

CHALMERS



Visualisering inom Transportområdet – Kartläggning och utvärdering



BEATA STAHRÉ

Institutionen för Arkitektur
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, januari 2012

The Author grants to Chalmers University of Technology the non-exclusive right to publish the Work electronically and in a non-commercial purpose make it accessible on the Internet.

The Author warrants that he/she is the author to the Work, and warrants that the Work does not contain text, pictures or other material that violates copyright law.

The Author shall, when transferring the rights of the Work to a third party (for example a publisher or a company), acknowledge the third party about this agreement. If the Author has signed a copyright agreement with a third party regarding the Work, the Author warrants hereby that he/she has obtained any necessary permission from this third party to let Chalmers University of Technology store the Work electronically and make it accessible on the Internet.

Visualisering inom Transportområdet – Kartläggning och utvärdering

BEATA STAHRE

© BEATA STAHRE, januari 2012.

Institutionen för Arkitektur
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Telefon + 46 (0)31-772 1000

Institutionen för Arkitektur
Göteborg, januari 2012

SAMMANFATTNING

Denna rapport behandlar användning och behov av visualiseringsverktyg inom transportområdet. Kärnfrågan handlar om hur aktörer inom området transport använder visualisering. Målet är att göra en översikt över befintliga visualiserings- och simuleringsverktyg inom transportområdet, samt att utreda vilka visualiseringsbehov som aktörer inom området har. I utredningen kartläggs både olika typer av verktyg, såväl som olika typer av simuleringstekniker. Inom ramen för projektet har olika aktörer inom transportområdet intervjuats och analysen om visualiseringsbehov baseras till stor del på deras medverkan. Även en litteraturstudie har genomförts, för att skapa en så heltäckande bild av området transportvisualisering som möjligt.

Projektet samfinansieras av CVG och styrkeområdet Transport på Chalmers.

Visualisering inom Transportområdet – Kartläggning och utvärdering

1. INTRODUKTION	1
1.1. Vision och målsättning	2
1.1.1. Spatial Layer Toolbox	2
1.2. Begreppsdefinitioner, omfång och avgränsningar	2
2. METOD	4
3. ANALYS	4
3.1. Forskningsområden inom transportvisualisering	7
3.1.1. Virtuell Design & Konstruktion	8
3.1.2. Medborgarengagemang	9
3.1.3. Krishantering	9
3.1.4. Säkerhet	9
3.1.5. Designvisualisering	9
3.1.6. Planering	10
3.1.7. Transportdata	10
3.1.8. Godshantering & Frakt	11
3.1.9. Förvaltning	11
3.1.10. Drift & Underhåll	11
3.1.11. Utbildning och träning	11
3.1.12. Human Factors	12
3.1.13. Transportsystem	12
3.2. Visualiserings- och simuleringsverktyg	13
3.2.1. Immersive Projection Technologies och virtuella miljöer	13
3.2.2. Körsimulatorer	14
3.2.3. Järnvägssimulatorer	15
3.2.4. Fartygssimulatorer	16
3.2.5. PowerWalls™	16
3.2.6. Visualiseringsbord	17

3.2.7. Augmented Reality	18
3.2.8. GPS-verktyg	18
3.2.9. 3D-scanners	19
3.3. Simuleringstekniker för visualisering	19
3.3.2. Analytiska modeller och simuleringsmodeller	19
3.3.3. Händelsestyrd simulering	20
3.3.4. Flödessimuleringar	20
3.3.5. Mikrosimulering	20
3.3.6. Mesosimulering	21
3.3.7. Makrosimulering	21
3.3.8. Fotgängarsimuleringar	22
3.3.9. Ruttberäkningssimulering	23
3.3.10. Ergonomisimulering	23
3.3.11. Interna program hos konsulter	24
3.4. Utmaningar inom transportvisualisering	24
3.5. Behov och önskemål hos aktörer inom transportområdet	25
4. DISKUSSION OCH SLUTSATS	28

1. INTRODUKTION

Detta är en översikt över visualiserings/simuleringsverktyg inom transportområdet, samt en utredning av behov som forskare och praktiker inom området har för olika typer av simuleringar.

Visualisering i olika former används främst som redskap för kommunikation – för dialog, presentation, och utvärdering, både intern och extern, personlig och verksamhetsbunden. Visualisering och simulering är ett bra stöd för att kunna få till stånd dialog mellan olika aktörer, då man samlas runt ett material som är lättillgängligt och som illustrativt kommunicerar fakta för alla parter, lekmän såväl som fackmän. Visualisering används inom forsknings- såväl som tillämpningsområden - för information, som arbetsredskap och för utbildning. Inom forskning är det ett hjälpmedel för att exempelvis hitta och lösa forskningsfrågor, för utvärdering och analys. Inom transportforskning används simulering generellt i utvecklingsarbete, då främst som analysunderlag med olika typer av beräkningsmodeller.

På den praktiska sidan används visualisering som stöd bl a vid projektering, kvalitetssäkring och som beslutsunderlag.



Bild 1. Modellen visar ett sätt att synliggöra hur visualisering används inom de stora blocken Forskning/Utveckling och Tillämpning/Praktik, samt i vilka områden deras användning av visualisering överlappar.

Visualisering behövs för att kunna föra dialog mellan många olika parter; vetenskapliga discipliner på olika systemnivåer, det offentliga samhället och akademien. Med visualisering kan vi kommunicera framtidsscenarion och få överblick över komplexa situationer och system. Att visualisera konsekvensanalyser, med snabbare tidsförlopp, synliga rumsliga konsekvenser och andra orsakssamband kommer att bli ett viktigt stöd för beslutsfattare, både som verktyg och i utbildning och träning. Ett problem idag är dock att det finns ett

glapp mellan generiska visualiseringsapplikationer och forskarnas mer specifika behov. Inom infrastruktur och transport finns ett stort behov och intresse av visualisering; från fordonsutveckling, gods- och persontransporter till infrastruktur, från enkla modeller till hög komplexitet. Intresserade parter är bl a Mistra Urban Futures, Safer, styrkeområdena Transport och Samhällsbyggnad (Chalmers), TSS, Trafikverket och Trafikkontoret i Göteborg.

1.1. Vision och målsättning

Projektet utgör ett första steg i arbetet med att utveckla en visualiseringsplattform för infrastruktur och transport. Målet för denna fas av arbetet blir att göra en översikt över visualiserings-/simuleringsverktyg inom transportområdet, samt att utreda behov som forskare inom området har för olika typer av simuleringar. Kartläggningen av visualiserings- och simuleringsverktyg omfattar olika typer av verktyg som används av både forskare och praktiker. Det kan röra sig om simulering av flöden på trafik- så väl som transportnivå. Kärnfrågan handlar om hur man använder visualisering inom transportområdet.

1.1.1. Spatial Layer Toolbox

Visionen Spatial Layer Toolbox handlar om att på Center of Visualization Gothenburg (CVG) skapa en visualiseringsplattform för olika typer av infrastruktur- och transportrelaterade projekt inom staden/regionen. Under samtal mellan Monica Billger på CVG och Anna Dubois och Nina Ryd från respektive styrkeområden Transport och Samhällsbyggnad på Chalmers [1], har det, förutom uttalade behov av omslutande projektionsmöjligheter (ex rundad powerwall, cave eller halvdome), kommit fram en vision om att kunna projicera på en stor horisontell modell av regionen/staden, som kan fungera som plattform för många olika typer av projekt. Idén är att på visualiseringscentret på Lindholmen utveckla en eller flera modeller som ska kunna användas för olika former av visualiseringar och simuleringar med hög grad av interaktivitet. Med denna fysiska modell (alt. flera modeller) som bas kan vi simulera olika lager av urban komplexitet, infrastruktur, trafik och transportsimuleringar mm. Mixed Reality-teknik ska utvecklas på plattformen. Kartläggningen av existerande verktyg och undersökande forskarnas behov är ett första steg i detta arbete.

1.2. Begreppsdefinitioner, omfång och avgränsningar

En avgränsning av uppgiften har varit nödvändig att göra. I det här projektet är det därför främst *landburen* transport, dvs gods- och persontransport på väg, järnväg och spårväg (samt i viss mån vatten), som avses. Med godstrafik avses främst frakt med lastbil, tåg och båt. Persontrafik avser både kollektivtrafik (tåg, buss, båt, spårvagn), samt cykel/moped, gång och bil/mc. Geografiskt avgränsas kartläggningen till Västra Götalandsregionen och främst Göteborgs stad. Stadsutveckling kan ses som en annan avgränsning, då den ju sätter förutsättningar & gränser för infrastrukturen.

Området visualisering är stort och kan vara svårdefinierat. Termen har olika betydelse och innebörd beroende på var man kommer ifrån. Visualisering och simulering är sammanflätade, och en definition av dessa båda begrepp är därför nödvändig.

Visualisering definieras av Nationalencyklopedin [2] som "*metod att åskådliggöra data med bilder. Avsikten är att ge bättre förståelse för stora mängder data som inhämtas från naturen eller skapas av superdatorer*". Transportvisualisering definieras av [3] som: "*A simulated representation of proposed transportation improvements and their associated*

impacts on the surroundings in a manner sufficient to convey to the layperson the full extent of the improvement.” Visualisering vilar på en mångdisciplinär grund, vilket gör att termen definieras och tolkas på olika sätt beroende på sammanhang och vilken bakgrund man har. Området visualisering avgränsas i den här rapporten till transportsimuleringar som behöver visualiseras (dvs illustrativt tydliggöras) digitalt i 3D/2D för kommunikation och utveckling. Vanligtvis delas visualisering in i olika typer av kategorier, beroende på karaktär och inriktning. Alla dessa områden är inte relevanta i transportsammanhang, men nämnas bör ändå ett fåtal.

Informationsvisualisering innebär processen att visuellt omvandla information utifrån människans kognitiva begränsningar [4]. Det handlar alltså om att hjälpa människor förstå och analysera abstrakta data (exempelvis tabeller eller hierarkiska strukturer) med hjälp av olika typer av visualiseringstekniker. Informationsvisualisering tillämpas inom många olika typer av områden, inte minst inom transportområdet.

Geovisualisering (geografisk visualisering) definieras av [5] som en samling verktyg och tekniker som används för att stödja geospaciala analyser genom interaktiv visualisering. Geografisk data, dvs kartmaterial, kombineras med annan slags information för att tydliggöra och lättare skapa förståelse för dataunderlaget. [6] Geovisualisering, liksom geografiskt informationssystem (GIS), möjliggör mer interaktiva kartor än traditionellt kartmaterial. Exempelvis innebär detta möjlighet att använda olika lager i kartan, ut- och inzoomningar, samt att digitalt göra förändringar i kartans utseende och dataunderlag i realtid. Geovisualisering tillämpas inom många skilda områden, exempelvis forskning, opinionsbildning, brottsbekämpning och miljö [7].

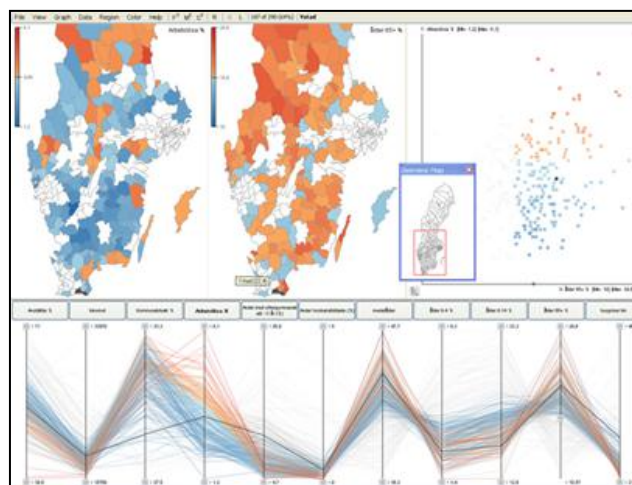


Bild 2. Exempel på geovisualisering.¹

Simulering definieras av Nationalencyklopedin [8] som: “**simule´ring** (ytterst av latin *si´mulo* 'efterhärma', låtsa'), att representera ett system med ett annat i avsikt att studera dess dynamiska uppförande eller för att under laboratorieförhållanden träna behärskandet av systemet.” Modern simulering är baserad på matematiska modeller, vanligtvis i form av en differentialekvation, som exempelvis kan handla om grundläggande naturlagar,

¹ Bilden hämtad från *Informations- och Geovisualisering*, Visualiseringscenter C., Norrköpings Visualiseringscenter, <http://www.visualiseringscenter.se/informations-och-geovisualisering/sv/index-1.1985.1.php> (2012-01-11)

geometribeskrivning eller materialegenskaper. En dator löser ekvationen numeriskt, varefter resultaten används för utvärdering. [8] Man kan säga att en simulering avser en digital motsvarighet till ett verkligt scenario som strävar efter realism, som dock inte behöver innebära rumslig fotorealism.

