslitteratur om stadsplanering och transporter fokuserar generellt på de policy- och planeringsprocesser som leder till ny utveckling, det vill säga den slutliga framtida produkten: som ett nytt hus, ny väg eller nytt område.

Planeringsprocessen kan generellt förstås som en hierarkisk process, som inleds i en bred, men osäker, förståelse om framtiden och avslutas i en detaljerad plan över produktion och markanvändning på en specifik plats. Planeringsprocessens inledning är en strategisk nivå där tidsperspektivet är långsiktigt, det finns en rumslig överblick och icke-detaljerade och mer generella frågeställningar beaktas. Visionen och idéerna från strategisk planering konkretiseras i ett detaljplaneringsskede, där tekniska, visuella och fysiska särdrag för ett framtida rum skisseras. I detta steg kommer generellt också planering av områdets/byggnadens kommande transportbehov in och det kan innebära att man måste planera också för andra förändringar av den befintliga transportinfrastrukturen, alternativt planera för nya lösningar för att möta ett ökande transportbehov på en viss plats. Slutligen inträffar det operativa planeringsstadiet nära handling, som att börja bygga byggnader eller infrastruktur. I det här skedet är detaljerna ännu mer kända än i det förra steget och fokus är på att slutföra den nya byggnationen och eventuella planerade transportlösningar.

I Sverige är det kommunen som har planmonopol inom sitt territorium och ett övergripande ansvar för stadens utveckling och funktion. Det innebär att kommunen planerar, utreder och beslutar om all markanvändning och det gör man i enlighet med en fastställd planeringsprocess i Plan och Bygglagen (PBL).

För planeringen på lång sikt ska kommunerna ta fram en översiktsplan (ÖP), som planerar för mark- och vattenanvändning inom området, samt innebär en långsiktig strategi för kommunens utveckling. Varje mandatperiod ska den rådande ÖP behandlas av politikerna och beslut ska tas om den fortfarande är aktuell. Idag är det vanligt att kommunerna behåller en ÖP under ca 10 år, med en del uppdateringar efter hand. Det är också vanligt att kommuner samlar flertalet planer för olika geografiska områden (som innerstad och landsbygd), samt för olika typer av strukturer (som transporter och gröna områden) under ÖP, vilket gör att en ÖP ofta består av flertalet planer. ÖP är inte ett juridiskt bindande dokument, utan ska ses som en strategi och en guide för hur kommunen tänker sig den framtida utvecklingen.

I nästa steg av planeringsprocessen specificeras de generella planerna i ÖP i detaljplaner (DP), som är juridiskt bindande planer som styr användningen av mark och vatten inom ett specifikt mindre område, ofta i storlek av ungefär ett kvarter. I en DP preciseras markanvändningen kopplat till varje tänkt projekt och vilka funktioner marken ska ha. En DP gäller som minst i fem år och som mest i 15 år. När DP har löpt ut kan den ändras, i vissa fall även innan löptiden har gått ut. Detaljplanen fokuserar framför allt på markanvändningen när framtida byggnadsverk är klara. Processen att ta fram en DP kan initieras av kommunen själv eller av markägare som till exempel vill ändra en gammal DP för att kunna ändra funktionen på en viss plats, exempelvis från industri till bostäder.

Det tredje steget i kommunens planeringsprocess är bygglov, det måste sökas hos kommunen av byggherren för att få lov att starta en byggnation enligt detaljplanens riktlinjer. Bedömningen av bygglovet sker enligt PBL tillsammans med lokala byggnadsföreskrifter och kan innehålla olika former av krav på exempelvis byggprocess och återrapportering. För bygglovet gäller att den åtgärd som det avser ska ha påbörjats inom två år, samt avslutats inom fem år från det datum som lovet vunnit laga kraft.

När ett projekt har behandlats inom ramen för kommunens planeringsprocess och slutligen kommer fram till produktionsplaneringsstadiet, släpper kommunen generellt sin kontroll över projektet till byggherre och huvudentreprenörer. Kommunens planeringsprocess och produktionsplaneringen i detta slutliga stadie är båda framför allt fokuserade på den nya produkten och inte hur projektets produktion kommer att påverka resten av staden under byggtiden. Det finns visserligen en kommunal process för att hantera alla ingrepp i staden som har påverkan på trafiken på något sätt, som byggprojekt. Denna process kallas trafikanordningsplan och utgörs av en ansökan från huvudentreprenör eller annan aktör (ofta en "trafikanordnare") om när och hur man vill delvis eller helt stänga av gaturum eller allmän plats i staden för att kunna genomföra en

byggnation, underhåll eller annan verksamhet som tar upp allmän mark tillfälligt. Denna ansökan skickas till kommunens handläggare som ofta har mellan 5 dagar och 2 veckor (tidsspannet skiljer sig mellan kommuner) på sig att uttala sig om planen. Antingen godkänna den rakt av, föreslå olika kompletteringar eller avslå den, vilket sällan händer.

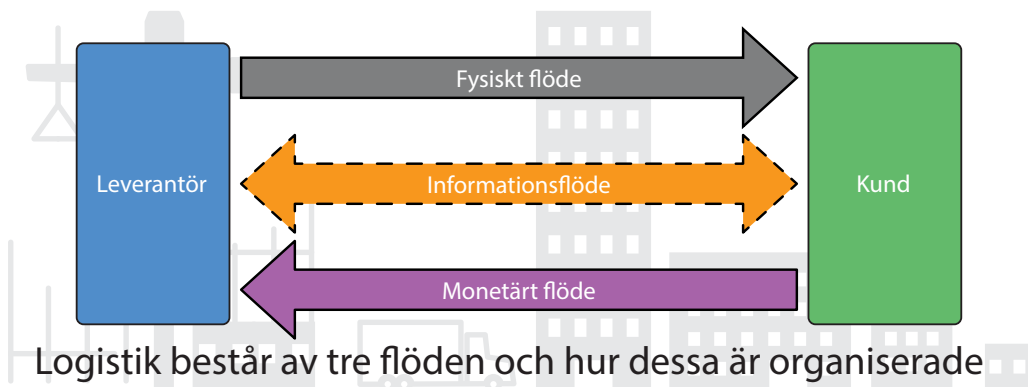
Trafikanordningsplanerna bedöms utifrån trafiksäkerheten och arbetsplats-säkerheten inom och omedelbart utanför det område som verksamheten tar upp. Sällan tas stadens hela trafiksystem i beaktande av kommunens handläggare, detta eftersom den enskilde handläggaren sällan har överblick över alla pågående projekt och har inte heller möjlighet att utreda hur projektet kommer att påverka stadens transportsystem i stort. Den typen av utredningar görs ofta genom simuleringar i micromodeller över stadens trafiksystem och funktion inom planeringsprocessen för nya byggnationer, som beskrivs ovan. När det gäller trafikanordningsplaner har ofta handläggarna små resurser både i form av tid, kunskap och tillgång till systemen för att kunna utreda vad avstängningar får för konsekvenser. Till det kommer också en ökning av trafik i stadens transportsystem i form av byggtrafiken, tung trafik in och ut från byggarbetsplatsen samt trafik kopplat till de som arbetar på platsen. Detta har trafikanordningshandläggaren mycket svårt att beakta med sina begränsade verktyg idag. Ofta fungerar dock de avstängningar som görs ganska bra och det beror på att handläggarna har stor erfarenhet av vad som händer när man gör på olika sätt och därför kan ta det i beaktande när de handlägger. Men mycket av trafikanordningsplaneringen handlar om ad hoc-lösningar som testas i verkligheten och faller ut mer eller mindre bra.

Bygglogistik

Till att börja med måste vi reda ut lite begrepp.

Logistik innefattar planering, styrning och integrering av aktiviteter och aktörer i materialflödet av nya produkter och material såväl som uttjänta produkter och material med tillhörande informations- och finansiella flöden. Dessa flöden är beroende av varandra. Målet med all logistik är att nå resurseffektivitet. Vi ska göra rätt saker på rätt plats i rätt tid och till rätt kvalitet. Detta rätt kan vi påverka genom hur vi organiserar det fysiska flödet i relation till informationsflödet i relation till det monetära flödet. **Transport** innebär förflyttning av gods (eller personer) från en plats till en annan. En väl genomförd logistik är således en förutsättning för att åstadkomma effektiva transporter. **Bygglogistik** handlar om att på ett effektivt sätt planera och styra materialflöden från, på och till byggarbetsplatsen. Studier påvisar att effektiv bygglogistik är centrala delar i en mer hållbar samhällsbyggnadssektor då det reducerar kostnader, ökar kvalitén

och bidrar till en effektivare byggprocess och ger möjlighet till att minska miljöpåverkan.



Beroende på hur vi organiserar bygglogistiken kan vi skapa olika typer av värden. Själva organiseringen sker i form av olika kombinationer av tjänster inom det som i dagligt tal kallas för bygglogistiklösningar. Till bygglogistiktjänster räknas t.ex.: transportplanering, lagring, materialhantering, logistikanpassade APD-planer, skalskydd, snöröjning, logistikkoordinator. Dessa tjänster kan utföras på byggarbetsplatsen men också en bit ifrån. Ofta bygger man en bygglogistiklösning antingen kring terminaler (bygglogistikcenter) och/eller en check-point (grind som kontrollerar in och utflöde av transporter), båda i kombination med ett planeringssystem. Syftet med bygglogistiklösningar är att styra och samordna byggtransporter samt skapa förutsättningar för en effektiv och säker produktion på byggarbetsplatsen. En central del är att skapa en bra koordinering av aktiviteter som sker på själva byggarbetsplatsen med aktiviteter som sker utanför densamma. Det senare är aktiviteter som sker hos olika leverantörer såsom materialtillverkare, avfallshanterare och maskinuthyrningsverksamheter. Koordinering måste också ske med aktörer som inte tillhör projektet men som har sin verksamhet eller verkar runtomkring projektet eller längs med transportvägarna till och från projektet. T.ex. är det mycket vanligt att ha bygglogistiklösningar med transportstyrning på sjukhusprojekt, då det är av vikt att projektet inte påverkar patientflödet.

Bygglogistiklösningar kan initieras och utformas av olika intressenter: byggherren, kommunen/staden, eller huvudentreprenören. Den som initierar en lösning kan ses som en form av ägare av bygglogistiklösningen och olika initiativtagare har olika värden i sikte. Byggherren vill nå en kort byggtid så att den färdiga produkten kommer i drift så fort som möjligt och nå få störningar runtomkring byggarbetsplatsen då man ofta har annan verksamhet som kan påverkas i närheten, t.ex. vid sjukhus och galleribyggnationer. Huvudentreprenören vill ha ett säkert och effektivt projekt som gör det möjligt att

bygga bra men billigt. Kommunen vill ha en låg miljöpåverkan och få störningar för omkringliggande verksamheter.

Vem det är som initierar och dess målbild med själva bygglogistiken kommer att påverka vilka tjänster som ingår i lösningen och hur många tjänster. En viktig del för att få bygglogistiklösningarna att fungera på ett effektivt sätt och ge det värde som söks är att den som utför tjänsterna har mandat att få aktörerna i byggprojekten att följa reglerna och använda tjänsterna. För att detta ska ske krävs kravställning från byggherrar och kommuner.

Det kommer idag fler och fler exempel på användning av olika bygglogistiklösningar, hur de har utformats och olika sätt att initiera dem. Till exempel i Norra Djurgårdsstaden i Stockholm där bygglogistikfrågor tas upp redan i exploateringsavtalen och därmed blir en självklar fråga under byggnationen. Där tillhandahåller man även en gemensam bygglogistiklösning som det är krav på att projekten inom området ska använda. Samma sak har också setts i samband med olika sjukhusprojekt i landet, där man från regionernas sida handlar upp bygglogistiklösningar och inkluderar dess användande som ett krav reglerat i upphandlingen av entreprenörerna.

Planeringsgapet

5

Linnea Eriksson och Anna Fredriksson

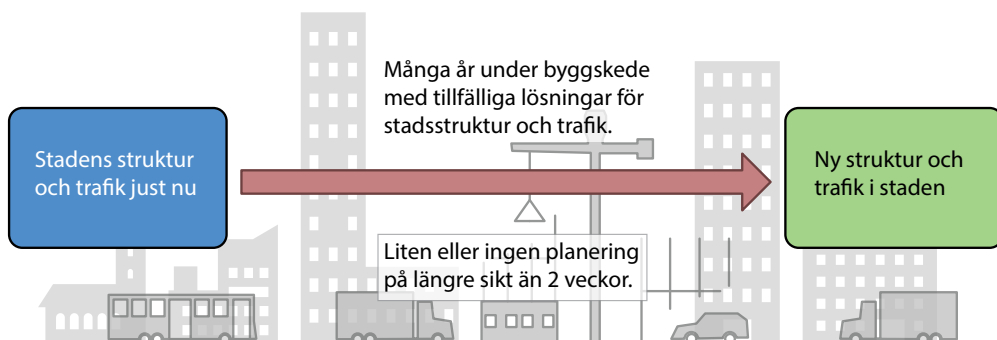
I kapitel 4 har stads och trafikplaneringsprocessen inom kommunen beskrivits. Där beskrivs hur kommunen planerar ganska detaljerat för hur staden ska komma att se ut när det man vill bygga är färdigt, både när det kommer till gestaltning, markanvändning och trafiksystem. Medan den tidsperiod som är mellan dagens situation och den färdiga förändringen är dock betydligt mindre, om ens alls, planerad.

Traditionellt är det så att bygglogistik ses som en operativ fråga och bör därför organiseras och genomföras av entreprenören som en del av byggprocessen. Vidare har byggtransporter inte beaktats i studier av transportplaneringsprocesser samt ur ett stadsplaneringsperspektiv behandlas byggprojekt ofta som en tidsbegränsad störning, ett problem som slutar när ett enskilt projekt är färdigställt. Men ju mer samtidigt pågående projekt inom en stad, desto mer intensiva är deras störningar eftersom deras transportbehov interpolerar och avstängningar kan skapa kaskadeffekter i trafiksystemet. Dessutom skapar fler antal lastbilar i kombination med avstängningar av vägar, faror och problem för fotgängare och cyklister. Trots detta har det varit intresset fram till nu varit lågt för planeringsprocesser för hur man ska kontrollera och hantera transportsystemet för att mildra störningar under pågående byggperioder, vilket har lett till bristande krav på hur man kan mildra dess störningar.

Denna byggperiod innebär tillfälliga ändringar i befintligt trafiksystem och i markanvändning, löses idag av mer ad hoc-mässiga lösningar som ofta har en planeringshorisont på bara några dagar. Vidare inträffar det ofta i staden flertalet sådana tillfälliga lösningar samtidigt och kunskapen om hur de samverkar och skapar problem för trafik, människor och näringsliv i staden saknas ofta för kommunen som organisation eller någon annan heller för den delen. Enskilda trafikingenjörer får till stor del lita till sina egna erfarenheter för att lösa denna tillfälliga period. Detta gör att det kan vara svårt att motivera och förklara varför man gjort de val av lösningar som man gjort för såväl kommunens övriga organisation och politiker, som medborgare och företag i staden. Vilket leder

till att kommunen och byggtreprenörerna utsätts för kritik och negativa omskrivningar i dagspressen.

Vi menar att denna tillfälliga period mellan stadens nuvarande struktur och stadens framtida struktur är ett **planeringsgap** (se figuren nedan), vilket betyder att de problematiker som finns i detta gap inte löses systematiskt och baserat på en tydlig planering. Detta innebär naturligtvis inte att alla tillfälliga lösningar går att planera för eftersom mycket är drivet av behov av akuta ingrepp, men många fler tillfälliga lösningar än vad som görs idag går att planera för. Vidare innebär det att om kommunerna planerar för de tillfälliga lösningar vilka de faktiskt kan planera för så skulle det också vara enklare att hantera akuta händelser, då den typen av frågeställningar bör komma upp under planeringen. Nybyggnation av hela områden av hus eller infrastruktur eller på en avgränsad mindre plats, samt större renoveringar av hus och infrastruktur är projekt där de tillfälliga lösningarna bör kunna planeras med mer marginal och i förhållande till varandra. Vi kommer därför fortsättningsvis att diskutera planeringsgapet i relation till byggnationer.

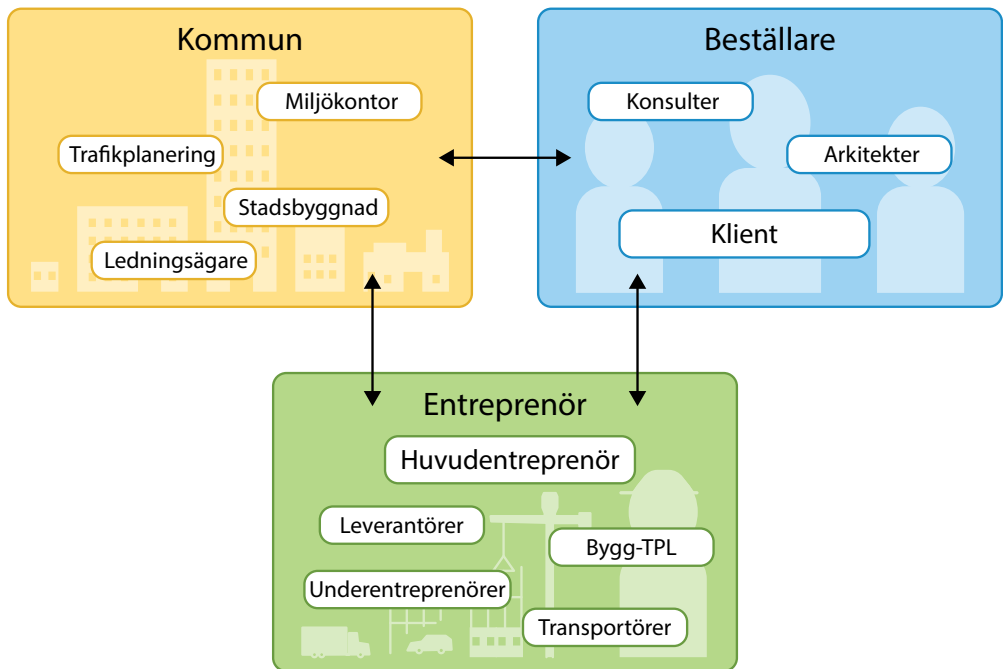


Planeringsgapet och bygglogistiksystemet

En byggnation är beroende av att material, personal och maskiner kan transporteras från och till platsen där det byggs. Att dessa byggtransporter kan ske så effektivt som möjligt är av avgörande betydelse för att byggnationen ska kunna genomföras inom tids- och budgetramar. Byggnationen är således beroende av ett fungerande bygglogistiksystem, som beskriver de olika aktörer som på olika vis involveras i byggtrafikfrågor och relaterar till varandra. Bygglogistiksystemet har beskrivits som bestående av tre delsystem: kommunen, beställarna och entreprenörerna.

Kommunens delsystem består av de olika delar inom kommunen som är involverade i byggprocessen, från trafik- och stadsplanering, som utarbetar planerna som byggnationen ska byggas inom ramen för, till miljökontor, som ger tillstånd och utövar tillsyn, via trafikingenjörerna som godkänner och kontrollerar Trafikanordningsplaner för de tillfälliga lösningarna. Delsystemet Beställare

består av beställarna som har beställt själva konstruktionen samt konsulter och arkitekter som beställarna har engagerat för att ta fram handlingar och övervaka själva genomförandet av byggnationen. Delsystemet Entreprenörer består av själva huvudentreprenören, samt underentreprenörer som genomför arbeten på byggarbetsplatsen, leverantörer av material och maskiner, bygglogistikkonsulter som samordnar materialtransporter och sköter inbärning samt transportörerna som genomför själva transporten. Dessa tre delsystem är beroende av varandra och kan inte själva planera och genomföra ett byggprojekt utan att konsultera varandra, vilket indikeras med linjerna i följande figur.



I planeringsgapet finns varje byggprojekt, vilket i det här sammanhanget ska förstås som en enhet som består av tre faser: ett före projektets start, ett under byggtid och ett efter projektets slut. I varje fas är olika aktörer inom bygglogistiksystemet involverade för att lösa sina ansvarsområden och med olika typer av verktyg. Idag finns varken heltäckande verktyg eller ansvarsområden när det gäller att lösa byggtrafiken. Med det menas att ingen aktör har ansvar eller verktyg för att hantera hela processen i alla dess faser och dessutom kunna hantera flera byggprojekt samtidigt, samt varje projekts och en grupp av projekts relation till stadens trafiksystem. Det är denna situation med bygglogistiksystemets många aktörer som är beroende men som alla agerar som om de inte relaterar till varandra, som skapar planeringsgapet. Före projektets start ägs frågan framförallt i den kommunala planeringsprocessen, men också delvis av beställarna. Under

projektets gång ägs frågan av entreprenörerna och delvis av beställarna, beroende på om och hur dessa har ställt krav på hur bygglogistiken ska organiseras i form av bygglogistiklösningar och hur dessa ska följas upp. Efter projektets slut ägs frågan återigen av kommunen som en del av deras drift och underhåll av hela stadens trafiksystem men också av beställarna som en del i deras rapportering till myndigheter och certifieringsorgan.

Offentliga och privata aktörer möts och relaterar till varandra i faserna under planeringsgapet, men kommunen, som planerar staden och förvaltar dess trafiksystem är en central aktör med möjligheter till styrning genom t.ex. krav i marköverlåtelse avtal eller genom trafikplaneringsföreskrifter. Dock överlåter kommunen oftast hanteringen av gapet till privata aktörer istället eftersom bygglogistik ses som en operativ fråga som tillhör själva genomförandet av projektet. Detta gör att de praktiska problem som uppstår i gapet lämnas till marknaden att hantera. Problemen hanteras då ofta med liten framförhållning och med enbart en aktörs bästa för ögonen, vilket gör att nya problem riskerar att uppstå. Exempelvis kan det handla om lösningar som löser en trafiksituation precis utanför byggprojektets grindar, men som får följdverkningar i stadens övriga trafiksystem och skapar värre problem på andra håll. Detta beror ofta på att det pågår flera byggprojekt samtidigt och dessa relaterar till varandra i hög grad genom trafiksystemet på grund av den mängd transporter de genererar samt avstängningar och omledningar de ligger bakom.

I bygglogistiksystemet relaterar delsystemen till varandra och aktörerna inom varje delsystem relaterar inom delsystemet till varandra och andra aktörer i andra delsystem. Relationerna är beroende av att aktörernas respektive processer för planering av byggprojekt och dess sammanhang kan relatera till varandra och utveckla effektiva ömsesidiga samband. Som beskrivits ovan är kommunens planeringsprocess fokuserad på det slutgiltiga resultatet av ett byggprojekt och av dess omgivning. Den planering som görs för tillfälliga lösningar är Trafikanordningsplanerna (TA-plan), en process som i stor utsträckning utförs av entreprenörerna med fokus på trafiksäkerheten runt en plats för byggnation. Hur varje sådan TA-plan förhåller sig till andra TA-planer och vilka konsekvenser dessa får på stadens trafiksystem i stort planeras i ingen eller mycket liten grad för. Detta trots att det borde ligga i kommunens intresse att kunna förutse utfallet av de ingrepp som ska göras och så långt det är möjligt genomföra de lösningar som innebär minst störningar i trafiksystemet som kommunen förvaltar.

Beställaren å sin sida har stort fokus på sitt enskilda projekt och det som ska byggas, hur det enskilda projektet relaterar till andra och trafiksystemet i staden i stort är av mindre intresse. Det handlar om att försöka få byggnationen att bli klar i tid och till rätt kostnad utan alltför mycket klagomål från omkringliggande

verksamheter. Vilken typ av beställare det är: privat, kommunal eller Trafikverket verkar i detta sammanhang spela mindre roll, inställningen är oavsett densamma.

Entreprenörerna har fokus på att genomföra det enskilda projektet till beställarens belåtenhet och så effektivt som möjligt. Även om byggtransporterna kostar pengar är de inte i fokus för planeringen av byggnationen, utan det är själva byggprocessen som är i fokus och transporterna ses som möjliggörare eller hinder för den. Det gör att det finns en dålig koppling mellan produktionsplanering och materialleveransplanering, den första är den som säger vilken ordning man ska bygga och den andra hur och när material kommer till arbetsplatsen. Material till en byggnation upphandlas ofta inklusive leverans, men leverantörerna saknar ofta information för att kunna styra transporterna på ett effektivt sätt och övriga entreprenörer har ingen kunskap om leveranserna. Det gör att byggtransporterna från entreprenörernas synvinkel ofta upplevs som svåra att påverka, men det betyder inte att det inte går. Både transportörer och leverantörer har en önskan om att det ska gå smidigt att leverera för då hinner dom med fler leveranser på samma dag och kan tjäna mer pengar och samtidigt få med sig mer material på samma lastbil och därmed minska utsläppen.

De planeringsprocesser hos olika aktörer som vi beskrivit ovan ligger på olika nivåer. Antingen befinner sig planeringen på en strategisk nivå eller en operativ nivå. Vi anser att det som saknas för att processerna i högre grad ska dra åt samma håll och leda till ett effektivare och bättre genomförande kräver en taktisk brygga mellan strategisk och operativ nivå där visioner kan omformuleras till praktiska aktiviteter.

Simulering av byggtransportflöden

6

David Gundlegård och Samuel Hjort

Trafiksimulering

Simulering innebär att vi bygger en modell av verkligheten i vilken vi kan testa möjliga lösningar och effekter av olika förslag. Trafiksimulering innebär att man skapar en simuleringsmodell av trafikflöden för ett område, till exempel en stad. Trafiksimulering kan göras på olika nivåer som representerar olika detaljeringsgrad. Mikroskopiska simuleringsmodeller är de mest detaljerade och dessa modellerar varje individuellt fordon i trafiksystemet. Makroskopiska simuleringsmodeller inkluderar inte lika mycket detaljer och modellerar inte individuella fordon, utan endast aggregerade variabler av flöde, densitet och hastighet. Mesoskopiska modeller är en blandning av mikro- och makromodeller, där vissa fenomen kan modelleras på mikronivå och andra på makronivå. I och med att de mikroskopiska modellerna beskriver varje fordons rörelser, så behöver dessa modeller oftast också en betydligt mer detaljerad beskrivning av vägnätet, i form av exempelvis detaljerade beskrivningar av korsningar och påfartsramper, medan de makroskopiska modellerna oftast använder en förenklad beskrivning av transportsystemet.



Inom trafiksimulering talar man om utbud och efterfrågan på kapacitet i trafiksystemet. Utbud är den tillgängliga transportinfrastrukturen vi har vid olika tidpunkter och efterfrågan är hur många som vill utnyttja infrastrukturen vid olika tidpunkter. Har man stor efterfrågan och litet utbud vid samma tid så uppstår köbildning och längre restider. Det gör att de utdata som oftast används inom trafiksimulering är kopplade till framkomlighet i form av restider och antal fordon av olika slag. Dessa kan antingen vara i staden/området som helhet eller på specifika vägvsnitt.

De flesta kommuner idag använder sig av någon form av trafiksimulering för att underlätta planeringen av sitt trafiksystem. Vanliga programvaror är till exempel PTV Visum där man kan simulera på både makro- och meso-nivå och PTV Vissim där man kan simulera trafik på mikronivå. Dessa modeller kalibreras ofta för att representera nuläget på ett bra sätt med hjälp av trafikflödesmätningar, resvaneundersökningar och nu på senare tid också mobilnäts- och GPS-data. Ett problem med alla simuleringsmodeller är att bristfälliga data ger en mindre tillförlitlig modell.

En viktig aspekt med en simuleringsmodell är också att validera den, det betyder att säkerställa att den är tillförlitlig och ger trovärdiga svar för det tilltänkta användningsområdet. Det gör man genom att jämföra utfallet i modellen med data från det verkliga systemet och analysera avvikelserna mellan dessa. Liten avvikelse visar på att modellen på ett bra sätt beskriver verkligheten och därmed kan resultat från simuleringar av framtida händelser ses som sannolika.

Ett byggprojekts trafikpåverkan – att börja modellera

Ett byggprojekt påverkar ofta en stad genom att utbudet (kapaciteten i trafiksystemet) försämras samtidigt som efterfrågan på transporter ökar. Utbudet minskar genom exempelvis avstängningar kopplat till byggprojekten. Dessa avstängningar kan vara att vägar helt och hållet stängs av och man får välja andra vägar eller att man stänger av delar av en väg och framkomligheten därmed blir sämre. Avstängningarna kommer sig av att man behöver ytan för att genomföra projektet eller att det behövs säkerhetsavstånd till projektet för att ingen ska komma i fara. Avstängningarna kan vara över en längre tid, det vill säga hela projektet eller mer av temporär natur när det till exempel kommer en stor leverans och man tillfälligt behöver mer yta för lossning eller lastning. Efterfrågan ökar eftersom byggprojekten behöver transporter med leveranser av material eller bortförsl av avfall och massor, men också att byggarbetare och olika hantverkare behöver ta sig till projektet. Intensiteten i hur många transporter som kommer till projektet, det vill säga vilken transportefterfrågan som ett projekt genererar

kan bero på många olika faktorer. Viktiga faktorer som påverkar är exempelvis projektets storlek och vilken typ av projekt det är, till exempel om det är ett infrastruktur-, sjukhus- eller bostadsprojekt som ska genomföras. Efterfrågan varierar också under projektets gång eftersom ett projekt genererar olika behov av material och hantverkare beroende på om det är i början eller i slutet av projektet. Vanligtvis kan man säga att det går från större till mindre fordon allt eftersom projektet går framåt, men intensiteten beror på produktionsplaneringen.

Hur mycket ett byggprojekt påverkar en stad är beroende på exakt hur det påverkar efterfrågan och utbudet i stadens trafiksystem. Därför är det av vikt att skapa en förståelse för hur byggprojektet påverkar rummet (det vill säga på vilken eller vilka platser) och tiden (det vill säga när kommer transporterna att ske). Rummet är beroende av var projektet ligger, dess utbredning (hur mycket fysisk plats det upptar) och var leverantörer, tåktar och terminaler är lokaliserade. Att vi behöver veta var både projektet är lokaliserat såväl som leverantörer med flera beror på att det är mellan dessa punkter en transport sker. Tiden å sin sida är beroende av när transporten sker och det i sin tur beror på när projektet har sagt att något ska vara framme.