2. METOD

Olika metoder för kartläggningen har använts. En genomgång av relevant internationell forskning har gjorts. Genom intervjuer, nätet, tidskrifter, litteratur etc har visualiseringsmarknaden i Sverige och utomlands granskats, och härigenom har befintliga (och kommande) relevanta visualiseringsverktyg kartlagts. Visualiseringsbehoven hos olika aktörer inom transportområdet har kartlagts genom intervjuer, samt genom att studera fokusområdena på ett urval konferenser, främst den nordamerikanska transportvisualiseringskonferensen *6th International Symposium on Visualization in Transportation* [9] och den internationella transportkonferensen *6th International Symposium on Highway Capacity and Quality of Service* [10]. En kartläggning av relevant Chalmers-forskning har genomförts. En presentation har sammanställts.

3. ANALYS

Visualisering är ett område som expanderar snabbt och transportvisualisering är inget undantag. Men frågorna om hur det bäst kan implementeras kvarstår. Hur fungerar befintliga verktyg och vad används de till? Vad behövs och vilka önskemål finns angående visualiseringsverktyg, dvs hur kan man driva området framåt? För att ta reda på detta måste man börja med att titta närmare på området transport. Vad forskas det om idag och hur ser området transportvisualisering ut? Den här analysen utgår från de olika delområdena som ingår i transportområdet, med betoning på de olika aktörernas visualiseringsanvändning och -behov. En översikt över transportforskning som bedrivs kommer att ges, med särskilt fokus på forskningen på Chalmers.

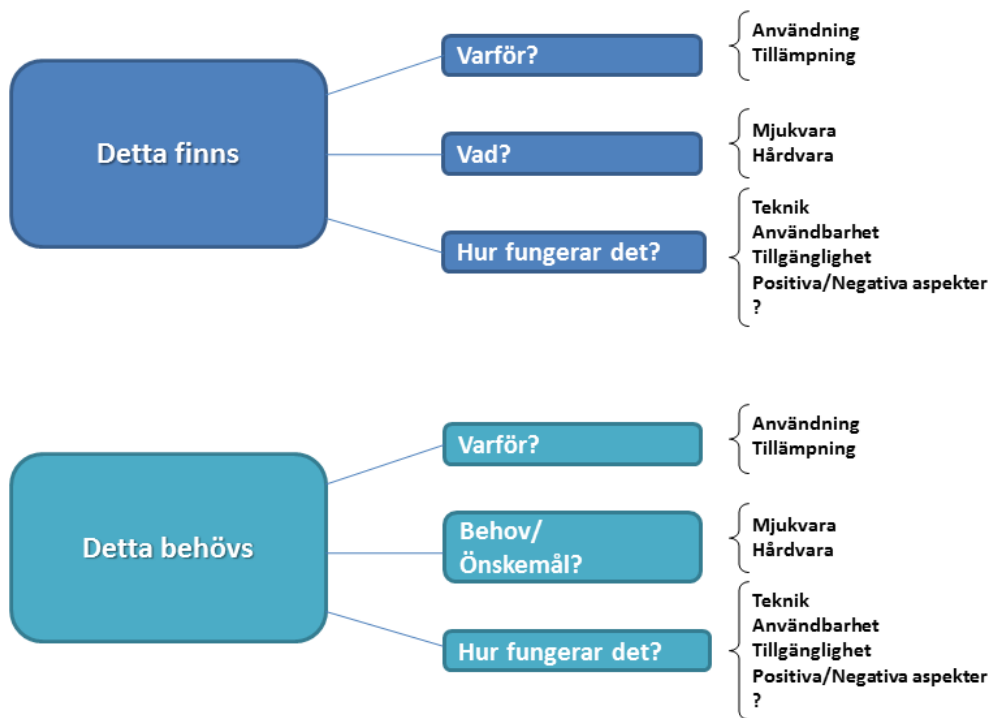


Bild 3. Transportvisualisering - Vad finns och vad behövs?

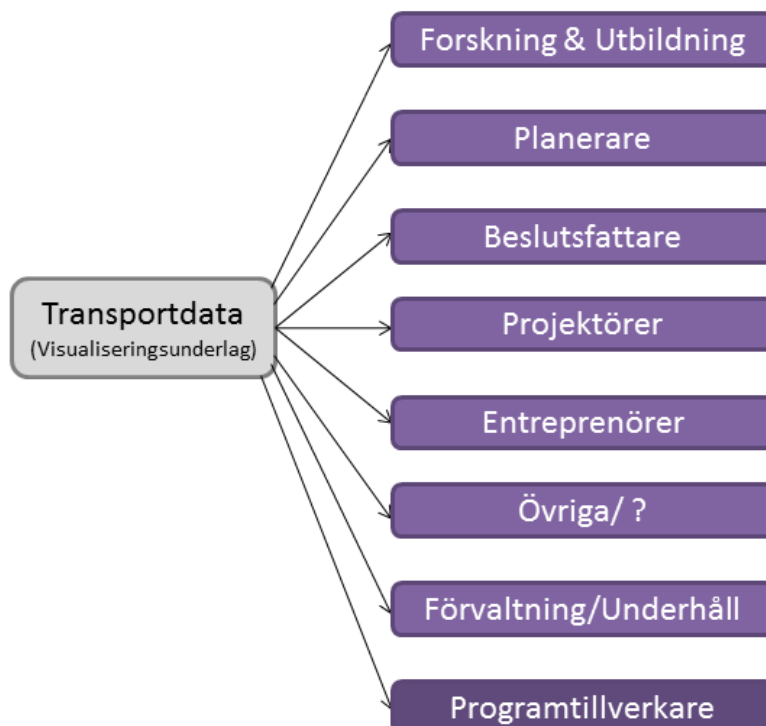


Bild 4. Aktörer inom transportområdet som har anknytning till visualisering.

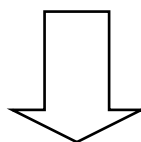


Bild 5A-B. De olika fokusområdena inom transportområdet är många. Bild A visar de huvudsakliga områdena som framkommit under kartläggningen. Bild B visar ett sätt att, utifrån ämnestillhörighet, gruppera dem i.

3.1. Forskningsområden inom transportvisualisering

Transportvisualisering är ett tvärvetenskapligt forskningsområde, då det inkluderar både diverse delar av transportområdet samt det i sig tvärvetenskapliga området visualisering. För att skapa en bild av vilka olika forskningsområden det finns inom transportvisualisering, har jag valt att till stor del utgå från de teman som presenterades under en stor transportvisualiseringskonferens; *The 6th International Symposium on Visualization in Transportation* [9], i augusti 2011. Dessa teman har sedan kopplats till relevant forskning som bedrivs på Chalmers och på Lindholmen. Bild 6 visar de områden jag genom kartläggningen funnit, där forskning om transportvisualisering ingår. Av dessa är ett urval närmare beskrivna i den här rapporten.



Bild 6. Områden inom transport där forskning om transportvisualisering används.

På Chalmers finns det idag flera forskningsprojekt inom transportområdet där visualisering har stor betydelse. Sjöfart använder simulering för utbildning och forskning. Inom Safer arbetar man med flera visualiseringsprojekt. SEVS-projektet har jobbat med olika scenarier som man vill visualisera och gärna koppla mot MISTRA-projektet Urbana spel. En utmaning där handlar om hur man kan synliggöra ett säkert trafiksystem. Ett annat projekt inom Aktiv säkerhet (Accident avoidance) handlar om att väva ihop det urbana landskapet, säkerhet och logistik. Det handlar om smart utformning av hela trafikmiljön, från infrastruktur till fordon och ITS-stöd. Det här kopplar också starkt till Mistra Urban Futures där man beslutat satsa på ett tema – Rörlighet, tillgänglighet i det urbana landskapet. Fordonsdesign är ett traditionellt starkt område inom visualisering och simuleringsforskning. Designingenjörsprogrammet på Produkt & Produktionsutveckling (PPU) finns på Lindholmen och använder sig mycket av visualisering.

3.1.1. Virtuellt Design & Konstruktion

Området Virtuellt Design & Konstruktion VDK [11] syftar till att systematiskt integrera 3D-visualisering i affärsverksamhet, i analytiska redskap och -processer, samt i redskap och processer för project management. Inom området transport håller sättet som infrastruktur levereras på att förändras, till följd av en liknande sammankoppling av traditionellt olika processer och redskap. Detta sker i allt snabbare takt, och utmaningen handlar om att det endast finns få eller inga riktlinjer alls angående implementation och standarder, professionella eller organisatoriska förpliktelser, eller förståelse om hur det påverkar affärsrörelser, behov av utbildning och träning, samt värdet för industrin i stort. [11]

Building Information Modeling (BIM) [12] är ett centralt begrepp inom VDK. BIM är, liksom visualisering, ett brett begrepp som kan tolkas olika beroende på vem som använder det. I stort handlar det om hantering av den information som produceras både under design- och konstruktionsprocessen, byggnation och förvaltning. [13] Informationen i modellerna kommer från alla de relevanta aktörer som ingår i ett projekt, både arkitekter och konstruktörer, till ägare och entreprenörer. [12] Denna information är både grafisk och ickegrafisk, och lagras i antingen en gemensam databas eller ett flertal databaser som har ett informationsutbyte. Den kan även lagras i ett databasdrivet CAD-system eller i en kombination av CAD-system och ren databas. Ett eller flera program kan ingå, från en eller flera leverantörer. [13]

BIM skulle kunna möjliggöra att i framtiden kunna jämföra olika gestaltungsalternativ i fler avseenden än enbart form och funktion, samt att automatiskt optimera modeller för högre kvalitet och användarvänlighet.

Jimmy Bergmark, CAD and Database Development Manager på Pharmadule Emtunga AB, påpekar dock att många av de sk BIM-verktygen ännu inte har kapacitet att nå hela vägen och att det behövs anpassningar, konfigureringar och även andra verktyg för att affekten ska uppnås. Han menar vidare att det behövs mer intelligenta applikationer som stöder BIM för att öka kvaliteten, minska tidsåtgången för projekteringen, minska riskerna och kostnaderna, samt öka produktiviteten. [13]

På Chalmers bedrivs forskning inom området Virtuellt Design & Konstruktion på PPU, Bygg & Miljö samt på Winquist Laboratory.



Bild 7. Ett exempel på Building Information Modeling (BIM).²

² Bilden hämtad från Autodesk, *Building Information Modeling*, <http://usa.autodesk.com/building-information-modeling/> (2012-01-27)

3.1.2. Medborgarengagemang

Detta område syftar på allmänhetens intresse för och förväntningar på visualisering i transportsammanhang. Utmaningar här handlar bl a om vilka verktyg och tekniker som kan hjälpa allmänheten att förstå och engagera sig i beslutsfattarprocessen, samt vilka verktyg och tekniker som är lämpliga för att bäst sprida information.

På Chalmers och inom Göteborgsregionen är detta ett område under utveckling, med projekt kopplade till bl a Mistra Urban Futures.

3.1.3. Krishantering

Inom området krishantering spelar visualisering en allt ökande roll, och utmaningarna handlar mycket om hur delning av flera datakällor kan göras, samt hur man samlar, analyserar och förstår dessa data. Exempelvis används spel- och visuella simuleringstekniker alltmer i träning och koordinationsförbättring, och visualisering ökar i användning även på ledningscentraler och kontrollcenter. Det används också i scannersystem för övervakning av personer och gods på flygplatser och i hamnar. [14]

I Göteborg och på Chalmers bedrivs forskning inom områdena Krishantering både på SAFER och Crisis Response Lab.

3.1.4. Säkerhet

Området säkerhet innefattar många olika delområden och visualisering används på olika sätt inom ett flertal av dem. Ett av dessa delområden är fordonsdesign där visualisering exempelvis används till virtual prototyping. När det handlar om incidenter och tillbud använder man visualisering för bl a olycksrekonstruktion. Inom området arbetszoner används virtuell modellering och animering för att visa på problemen. För att träna och förbättra färdigheterna hos olika typer av operatörer används simulatorer. Simulatorer används även till human factors-studier för tänkta designlösningar, där de kan visa på eventuella problem som förare kan ha. [15]

I Göteborg och på Chalmers bedrivs forskning inom områdena Säkerhet både på SAFER och Crisis Response Lab.

3.1.5. Designvisualisering

Syftet med designvisualisering är att förmedla hur ett projekt ska komma att se ut och anpassas till den närliggande miljön. Inom transportområdet är det den här typen av visualisering som har använts längst. Typiska tekniker som används är exempelvis 2D-kartor med tillägg, 3D-modellering & rendering, fotomatchning, fotosimuleringar, pixelredigering, animeringar och fysiska skalmodeller. Designvisualisering är inte detsamma som mikrosimulering eller virtuell design & konstruktion, även om områdena bitvis använder sig av samma redskap och tekniker. De sistnämnda områdena integrerar mer information och analys i sina 3D-modelleringar och erbjuder olika nivåer för beslut. Designvisualisering håller dock gradvis på att överlappa dessa och andra områden i takt både med att teknikutvecklingen går framåt inom 3D-designmodellering, och att projektkraven ökar på förbättrad säkerhet och mer interaktiv allmänhet. Utmaningar inom området består exempelvis av hur man kan överföra data som är skapad inom ett område till ett annat; att definiera hur kunskap som krävs för designvisualisering skiljer sig i jämförelse med den som krävs för virtuell design & konstruktion, mikrosimulering eller human factors; att definiera vilka beslut som kan nås genom användningen av designvisualisering vs beslut gjorda med annan visualiserings- och simuleringsteknik? [16]

På Chalmers forskar man kring områdena Designvisualisering och Datorgrafik på avdelningarna Bygg & Miljö, Arkitektur, samt Data & Informationsteknik. På PPU, Bygg & Miljö och Teknikens Ekonomi & Organisation arbetar man dessutom med flödessimuleringar.

3.1.6. Planering

Visualiseringen inom planeringsområdet är beroende av behov och kontext, och kan därför ta sig många olika uttryck. Det kan exempelvis handla om simuleringar, virtuella miljöer, flygfoton eller 3D-modeller. De många olika aktörerna som ingår i planeringsförloppet gör beslutsprocessen komplex. Denna komplexitet påverkar även hur och när i processen visualisering ska implementeras. Visualisering/simulering kan användas som stöd för att få till stånd dialog mellan olika aktörer (brukare, utvecklare, forskare och politiker) men också för att kunna utvärdera kort- och långsiktiga effekter på en aggregerad nivå. Visualiseringsverktyg behöver utvecklas för att utforska multivariat geospatial data. Utmaningarna här handlar bl a om vilka visualiseringsverktyg som bäst lämpar sig i rätt sammanhang, vilka data som behövs som underlag, och hur verktygen effektivast ska kunna användas. [17]

På Chalmers bedrivs forskning om planering och urban utveckling på Bygg & Miljö, Arkitektur, Fysisk Resursteori och inom Mistra Urban Futures (MURF). Exempel på forskningsområden/-projekt är GIS, MURF: Pilotprojekt Urbana spel, CEC: Effektiv byggnadsvisualisering/Vart tar energin vägen.



Bild 8. Ett exempel på visualisering för ett projektförslag om spårvägsdragning.³

3.1.7. Transportdata

“If there is any part of transportation that is demanding the benefits of visualization more...it’s DATA.”[18].

Den stora utmaningen inom detta område handlar om hur man bäst ska ta tillvara på och förstå den hela tiden växande och föränderliga mängden data som genereras inom

³ Seattle Transit Blog, *New Data: Two East Link Options Look Good*, publicerad 2012-02-10, <http://seattletransitblog.com/2010/02/08/new-data-two-east-link-options-look-good/>, (2012-01-27)

området. Problemet handlar mycket om hur man kan synliggöra data och göra den tillgänglig för en bredare eller smalare publik, samt hur man kan lagra den på ett sådant sätt att lagringstekniken kan hålla jämna steg med utveckling och behov. Visualiseringens relevans i sammanhanget behöver fastställas, hur visualisering ska appliceras för att vara till hjälp behöver undersökas, och expertis inom området behövs. [18] Pack [19] pekar på att lite möda har lagts på att uppmuntra tillgänglighet eller att designa lämpliga visuella-analytiska verktyg för att utforska den stora mängden mångvarierad geospatial data inom transportområdet, få fram meningsfull kunskap därifrån samt att visa resultat. Det finns stora mängder av data men tillgängligheten till dem är inte alldeles enkel.

På Chalmers är detta ett område under utveckling. Det finns för närvarande en projektansökan inom Vinnovas utlysning som leds av Tillämpad IT, vilken behandlar datadrivet beslutsstöd.

3.1.8. Godshantering & Frakt

Godshantering och frakt är komplexa områden där visualiseringsaspekten mycket handlar om förståelse av olika data, utvärdering av mångtydiga prognosmodeller samt koordinering av offentliga och privata organisationer vars mål ibland kontrasterar mot varandra. Hänsyn måste tas till faktorer som exempelvis nationella och internationella lagar och regleringar, växlingar i tillgång och efterfrågan och kapacitet etc, och det är följaktligen svårt att planera investeringar i infrastruktur eller policys som påverkar dem. Inom områdena består en stor utmaning i att upptäcka och implementera nya metoder, anförskaffa ny data, förstå gällande data och kommunicera behoven. [20]

På Chalmers/Lindholmen forskar man inom områdena Godshantering & Frakt bl a i projekten Sustainable Urban Transport (SUT) och Closer - Gröna Korridorer.

3.1.9. Förvaltning

Stora utmaningar för visualisering inom området förvaltning handlar om hur man kan överblicka och förmedla olika aspekter av byggda infrastrukturprojekt. Detta kan röra sig om exempelvis vad, var och i vilket skick projekten är, samt deras byggnads- och underhållshistorik, hur de fungerar, när de bör ersättas eller uppdateras osv. Utvecklingen av 3D GIS och olika 4D-system möjliggör en bättre helhetssyn över projekt, samt ett mer gränsöverskridande samarbete med fler medverkande aktörer. [21]

3.1.10. Drift & Underhåll

Inom detta område är visualisering ett hjälpmedel för att ge ökad förståelse av ett infrastrukturprojekts nuvarande tillstånd och hur det fungerar. Då det ligger stora kostnader i drift och underhåll av infrastrukturprojekt kan en ökad insikt om detta genom visualiseringsverktyg få positiva konsekvenser på både statliga och lokala budgetar. [22]

3.1.11. Utbildning och träning

Vår gemensamma och individuella förmåga till inläring påverkas av många olika faktorer. Studier visar att användningen av olika visualiseringsverktyg starkt förbättrar graden av inläring [23]. Mer forskning behövs dock för att förstå visualiseringens hela potential som hjälpmedel vid inläring, för att därigenom kunna implementera det på rätt sätt. Speltekniker med interaktiva virtuella världar används exempelvis för att lära yrkesarbetare nya färdigheter och förbättra deras förmåga att lösa problem tillsammans i realtid. Ett annat behov inom området handlar om att träna och utbilda ledare inom olika organisationer till att bättre förstå visualiseringens roll och dess fördelar för effektivare implementering. [24]

På Chalmers kan områdena Lärande och Spel kopplas till transportområdet genom området utbildning. På Chalmers/Lindholmen arbetas det med dessa områden på Interaktionsdesign, Tillämpad IT (GU/CTH), Pedagogik (GU), Mistra Urban Futures. Exempel på forskningsområden är Gränsöverskridande online-spel, Game Design Patterns och Serious games.

3.1.12. Human Factors

Området handlar om hur människan fungerar i och interagerar med olika typer av transportsystem. Human factors har starka kopplingar till områdena säkerhet, effektivitet och sociala aspekter av transport. Delområden där det bedrivs forskning inom human factors inkluderar exempelvis Utbildning/kvalificering och träning, Människans roll, Teknikacceptans, Förare/operatörbeteende, Automatisering, Informationshantering, Arbetsförfarande och Bevarandekunskap. [25]

Inom området Human factors har det funnits flera forskningsprojekt på Chalmers, framför allt inom Sjöfart, SAFER och Interaktionsdesign på Tillämpad IT. Projekten har bl a handlat om mänskliga beteenden i körsimulatorer på land och till sjöss.

3.1.13. Transportsystem

Transportsystem handlar om de system som olika slags transporter sker inom, och innefattar både individer, fordon och infrastruktur. Att de olika delarna ska kunna samverka så bra som möjligt är en viktig förutsättning för att olika typer av transportsystem ska kunna fungera. Forskning inom området kan ske t ex kring cykling, skolskjuts, kollektivtrafik, järnväg, godstransporter och logistik.

Intelligent Transport Systems (ITS) innefattar alla typer av kommunikation som är beroende av tekniska system i fordon, mellan fordon och mellan fordon och bestämda platser. Dessa system inkluderar användandet av informations- och kommunikationsteknologier för järnväg, vatten och lufttransporter. [26] Det kan handla om transportsäkerhet, transportproduktivitet, pålitlighet i resandet, information om resealternativ, miljöaspekter och hållbar utveckling för nätverksoperationer. [27]

Transportsystem är ett stort område, som på Chalmers/Lindholmen kan kopplas till Interaktionsdesign, Fysisk resursteori, Styrkeområdet Transport, Open Arena Lindholmen, SAFER – SEVS, VTI och Lighthouse.

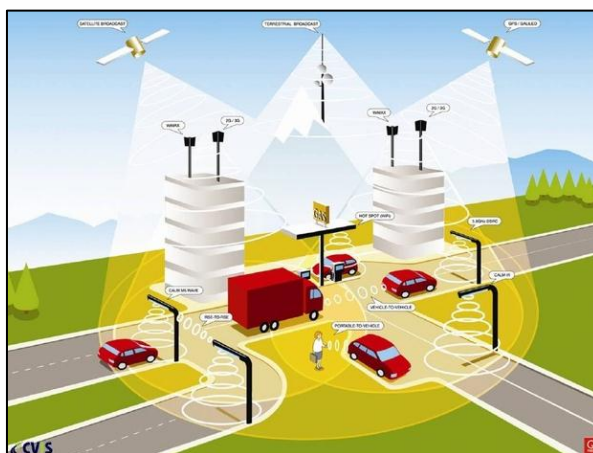


Bild 9. Illustration av fordonskommunikation.⁴

⁴ Bilden hämtad från University of Twente Portal, *Vehicular networking @DACS*, <http://www.utwente.nl/ewi/dacs/assignments/cartocar/> (2012-01-03)

3.2. Visualiserings- och simuleringsverktyg

Inom transportområdet finns många typer av mjuk- och hårdvara avseende 3D-visualisering. Nedan följer några exempel teknik som används.

3.2.1. Immersive Projection Technologies och virtuella miljöer

För att skapa en känsla av närvaro i simulerade miljöer kan VR⁵-modeller visas i omslutande system. Termen *Immersive Projection technology (IPT)* täcker in alla typer av verktyg för omslutande digitala miljöer, vilka är baserade på sk bakprojektionstekniker. I grunden handlar det om alla typer av sådana verktyg där två eller fler bakprojicerade ytor används för att ge hjärnan en illusion av att man befinner sig inne i en verklig miljö.[28]

Cave Automatic Virtual Environment (CAVETM), från början beskrivet av Cruz-Neira et al [29], ingår i IPTs och var bland de första displayerna för panoramaprojektion. En CAVETM är en fyrkantig låda med golv och väggar (inget tak), på vilka bilder av en virtuell miljö är projicerade. Användaren har möjlighet att fysiskt röra sig runt i den virtuella miljön, som begränsas av kubens väggar. Härigenom kan man få en känsla av skala och proportioner i förhållande till sin egen kropp. 3D-upplevelsen av en VR-modell i CAVETM uppnås med stereografiska glasögon i kombination med ett styrredskap.