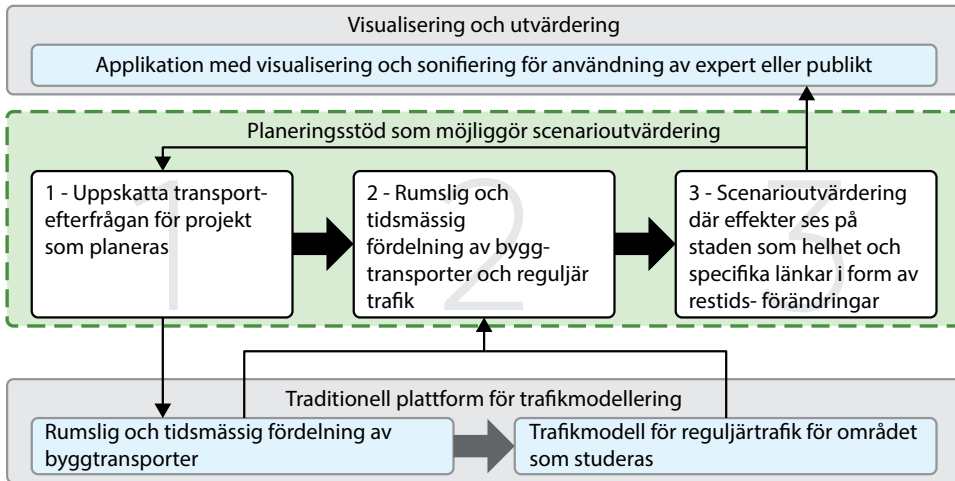
Trafikanordningsplaner är något som också påverkar rummet eller platsen i och med att en sådan sätter villkoren för hur transporterna i närheten av projektet får förflytta sig, det vill säga vilka vägar dom kan ska ta till och från byggarbetsplatsen och vart dom kan stanna. En annan viktig aspekt när det kommer till hur byggtransporterna påverkar är vilka vägar som har vilken klassning. Byggtransporter är ofta tunga och får inte åka på alla vägar som är tillgängliga och det sätter begränsningar för vilka rutter som kan användas till och från projektet.

Simuleringsramverket inom Störningsfri stad

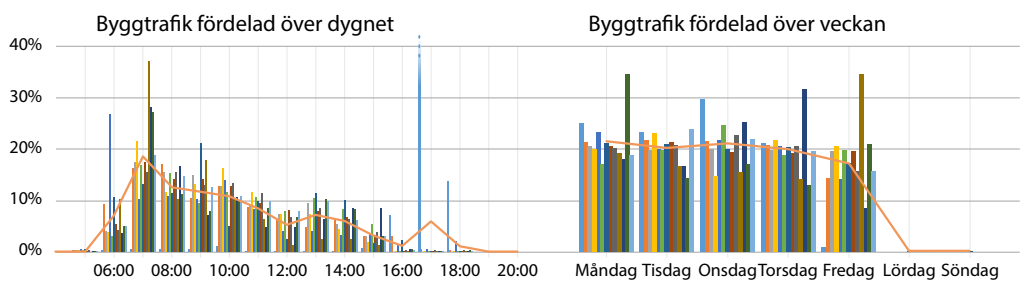
Tanken är att beslutsverktyget som utvecklas inom Störningsfri stad ska vara oberoende av specifika simuleringsmodeller och vi har kopplat ihop både en meso-modell och en makromodell med beslutsverktyget, då fokuset varit att få en helhetsbild över störningar i staden. Det kan dock vara intressant att även koppla ihop en mikromodell med beslutsverktyget i syfte att analysera området närmast byggprojektet.

Steg 1 i ramverket är att uppskatta transportefterfrågan som olika samtidigt planerade projekt kommer att generera. Ramverket bygger på en traditionell trafikmodelleringsplattform där en rumslig och tidsmässig fördelning för byggtrafiken skapas baserat på historiska data. På grund av komplexiteten i att ta fram en tidsuppdelad beskrivning av efterfrågan i en stad och komplexiteten att kalibrera dynamiska modeller för hela städer, är många nuvarande simuleringsmodeller

baserade på analys av ett medelvardagsdygn.



Att basera simuleringsmodeller på medelvardagsdygn kan vara ett problem när vi talar om byggbranschen, då vi i studier kunnat se att byggtrafiken inte är jämnt fördelad över dygnet och att vi även vill utvärdera effekten av att fördela transportarbetet för byggprojekten över olika tider på dygnet. Det gör att vi inte kan utgå från ett dygnsmedel när vi ska modellera byggtrafiken och för att vi ska se effekterna behöver även den reguljära trafiken beskrivas med en större noggrannhet, helst ner på timnivå. För att göra detta har vi använt oss av storskaliga mobilitetsdata i form av mobilnätdata och GPS-data från uppkopplade fordon. Kombinationen av byggtrafiken och den befintliga trafiken möjliggör steg 2 i ramverket, det vill säga att se effekterna av den rumsliga och tidsmässiga fördelningen av byggtrafik som ett visst antal projekt inom samma stad/område ger. När vi väl ser fördelningen ger det oss möjlighet att gå in i steg 3, att jämföra olika scenarier.



Med scenarier här menar vi först ett basscenario. Ett basscenario är att byggtrafiken planeras och genomförs helt och hållet utifrån hur det enskilda projektet önskar baserat på deras produktionsplanering. Det ger ett scenario

som antagligen inte är så effektivt sett ur staden som helhet då trafiken kommer fördelas ojämnt över dygnet och över veckodagarna, det vill säga där ungefär hälften av transportererna för en dag kommer mellan klockan 06 och klockan 09, precis i samband med morgonrusningen och att dom själva väljer rutt efter det som dom finner bäst. Därför är det intressant att också titta andra sätt att styra byggtrafiken och skapa nya scenarier där byggtransporterna antingen ruttas på sätt som är bättre sätt ur staden som helhet och/eller begränsas till tidpunkter som inte sammanfaller med rusningstrafik.

Simuleringens roll i den kollaborativa planeringsprocessen

I den kollaborativa planeringsprocessen har simuleringen en viktig roll att spela då den ger input till diskussionerna samt att stötta med förståelse för hur trafiksystemet reagerar och var och när någonstans störningar uppstår. Det ger en delad bild av vad som kan hända om man inte gör något för att koordinera kommande byggtransporter och avstängningar med stadens reguljära trafik men också vad det är man kan uppnå genom aktiv styrning (tider och rutter). Samt att också skapa en förståelse för vad byggprojektet kommer att innebära för olika aktörer som inte är direkt involverade i projektet, men som till exempel ligger längs med olika rutter.

Vidare kan den även användas för att skapa en bild av vad är det värsta tänkbara scenarier som kan hända och vilka effekter skulle det i så fall ge på trafiksystemet, för att skapa en förståelse för vilka samtida avstängningar och trafikmängder vi måste undvika för att undvika en kollaps i trafiksystemet. Detta kan skapa en förståelse hos de involverade aktörerna för vad det är vi försöker uppnå och undvika och på så sätt bidra till att skapa en gemensam målbild. Simuleringen kan också skapa en förståelse för hur känsligt systemet är för olika alternativa avstängningar eller ruttningar och på så sätt visa vad man bör undvika eller sträva efter. Slutligen kan simuleringarna också användas för utvärdera olika alternativa sätt att kontrollera byggtrafiken eller för större projekt kan det också vara aktuellt att utvärdera effekterna av att göra förändringar i trafiksystemet.

Explorativ dataanalys av data från byggprojekt



Nicolas Brusselaers och Samuel Hjort

För att modellera och förutse transportbehoven till framtida byggprojekt krävs data från tidigare byggprojekt. Genom att använda historiska data kan vi utveckla en modell som kan ge en uppfattning om transportbehovet till ett framtida byggprojekt och hur transporterna påverkar den lokala miljön. Den historiska datan används främst för att utveckla en modell som identifierar mönster mellan olika förklaringsvariabler och transportbehovet hos tidigare byggprojekt. Exempel på förklaringsvariabler inkluderar bruttototalarea (BTA), typ av byggprojekt (till exempel kontor, bostäder, sjukhus), bygglängden, byggkostnaden, miljöcertifiering, eller om det är en nyproduktion eller ett renoveringsprojekt. Men man måste också skilja på projektets olika faser då transportmönstret skiljer mellan dessa. Därför delar vi upp projektet i fyra kvartiler. Detta är inte perfekt då flera av projektets aktiviteter kan pågå parallellt.

Den data som har samlats in i Störningsfri stad kommer från tre olika källor: byggprojektsdata, leverantörsdata och transportörsdata. Byggprojektsdata har samlats in från själva byggprojekten via bokningssystem och sensorer vid byggplatsens grindar. Bokningssystemen innehåller även obokade leveranser som har passerat byggets grindar. Leverantörsdata har samlats in från en leverantörs ordersystem. Transportördata har samlats in via On Board Units (OBU) ombord på tunga lastbilar som har levererat till byggprojekt.

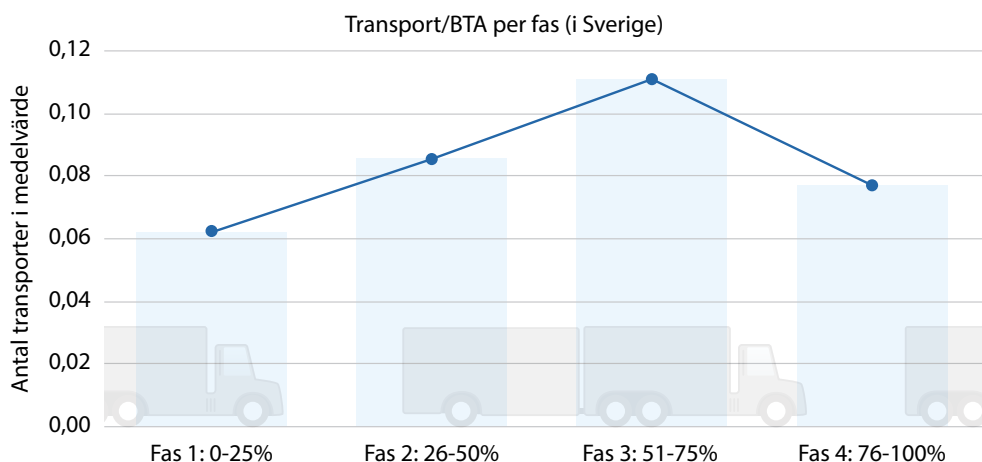
Alla dessa datakällor bearbetas och analyseras för att dels finna mönster mellan förklaringsvariabler och hur många transporter det har kommit till ett byggprojekt. Analysen görs främst genom en explorativ dataanalys (EDA). EDA är en metod för att analysera och summera data för att dels hitta mönster. Exempel på metoder för att få en bättre förståelse för datan är att visualisera datan och på så sätt identifiera mönster mellan olika variabler och potentiella utstickare.

Att kombinera data

Innan en explorativ dataanalys kan göras måste datan bearbetas. Byggprojekten är av varierande storlek och längd. De svenska byggprojekten är lokaliserade i

sex städer runt om i landet (Stockholm, Uppsala, Örebro, Linköping, Norrköping & Helsingborg) där transportdata har samlats in antingen via bokningssystem eller sensorer och kameror vid byggets grindar. I datan finns även information om vilken typ av fordon som har gjort en leverans, vad för material som har levererats och om leveransen var planerad eller inte. Den belgiska datan är främst insamlad från OBU på tunga transporter till byggprojekt runtom i Brysselregionen under september 2021. Utöver OBU-datan har vi fått tillgång till mer detaljerad information om fem byggprojekt i Brysselregionen. Där ingår antal leveranser per material och månad under hela byggprojektet.

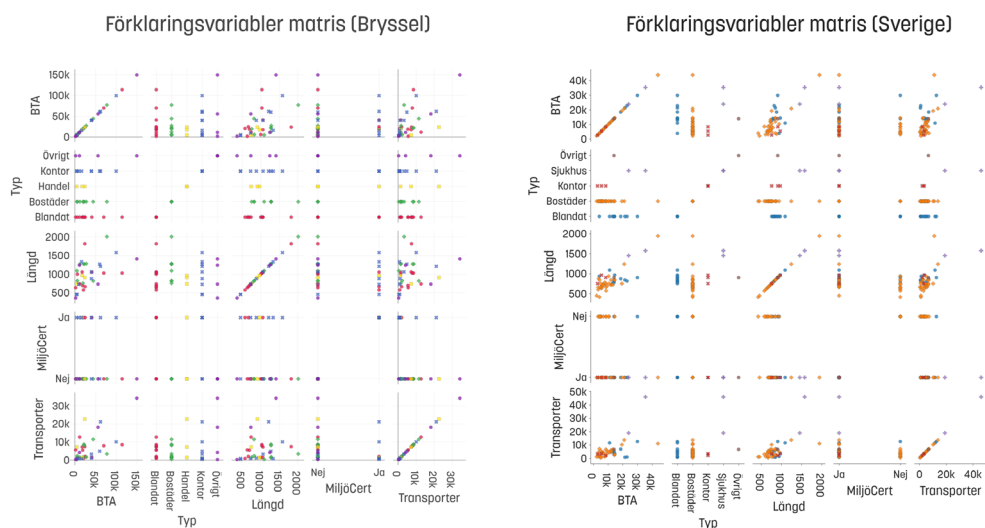
För att kunna analysera den belgiska OBU datan har vi uppskattat antalet leveranser för hela byggprojektet. Uppskattningen har gjorts genom att beräkna antalet transporter per BTA för varje fas i byggprojektet, där en fas är 25% av bygglängden, och sedan summera antalet transporter för varje fas. Antalet transporter per BTA baserades på varje land samt där vi hade data för den specifika fasen. Uppskattningen av antalet transporter gjordes även för de svenska byggprojekt där vi inte hade data för hela byggprojektet.



Figuren ovan, visar medelantalet transporter per BTA och fas för alla byggprojekt i Sverige. Antalet transporter ökar fram till och med den tredje fasen för att sedan minska den sista fasen. Den belgiska datan har samma trend. Därmed kan vi dra slutsatsen att det sker flest antal transporter precis efter ett byggprojekt har passerat ungefär halva bygglängden.

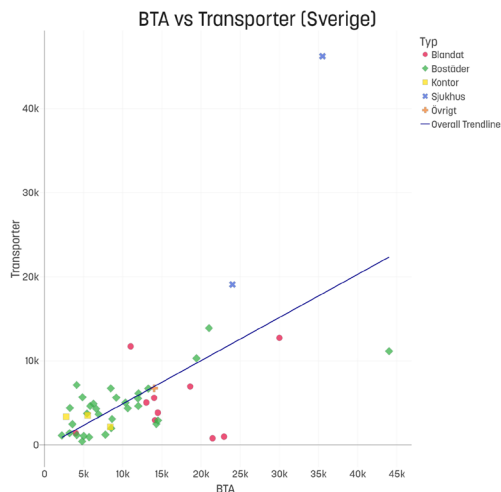
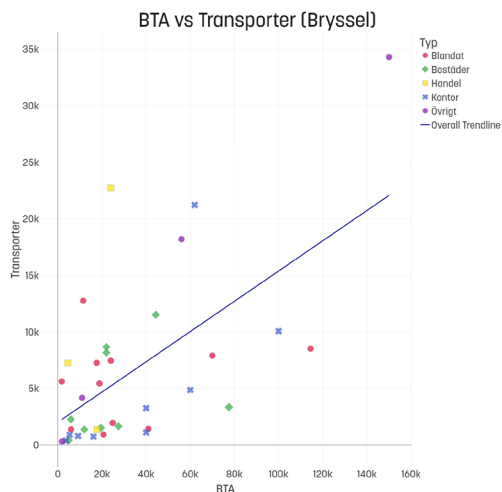
Explorativ dataanalys

Som tidigare nämnt måste man få en förståelse för den data man har samlat in för att kunna skapa en modell. Därmed har en explorativ dataanalys genomförts i projektet där vi tittar närmare på data från olika byggprojekt i Sverige och Belgien. Vi har tittat närmare på att undersöka hur byggets egenskaper kan försöka ge oss en bättre förståelse kring hur många transporter ett byggprojekt ger upphov till givet dess egenskaper. I detta fall har vi endast gjort en explorativ dataanalys av byggets egenskaper (förklaringsvariabler) som BTA, typ av byggprojekt, om det är nybygge, renovering eller en blandning samt om det är miljöcertifierat eller inte. Figuren nedan visar relationen mellan byggprojektens förklaringsvariabler och transporter för varje land (Bryssel i Belgien till vänster och Sverige till höger). Datan innehåller endast några fåtal renoverings och blandade projekt. Därmed kan man inte dra någon slutsats hur dessa projekt skiljer sig jämfört med nybyggen.



I tidigare forskning har BTA identifierats som en förklaringsvariabel som med stor betydelse för att prediktera antalet transporter till ett byggprojekt. Ju större ett byggprojekt är desto större är dess transportbehov. Figuren nedan visar relationen mellan BTA och hur många transporter hos olika byggprojekt i Bryssel i Belgien (till vänster) och Sverige (till höger). Figuren visar även en trendlinje över vad vi kan förvänta oss för transportbehov vid ett givet BTA. I både Bryssel och Sverige är byggprojekten utspridda och följer generellt inte trendlinjen. Speciellt vid små BTA kan antalet transporter variera mycket. Beräknar vi korrelationen mellan BTA och transporter hamnar den på 0,5 för Sverige och 0,6 för Bryssel. Detta är betydligt högre än någon annan förklaringsvariabel. Därmed kan vi dra slutsatsen att BTA är en viktig variabel för att förklara hur många transporter ett byggprojekt ger upphov till. Men som tidigare nämnt varierar antalet transporter

vid små BTA vilket betyder att vi behöver andra variabler för att få en bättre uppskattning över antalet transporter.



Lärdomar från den explorativa dataanalysen

Något som inte har tagits i beaktning i denna analys är de rumsliga variablerna och hur logistiken ser ut vid varje byggprojekt. Säg att ett bygge är i en central del av staden med en miljözon som begränsar vilka typer av fordon som är tillåtna. Om det endast är tillåtet att köra lättare lastbilar i ett sådant område leder det till att antalet transporter blir betydligt högre jämfört med ett projekt som inte har dessa begränsningar.

En annan logistislösning som inte har tagits i beaktning är om något byggprojekt koordinerar sina leveranser via ett konsolideringscenter. Material som behövs till bygget transporteras först till konsolideringscentret för att sedan lagras och transporteras vid behov till byggplatsen. Där finns även möjligheten att i högre grad påverkar hur många transporter byggprojektet ger upphov till och få en bättre fyllnadsgrad. Då vi saknar data kring dessa aspekter har vi inte tagit dessa två aspekter i beaktning. Men det hade varit intressant att skapa en modell som tar dessa aspekter i beaktning.

Då många av byggprojekten saknar data för hela bygglängden krävdes en uppskattning av transportbehovet för hela bygget. Vi valde att basera skattningen på transporter per BTA men det finns såklart flera metoder för att göra denna skattning ännu bättre.

Några slutsatser som kan dras är att BTA är en väldigt viktig variabel för att förutse transportbehovet för framtida byggprojekt, men andra variabler behövs

för att förklara den stora variationen i transportbehovet vid små BTA.

Vi planerar även att arbeta vidare med ökad förståelse för olika hur materialtyper och projektets faser påverkar transportmängderna.

Strategisk TA-planering

8

Linnea Eriksson och Anna Fredriksson

Hiearkisk planering

Kapitel 4 gav en kort introduktion till stads- och trafikplaneringsprocesser. Planeringsprocesser kan som sagts beskrivas på en rad olika sätt, men ofta beskrivs det som en process där planering sker på olika nivåer för att hantera olika grad av osäkerhet. Ju tidigare i processen och därmed ju längre fram i tiden planen täcker, desto högre grad av osäkerhet och mindre detaljeringsgrad, medan senare i processen desto lägre osäkerhet och högre detaljeringsgrad. Vi använder oss här av en beskrivning av en planeringsprocess i fyra nivåer för att synliggöra var aktiviteter sker idag och var de skulle kunna utföras för att förbättra för både stad och byggprojekt under byggtiden:

- strategisk nivå som blickar långt in i framtiden (5-10 år) och planerar på låg detaljnivå (visioner för staden som helhet)
- taktisk nivå som blickar något kortare in i framtiden (1-5 år) och som planerar på lite högre detaljnivå (visioner för olika projekt eller områden)
- operativ nivå som blickar ganska kort in i framtiden (3 mån – 2 år) och som planerar på relativt hög detaljnivå (produktionsplaner för olika etapper)
- genomförande som har en klar bild av alla steg i projektet och hur de ska genomföras

Inom Störningsfri stad har vi fokuserat på länken mellan planering på strategisk respektive taktisk nivå, samt om aktiviteter som sker på operativ nivå skulle med fördel kunna göras mer strategiska eller taktiska för att överbrygga planeringsgapet (se kapitel 5) och därmed förbättra för både staden och projektet under byggtid. Balansen mellan staden och projektet är central för att åstadkomma en mer störningsfri situation för båda parter. Som den aktör med störst helhetsansvar för stadens utveckling, genom att vara den som gör långsiktiga planer och den som förvaltar trafiksystemet, har kommunen här en central roll att fylla. Baserat på resultat från våra studier anser vi därför att kommunen bör vara den aktör

som tar ansvar och samlar verktyg för att hantera helheten av planeringsgapet. Kommunen bör vara huvudansvarig för att fylla igen gapet, men de kan inte göra det själva, eftersom staden inte är ensam aktör, utan också projektet har en viktig roll att fylla. därför krävs samverkansprocesser med övriga aktörer i bygglogistiksystemet inom byggprojektets samtliga faser.

I detta kapitel fokuserar vi dock på kommunens centrala roll och dess möjligheter att fylla planeringsgapet. Traditionellt planerar inte kommunen för tiden under byggtid i speciellt stor utsträckning, utan det är det färdiga resultatet som planeras. En anledning är kommunens funktion som planmyndighet under den nationella lagstiftningen PBL. Lagstiftningen föreskriver vad kommunen som lokal planmyndighet ska planera och på vilket sätt. Den föreskriver att kommunen måste upprätta en översiktsplan för kommunens långsiktiga fysiska utveckling, ett dokument som inte är juridiskt bindande utan snarare ska ses som en avsiktsförklaring från kommunens sida. Lagstiftningen föreskriver också att kommunen ska upprätta detaljplaner för mindre områden som föreskriver vad marken får användas till och är juridiskt bindande. I ett sista steg måste den som ska bygga något ansöka om bygglov för att få tillåtelse från kommunen att göra på det sätt man tänkt. Egentligen behandlar ingen av dessa etablerade planprocesser hur byggtiden ska organiseras och vad som då sker. Det finns dock möjligheter att lägga in vissa krav i både detaljplan och bygglov, men det sker inte utifrån lagstiftningen utan för att kommunen väljer att göra sådana kompletteringar. Kommunens långsiktiga planering är således fokuserad på slutresultatet eftersom det är så lagstiftningen är utformad.

TA-plan

Kommunen har dock ett ytterligare verktyg när det gäller planering av trafiksystemet med anledning av pågående byggprojekt och det är Trafikanordningsplan (TA-plan). Detta är en tillståndsprövningsprocess där en entreprenör/byggherre eller liknande söker tillstånd för att få använda kommunens mark vid byggnationer eller underhållsåtgärder som kräver mer plats än den egna fastighetens utbredning. Det handlar ofta om att helt eller delvis stänga av en gata och/eller leda om trafik. Ansökan om TA-plan handlar oftast enbart om platsen som ska stängas av, så att det görs trafiksäkert och enligt arbetsmiljökrav för de som ska arbeta där. Handläggningstiden är kort, allt från fyra dagar till två veckor är vanligt, och de kommunala trafikhandläggarna som arbetar med detta har begränsade möjligheter att se varje TA-plan i sitt sammanhang och göra bedömningar av flera planer i relation till varandra. Besluten tas ofta med stöd i erfarenhet; ”detta brukar fungera”, vilket gör det svårt att överblicka hela trafiksystemets funktion, även om personer med lång erfarenhet i yrket har den möjligheten också. Så

även om denna tillståndsprocess finns är dess möjlighet att faktiskt planera för trafiksystemet under byggtid begränsade.

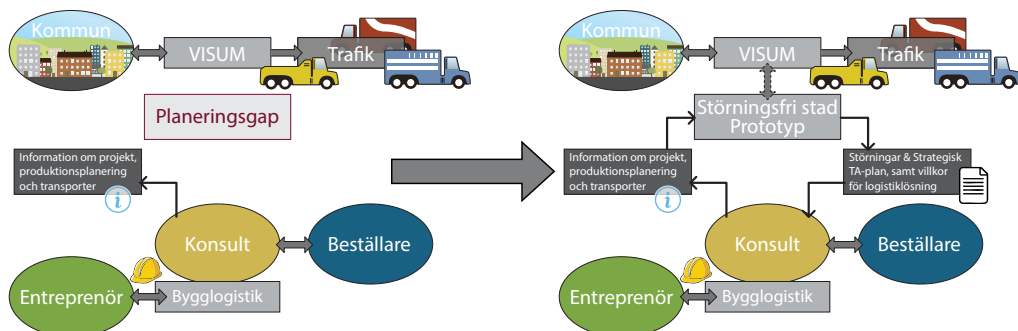
En bidragande anledning till TA-planprocessens begränsningar är att byggtiden har ansetts vara entreprenörernas ansvar och också den part som bäst varit lämpad för att planera för projektets genomförande. Men vår studie inom Störningsfri stad av denna planering visar att det inte alltid fungerar så bra (i form av få störningar). Orsaken är framför allt att systemperspektivet saknas i entreprenörens planering eftersom den enbart är intresserad av och har information om det egna projektet. Kommunen är således den aktör som bör bära systemperspektivet även i planering av byggtiden. Men eftersom TA-handläggarna har få hjälpmedel för att se hela kartan, där stadens samtliga tillfälliga interventioner och dess konsekvenser på trafik kan överblickas och gemensamt planeras för, har de idag inte heller den möjligheten. Denna avsaknad av planering för tiden under byggtid gör att kommunen ofta missar att ställa relevanta krav på de som bygger och exploaterar på kommunens egen mark och/eller upptar gatumark under en längre tid, vilket ger upphov till onödiga störningar som kommunen i slutändan måste hantera.

TA-planarbetet hanteras idag på en operativ nivå, men för att öka kommunens (och projektets) möjligheter att minska störningar i staden, argumenterar vi för att det är en aktivitet som bör flyttas till ett tidigare stadium i planeringsprocessen. Generellt ser vi att TA-planarbetet borde kunna ha både en strategisk och taktisk del. På strategisk nivå delar kommunens långsiktiga PBL planeringsprocess med sig av information om kommande detaljplaner och bygglov, som åtminstone ger en fingervisning om ungefär när större projekt kan startas och vad som är på gång. På en taktisk nivå handlar det om att ha återkommande kontakt med ledningsägare och andra aktörer som återkommande gör ingrepp i stadens infrastruktur. Det borde också finnas möjlighet att större projekt som kräver längre avstängningar har en längre handläggningstid för att öka möjligheterna till planering hos kommunen i detta steg. Naturligtvis har alla kommuner inte samma behov av mer arbete kring TA-planarbetet, utan det handlar framför allt om de större städerna i Sverige som har mycket pågående projekt och ett redan ansträngt trafiksystem. Det kan dock också handla om mindre kommuner med större projekt och/eller där det finns verksamheter med mycket dagliga tunga transporter och där kommunen ser ett problem med detta.

Figuren nedan visar på hur den strategiska TA-planeringen kommer ur användandet av det digitala verktyg som tagits fram i Störningsfri stad-projekten. Den strategiska TA-planeringen möjliggör för kommunerna att skapa en helhetsbild av hur alla trafikslag påverkas och det blir därmed en grund till en kollaborativ plattform. Genom den helhetsbild som kommunen kan skapa sig genom den strategiska TA-planeringen har den sedan möjlighet att ställa krav på

logistiklösningar, ruttningar till och från projekt samt arbetsplatsens utbredning. Strategisk TA-planering innebär således ett viktigt underlag för kommunen att styra projekt mot färre störningar för staden och en tydlig inriktning kring hur stadens yta och olika tidsslotter för dessa ytor ska nyttjas.

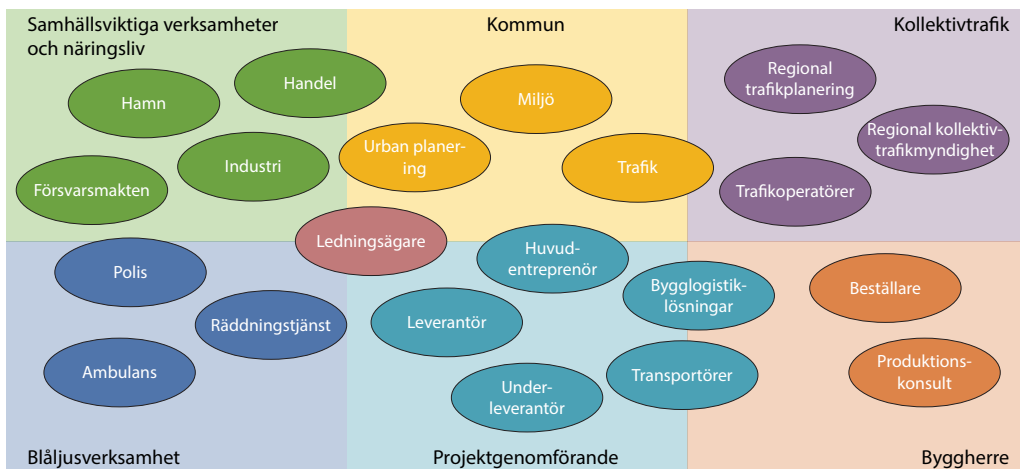
Strategisk TA-planering överbryggar planeringsgapet



Den högra delen i figuren visar hur det digitala verktyget för samman information om projekten med stadens trafikplanering och kan visa hur dessa påverkar varandra. Det ger en möjlighet att ta hänsyn till inte enbart bil och lastbilstrafik, utan också gång, cykel och kollektivtrafik. Som en del i den strategiska TA-planeringen kan därmed kommuner ta hänsyn till rättvis och jämställdhetsaspekter i form av olika trafikslags tillgänglighet i det delade rummet. På så sätt kan man undvika att störst och starkast går först och enskilda resenärer och transportörer drabbas (cyklisten, men också den som ska leverera varor). Vi hävdar att lika gärna som att kommunen tillsammans med andra ansvariga aktörer planerar kollektivtrafik, cykelbanor och varuleveranser vid planering av nya områden, så krävs samma planering för den tillfälliga tiden under byggtid. Den strategiska TA-planeringen omfattar därmed potentiellt fler aktörer än den traditionellt operativa TA-planeringen som är fokuserad kring projektets omedelbara närhet. Figuren nedan visar alla olika aktörer vilka skulle behövas ta hänsyn till, mer eller mindre, i den strategiska TA-Planeringen. Alla aktörer som visas i bilden behöver inte vara inbjudna att delta i den strategiska TA-planeringen direkt, men beroende på om aktörernas egna beslut påverkar kommunens möjligheter att planera i stor utsträckning bör dessa beredas möjlighet att delta. För samtidigt som den strategiska TA-planeringen bör ses som en möjlighet till diskussion mellan involverade aktörer så utgör den ett eller flera beslutsunderlag för såväl kommun som andra.