Konceptet har under åren utvecklats, och det finns nu många typer av mer eller mindre omslutande digitala verktyg; exempelvis hel- och halvsfärer, tredelade skärmar etc. Ett exempel på en halvsfär är Jdome [30], utvecklat av det svenska företaget med samma namn. Detta verktyg används sedan tidigare som flygsimulator på museer, men kan nu även bli aktuellt för undervisning på körskolor, då det är billigare än liknande simuleringsutrustning, men ändå ger en realistisk upplevelse. [31]



Bild 10. Jdome.⁶

På Chalmers, Campus Johanneberg, invigdes under hösten 2011 ett laboratorium för virtuell utveckling, där besökare kan få tillgång till databaser och de senaste programvarorna för produktionsteknik. Syftet med laboratoriet är att främja samarbetet mellan forskare med

⁵ *Virtual Reality (VR)* har ingen absolut definition, men avser här datagenererade 3D-miljöer där användaren kan känna sig närvarande och interagera med miljön, dvs röra sig i den och ev flytta föremål etc.

⁶ Bilden hämtad från JDome, <http://jdome.com/>, (2012-01-25)

företag. Intresserade företag är bla Volvo Personvagnar, där man arbetar allt mer med simuleringar i utvecklingsprocessen. Styrkeområdet Produktion står som värd för laboratoriet, och utrustningen i laboratoriet kommer att uppdateras löpande med forskningsresultat från området. Tillgänglig hårdvaruteknik möjliggör bl a stereoskopisk visning, där man kan låna 3D-glasögon.[32]

I Göteborg invigdes under hösten 2011 Lindholmen Visual Arena, en öppen mötesplats som erbjuder akademi, näringsliv och offentlig sektor gemensam infrastruktur för visualiseringsteknik. På arenan kommer det att finnas olika typer av kvalificerad visualiseringsutrustning, så som 3D-teknik, avancerad displayteknik, sensorteknik, lab, studio och showroom. Det kommer här att ges möjlighet att genom 3D-upplevelser kunna se hur stora planerade samhällsprojekt som exempelvis Västlänken och Centrala Älvstaden kan komma att se ut i verkligheten. Genom att samutnyttja dyr och komplex utrustning, kan arenan bli en stark resurs för att behålla kompetens i närområdet samt att attrahera utländska aktörer, både för företag, som neutral forskningsplattform. [33]

3.2.2. Körsimulatorer

Körsimulatorer kan användas till allt från att övningsköra en bil till forskning om hur olika förhållanden, exempelvis ny teknologi, ljud och vibrationer, påverkar en bilförare och körningen. Med körsimulatorer kan nya system redan i en tidig fas provas ut och vidareutvecklas. På Väg och Transportforskningsinstitutet (VTI) anser man att sådan här sk *virtual prototyping* kan effektivisera utvecklingsfasen och göra den betydligt billigare. VTI har nyligen byggt en simulator vars särskiljande drag består i att den kan skifta mellan personbil och lastbil samt att den har ett mycket brett (över 180 grader) synfält. Simulatoren är tänkt att användas för forskningsändamål och fordonsutveckling. Ett tillämpningsområde är att studera förarreaktioner, exempelvis vid utvecklingen av broms- och styrsystem, för att härigenom möjliggöra både säkrare och effektivare fordonskoncept [34, 35] Simulatoren, en sk SIM4, finns på Lindholmen Science Park och invigdes i maj 2011.[28]



Bild 11. Exempel på körsimulator.⁷

⁷ Bilden hämtad från AutoMotto: *15 high-end super-realistic driving simulators*, [http://www.automotto.com/entry/15-high-end-super-realistic-driving-simulators/%20%282012-01-03%29,\(2012-01-03\)](http://www.automotto.com/entry/15-high-end-super-realistic-driving-simulators/%20%282012-01-03%29,(2012-01-03))

Inom Volvokoncernen, som är en av aktörerna bakom simulatoren på Lindholmen, används körsimulatorer främst till transportforskning med fokus på hur förare som utsätts för kritiska situationer reagerar, t ex hur förare och lastbil interagerar. Sådan kunskap bidrar till att lastbilens säkerhetssystem, i än högre grad än idag, kan utformas efter förarens beteende. [35]

Virtual Prototyping and Assessment by Simulation (VIP) är ett svenskt forskningscentrum med fokus på transportrelaterade realtidssimuleringar av fordon och trafik. Centrumet drivs och koordineras av VTI men med ett antal aktörer från den svenska transportsektorn. VIP har som övergripande mål att, med fokus på samspelet mellan människa och teknik, vara en stark nationell resurs för just körsimulatorer. [36]

3.2.3. Järnvägssimulatorer

Områden där järnvägssimulatorer används innefattar bl a utformning av bansträckor för järnväg och spårväg. De används även för att i en realistisk situation se hur en planerad utformning av signaler, tavlor, växlar, stationer och kurvor fungerar, samt för simulering av olika siktförhållanden. VTI har utvecklat en järnvägssimulator där man forskar kring hur man bäst kan utforma olika förarmiljöer för att de ska fungera optimalt under färd, och hur befintliga förarmiljöer ska kunna förbättras. [37]

En nyligen utvecklad simulator från Hitachi gör det möjligt att optimera hela järnvägssystem avseende både transport och energi. Olika järnvägsfordon kan här testas på både elektrifierade och ickeelektrifierade bandelar. Det går även att simulera energimatningssystem. [38]



Bild 12. Trainz Railroad Simulator 2006.⁸

⁸ Bilden hämtad från IGN.com, *IGN: Trainz Railroad Simulator 2006 Pictures (PC)*, <http://pc.ign.com/dor/trainz-railroad-simulator-2006/748794/images/trainz-railroad-simulator-2006-20050912110152421.html> (2012-01-03)

3.2.4. Fartygssimulatorer

Med hjälp av en fartygssimulator kan man simulera alla de operationer som genomförs på fartyg, exempelvis manövrering i områden med begränsat utrymme. En bryggsimulator möjliggör simulering av de situationer som fartygsbefäl behöver känna till. På Lighthouse (institutionen Sjöfart och marin teknik) på Chalmers Lindholmen finns en bryggsimulator, vilken i första hand används för utbildning av sjöbefäl och lotsar. Den består av två fartygsbryggor, med en visuell projektion på 270 resp 200 graders synfält. [39]



Bild 13. Bryggsimulatoren på Lighthouse, Chalmers Lindholmen.⁹

3.2.5. PowerWalls™

PowerWalls är platta, storskaliga visualiseringssystem som används för både 2D och 3D. Kan användas exempelvis till grupppresentationer, samarbetsprojekt och i träningsområden. [40]



Bild 14. Exempel på en PowerWall.¹⁰

⁹ Bilden hämtad från Chalmers Sjöfart och Marinteknik, *Full Mission Bridge Simulator*, uppdaterad 2011-02-28, <http://www.chalmers.se/smt/SV/simulatorcentrum/flera-olika-typer-av/bryggsimulator>, (2012-01-03)

¹⁰ Bilden hämtad från Develop 3D, *Mersive looks to drive down costs of large scale visualization*, publicerad 2010-09-21, <http://develop3d.com/blog/author/2/P21/>, (2012-01-03)

3.2.6. Visualiseringsbord

Visualiseringsbord är interaktiva horisontella displaysystem, tänkta att underlätta samarbete i planeringsfrågor, t ex för kommunikation kring nya stadsutvecklingsprojekt till beslutsfattare och dialog med allmänheten. Tekniken är tänkt att underlätta förståelsen även för någon som inte är insatt i ett projekt, tydliggöra sammanhang och ge ökad samsyn, vilket kan generera snabbare och bättre beslut. [41]

Ett exempel på visualiseringsbord är *The Geographic Information Systems (GIS)/Planning Table*, utvecklat av Minnesota Traffic Observatory (MTO) som forskar kring tekniker och verktyg för att hantera komplexa planeringsfrågor inom transport. Bordet innehåller olika lager med data, så som flygfoton och digital geospatial data, vilket genererar olika typer av information. Användaren kan röra sig, göra inzoomningar och rotera samt interaktivt göra anteckningar på displayen. [42]

Under våren 2012 kommer ett visualiseringsbord att levereras till Göteborgs Stad från Interactive Institute och Visualiseringscenter C i Norrköping. Detta bord kommer att användas i planerandet och kommunicerandet av större stadsutvecklingsprojekt. Verktöget är framtaget för att man, på ett intuitivt sätt, ska kunna arbeta med stora och komplexa digitala stadsmodeller. I bordet kan till exempel rumsliga modeller och skisser infogas i en realistisk 3D-modell av staden.

Göteborgs Stad har för övrigt anslutit sig till projektet Urban Explorer vid Interactive Institute och Visualiseringscenter C, vilket utforskar ny visualiserings- och interaktionsteknik för nästa generations verktyg inom stadsplanering. [41]



Bild 15. Exempel på ett visualiseringsbord.¹¹

¹¹ Bilden hämtad från Interactive Institute, *Interactive Institute och Visualiseringscenter C visualiserar framtidens Göteborg*, publicerad 2012-01-18, <http://www.mynewsdesk.com/se/pressroom/tii/pressrelease/view/interactive-institute-och-visualiseringscenter-c-visualiserar-framtidens-goeteborg-724377>, (2012-01-27)

3.2.7. Augmented Reality

Termen augmented reality (AR) innebär en blandning av virtuell och verklig värld, där virtuella 3D-objekt i realtid (även ibland med ljud) integreras i en verklig miljö, som användaren rör sig i och upplever. [43, 44] Genom att använda den virtuella tekniken, kan dold information synliggöras i den verkliga miljön; både i texter och som objekt. Detta kan handla om såväl befintliga situationer såväl som planerade förändringar av miljön.[44] I huvudsak finns det tre bildskärms-tekniker som används för AR, nämligen rumsliga, handburna och head-mounted. Traditionellt har AR-teknik använts tillsammans med olika typer av desktopapplikationer, men har nu även börjat komma in på mobiltelefonimarknaden, där olika appar exempelvis möjliggör för användaren att skaffa sig information om ett område eller föremål genom att peka mobilen i dess riktning. [45]

På Chalmers Arkitektur har ett samarbete inletts med Arkitektthögskolan i Oslo (AHO) där intresset för AR som utbildnings- och analysverktyg är stort. På AHO Media Modell & AHO Map Application använder man exempelvis en kombination av Augmented Reality- och interaktionsverktyg, där digitala modeller kan placeras i en terrängmodell och visas på skärm. Tillsammans med AR-Lab AS har man även prövat en interaktiv teknik att visa digitala modeller i sitt rumsliga sammanhang på skärm och mobiltelefon. I arbetet med AR på AR-lab AS används bl a en "AR-kikare" till att synliggöra strålning i kärnkraftverk och illustrera tänkta ändringar i en byggd miljö.[46]



Bild 16. Ett exempel på tillämpning av augmented reality i en urban miljö.¹²

3.2.8. GPS-verktyg

GPS (Global Positioning System) är ett satellitnavigationsystem, utvecklat av USA:s försvar för bl.a. robotnavigering, men som nu också har fått utbredd civil användning. Systemet baseras på avståndsmätning, tidsmätning, positionsmätning och referenssystem och används för exempelvis båtar, flygplan, landfordon och människor för att noggrant kunna bestämma deras positioner. [47]

¹² Bilden hämtad från Cream Blog, *A glimpse into the future of augmented reality*, publicerad augusti 2010, http://blog.creamglobal.com/right_brain_left_brain/2010/08/index.html (2012-01-12)

3.2.9. 3D-scanners

3D-scanning används i många olika sammanhang för att konstruera digitala 3D-modeller av föremål och hela miljöer. Med hjälp av en 3D-scanner kan man samla in och analysera data om form och utseende på verkliga föremål eller miljöer, vilket utgör underlaget för dessa modeller. 3D-scanning är en teknik under utveckling. Begränsningarna ligger bl a i att olika egenskaper (som exempelvis reflektion, transparens eller glansighet) hos föremål kan vara svåra att digitalisera.

I processen att få fram underlagsdata, skapas ett moln av punkter med geometriska ytprov av området som ska scannas. Dessa punkter används sedan för att rekonstruera formen på området eller föremålet. Även färg på ytorna går att bestämma genom detta. I de flesta fall behövs många scannningar från flera olika håll för att uppnå ett tillräckligt informationsunderlag.[48]

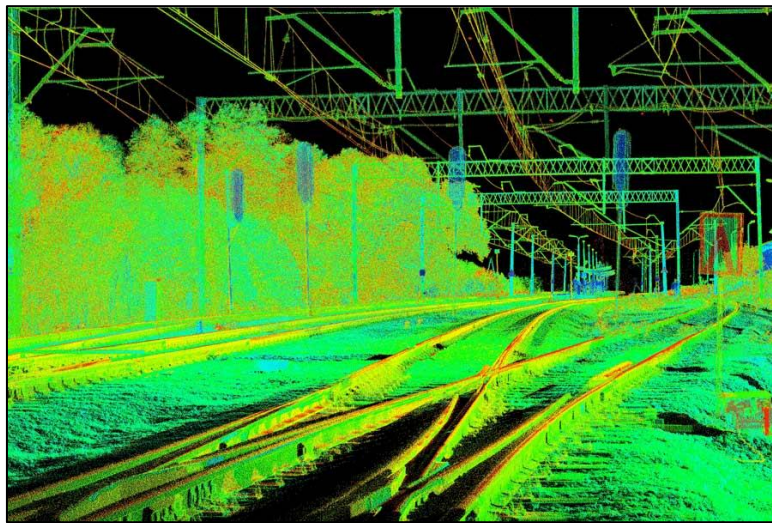


Bild 17. Punktmolnsbild tagen med hjälp av en laserscanner.¹³

3.3. Simuleringstekniker för visualisering

Inom transportområdet finns olika typer av visualiserings- och simuleringstekniker avseende 3D-visualisering. Nedan följer några exempel på vad som används.

3.3.2. Analytiska modeller och simuleringsmodeller

Utifrån beräkningsmetod brukar trafikmodeller vanligtvis delas upp i antingen *analytisk beräkningsmetod* eller *simulering*. Till skillnad från simuleringsmodellerna saknar de flesta av de analytiska modellerna slumpparametrar och är därför *deterministiska*. Många av de analytiska modellerna bygger på enskilda fordon och deras beteende, och benämns därför som mikromodeller. Det finns också analytiska modeller som benämns som makromodeller, vilka används för korsningar. Då det handlar om mer detaljerade studier, eller mer avancerade korsningsutformningar, är de ofta inte tillräckliga, och här lämpar sig därför simuleringsmodeller bäst. [49]

¹³ Bilden hämtad från 3deling, *Terrestrial laser scanning of a train station*, publicerad 2010-07-12, <http://www.3deling.com/terrestrial-laser-scanning-of-a-train-station/>, (2012-01-11)

Exempel på verktyg: CapCal [50], BPS-paketet (AMPEL, KNOBEL, KREISEL) [51], DanKap [52], HCS (Highway Capacity Software) [53], HiCAP (Highway Capacity Analysis Package) [54], LISA+ [55], SIDRA Intersection [56], Synchro Studio [57], TRAFFIX [58] och TRL-paketet (ARCADY, OSCADY, PICADY) [59].

3.3.3. Händelsestyrd simulering

Händelsestyrd simulering (simulering med modeller av händelsetyp) används för att studera tidsprocesser, och här är man särskilt intresserad av de händelser som inträffar när processer interagerar med varandra. Händelsestyrda simuleringar är lämpliga för vissa problemtyper (system) och fokuserar på individer, väsen och objekt istället för flöden. Används t ex till trafik-, service-, produktionssystem. De beskrivs ofta m h a flödesscheman, men består av bara händelser. [60]

3.3.4. Flödessimuleringar

Flödessimuleringar används för att hitta problem i befintliga och planerade trafikmiljöer och industrianläggningar. Simuleringarna gör det möjligt att bl a hitta flaskhalsar i projekteringen/produktionen. Det som simuleras kan vara kritiska punkter som exempelvis trafik Korsningar. Det finns även flödessimuleringar med fotgängarperspektiv. Det finns tre nivåer av analysverktyg för flödessimulering: Mikro-, Meso- och Makrosimulering. [61, 62]

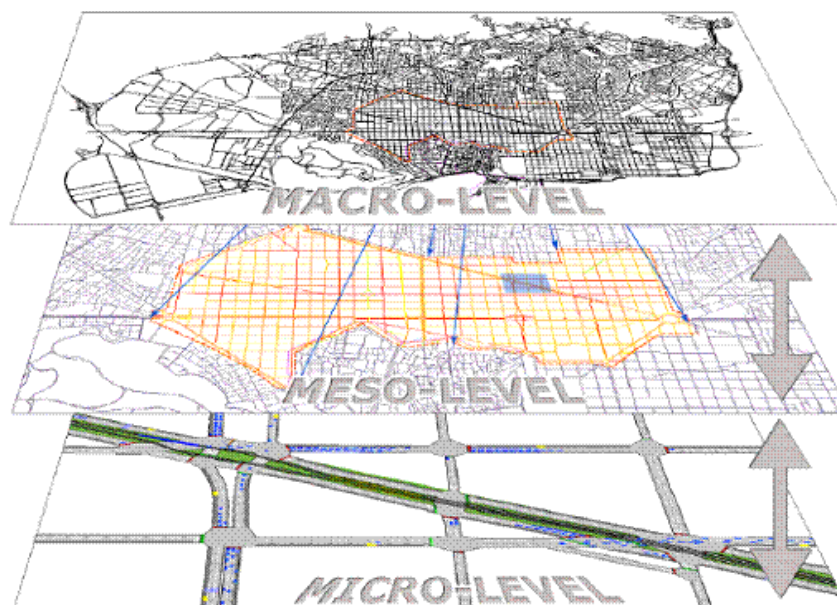


Bild 18. Mikro-, Meso- och Makrosimulering.¹⁴

3.3.5. Mikrosimulering

Mikrosimulering syftar till att modellera trafikprocesser i ett trafiksystem på individnivå, där varje trafikant och fordon modelleras och antas ett specifikt beteende. Programmen som används är: AIMSUN [63], CUBE [64], VISSIM [65], PARAMICS [66] och TRANSMODELLER [67], varav VISSIM och PARAMICS är de vanligast förekommande i Sverige.

¹⁴ Bilden hämtad från TTMGroup, Aimsun – The Integrated Transport Modelling Software, <http://www.ttmgroup.com.au/aimsun.php>, (2012-01-12)

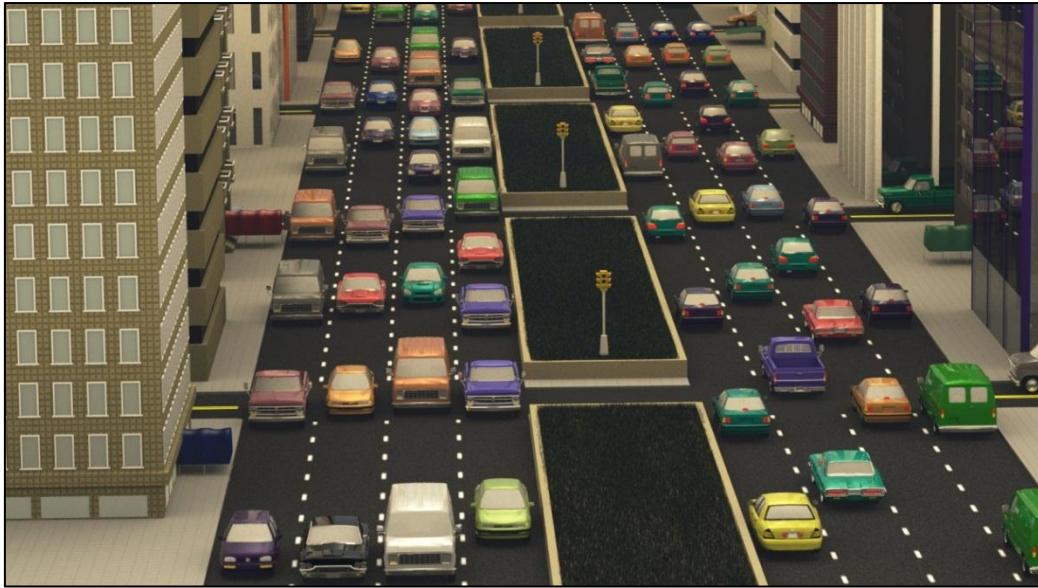


Bild 19. Exempel på mikrosimulering.¹⁵

3.3.6. Mesosimulering

Mesosimulering ligger i detaljnivå mellan mikro- och makrosimulering, vilket gör dessa modeller till en kombination av detalj och översikt. Programmen som används är: CONTRAM [68], Dynameq®[69], VISUM [70], Cube/Avenue [71] och Mezzo [72].

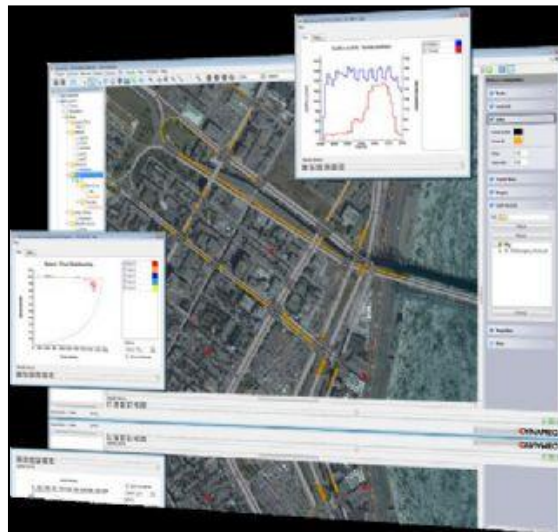


Bild 20. Exempel på mesosimulering.¹⁶

3.3.7. Makrosimulering

Makrosimulering (Nätverksmodeller) används när trafik studeras utifrån ett systemperspektiv. Noder och länkar sammanfogas i en representation av ett större nätverk. I detta nätverk hittas en jämviktslösning där alla de som har behov av att resa mellan punkter i nätverket (OD-matris) allokeras till rutten. Programmen som används är: Emme® [73], VISUM [70], SAMPERS [74], NÄTRA [74].

¹⁵ Bilden hämtad från Sewall, J., Wilkie, D., Lin, M.C., *Interactive Hybrid Simulation of Large-Scale Traffic*, to appear in SIGGRAPH Asia 2011 (2011), http://gamma.cs.unc.edu/HYBRID_TRAFFIC/, (2012-01-12)

¹⁶ Bilden hämtad från Trafikanalysforum, <http://www.trafikanalysforum.se/>, (2011-09-30)

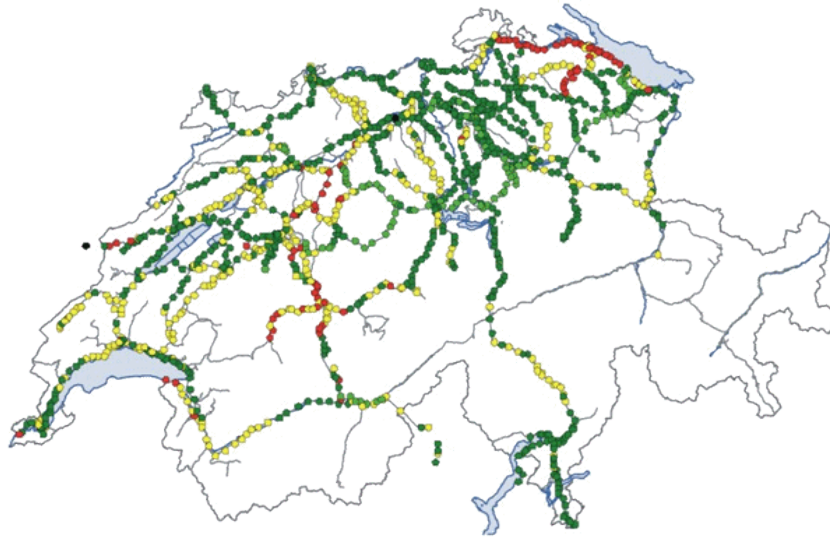


Bild 21. Exempel på makrosimulering.¹⁷

3.3.8. Fotgängarsimuleringar

Fotgängarsimuleringar (simulering av fotgängarflöden) visar gaturummet och andra fysiska miljöer ur den gåendes perspektiv, med mätdata inlagt. De används för att studera flöden vid offentliga platser av olika karaktär, t ex stationsområden, torg och gaturum. De används även till utvärdering och för att jämföra olika trafiksituationer med stora fotgängarflöden. Med fotgängarsimuleringar kan man utvärdera utformningsalternativ för stationsbyggnader, flygplatser och resecentrum, göra utrymningsstudier för besöksintensiva verksamheter t ex arenor, stationsbyggnader, köpcentrum samt studera tillgänglighet. Exempel på verktyg som används är AnyLogic [75] och VISSIM [65]. [76]