I Ostlänkenprojektet är den strategiska TA-planeringen central för kommunernas planering av interna projekt gällande infrastruktur och stadsutveckling. Arbetet inom Störningsfri stad har visat att det inte enbart är staden som kan göra åtgärder som medverkar till minskade störningar, utan också projektet måste anpassa sig till stadens villkor. Det är ett ständigt givande och tagande och kan illustreras

med en våg mellan staden och projektet, som i idealfallet bör väga så jämnt som möjligt, men i olika faser kommer att väga olika till stadens eller projektets fördel.



Eftersom den strategiska TA-planeringen görs i samarbete mellan kommunen och Trafikverket, samt dess produktionskonsulter, blir stadens förutsättningar tydliga för dem och det har blivit tydligt att den strategiska TA-planeringen också bör kunna ligga till grund för upplägget av projektet. Trafikverket bygger inte själva, så det innebär Trafikverkets upphandlingsunderlag för huvudentreprenaden genom Linköping respektive Norrköping bör innehålla villkor som den strategiska TA-planprocessen kommit fram till som nödvändiga för staden respektive projektets framdrift. Om det inte inkluderas där riskerar huvudentreprenören att i senare skeden få krav från kommunen kring projektets åverkan på staden som man initialt inte känt till, med risk att projektet försenas och störningarna i staden ökar.

Initieringen av konceptet strategisk TA-planering och utvecklingen av ett verktyg för att stödja densamma är ett stort bidrag i Störningsfri stad-projekten. Tidigare forskning visar att i nuläget agerar berörda aktörer ofta separat och till och med i opposition till varandra. Att aktörer inom olika politikområden agerar separat från varandra är ett allmänt känt problem när det gäller styrning och planering för hållbar transportutveckling på lokal, regional, nationell och EU-nivå. Detta gäller också för byggtransporter. Flera studier om hållbar transportutveckling lyfter fram vikten av att fokusera forskningen på planeringspraxis, beslutsfattande och organisation för att förstå nuläget och kunna hitta relevanta initiativ för förändring.

En kollaborativ planeringsprocess

9

Linnea Eriksson och Anna Fredriksson

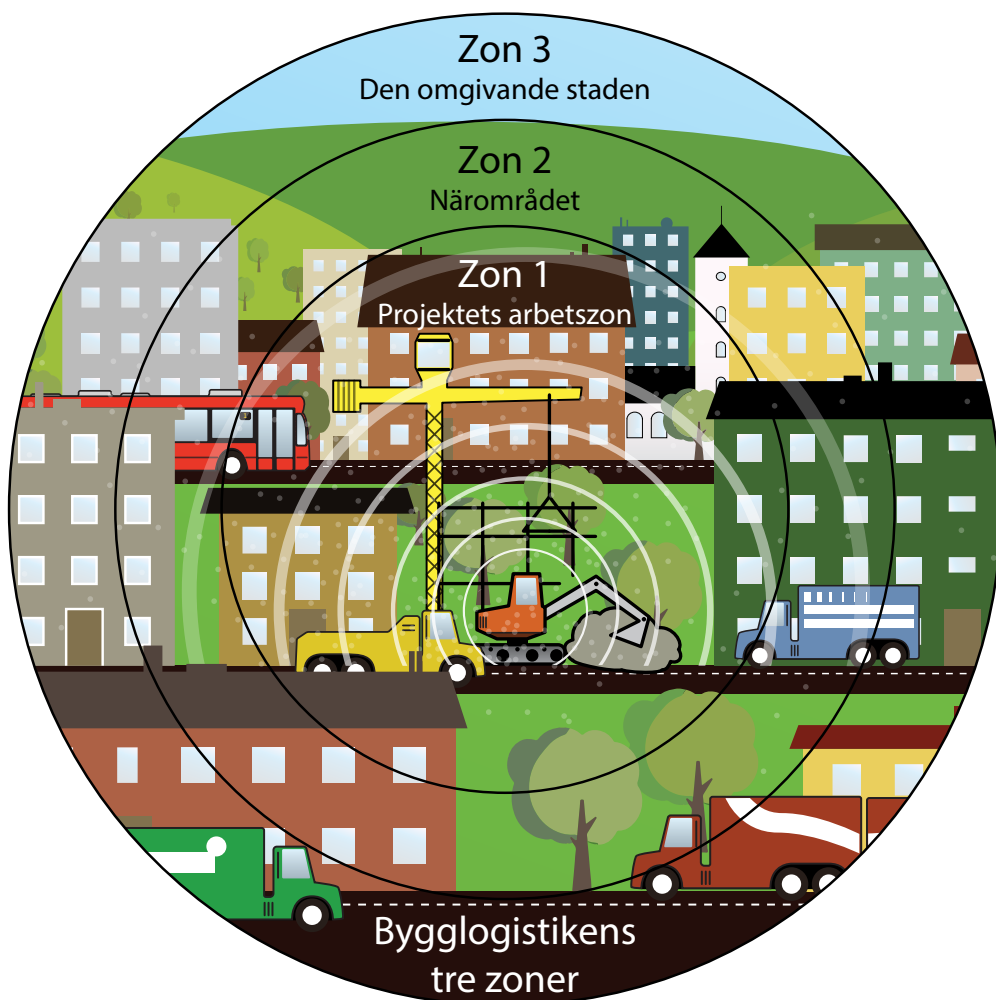
Som beskrivits tidigare består bygglogistiksystemet av flera olika aktörer som involveras mer eller mindre tidigt under planeringsprocessen. Många aktörer kommer idag in för sent eller inte alls för att kunna arbeta med sitt ansvarsområde och kunna lösa problem relaterade till projektet. Därför finns det vinster att göra om flera aktörer börjar samtala med varandra och arbetar tillsammans med planering av projektet. En sådan process benämner vi kollaborativ planeringsprocess och den kan innebära ett verktyg för att överbrygga planeringsgapet och utarbeta en strategisk TA-plan som är acceptabel för många (kapitel 5 och kapitel 8). Kollaborativ innebär att något sker i samverkan mellan olika aktörer. En viktig del av den kollaborativa planeringsprocessen är att skapa en gemensam förståelse hos alla involverade aktörer av systemet som helhet, vilka utmaningar som finns och hur dessa utmaningar kan hanteras genom aktiviteter i de olika aktörernas processer.

Inom Störningsfri stad-projekten har vi sett att när det gäller stora planeringsprojekt kan diskussion om trafikproblem under byggtid vara ett sätt att starta en produktiv samverkan mellan flera aktörer, eftersom man kan enas om ett gemensamt problem och inte fastna i ämnen som utgör konfliktytor. Vi har i detta sammanhang studerat planeringen inför bygget av Ostlänken i forum där Linköpings och Norrköpings kommuner har träffat Trafikverket för diskussioner.

I sådana större infrastrukturprojekt befinner sig både Trafikverket och kommunerna i beslutslimbo, något som försvårar planeringsarbetet eftersom mycket är osäkert. Trafikverket utreder och utreder och det tar mycket lång tid innan regeringen fattar skarpa beslut. Kommunen å sin sida inväntar skarpa beslut innan de börjar agera och nödvändiga förberedelseåtgärder för att kunna genomföra projektet på ett effektivt sätt med få störningar försenas. Kommunala politiker vågar inte fatta "osäkra beslut", vilket i sin tur leder till en ökad risk för att Trafikverkets arbete försenas och fördyras. Krav eller en uppfattning om att endast exakta och säkra siffror får kommuniceras gör att planeringen försvåras. Kommunen behöver ha siffror för att kunna planera, men även osäkra siffror är

användbara för deras planering och därmed bättre än inga alls.

En annan försvårande faktor i planeringen är att kommunen och Trafikverket har olika fokusområden och syften med sin planering. Trafikverket fokuserar på framdriften av projektet, hur det ska byggas, hur massor ska hanteras och hur det hänger ihop och fungerar med Trafikverkets övriga spåranläggning. Kommunen å andra sidan har fokus på medborgarnas och det lokala näringslivets behov av tillgänglighet och framkomlighet under byggtiden så att staden kan fungera bra för alla som lever och verkar där. I det arbetet ligger bland annat ansvar för och kunskap om effekter i trafiksystemet vid avstängningar och omledningar av trafik, underhållsbehov och genomförande, samt egna utvecklingsprojekt för att möta upp det nya stationsområdet och järnvägen.



För att kommunen ska kunna arbeta med detta har de behov av att få bättre

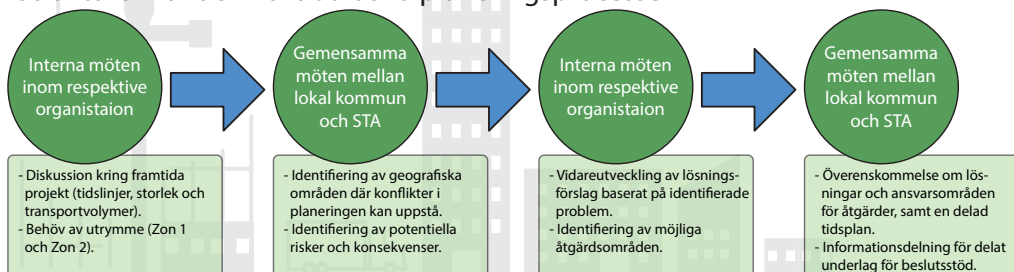
förståelse för i vilken ordning Trafikverket ska bygga ut sin anläggning, olika temporära trafiklösningar, samt vilka åtgärder och policys gällande bygglogistik som är effektivast för att säkra mobilitet och tillgänglighet i staden under byggtid. Trafikverket har också behov av förståelse för byggprojektets och de följande trafikåtgärdernas effekt på projektets aktörer och övriga intressenter i samhället. Vidare finns det ett behov av att förstå den spatiala utbredningen av både effekter och projekt. Vi jobbar där med en uppdelning i tre zoner: zon 1 projektets arbetsplats, zon 2 närområdet och zon 3 den övriga omgivande staden som projektet påverkar.

Stegen i en kollaborativ process

För att överbrygga de försvårande omständigheterna för planeringen av Ostlänken har en stegvis och iterativ kollaborativ planeringsprocess varit ett sätt att mötas och få en gemensam förståelse för problem och möjligheter båda aktörer står inför när projektet drar igång. Den innefattar två gemensamma möten (steg 2 och 4), och för att förbereda sig inför dessa möten hålls interna möten inom organisationerna däremellan för att förbereda sin egen ståndpunkt och förbereda för nästa punkt på dagordningen. Processen fokuserar på de tre huvudområdena, och processens struktur syftar till att stödja aktörerna i att dela nödvändig information. På grund av den långa tidsperioden innan projektstart måste den gemensamma planeringen bygga på osäkra data och information. Tidigt i projektet är informationen mer osäker, men i takt med att Trafikverkets och kommunens interna planer utvecklas uppdateras informationen och osäkerheten minskar. Detta kräver att den gemensamma planeringsprocessen är iterativ, så att detaljnivån kan öka för varje iteration.

I fallet med Norrköping och Linköping har föreslagits minst tre iterationer. Sammanfattningsvis fokuserade den första iterationen på hela stadsområdet med preliminära ritningar på kartor och tidsangivelser (zon 3). Den andra iterationen fokuserade på trafikflöden i samband med produktionsplanering och hur vissa delar av produktionen kommer att påverka stadens trafiksystem. Den tredje iterationen pågår och fokuserar på specifika produktionsfaser och mindre geografiska områden för att fastställa nödvändiga detaljer inför kommande upphandlingar och markanvändningsplanering (zon 2). I samband med dessa iterationer har processen gått från att fokusera på problem via lösningar till möjliga åtgärder också. Det innebär att det inte enbart är en geografisk avsmalning som sker för varje iteration utan också en avsmalning gällande sakfrågeställning också. På detta sätt hjälper processen aktörerna att driva arbetet framåt och fokusera på hur man ska skapa en funktionell stad för alla under byggtid.

Strukturen för den kollaborativa planeringsprocessen

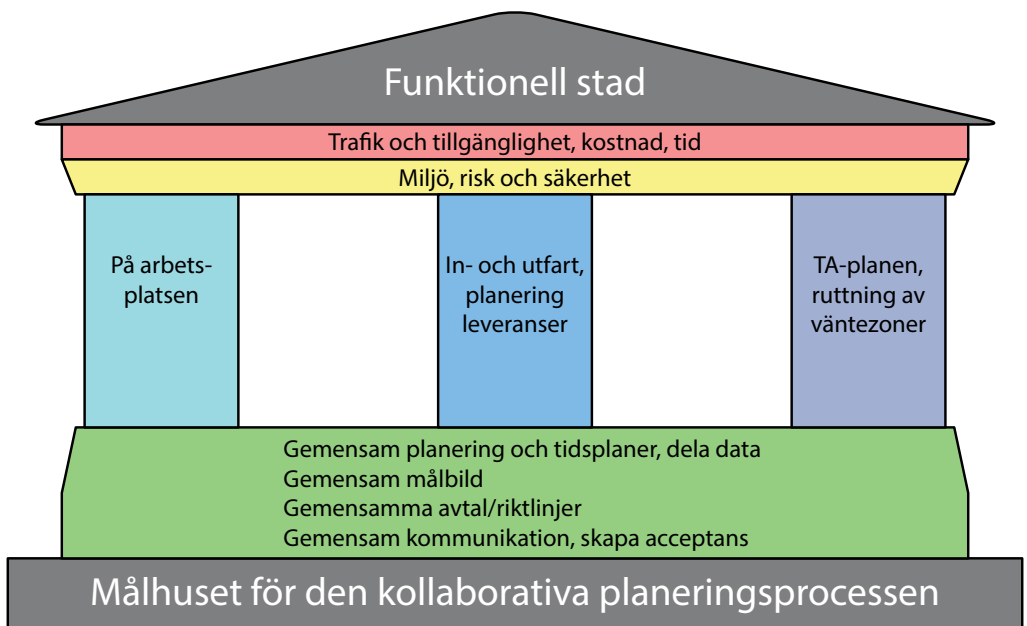


Vi kommer nedan beskriva denna kollaborativa process utifrån ett mer generellt perspektiv än arbetet med Ostlänken eftersom vi ser ett behov av liknande kollaborativa processer för även mindre projekt, även om tidplanen och komplexiteten skiljer sig åt.

Gemensam målbild

Det första steget i den kollaborativa planeringsprocessen är att på strategisk nivå skapa en gemensam målbild. Målbilden kan från början vara bred, men den förfinas och bli mer och mer konkret ju närmare genomförandet man kommer. Exempel kan en målbild på strategisk nivå vara en attraktiv stad att leva och bo i, som på taktisk nivå blir att kunna bygga planerade projekt så störningsfritt som möjligt med tillgänglighet för alla stadens aktörer och som på operationell nivå blir effektiva byggetapper med låg miljöpåverkan och hög säkerhet för både projekt och omkringliggande verksamheter. Det i sin tur ger ett genomförande som möjliggör ökad hållbarhet, kortare tider, lägre kostnader och färre klagomål mot vad som hade varit fallet om man inte hade använt en kollaborativ planeringsprocess för att överbrygga planeringsgapet.

För att en strategisk målbild ska kunna accepteras och få genomslag i planerings-processen gäller det att konkretisera vad den består av för att sedan aktivt kunna arbeta med den. Ett sätt att arbeta med att ta fram en strategisk målbild är att skapa ett hus som visar vad målet är samt vilka delområden som täcks in i målet, detta utgör husets tak. Därefter måste man identifiera vad som är fysiska områden där man behöver arbeta med målet och delområdena, detta utgör husets pelare. Vårt förslag i detta fall är att målet vilar på tre pelare. Den första kallar vi "på arbetsplatsen" (beställaren/entreprenörens intresseområde), "staden runt omkring" (kommunens/beställarens intresseområde) och så "in/utfarter" (där de två tidigare fysiska områdena möts). Till slut bör också huset innehålla en grund som säger hur de olika organisationer som är inblandade i planeringen ska arbeta på en övergripande nivå för att nå målen.



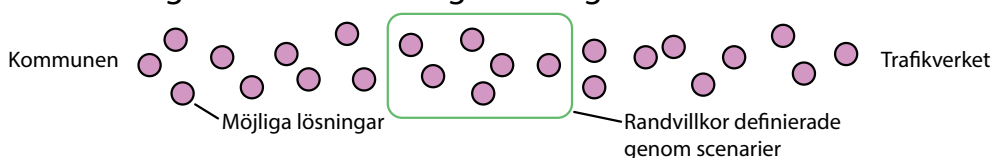
När målbilden på den strategiska nivån är bestämd så påbörjar man arbetet på den taktiska nivån. Där handlar det om att öka förståelsen för vad aktörerna ska arbeta med inom målbilden för att nå störningsfrihet. Ett första steg är att göra en störningsinventering, vilket innebär att alla störningar som kan uppstå identifieras i både tid och rum. Innan det görs är det dock betydelsefullt att ha identifierat inom vilka geografiska gränser störningar är relevanta att ta upp till diskussion och analys; är det området precis omkring projektet, stadsgränserna, kommungränserna eller regionen? Därefter gäller det att ställa projektets flöden (material, människor och maskiner) mot flödet inom det geografiska område som man valt att fokusera på. Eftersom detta steg finns på en taktisk nivå är det av vikt att inte fastna i för mycket detaljer, utan att utgå från grova uppskattningar av flöden och placera in dessa på kartbilder så att det är möjligt att få en rumslig översikt.

Störningsinventering

När störningsinventeringen har identifierat ett antal områden, länkar eller liknande där man från en eller båda parter ser att det kommer att bli stora problem i trafiksystemet går parterna över till att gemensamt analysera störningarna mer i detalj. Denna detaljerade analys består i en scenarioanalys som syftar till att ta fram ramvillkor för "minst dåliga" lösningar som båda parter kan tänka sig att acceptera. Den minst dåliga lösningen handlar om att hantera målkonflikter som finns idag är att staden vill minimera antalet transporter medan byggherrarna vill ha ett

snabbt byggförlopp och så få störningar som möjligt och slutligen entreprenörerna som vill ha fungerande materialförsörjning med full kontroll över transporter och bygglogistikerna vill erbjuda en tjänst som löser detta. Idag finns en hel del "trade-offs" mellan olika nyttor och kostnader i samhällsplaneringen. Aktörernas olika logiker medför att ingen ser helheten. Uttrycket "minst dåliga" åsyftar den mängd olika former av lösningar som finns på en skala mellan staden (kommunen) och projektet (Trafikverket), där de lösningar som är bäst för respektive parts intressen ligger närmast den parten, medan de lösningar som båda kan tänkas acceptera och arbeta vidare med ligger inom ett antal ramvillkor någonstans i mitten av skalan, se följande figur.

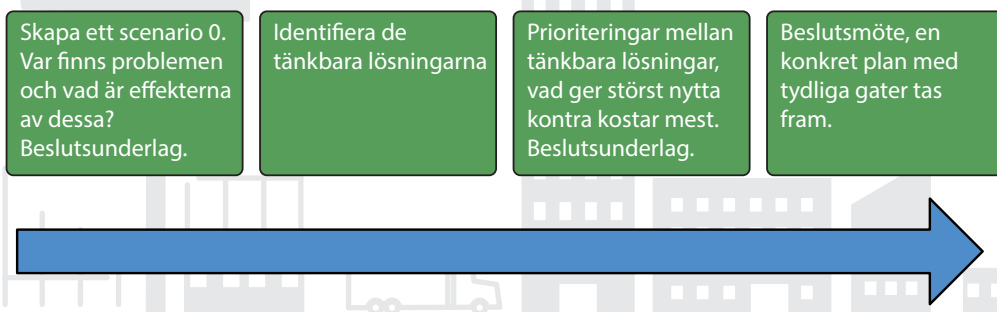
Lokalisering av den minst dåliga lösningen



Scenarioanalys

Scenarioanalysen handlar om att utifrån ett basscenario eller scenario 0, se figur Y, identifiera var problemen finns och vad som är effekterna av dessa. Scenario 0 är ett "worst case" scenario som visar vad som händer om vi inte gör någonting. Det målar upp en sammanlagd bild av påverkan på staden med de planerade samtidiga förändringarna. Scenario 0 genererar en beskrivning över hur omfattande problemen som identifieras riskerar bli och därmed också visar om specifika åtgärder behöver byggas eller genomföras för att lösa problematiken. Denna beskrivning kan användas som beslutsunderlag för kommun och Trafikverk för att motivera start av utredningar av möjliga lösningar.

Schematisk överblick av arbetssättet för scenarioutvärdering



Det kan låta enkelt att identifiera ett scenario 0, men att göra detta är i själva

verket tidskrävande, särskilt för stora projekt såsom Ostlänken. En problematik är att ett stort projekt genomförs i olika skeden. Första steget för att arbeta fram scenario 0 är därför att identifiera de olika skedenas utbredning i tid och rum. Med det rumsliga avses i detta sammanhang inte enbart projektets geografiska utbredning, utan också annan mark som kan behöva användas för exempelvis materialupplag eller liknande, samt projektets eventuella påverkan på omgivande infrastruktur och trafik i form av helt eller delvis avstängda vägar. Det innebär att det med största sannolikhet, vid stora och långdragna projekt, behöver skapas flera scenarion för att hitta ett scenario 0 för olika skeden. För att göra detta behöver skeden definieras, det kan dock vara svårt då det råder en osäkerhet om själva projektets planering. I det här fallet har vi dock kunnat konstatera att det är tillräckligt att definiera hur länge skedet kommer att vara. Tidsramar där ett skede varar över ett eller flera år, flera månader eller 1-2 månader är i detta skede av planeringen förmodligen fullt tillräckligt. Det är också viktigt att i detta steg inte låsa sig vid årtal, eftersom startdatum hela tiden ändras, utan istället försöka hantera sådant som man har mer kunskap om. För kommunerna utgör denna information om skeden en mycket viktig kunskap, eftersom man generellt inte vet hur byggande av en ny järnväg går till. Även för Trafikverket kan denna övning vara nyttig då det synliggör projektets ramvillkor.

När skeden är identifierade behöver varje skede simuleras för att identifiera effekterna av vad som sker om man genomför planen så som projektet tänker sig utan att göra något för att minska störningarna. Effekterna i detta läge mäts i belastningsgrad på länkar och noder (korsningar). I projektet har vi graderat och markerat belastningsgrad på följande sätt:

- Svart motsvarar att kapacitetstaket överskrids, belastningsgrad > 1 .
- Rött motsvarar en hårt belastad trafikmiljö, belastningsgrad $\sim 0,8$.
- Gult motsvarar en ansträngd trafikmiljö, belastningsgrad $\sim 0,6$.
- Grönt motsvarar en belastningsgrad $< 0,6$.

På detta sätt ger relativt grovkorniga simuleringar av scenario 0 för projektets olika skeden en bild av var och när det kommer vara problem av en magnitud som kräver vidare analys, detta utgör grunden för den strategiska TA-planen (kapitel 8). Med vidare analys menas att den kvantitativa analysen kompletteras med andra aspekter, som vem som kommer att påverkas och vad påverkan i form av olika störningar kan innebära för dessa. Här tas också hänsyn till tidsaspekten, om det är ett längre eller kortare skede som avses. En stor störning kanske kan accepteras om den varar under en kortare period, men kanske inte om det innebär en längre period. Vidare kan också mer detaljerade simuleringar genomföras för att öka förståelsen för exakt var påverkan kommer att vara och hur den kommer att yttra sig.

Baserat på de problem som identifierats utifrån scenario 0 går man in i steg 2 i processen i figur Y, vilket innebär att identifiera tänkbara lösningarna på de problem som setts. Viktigt att uppmärksamma är att alla störningar inte kan hanteras genom samma åtgärder. För varje åtgärd är det också viktigt att tänka igenom för och nackdelar med just den åtgärden. I detta skede är det också viktigt att parterna håller sig borta från att fastna i diskussioner om vem som ska ta vilka kostnader. Om denna Pandoras ask öppnas finns det risk att dialogen inte leder framåt utan fastnar i vem som ska göra vad.

Identifiering av tänkbara lösningar

När det gäller tänkbara lösningar har inspiration hämtats från Trafikverkets TPÅ-process, där TPÅ står för Trafik Påverkande Åtgärder. Dessa fokuserar på hur kan vi bibehålla kapaciteten i infrastrukturen, flytta trafiken eller minska trafiken. Bibehållen kapacitet handlar om provisorier (temporära eller permanenta) och byggprojektets planering med ett logistikfokus (arbetsplatsdisposition, lokalisering av ytor för materialhantering, transportsätt (material och personal) m.m.). Flytta trafik handlar om olika omledningar och informationstrafiksystem för att informera om nya och ändrade rutter på ett effektivt sätt som når trafikanter och projektet. Minska trafiken handlar om hur trafik kan flyttas över från bil till gång, cykel och kollektivtrafik, samt till andra tidpunkter genom exempelvis förändrade skolstarter.

När lösningar eller åtgärder har identifierats som tänkbara utifrån de problem som finns så skapas det ett nytt scenario för dessa vilket simuleras för att identifiera effekterna. Dessa effekter jämförs sedan med effekterna från basscenariot. Baserat på skillnaden i effekter kan sedan värdet av åtgärder beräknas genom att jämföra kostnaden för att genomföra åtgärden med den samhällsekonomiska kostnaden av att inte genomföra den (steg 3). Detta utgör sedan underlag till den plan som görs i steg 4 för att se till att åtgärden genomförs. Bedöms åtgärden inte ge en nytta som motsvarar värdet eller att skedet är för kort, används det underlag som tagits fram för kommunikation så att påverkade aktörer förstår vad som har gjorts. Detta kan även göras för beslutade åtgärder.

Sammanfattningsvis är den kollaborativa planeringsprocessen komplex, men den stegvisa planeringsordningen syftar till att skapa ordning och struktur och säkerställa att deltagarna engagerar sig i processen. En viktig grund för att den kollaborativa processen ska kunna fungera är att aktörerna delar data med varandra, oavsett om den är osäker och ej detaljerad. Dessa data kan sedan användas för simuleringar och beräkningar som ger den andra parten i alla fall en uppfattning om omfattningen på en störning eller vilken plats som kommer att tas

i anspråk. Den typen av information är avgörande för beslutsfattande inom såväl kommuner som Trafikverk eftersom den ökar medvetenheten om magnituden på den påverkan som projektet kommer att ha på staden, samt på projektet. I ett senare skede än det som vi berört i detta kapitel behöver parterna identifiera vem som har beslutsrätt och ansvar för att få åtgärderna på plats, vilket riskerar att bli en mer konfliktfylld process. Förhoppningen vi har är att scenarioarbetets analyser ändå ska kunna underlätta den processen om båda parter ser behovet av vissa lösningar.

Framtida möjligheter

10

Niklas Rönnerberg

Den smarta staden

En smart stad fokuserar på att förbättra välbefinnandet för invånare, företag, besökare, organisationer och administration genom att erbjuda digitalt aktiverade tjänster som höjer livskvaliteten. Dessa smarta tjänster kan effektivisera hanteringen av resurser som energi och vatten, övervaka och minska lokal trafik och föroreningar, samt främja miljövänliga metoder till exempel rörande belysning och uppvärmning av byggnader. De möjliggör även en mer interaktiv och lyhörd stadsförvaltning, ökar medborgarnas engagemang i beslutsfattande, skapar säkrare offentliga platser och möter behoven hos en åldrande befolkning och personer med funktionsnedsättning.



Den smarta staden kommer med stor sannolikhet att vara avgörande för att säkerställa att den ökande framtida urbaniseringen sker i enlighet med hållbar utveckling. Målet är inte bara att smarta städer ska vara miljövänliga, utan också att de ska vara mer attraktiva att bo i och generellt erbjuda bättre livskvalitet genom digitalisering och modern teknik.

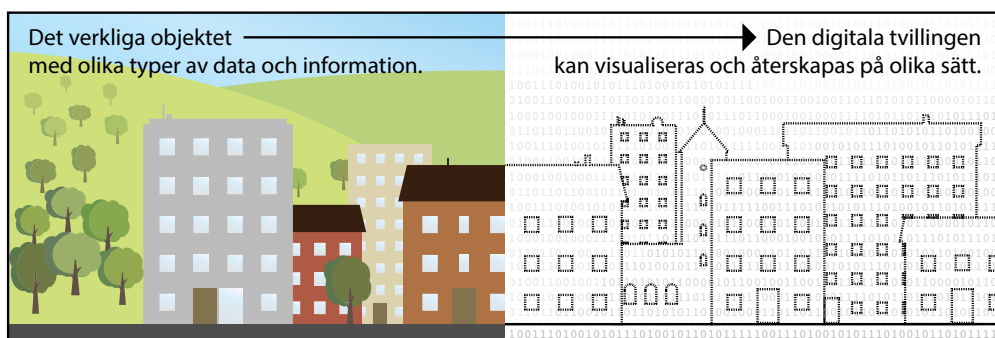
En smart stad kan betraktas som ett område där teknologi och datainsamling används för att förbättra infrastruktur, hållbarhet och levnadsstandard. Detta kan omfatta exempelvis sophantering, trafikreglering och elförsörjning. Smarta städer kan inom ett avgränsat område centralisera data från enskilda enheter,

kontrollera och styra dessa på ett intelligent sätt samt samla information om hur resurser och tjänster används. Den data och den information som mäts och samlas in genom den smarta staden kan sedan användas för att skapa en digital tvilling över staden och dess aktiviteter.

En digital tvilling av staden

En digital tvilling är en datorgenererad kopia av ett verkligt objekt, som en maskin, ett byggprojekt eller en stad. Det verkliga objektet skickar kontinuerligt data om sin aktuella status till den digitala tvillingen och den digitala tvillingen kan sedan användas för att underlätta både drift och planering.

Den digitala tvillingen kan också användas för att testa och simulera olika scenarier för att se hur det verkliga objektet skulle påverkas om olika förutsättningar ändras. Med en digital tvilling kan man direkt se vilken effekt en förändring skulle ha på det verkliga objektet och använda dessa insikter för att optimera objektet. Ju mer detaljerad och exakt den digitala tvillingen är, desto bättre blir prediceringarna. En digital tvilling kan exempelvis spegla värden som temperatur, luftkvalitet, trafikflöden och lokaltrafik.