Bild 22. Exempel på fotgängarsimulering.¹⁸

¹⁷ Bilden hämtad från VIA Consulting & Development GmbH, *Makrosimulation von SBB-Jahresfahrplänen* (2007), <http://www.via-con.de/makrosimulation-von-sbb-jahresfahrplänen/621>, (2012-01-12)

¹⁸ Bilden hämtad från FORUM 8 Engineering 3D environments, *Pedestrian simulation*, http://www.forum8.com/pedestrian_simulation.htm, (2012-01-11)

3.3.9. Ruttberäkningssimulering

Syftet med ruttberäkningssystem är att beräkna avståndet, dvs vilken väg som är kortast eller går fortast att ta sig fram på, mellan angivna start- och slutpunkter. Systemet är kopplat till en geografisk databas med topologi, vilken innehåller uppgifter som behövs för att generera ett korrekt resultat, exempelvis information om hastighet, svängrestriktioner, enkelriktning mm. Metoden stammar från GIS-programvaror, och används idag bl a för reseplanering via internet, exempelvis i program som Google maps och Navteq map 24. Resejämföraren är ett exempel på ruttberäkningsverktyg som jämför parallella rutter, i form av olika trafikslag med olika restriktioner. [77] Ett annat exempel på ruttberäkningsverktyg är RouteSmart [78], som är inriktat och designat för tidnings-, post-, sophanterings- och parkeringsvaktsbranscherna.

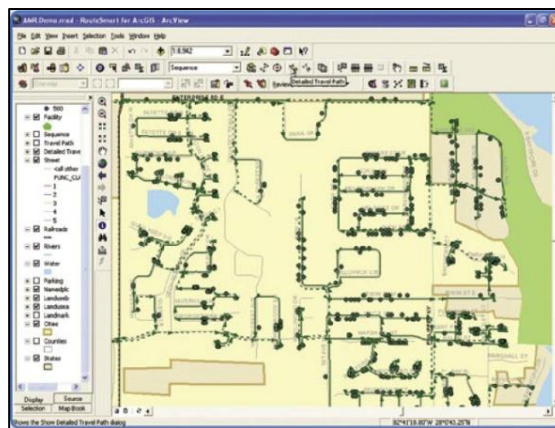


Bild 23. Ruttberäkningsverktyget RouteSmart.¹⁹

3.3.10. Ergonomisimulering

Ergonomisimulering är en beteckning för den del av en virtuell ergonomianalys som görs med hjälp av 3D-modeller och manikiner, vilket är benämningen på de datormodeller av människan som används inom ergonomisimulering [79]. Inom fordonsindustrin är de fyra vanligast förekommande manikinmodellerna JACK, RAMSIS, V5-Human och Safework. Manikiner används vid studerandet av olika relaterade aspekter av ergonomi, främst områdena åtkomst, sikt, arbetsställning samt dynamik och rörelse. [80]

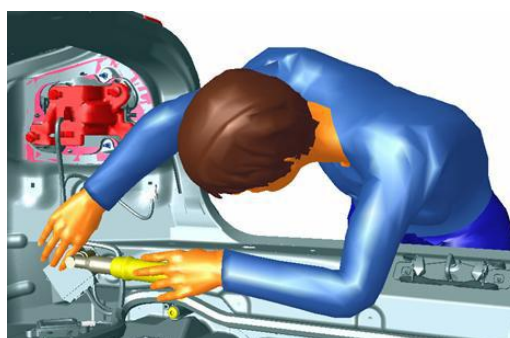


Bild 24. Ergonomisimulering med manikin.²⁰

¹⁹ Bilden hämtad från RouteSmart Technologies, *RouteSmart*, <http://www.routing-international.com/routesmart.html>, (2012-01-11)

²⁰ Bilden hämtad från Chalmers tekniska högskola, ViPP-Guiden, *Ergonomisimulering*, www.vipp.nu/vipp-guiden/6_Vad__r_simulering/Ergonomisimulering.htm, (2012-01-11)

3.3.11. Interna program hos konsulter

Större konsultbolag använder ibland egentillverkad programvara och egna VR-applikationer. Dag Wästberg, programmerare på WSP Visualisering & VR, [81] anser att den stora fördelen med att använda egen programvara är att det ger den flexibilitet som behövs för att kunna anpassa sig till varje enskilt projekt. Till viss del beror användandet av egna program också på att det ibland inte finns färdiga lösningar att tillgå. Nackdelarna, menar Wästberg, hänger ihop med att WSP inte har de resurser att lägga på programutveckling som renodlade mjukvaruföretag har, i och med att det inte är företagets huvudområde. Detta innebär att de egna programmen ibland saknar alla de funktioner och den polish som kommersiella program har. För att komma runt detta problem använder man till största möjliga grad open source och öppna standarder för att kunna dra nytta av existerande arbete.

Den VR-programvara som WSP har utvecklat bygger på Open Source, och utvecklades från början på Chalmers MediaLab.

3.4. Utmaningar inom transportvisualisering

Williams [82] identifierar utmaningarna för praktiker vid implementering av visualiseringstekniker. Dessa utmaningar handlar bl a om att:

- skapa lämpliga arbetstitlar för visualiserare och bestämma var i organisationen visualiseringsaktiviteter ska förläggas
- bestämma hur man bäst ska kunna sprida data när organisationen omfattar mycket data
- säkerställa att slutanvändaren förstår hur den skapade visualiseringen ska användas och/eller appliceras
- utvärdera visualiseringsverktygens effektivitet
- få nödvändig kunskap för att kunna utveckla visualiseringarna, speciellt med hänseende till de begränsade möjligheterna till in-house träning
- försäkra att visualiseringen engagerar allmänheten i planeringsprocesser
- förbättra system för att bestämma vilka projekt som behöver visualisering
- skapa standardförfaranden för utveckling och implementering av visualiseringsverktyg [82]

Hughes [83] betonar vikten av att öka forskningsfokus i transportvisualiseringsforskning på informationsvärdet i visualiseringarna och inte på tekniken. Han menar att det allra viktigaste kanske är att fokusera mer på den mänskliga- och miljökontexten i vilket ett projekt utvecklas, vilken måste vara lyhörd för aktörernas behov och som måste fram även i visualiseringen. Detta kan t ex handla om hur man visualiserar aspekter som exempelvis effekter av ljud, ekonomiska förändringar, anslutbarhet, stadsutglesning etc. Han listar även upp andra behov för utvecklingen av forskning inom transportvisualisering. Det behövs, menar Hughes, bl a ledning för praktiker, data angående kostnader och effektivitet, data på olika applikationers arbetsintensitet, mått på effektivitet. [83]

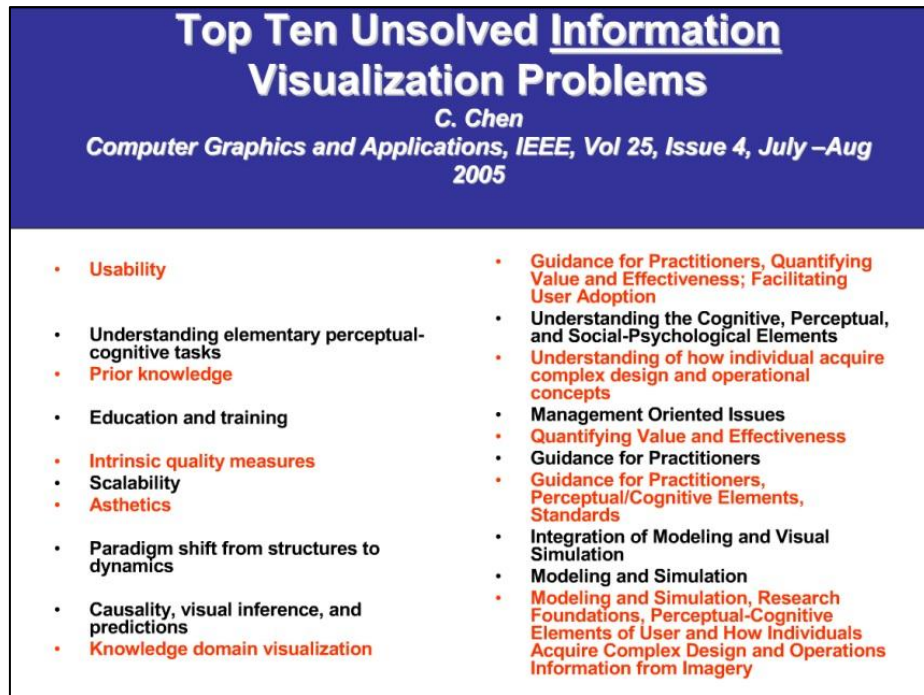


Bild 25. Tio i topp olösta informationsvisualiseringsproblem.²¹

När det kommer till allmänhetens engagemang i planeringsfrågor visar Cheu et al [84] på allmänhetens preferenser när det handlar om visualiseringstekniker i beslutsprocessen inom transportplanering. Med utgångspunkt i två projekt utvecklade man visualiseringsmodeller i 2D, 3D och 4D, vilka visades och utvärderades dels på offentliga möten och dels på internet. Majoriteten av deltagarna i studien rankade de olika visualiseringsteknikerna i stigande ordning, utifrån deras förmåga att förmedla informationen i de föreslagna projektkoncepten. Mer än 71 % av de tillfrågade ansåg att transportplaneringsfirmor borde ägna mer tid och budget åt att utveckla avancerade visualiseringsmodeller för att uppmuntra allmänhetens deltagande i planeringsprocessen. Mer än 75 % indikerade dessutom att de gärna skulle delta och uppmuntra andra att delta i beslutprocessen om det användes bättre visualiseringsverktyg. [84]

3.5. Behov och önskemål hos aktörer inom transportområdet

Genom egna intervjuer och studier av tidningsmaterial har olika behov och önskemål angående visualiseringsverktyg hos lokala aktörer inom transportsektorn kartlagts.

Susanne van Raalte, 3D/BIM koordinatör på Reinertsen Sverige AB, hänvisar till den norska standarden där det numera är obligatoriskt med 3D/BIM-modeller genom hela projekteringsprocessen, från allra första början. Hon anser att man har mycket att vinna på att redan från början digitalisera ett projekt och göra all data tillgänglig för samtliga av de olika aktörerna kopplade till projektet. Att ha all information kopplad till en och samma 3D-modell skulle bli en förbättring förståelse och kommunikation mellan olika

²¹ Bilden hämtad från R.G. Hughes presentation på TRB Visualization in Transportation Symposium and Workshop 2006. Presentationens titel: "Research Agenda of the TRB Visualization Committee". http://www.teachamerica.com/VIZ/23d_Hughes/index.htm, (2012-01-12)

aktörer, och på ett tidigt stadium lättare skulle kunna ringa in de problem som uppstår under projektering. [85]

På Tyréns, konsultföretag inom samhällsbyggnad och trafikplanering, upplever man att det finns brister både i simuleringsverktyg och standarder [86]. Anna-Lena Lindström Olsson på Tyréns i Stockholm menar att dagens trafikplanerare i Sverige saknar en gemensam standard för olika typer av analyser. VISSIM, ett av de mest använda simuleringsverktygen inom svensk trafikplanering, saknar precisa värden för olika trafiksituationer. Simuleringarna behöver därför utvecklas med mer enhetliga resultat. Bland annat behövs mer kunskap kring modellering av gående och cyklister i cirkulationsplatser och framfartskapacitet. Lindström Olsson menar att mer enhetlig kodning i programvaran behövs, samt införandet av värden på olika parametrar. Detta kan t ex handla om trafikbeteende under olika säsonger, eller i olika urbana sammanhang. För att kunna kalibrera värdena i programvaran till mer verklighetsbaserade behövs mätningar gjorda på plats. Problemet här är främst kostnaderna. Lindström Olsson, som bl a är med i ett projekt om simulering av kapacitetsberäkning av trafik, efterfrågar även att kunna laborera mer i realtid, att kunna visa hur olika scenarior kan bli, samt att laborera kring konsekvenser. I fotgängarsimuleringar är även trygghetsaspekten viktig att visa. Det är svårare att mäta trygghet, men den är en viktig del i tanken om den goda staden. [86, 87]

I en projektansökan med Tyréns och Chalmers [88] identifieras följande behov inom området fotgängarsimuleringar:

- Att utveckla fotgängarsimuleringar och integrera dessa med andra trafikslag i stadsmiljön, utifrån teorier kring space syntax och kring fotgängarbeteendet.
- Att utveckla simulering av cykeltrafik integrerat med gång, bil och kollektivtrafik.
- Att integrera trafiksimulering med luft- och ljudkvalitet, för att utveckla möjligheten att visualisera och auralisera dessa parametrar.
- Att integrera metoder för utvärdering.
- Att utvärdera simuleringsverktyg för samråd och beslut i skarpa situationer.