För att använda en digital tvilling krävs en koppling mellan det verkliga objektet och dess digitala motsvarighet. Data och mätvärden samlas in från originalet, till exempel med hjälp av sensorteknik, och används i den digitala tvillingen för att övervaka drift och planera underhåll. Dessa mätvärden ligger även till grund för att simulera och predicera effekterna av förändrade förutsättningar.

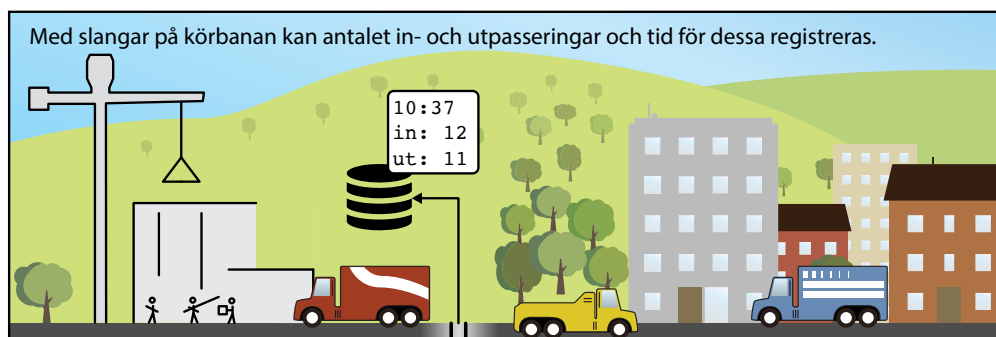
Ju mer omfattande den digitala tvillingen är, det vill säga ju fler parametrar, data, information och mätvärden som finns tillgängliga och ju tätare tidsintervallen mellan mätningarna är, desto högre blir precisionen hos den digitala tvillingen. Parametrarna kan inkludera temperatur, luftfuktighet, vattenförbrukning, elförbrukning, när och var människor befinner sig i en byggnad, ljud- och bullervolym, antal personer, utomhusväder, partikelnivåer och luftkvalitet.

Rätt använt kan en digital tvilling avsevärt förbättra effektivitet i service, förvaltning och planering. Genom att hålla den digitala tvillingen uppdaterad så nära realtid som möjligt går det att till exempel planera underhåll på ett nytt sätt. I stället för att följa en typisk underhållsplan som baseras på regelbundna intervaller, kan underhållsarbeten utföras när det verkligen behövs; den digitala tvillingen indikerar när det är dags. Ett annat exempel är planering av trafikflöden i en stad. Realtidsdata om trafikmängd, kombinerat med information om vägnät och framkomlighet, kan användas för att omdirigera lokaltrafik, minska förseningar och förbättra servicen för de resande.

Med hjälp av insamlade data och parametrar samt predicerade data kan framtida förändringar förutsägas. Den digitala tvillingen kan sedan visualiseras och kommuniceras på olika sätt, till exempel genom en interaktiv karta i ett webbgränssnitt, genom att uppleva informationen i virtuell eller förstärkt verklighet (VR eller AR), eller genom att projicera information på en 3D-utskrift. Vilket sätt som är bäst beror på applikationsområde och användarens behov, men ju bättre och mer noggrant insamlade data desto bättre kan den digitala tvillingen representera och återspegla verkligheten.

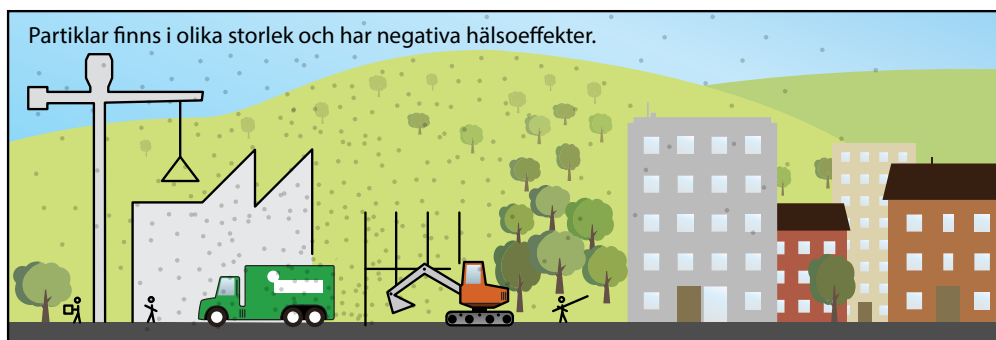
Den insamlade informationen

Data och information kan samlas in på olika sätt. Det kan exempelvis ske genom sensorer som registrerar olika parametrar som luftkvalitet, bullernivåer eller trafikflöden. Inom Störningsfri stad-projekten har det samlats in data vid byggarbetsplatser i form av luftkvalitet (PM10 och PM2.5), temperatur och luftfuktighet, bullernivåer (LAeq), antal in- och utpasseringar vid en byggarbetsplats, och trafikmätningar över trafikflöden i staden. Projekten har också utforskat möjligheten att använda data från GPS-sändare för transportfordon och positionering av mobiltelefoni.



De olika typerna av data och mätningar som gjorts inom ramen för Störningsfri

stad är intressanta då de på olika sätt påverkar staden och kan ge upphov till störningar, allt från trafikstockningar till hälsofarliga effekter. Till exempel, när partiklar i luften andas in kan de tränga djupt in i andningsorganen och orsaka negativa hälsoeffekter både på kort och lång sikt. I Störningsfri stad-projekten har två typer av partiklar i stadsluft uppmätts: PM2.5 och PM10. Dessa mått representerar massan av partiklar i luften som är mindre än 2.5 respektive 10 mikrometer (μm) i diameter. De större partiklarna (PM10) uppstår främst genom slitage, exempelvis från vägbanan som slits av dubbdäck. Dessa partiklar utgör även den största massan av partiklar i luften. De mindre partiklarna (PM2.5) kommer främst från olika förbrännings- och industriprocesser.



Bland alla luftföroreningar i stadsluften är partiklarna den grupp som starkast kopplas till negativa hälsoeffekter. Genom inandning kan partiklarna transporteras in i kroppen och påverka både andningsorganen och andra organ. Partiklar kan mätas med en så kallad partikelsensor som använder en laserstråle för att mäta partiklarnas storlek och antal. En sådan sensor är tämligen billig och har en bra noggrannhet. Sensorerna finns i olika varianter för att mäta partikelnivåer både inomhus och utomhus.

Ett annat exempel på data som samlats in i Störningsfri stad är bullernivåer. Exponering för buller kan orsaka negativa hälsoeffekter och upplevas som en störning. På kort sikt kan buller leda till allmän störning, som irritation eller oro på grund av ljud, eller koncentrationssvårigheter och sömnstörningar. På längre sikt kan buller öka risken för hjärt- och kärlsjukdomar, metabola sjukdomar och psykisk ohälsa. LAeq är en grundläggande mätparameter utformad för att representera eller mäta en varierande ljudkälla över en viss tid som ett enda tal. Detta tal är ett mått på energin som finns i ljudet vid den position där det mäts (eller upplevs). Detta är användbart när det gäller ljudets potential att skada eller störa och används i stor utsträckning i miljöljudstandarder. I Sverige finns standarden SIS/TK 110 som är kopplad till mätning av buller från exempelvis trafik

och skjutbanor, och med bestämning av bullerexponering i tätbebyggda områden samt med ljudlandskap som utgår från hur ljud från olika ljudkällor upplevs.



Det finns dyra och högkvalitativa ljudnivåmätare, men bullernivån kan mätas med en tämligen enkel mikrofon och dator med tillräcklig noggrannhet. Även om LAeq normalt sett representerar en varierande ljudkälla med ett vägt medelvärde, behövs bullermätningar också återspegla ljudnivåer vid olika tidpunkter för att kunna förmedla förändringar vilka kan underlätta planering och ge bättre beslutsstöd.

Ytterligare ett exempel på data som används inom Störningsfri stad-projekten är trafikmätningar. Trafikmätningar är viktiga för att förstå flöden och skeenden i en stad. Trafikmätningar sker kontinuerligt och data registreras med jämna intervall för att kunna redovisa hur trafiken förändras över tid och i olika områden i en stad. De kontinuerliga mätningarna sker med hjälp av kamerasystem som identifierar fordonstyp, riktning och hastighet.

Kommuner och andra organisationer har också tillgång till olika typer av ytterligare information, som till exempel uppgifter om position och omfattning för olika typer av aktiviteter och tjänster som sophämtning, räddningstjänst och uttryckningsvägar. Det finns också information om klassningar av vägar och broar, lokaltrafik och fordonsdata, väderförhållanden och temperaturmätningar.

Det finns också olika tillgängliga publika data och information. Ett exempel är OpenStreetMap som är en fri och öppen geografisk databas som uppdateras och underhålls av en gemenskap av frivilliga bidragsgivare. Bidragsgivare samlar in data från olika publika undersökningar, samlar information från flygbilder och importerar även från andra fritt licensierade geodatakällor. Ett annat exempel är luftkvalitetsindex används för att rapportera luftkvalitet för att underlätta information om förändringar i luftkvaliteten. Indexet beräknas baserat på halterna av kvävedioxid (NO₂), inandningsbara partiklar (PM₁₀), små partiklar (PM_{2.5}), marknära ozon (O₃), och sot. Mätningarna görs en gång i timmen i flera

svenska tätorter och finns tillgängliga via Naturvårdsverket. Luftkvalitetsindexet är ett bra mått på luftkvaliteten i samband med kommunikation eftersom det inte ger detaljer om de enskilda komponenterna utan anger luftkvaliteten som en enkelt sammanfattad bedömning från mycket dålig till god.

När fler samarbetspartners och aktörer (kommuner och statliga verk, forskare, företag och intresseorganisationer) samlas i ett projekt liknande **Störningsfri stad**, kan fler olika typer av data och information användas i en och samma plattform för att skapa en digital tvilling. Det leder inte bara till att den digitala tvillingen blir bättre och kan på ett mer korrekt sätt återspegla verkligheten, utan det leder även till att fler partners får tillgång till data vilket i sin tur leder till bättre beslut, effektivare planering och en mer störningsfri stad. Det finns dock vissa utmaningar när samarbete sker för att sammanställa data och som behöver överkommas. Till exempel behöver alla parter vara öppna och beredda på att dela information. Fördelen med den samlade informationen måste komma före de på kort sikt möjligt negativa ekonomiska aspekterna av att dela den egna informationen. På längre sikt kommer ett delat informationsflöde leda till positiva aspekter för alla inblandade parter. Ytterligare en utmaning handlar om vem som äger den insamlade informationen, och vem som ansvarar för att både hålla informationen aktuell och korrekt samt vem som ansvarar för och underhåller den digitala tvillingen. När väl dessa utmaningar är överkomna, behöver data sammanställas och anpassas för att vara användbar tillsammans i en digital tvilling, och avslutningsvis behövs ett gränssnitt som gör det möjligt att använda informationen för alla parter.

I den digitala tvillingen kan det alltså finnas flera olika typer av data och information som är insamlade av olika aktörer till exempel forskare, kommun, olika organisationer och företag. Den insamlade informationen bildar tillsammans en helhet även om en del data beskriver korta aspekter av ett förlopp med stor noggrannhet medan annan data registrerar skeenden i form av enstaka mätningar.

Information med olika tidsperspektiv

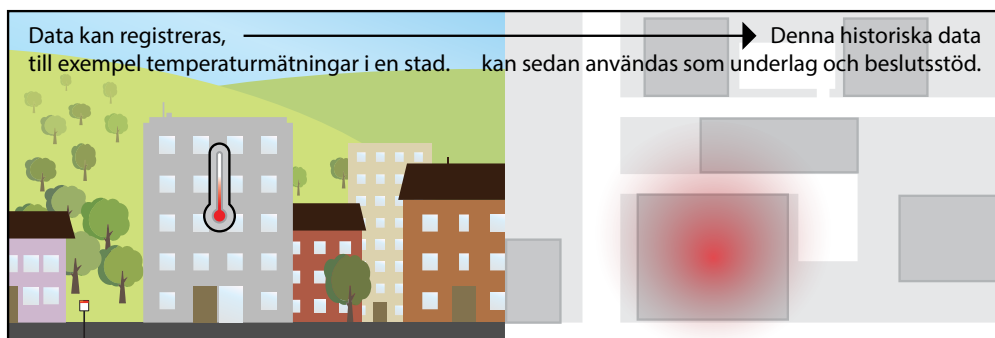
Data kan ofta relatera till tid på olika sätt. Exempelvis används realtidsdata som direkt, i alla fall mer eller mindre direkt, relaterar till "just nu". Denna typ av data kan användas för att registrera en händelse och omgående sätta in en åtgärd. Realtidsdata kan dock ha olika upplösning. Det innebär att data samlas in olika ofta, till exempel varje sekund eller en gång i timmen. Det kan också finnas olika mycket fördröjning mellan den verkliga händelsen och när händelsen registreras, och när den sedan visas eller återspeglas i en digital tvilling. Data kan också ha samlats in vid en tidigare händelse och sparats, för att sedan visas eller användas efteråt

vid ett senare tillfälle. Den typen av data kallas ofta för historiska data. Historiska data kan visa skeenden och händelser efter de har skett, och de kan användas för att förstå förlopp och analysera händelser efteråt. Baserat på historiska data går det att bygga modeller (grundande i matematiska och statistiska uträkningar) för att förutspå och predicera händelser. Predicerade data är användbar för planering och beslutsstöd, men den kan också vara osäker. Ju längre fram i tiden som en händelse prediceras, desto större blir osäkerheten, men med mer insamlade och säkra data blir säkerheten i predicerade data bättre. En utmaning kopplad till predicerade data, är att det är svårt att visa osäkerheten på ett tydligt sätt i exempelvis en visualisering. Det kan finnas en risk att predicerade data tolkas som helt säkert och sann, snarare än som en möjlig framtida förändring.

En typ av realtidsdata som ofta finns tillgänglig är trafikinformation från lokaltrafiken. Bussar, spårvagnar och pendeltåg har ofta GPS-positionering som i realtid (så gott som i realtid, till exempel med någon sekunds fördröjning) registrerar var fordonet befinner sig. Den här typen av data är mycket användbar för att dels övervaka eventuella förseningar, dels för att planera eventuell ersättningstrafik eller för att göra extrainsatser i form av ändring av fordonsstorlek, men även för att övervaka det generella trafikflödet i en stad. Om exempelvis en buss blir försenad och stillastående på en sträcka, kan det bero på att något hänt på en viss väg vilket kan ha konsekvenser för andra aktiviteter i staden.



Historiska data kan exempelvis omfatta insamlade trafikdata, bullerkartor, erfarenheter från andra byggprojekt, kunskap om tidigare översvämningar, och kännedom om människors rörelsebeteende och aktiviteter. Historiska data av exempelvis värmeöar, dvs varmare områden i en stad kopplat till olika geografiska egenskaper och platser, tillsammans med historiska data om klimat, väder och temperatur, kan användas för att predicera data och information om varmare områden kommande år. Den här informationen kan användas i samband med stadsplanering som när mer känsliga funktioner som äldrevård eller barnomsorg ska projekteras och senare byggas.