Intresset för luft och ljudsimuleringar finns även i andra sammanhang. IVL undersöker tillsammans med forskare på Chalmers Arkitektur för närvarande möjligheterna att i en 3D-modell simulera luftkvaliteten på några kritiska punkter i centrala Göteborg. Utmaningen handlar om hur man kan tydliggöra en relativt osynlig, föränderlig effekt på ett visuellt pedagogiskt sätt.

Anders Hagson, forskare på Chalmers Arkitektur med inriktning på stadens struktur och transporter [89], menar att mängden information i en visualisering är avgörande i presentationsammanhang, då lekmän som t ex politiker behöver all kunskap som går att visa om ett projekt. Hagson menar att i dessa sammanhang är fotorealism svåröverträffbart. I utvecklingsarbete anser han dock andra tekniker kunna vara intressanta.

Beata Stahre, forskare på Chalmers Arkitektur och Susanne van Raalte, då anställd på Vianova Systems, genomförde 2008 en studie [90] angående betydelsen av olika estetiska uttryck i texturerandet av en urban planeringsmodell i VR. Modellen utvärderades av både arkitekter och planerare inom infrastruktur, och resultaten stöder Hagsons åsikt om att hög detaljeringsgrad i modellerna främjar förståelsen av ett projekt. Resultaten från studien påvisade även önskemål och behov om andra uttryck i modellerna än ren fotorealism, framför allt för under de konceptuella stadierna av designprocessen. Intressant är även att notera att studiens deltagare, särskilt arkitekterna, generellt ansåg estetiska värden i en visualisering vara av större betydelse än själva detaljeringsgraden.

På logistiksidan identifieras också en del behov och önskemål angående visualiseringsverktyg. Per Medbo, Logistik & Transport, Chalmers, arbetar med godsflöden i fabriksmiljöer och tycker att visualisering är ett viktigt stöd i arbetssättet [91]. Han vill gärna ha in visualiseringsmöjligheter så tidigt som möjligt i processen, men pekar på att programmen/ användningen idag ej optimal för visualisering genom hela projektprocessen. Kopplingen huvudet – handen (pennan) är svår att översätta till datorn och det är svårt att använda dagen visualiseringsverktyg som skissverktyg. Inom logistikområdet är man intresserad av hur flöden fungerar, ej hur de ser ut. Man arbetar här med sk diskret händelsestyrd simulering, som visar ett förändrat tillstånd genom en händelse och används till att analysera en situation (dimensionering, verifikation, efterfrågan etc). Det finns ca 50 programvaror som används inom området, exempelvis SIMUL 8 och QUEST, det senare innefattar mer visualisering. MindJet är en annan typ av program, i vilket man kan visualisera tankar, som används både för presentation och utveckling. Det är enligt Medbo ovanligt att företag själva designar egna program/applikationer inom logistikområdet - utbudet på marknaden är tillräckligt brett. Programvarorna är alla likartade men vinklade mot olika behov. Problemen med transportvisualisering inom logistikområdet, enligt Medbo, liknar dem som förekommer inom rumslig visualisering. Det handlar exempelvis om hur man kan visualisera information för olika målgrupper (som har olika kunskap, bakgrund och förståelse), samt hur man kan visualisera olika detaljeringsgrad och detaljeringsnivåer. Det är lätt att visualisering, genom sin trovärdighet kan ge missvisande information och en utmaning handlar alltså om hur man visualiserar på konceptstadiet, innan man har alla resultat/fakta.

Även inom ergonomiområdet, som är kopplat till logistik, vill man kunna göra simuleringar tidigt i processen, på konceptstadiet, för att kunna koppla ihop/integrera ergonomiaspekten med helhetsbilden så tidigt som möjligt. I dagens läge kommer ergonomiaspekten in först på slutet av projektprocessen, vilket skapar problem och obalans. En del av förklaringen till varför det är på detta sätt är att det är svårt att integrera de olika simuleringsverktygen som krävs. [91]

Christina Wolf, IVL Svenska Miljöinstitutet [92], arbetar med transporter, logistik, miljö och hållbarhet. Hon är bl a involverad i Mistra Urban Futures, och analyserar bl a hållbar affärsutveckling i städer. I sina projekt använder hon Sensitivitetsmodellen Professor Vester[®], som används för systemanalys och har som syfte att reducera datamängder och kunna visa dem grafiskt. Visualiseringar används här i utvecklingssyfte, ej som presentationsunderlag. Genom att definiera olika parametrar skapar man i programmet ett gemensamt kommunikationsunderlag. Wolf menar att bilder skapar förståelse för hur själva modellen ser ut, och pekar på att just denna förståelse är viktig i transport-/logistikbranschen där kommunikationen mellan olika aktörer över lag är ett stort problem. Man kan "överleva" med lite kommunikation, kunderna är ofta inte intresserade av mer än att snabbt få svar på sina frågor. Wolf anser att IT-stöd som t ex "tracking and tracing" och ITS tar bort en del av direktkommunikationen istället för att underlätta den.

Enligt Per Olof Arnäs [93], logistikforskare på Chalmers, måste transportindustrin digitaliseras och integreras för att utvecklingen ska kunna drivas framåt i större steg, och att denna pågående utvecklingsprocess kan delas upp i olika domäner: **Uppkopplade fordon – Fordonet utrustas med en kommunikationsplattform/datainsamlingsnod. Uppkopplat gods – Försändelser identifieras för att kunna kopplas till en databas med ytterligare data, för t ex effektivare hantering. Uppkopplade affärsprocesser – Systemet ska sköta arbetet istället för att, som tidigare, varje uppdrag hanteras individuellt. Uppkopplad infrastruktur – Fordon**

börjar kommunicera med infrastrukturen. Problematiken kretsar, enligt Arnäs, kring att domänerna kontrolleras av många inblandade intressenter istället för av en enskild aktör. Han menar att på att förutsättningen för digitalisering därför ligger i användningen av gemensamma, standardiserade gränssnitt för kommunikation mellan system och domäner. [93]

På Chalmers Sjöfart har man satsningar som Lighthouse och maskinrumssimuleringar, men ser flera andra behov av visualisering, som kräver annan typ av utrustning och olika typer av samarbete. Några konkreta projekt som man vill utveckla är, enligt Mikael Hägg och Thomas Porathe på Fartygs arbetsmiljö och säkerhet [1], att utveckling av 3D-sjökort och Spel för scenarion för krishantering. För kurser i astronomisk visualisering vore det bra för Sjöfart med en omslutande projektionsteknik, så att man kan titta uppåt mot himlen. Man vill också ha möjlighet att ta sig fram i en visualiserad fartygsmiljö för att träna (t ex krissituationer), och även använda denna typ av visualisering för att studera optimala lösningar för maskinrum och brygga.

4. DISKUSSION OCH SLUTSATS

Visualisering inom transport är ett område under snabb utveckling. Nya tekniker som exempelvis Augmented Reality och BIM utvecklas för effektivare visualisering. Visualiseringsbehov både inom transport och samhällsplanering ökar, liksom implementering av visualiseringsmetoder inom utbildning och forskning. Digital visualisering som ny teknik och nytt hjälpmedel innebär nya förhållningssätt. I takt med teknikutvecklingen ställs även högre och högre krav på visualiseringen, både som hjälpmedel i utvecklingsarbete och som presentationsform. Istället för att fråga sig vilken roll visualisering har i olika områden, kan man nu definiera frågan till hur visualisering kan hjälpa till att hantera utmaningar inom området och hitta nya sätt att lösa problem som uppstår. Genom visualisering kan vi lära oss att se problemen tydligare och hitta strategier för att få fram mer passande resultat.

Visualisering ställer krav på användaren. Problemen kretsar t ex kring att hitta lämpliga verktyg för det som avses, och att lära sig att använda dem. Kostnader i sammanhanget är också en stor fråga. Utvecklingen, den ökade användningen av transportvisualisering, liksom visualisering inom andra områden, gör att man måste börja tänka över både metoder och inställningar. Enligt Pack [19] är utmaningarna för transportvisualisering inte unika. Vid användandet av visualisering som ett kommunikationsredskap måste man ta hänsyn till olika faktorer och veta när och var en viss typ av visualisering är lämpligast. Ibland kan t ex den enkla bilden vara effektivast i sin kommunikation, och 3D-visualiseringar är inte alltid det bästa sättet att visualisera en situation. Utmaningen här består i att veta när de är lämpliga/olämpliga, samt hur man optimerar dem avseende exempelvis hastighet och flexibilitet. Med många dimensioner och fotorealism följer en tolkningsproblematik som innebär att betraktaren t ex kan lägga andra värderingar i visualiseringen än den var tänkt att visa. Misstolkning av data och koncept och olika trender i visualisering och analyser är faktorer att ta hänsyn till. Större mångfald och personlighet efterfrågas i branschens bildspråk av exempelvis arkitekter [90]. Andra stora utmaningar består i visualiseringen av massiv data, samt hur man visualiserar geospatial data som hela tiden förändras. [19]

Man kan även fundera över problematiken kring svårigheten att som användare ha en vision om ännu ej existerande teknik. Man har svårt att föreställa sig vad man vill ha förrän det faktiskt finns ute på marknaden.

För att utveckla och driva området transportvisualisering framåt behöver man höja blicken. Området visualisering är tvärvetenskapligt och utvecklingen sker på många håll och i olika sammanhang och syfte. Det behövs ett nära samarbete mellan akademien och industrin, dvs forskare behöver sammanföras med "doers" och forskningen bedrivs transdisciplinärt. Det handlar mycket om nyttiggörande. Det behövs någon som äger problemet (t ex regionen eller staden), det behövs de praktiska konsulterna (för att skapa flödessimuleringar etc) och det behövs forskarna som kan se ett steg längre. Från forskarhåll är ett tvärvetenskapligt samarbete viktigt: transport- och logistikforskarna behöver samarbeta med forskarna som har visualiseringsverktygen i fokus. Behovet av en transdisciplinär approach till forskning inom transportvisualiseringsområdet finns antytt i projekt som exempelvis GoSMART [94], det nationella centrumet CLOSER, styrkeområdet transport och styrkeområdet samhällsbyggnad. Exempel på forskningsnära praktik bedrivs redan exempelvis på WSP i projekt som Förbifart Stockholm och på Tyréns i deras ambition att utveckla luft- och bullersimuleringar.

Samverkan för att lösa de stora utvecklingsprojekten handlar mer om hur vi gemensamt ska attackera de olika övergripande utmaningarna, än om de enskilda forskarnas problemställningar. Forskningsfrågorna bör beröra hur effektiva verktygen är, användarvänlighet, hur väl man kan samarbeta med hjälp av dem och dess möjligheter för utvärdering, etc.

Helhetssynen på den urbana stadsutvecklingen kräver en annan typ av tvärvetenskapligt inriktad transportforskning.