Ytterligare ett exempel på historiska data är en kommuns ljudkarta som innehåller medelvärdena för ljudnivåer i olika stadsdelar. Ljudkartan samlas ofta in med regelbundna intervall som exempelvis vart annat eller vart tredje år. Denna historiska data kan sedan användas med data från enskilda ljudmätare, exempelvis placerade vid en byggarbetsplats, för att ge en bild över hur ett befintligt byggprojekt påverkar ljudnivån i närområdet i relation till den normala ljudnivån.

På samma sätt som information och data kan ha olika tidsaspekter har också olika användare och mottagare av informationen olika önskemål om tidsperspektiv. En del vill veta hur staden påverkas i veckoperspektiv, andra vill veta hur störningar påverkar vid morgonrusningen på veckodagarna, och en del är intresserade av hur barnens cykelväg till fotbollsträningen påverkas på just torsdagskvällar. Det är viktigt att ta hänsyn till användarens behov och anpassa ett verktyg eller ett gränssnitt som ska kunna användas för exempelvis beslutsstöd eller medborgardialog. En möjlig lösning vore att all information är tillgänglig för alla användare men med olika inställningar och möjligheter till filtrering av information, men det är möjligt att det behövs olika verktyg för olika användare för att kunna använda och kommunicera informationen på rätt sätt.

Att kommunicera stadens information

För att kommunicera information och data används ofta visualisering med olika typer av visuella representationer. Det här sättet att visa information på är ofta ganska abstrakt och återges med linjegrafer eller stapeldiagram. Det gör att det kan vara svårt att få en tydlig bild för hur data faktiskt ser ut och vad den har för implikationer, eller vad en störning i en stad kan komma att innebära för ett logistikföretag, eller hur en byggarbetsplats kan komma att påverka en näraliggande förskola.

Inom Störningsfri stad-projekten har två gränssnitt för designats och

diskuterats. Med hjälp av sådan teknik går det att presentera visuell information som text och visualiseringar i relation till en karta som förtydligar positionen för datakällor och skeenden i staden. Dagens internetteknik och moderna webbläsare gör det också möjligt att visa data med 3D-perspektiv för att skapa en tydligare förståelse och en mer immersiv och intressant upplevelse för en användare.

En intressant och möjlig vidareutveckling på de gränssnitt som har presenterats, vore att använda virtuell (ofta kallad VR), förstärkt (AR) eller utvidgad (XR) verklighet. Virtuell verklighet skulle kunna ge användare möjlighet att "stiga in i" informationen och utforska den nära. Förstärkt och utvidgad verklighet skulle kunna ge användare med hjälp av AR-glasögon eller genom mobiltelefonens kamera möjlighet att få olika lager med information ovanpå verkligheten som de ser runt omkring. Ytterligare en vidareutveckling är en 3D-utskrivna modell av en stad på vilken data och information kan projiceras. Vad av detta som är användbart, för vilka användare och för vilken aktivitet behövs dock utforskas och undersökas ytterligare.



Det finns också andra sätt att kommunicera information på än bara visuellt, till exempel med ljud. Sonifiering innebär att data omvandlas till ljud. Detta betyder att numeriska eller andra typer av data representeras med ljudsignaler, vilket gör det möjligt att tolka informationen genom hörsel i stället för bara genom syn. Sonifiering används inom olika områden som vetenskaplig forskning, medicin, utbildning, och konst för att presentera data på ett alternativt sätt som kan underlätta mönsterigenkänning, övervakning av system, eller för att skapa en estetisk upplevelse.

Sonifiering skulle kunna innebära att en användare tittar på data på ett ställe i en visualisering, men får ljudinformation om andra områden för att förenkla uppfattningen av data om större områden som kan vara svåra att titta på samtidigt. Ljuden i sonifieringen kan vara abstrakta ljud som representerar data, men de kan också vara enklare och mer direkt härma och låta som den information eller

händelse de representerar. Till exempel skulle mätningar av temperatur kunna återges med en ton som ändras i tonhöjd och blir högre i tonen och ljusare i ljudet när temperaturen går upp och får en lägre ton och blir mer dov när temperaturen går ner. Ett trafikflöde skulle kunna sonifieras med fordonsljud där ljudet innehåller fler fordonsljud och låter starkare när trafikmängden ökar, och sedan innehåller färre fordonsljud och låter svagare när trafikmängden minskar.

Ett ytterligare intressant område att undersöka för att kommunicera och uppleva data är haptik och taktilitet. Haptik handlar om upplevelsen av tyngd och motstånd, sådant som muskler och leder arbetar med, medan taktilitet handlar om hudens känselsinne, alltså förmågan att uppfatta ytstrukturer och små objekt exempelvis med fingertopparna. Haptiska användargränssnitt ger en illusion av massa och rörelse hos objekt och används ofta i samband med VR och AR. Det finns till exempel handskar med servomotorer som ger illusionen av att hålla i ett objekt och känna formen av det, fast objektet inte är där. Taktila gränssnitt ger användaren förmågan att känna med huden, i synnerhet känslan av beröring och förmågan att känna ytstrukturer som tyg eller skillnaden mellan släta och blanka ytor jämfört mot grova och skrovliga ytor. Hur dessa kompletterande gränssnitt skulle kunna ge en ökad förståelse av data och användas för kommunikation kvarstår att utforska och undersöka i framtida projekt.

Avslutningsvis så finns det olika arenor att kommunicera informationen på. Ett webbgränssnitt på en kommuns webbsida kan nås från såväl medborgare som företag och organisationer. Det sättet att kommunicera på, lämpar sig för att nå ut till flera och ge grundläggande information, men detaljriikedomen i informationen är kanske inte tillräcklig för att användas i planering eller beslutsstöd då den med stor sannolikhet är förenklad och anpassad utifrån kommunens behov av att kommunicera. För planering och beslutsstöd krävs nog en annan upplösning i detaljriikedom och möjlighet till inställningar, vilket leder till att ett annat gränssnitt är nödvändigt i de situationerna. En webbsida ger inte heller en så god grund för samtal och diskussion vilket ibland är nödvändigt och önskvärt. Ibland är medborgardialog önskvärd, och då krävs ett annat sätt och en annan arena för kommunikation. I vissa städer finns sådana offentliga mötesarenor som redan har en inarbetad rutin för att kommunicera data till besökare. Inom ramen för **Störningsfri stad**-projektet har Norrköpings Visualiseringscenter C använts och den 3D-utskrift av Norrköping med projicerade data som finns där gav unika möjligheter för samtal och diskussion.

Det finns mycket information och data att kommunicera. Det finns också flera olika mottagare som är intresserade av att ta till sig och förstå informationen. Det finns även olika intressanta sätt att kommunicera informationen, och det finns bra möjliga arenor för kommunikation. Inom framtida forskningsprojekt

kopplade till Störningsfri stad-projekten kommer dessa frågor att fortsätta att utredas, vilket kommer leda till en bättre förståelse för behoven för ett framtida beslutsstöd och planeringsverktyg för en störningsfri stad.

Avslutning

11

Anna Fredriksson, Linnea Eriksson och Niklas Rönnerberg

Denna antologi har presenterat de resultat som har uppnåtts i projekten **Störningsfri stad** och **Störningsfri stad 2.0**. Arbetet har gjorts möjligt tack vare finansiering av externa parter. Den externa finansieringen av **Störningsfri stad**-projektet har varit en avgörande förutsättning för att ta fram ny kunskap om hur byggtransporter och stadsutveckling kan hanteras mer effektivt och med mindre störningar. Tack vare detta stöd har vi kunnat sammanställa denna antologi, där vi delar med oss av insikter och lösningar för en mer tillgänglig och störningsfri stad – kunskap som nu kan spridas och komma fler till nytta. **Störningsfri stad** var finansierat av Vinnova via deras program Innovationer för ett hållbart samhälle 2018, diarienummer 2018-04114. **Störningsfri stad 2.0** finansierades av Formas via Smart Built Environment, diarienummer 2022-00115. Målet med projekten har varit att stötta stadsutvecklingen genom att ta fram ett verktyg som länkar samman stads- och trafikplanering i staden med bygg- och logistikplanering för byggprojekten i en gemensam visualisering som används i en kollaborativ planeringsprocess.

Nedan sammanfattas de huvudsakliga resultaten

Identifieringen och beskrivningen av planeringsgapet som gör att planeringen för en tillgänglig och störningsfri stad under byggtid oftast faller mellan stolarna. Gapet består av en tidsmässig, en organisatorisk och en ansvarsmässig dimension. Gapet gör att frågan om byggtransporter och byggprojektens avstängningar skjuts framåt och till slut landar att lösa på den som har ansvar för att genomföra projektet när det är dags. Vilket leder till adhoc lösningar utan relation till vad som är bäst för helheten.

Förståelsen för gapet och behovet av koordinering mellan tre huvudsakliga aktörer har lett fram till den iterativa kollaborativa planeringsprocessen. Denna process som möjliggör att utifrån ett helhetsperspektiv på staden ringa in olika problemområden, "hot-spots", och utifrån dessa identifiera vilka typer av framkomlighetsproblem som kommer uppstå vid olika tidpunkter i relation

till projektetsplan och baserat på detta föreslå olika lösningar baserat på "mobility management" såsom bygglogistiklösningar, provisorier eller ändrade trafikeringsmönster. Detta har också lett till definitionen av begreppet Strategisk TA-plan. Ett nytt sätt att se på trafikanordningsplanering som ett sätt att från kommunens och beställarens synvinkel ta kontroll över och koordinera trafiken till och från men även runt ett byggprojekt på ett sätt som gynnar både stadens medborgare och projektets framdrift.

Projektet har visat på hur trafiksimulering kan användas för att stödja strategisk TA-planering. Här har projektet identifierat hur nuvarande trafiksimuleringsmodeller behöver vidareutvecklas men även vilka modifikationer som behöver göras för att dessa ska kunna nyttjas för planering av trafikflöden i projekt och i relation till projektets ytbehov. T. ex. har behovet av mer granulerade OD-matriser identifierats samt hur trafiksimuleringsmodellerna kan användas för scenarioplanering och därmed identifikation av så kallade "hot spots", geografiska platser i trafiksystemet där det med största sannolikhet kommer att uppstå problem i form av köer och restider längre än vad som kan accepteras. Scenarierna omfattar kombinationer av avstängningar och ökade trafikmängder och inkluderar en kombination av vägtrafik samt kollektivtrafik.

Vilka krav på data som strategisk TA-planering med hjälp av trafiksimulering ställer och hur en sådan databas kan byggas upp med hjälp av olika datakällor. Själva struktureringen av databasen är ett resultat i sig själv, då den är byggd på ett sätt som möjliggör användning av både realtidsdata och historisk data i analyserna.

Vidare hur data om olika störningar kan samlas in med hjälp av sensorer som samlar in information om partiklar, ljud och luftfuktighet. Nyhetsvärdet i sensorboxen som har utvecklats inom projektet och i samarbete med projektet Testbädd Kungsgatan finansierat av Norrköpings Forskningsfond, är dess låga kostnad vilket möjliggör mer aktiv uppföljning av utsläpp och ljud från byggprojekt och andra temporära händelser.

Projektet har också tagit fram flera olika prototyper på hur störningar under byggtid kan visualiseras och på så sätt stötta planering i planeringsgapet. Prototyperna bygger både på nyttjandet av en fysisk 3D-printad digital tvilling och ett webbaserat gränssnitt. Det gör att projektet har påbörjat utforskandet av hur interaktionsdesign i form av digitaltvilling kan användas för kollaborativplanering och förståelse av påverkan av olika avstängningar och trafikförflyttningar/ökningar i samband med större infrastrukturprojekt. Prototyper möjliggör en överblick och att se kopplingen mellan olika projekts påverkan i form av trafiksystemets påverkan i form av köer, restider och stopp. Vidare gör det också möjligt att studera olika ruttval och avstängningars påverkan på andra trafikanter och närboende,

här har det varit speciellt intressant att ta med känsliga gruppers påverkan såsom barn och äldre.

I arbetet med de digitala tvillingarna har olika sätt att visualisera för olika typer av användargrupper utforskats. Här har projekten identifierat två typer av användargrupper i form av medborgare och professionella planerare. De första är mer intresserade av hur deras tillgänglighet påverkas medan de andra är intresserade av att utvärdera olika scenarier och ta fram beslutsunderlag för investeringar eller beslut om olika former av åtgärder inom så kallad mobility management i byggskedet.

Vidare läsning

För den som är intresserad av fördjupad läsning inom området rekommenderar vi följande publikationer. Några av dessa är genererade inom projektet men i denna lista tas även andra relaterade arbeten upp som kan öka förståelsen för det som görs inom Störningsfri stad-projekten.

Publikationer inom projektet

Brusselaers, N., Zernis, R., Fredriksson, A., and Gundlegård, D., (2024). Decision support for improved construction traffic management and planning, *Sustainable Cities and Society*, 104, 105305.

Bäckstrand, J., Fredriksson, A., and Halldorsson, A. (2024). Middle-range theorising supporting and supported by action research: focusing on practitioner preparedness, *Production Planning & Control*, 1-14.

Eriksson, L., and Fredriksson, A. (2025). A construction transport planning gap – An institutional logic perspective, *Cities*, Volume 158, March 2025, 105698, <https://doi.org/10.1016/j.cities.2024.105698>.

Fredriksson, A., Eriksson, L., Eriksson, D., Lemon, N., and Löwgren, J. (2022). An interactive visualization tool for Collaborative Construction Logistics Planning, *Sustainability*, Vol. 14, <https://doi.org/10.3390/su142417032>.

Fredriksson, A., Nolz, P., and Seragiotto, C. (2021). 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., Sezer, A., Angelakis, A., and Gundlegård, D. (2021). Construction related urban disturbances: Identification and linking with an IoT-model, *Automation in Construction*, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.104038>.

Rönnberg, N., Ringdahl, R., and Fredriksson, A. (2022). Measurement and sonification of construction site noise and particle pollution data, *Smart and Sustainable Built Environment*, <https://doi.org/10.1108/SASBE-11-2021-0189>.

Sezer, A. A., and Fredriksson, A. (2021). Environmental impact of construction transport and the effects of building certification schemes, *Resources, Conservation & Recycling*, Vol 172, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105688>.

Sezer, A., and Fredriksson, A. (2021). Paving the Path towards Efficient Construction Logistics by Revealing the Current Practice and Issues, *Logistics*, Vol. 5, Iss. 3, <https://doi.org/10.3390/logistics5030053>.

Annan relevant läsning vilket projektet bygger vidare på

Coughlan, P., and Coughlan, D. (2024). Action research. In Karlsson, C. (Ed.), *Research Methods for Operations and Supply Chain Management* (pp. 219-251). New York, NY: Routledge.

Fredriksson, A., and Huge-Brodin, M. (2022). Green construction logistics – A multi-actor challenge, *Research in Transportation Business & Management*, <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2022.100830>.

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.

Rönnberg, N. (2024). Where Visualization Fails, Sonification Speaks. In *EuroVis 2024*. <https://doi.org/10.2312/evp.20241099>.

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

Hur kan vi bygga våra städer utan att störa deras invånare?
Denna antologi samlar forskning och erfarenheter från projekten Störningsfri stad och Störningsfri stad 2.0, där nya metoder och digitala verktyg har utvecklats för att samordna stadsutveckling, bygglogistik och trafikplanering.

För stadsplanerare, entreprenörer, forskare och beslutsfattare erbjuder denna antologi diskussioner kring hur vi kan utforma framtidens planeringsprocessor för stadsbyggnad med minimal påverkan på stadens flöden och invånares vardag.