REFERENSER

1. Billger, M. (2010), Visualisering: Forskning – Utveckling, Intern rapport om behov av visualiseringsutrustning, skriven till vicerektor.
2. Nationalencyklopedin (2011), *Visualisering*, <http://www.ne.se/> (2011-12-30)
3. *Visualization in Transportation - A Guide for Transportation Agencies*. Sammanställd av AASHTO Task Force on Environmental Design (AASHTO - American Association of State Highway and Transportation Officials). Reviderad juli 2003.
4. Gershon, N., Eick, S. G., Card S. (1998). Information Visualization. *Interactions*, Volume 5, March/April, 9-15
5. Wikipedia (2011), *Geovisualization*, <http://en.wikipedia.org/wiki/Geovisualization> (2012-01-11)
6. *Informations- och Geovisualisering*, Visualiseringscenter C, <http://www.visualiseringscenter.se/informations-och-geovisualisering/sv/index-1.1985.1.php> (2012-01-11)
7. Geodata – Sverige bit för bit, <http://www.geodata.se/sv/Varfor/Nyttor-och-kostnader/En-bild-sager-mer-ar-tusen-ord-det-galler-aven-kartor/> (2012-01-11)
8. Nationalencyklopedin (2011), *Simulering*, <http://www.ne.se/> (2012-01-02)
9. *6th International Symposium on Visualization in Transportation*, Chicago, Illinois, 20-23 augusti, 2011, <http://www.cvent.com/events/6th-international-visualization-in-transportation-symposium/event-summary-0b645c0892d74fe8938db875c37e7c52.aspx>
10. *6th International Symposium on Highway Capacity and Quality of Service (ISHC)*, Stockholm, Sverige, 28 juni –3 juli, 2011, <http://www.congrex.com/ishc/>
11. Topic Discussions: *Virtual Design and Construction (VDC)*, 6th International Symposium on Visualization in Transportation, Chicago, Illinois, 20-23 augusti, 2011, http://www.trbvis.org/SYMPOSIUM-2011/Topic_Discussions/Entries/2011/4/9_VIRTUAL_DESIGN_%26_CONSTRUCTION_%28VDC%29.html (2012-01-02)
12. Wikipedia (2011), *Building Information Modeling (BIM)*, <http://sv.wikipedia.org/> (2011-12-30)
13. Bergmark, J, *Building Information Modeling (BIM)*, <http://www.jtbworld.com/articles/BIM.pdf> (2012-01-02)
14. Topic Discussions: *Security & Emergency response* - http://www.trbvis.org/SYMPOSIUM-2011/Topic_Discussions/Entries/2011/4/7_SECURITY_%26_EMERGENCY_RESPONSE.html (2012-01-02)
15. Topic Discussions: *Safety*, 6th International Symposium on Visualization in Transportation, Chicago, Illinois, 20-23 augusti, 2011, http://www.trbvis.org/SYMPOSIUM-2011/Topic_Discussions/Entries/2011/4/3_SAFETY.html (2012-01-02)
16. Topic Discussions: *Design Visualization*, 6th International Symposium on Visualization in Transportation, Chicago, Illinois, 20-23 augusti, 2011, http://www.trbvis.org/SYMPOSIUM-2011/Topic_Discussions/Entries/2011/4/3_DESIGN_VISUALIZATION_%28DV%29.html (2012-01-02)
17. Topic Discussions: *Planning*, 6th International Symposium on Visualization in Transportation, Chicago, Illinois, 20-23 augusti, 2011, http://www.trbvis.org/SYMPOSIUM-2011/Topic_Discussions/Entries/2011/3/9_PLANNING.html (2012-01-06)
18. Topic Discussions: *Transportation Data*, 6th International Symposium on Visualization in Transportation, Chicago, Illinois, 20-23 augusti, 2011, http://www.trbvis.org/SYMPOSIUM-2011/Topic_Discussions/Entries/2011/3/9_TRANSPORTATION_DATA.html (2012-01-02)
19. Pack, M. L., *Visualization in Transportation: Challenges and Opportunities for Everyone July/August 2010*, Published by the IEEE Computer Society, 2010
20. Topic Discussions: *Freight and Goods Movement*, 6th International Symposium on Visualization in Transportation, Chicago, Illinois, 20-23 augusti, 2011, http://www.trbvis.org/SYMPOSIUM-2011/Topic_Discussions/Entries/2011/3/8_FREIGHT_%26_GOODS_MOVEMENT.html (2012-01-02)
21. Topic Discussions: *Asset Management*, 6th International Symposium on Visualization in Transportation, Chicago, Illinois, 20-23 augusti, 2011, http://www.trbvis.org/SYMPOSIUM-2011/Topic_Discussions/Entries/2011/3/11_ASSET_MANAGEMENT.html (2012-01-02)
22. Topic Discussions: *Operations and Maintenance*, 6th International Symposium on Visualization in Transportation, Chicago, Illinois, 20-23 augusti, 2011, http://www.trbvis.org/SYMPOSIUM-2011/Topic_Discussions/Entries/2011/3/26_OPERATIONS_%26_MAINTENANCE.html (2012-01-02)

23. Grimes, D., Warschauer, M., Hutchinson, T. & Kuester, F. (2006). Civil Engineering Education in a Visualization Environment: Experiences with VizClass. *Journal of Engineering Education*, 95(3).
24. Topic Discussions: *Education & Training*, 6th International Symposium on Visualization in Transportation, Chicago, Illinois, 20-23 augusti, 2011, http://www.trbvis.org/SYMPOSIUM-2011/Topic_Discussions/Entries/2011/3/9_EDUCATION_%26_TRAINING.html (2012-01-06)
25. Human Factors, Transportation Planning Thematic Synthesis Of Transport Research Results - Paper 8 of 10, issued by The Extra Project within the European Community's Transport RTD Programme, EXTRA\Thematic Paper 8\14, augusti 2001
26. Jiru (2011), *Car to roadside communication using IEEE 802. 11p technology*. Industrial Ethernet Book Issue 64/29, <http://www.iebmedia.com/?id=7912&parentid=74&themeid=255&showdetail=true&bb=true&PHPSESSID=a8kac22pbvu870ls13vokn51j4>, (2011-11-17)
27. Wikipedia (2011), *Intelligent Transport System (ITS)*, <http://en.wikipedia.org/> (2011-11-17)
28. Virtual Dictionary, *Immersive Projection technology*, <http://www.virtualworldlets.net/Resources/Dictionary.php?Term=Immersive%20Projection%20technology> (2012-01-25)
29. Cruz-Neira, C., Sandin, D. and DeFanti, T. (1993). Surround-Screen Projection-Based Virtual Reality: The Design and Implementation of the CAVE. In: Proceedings for SIGGRAPH 93: 20th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, Anaheim, California, USA. August 2-6, 1993. pp 135-142.
30. JDome, – Distributör: Jdome, <http://jdome.com/> (2012-01-25)
31. Andersson, A., *Ta körkort med hjälp av Jdome*, Metro, publicerad 2010-09-14, <http://www.metro.se/metro-teknik/ta-korkort-med-hjalp-av-jdome/Objjin!58093/> (2012-01-25)
32. Silow, N., *Våghalsiga idéer välkomnas i nytt laboratorium*, publicerad 2011-09-27, <http://www.chalmers.se/sv/nyheter/Sidor/Vaghalsiga-ideer-valkomnas-i-nytt-laboratorium.aspx> (2012-01-25)
33. *En ny arena för visualisering*, Västsveriges Affärstidning, publicerad 2011-09-20, <http://vastaffar.se/en-ny-arena-for-visualisering/>, (2012-01-26)
34. VINNOVA (2010), *Ny avancerad körsimulator gör prototyputveckling billigare*, <http://www.vinnova.se/sv/Resultat/Tema/Trafiksakerhet/Ny-avancerad-korsimulator-gor-prototyputveckling-billigare/> (2012-01-02)
35. Wass, U (2011), *Sveriges mest avancerade körsimulator till Göteborg*, <http://www.volvoce.com/dealers/sv-se/Swecon/newsmedia/pressreleases/pages/volvo-sveriges-mest-avancerade-korsimulator-goteborg-vti-driving-simulators.aspx> (2012-01-02)
36. VIP - Virtual Prototyping and Assessment by Simulation (2009), *Nordic Road and Transport Research*, nr 1, 2009, p 5.
37. SWEDTRAIN - Föreningen Sveriges Järnvägsindustrier (2009), *Forskning och institutioner*, <http://www.swedtrain.org/forskning-och-institutioner>
38. Abrahamsson, H (2011), *Spar energi i ny järnvägssimulator*, http://www.nyteknik.se/nyheter/fordon_motor/jarnvag/article3271576.ece (2012-01-02)
39. Full mission bridge simulator, Chalmers Sjöfart och Marinteknik, <http://www.chalmers.se/smt/SV/simulatorcentrum/flera-olika-typer-av/bryggsimulator> (2012-01-16)
40. Mechdyne Corporation (2012), *Power Walls™*, <http://www.mechdyne.com/powerwall.aspx> (2012-01-02)
41. Interactive Institute, *Interactive Institute och Visualiseringscenter C visualiserar framtidens Göteborg*, publicerad 2012-01-18, <http://www.mynewsdesk.com/se/pressroom/tii/pressrelease/view/interactive-institute-och-visualiseringscenter-c-visualiserar-framtidens-goeteborg-724377> (2012-01-27)
42. Minnesota Traffic Observatory (MTO) (2011), *Planning Support Systems*, <http://www.mto.umn.edu/Capabilities/PlanningSupport/> (2012-01-02)
43. R. Azuma, *A Survey of Augmented Reality Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, pp. 355–385, August 1997.
44. Nationalencyklopedin (2011), *Augmented Reality*, <http://www.ne.se/> (2012-01-12)
45. Is Augmented Reality Here To Stay? (2011), <http://www.powerhomebiz.com/BizNews/2011/12/is-augmented-reality-here-to-stay.htm> (2012-01-12)
46. Clase, K., *Framtida arkitekturvisualisering*, publicerad 2010-05-20, <http://www.center-of-visualization.org/news/framtidaarkitekturvisualisering20100520.1166.html> (2012-01-26)

47. Svenska Wikipedia, *GPS*, <http://sv.wikipedia.org/wiki/GPS> (2012-01-11)
48. Wikipedia (2012), *3D scanner*, http://en.wikipedia.org/wiki/3D_scanner (2012-01-09)
49. Trafikanalysforum, *Analytiska trafikmodeller*, <http://www.trafikanalysforum.se/analytiska-trafikmodeller> (2011-09-30)
50. CapCal – Distributör: Trivector, <http://www.trivector.se/> (2011-11-16)
51. BPS-paketet (AMPEL, KNOBEL, KREISEL) – Distributör: BPS GmbH, <http://www.bps-verkehr.de/index.html> (2011-11-16)
52. DanKap – Distributör: Vejsektoren.dk, <http://www.vejsektoren.dk/wimpdoc.asp?page=document&objno=652849> (2011-12-30)
53. HCS (Highway Capacity Software) – Distributör: McTrans™, <http://mctrans.ce.ufl.edu/hcs/hcsplus> (2011-11-16)
54. HiCAP (Highway Capacity Analysis Package) – Developed by: Catalina Engineering, Inc., <http://hicap-2000.software.informer.com/> (2011-11-17)
55. LISA+ – Distributör: Schlothauer & Wauer, <http://www.schlothauer.de/en/> (2011-11-16)
56. SIDRA Intersection – Distributör: SIDRA SOLUTIONS, <http://www.sidrasolutions.com> (2011-11-16)
57. Synchro Studio – Distributör: Trafficware®, <http://www.trafficware.com> (2011-11-16)
58. TRAFFIX – Distributör: Dowling Associates, Inc. <http://www.traffixonline.com> (2011-11-16)
59. TRL-paketet (ARCADY, OSCADY, PICADY) – Distributör: TRL Software, <http://www.trlsoftware.co.uk> (2011-11-16)
60. Hellström P. (1999), *Händelsestyrd Simulering*, [SlideFinder] www.slidefinder.net/h/h%C3%A4ndelsestyrd_simulering_inledning/14784997 (2012-01-02)
61. Thoresson A. (2000), *Simulera en hel tillverkningsprocess*, <http://www.nyteknik.se/nyheter/verkstad/verkstadsartiklar/article216530.ece> (2012-01-02)
62. Trafikanalysforum, *Analysverktyg*, <http://www.trafikanalysforum.se/analysverktyg> (2011-09-30)
63. AIMSUN – Distributör: TSS-Transport Simulation Systems, <http://www.aimsun.com/wp/> (2011-11-17)
64. CUBE – Distributör: Citilabs, www.citilabs.com/ (2011-11-17)
65. VISSIM – Distributör: PTV AG, www.ptv-vision.com/ (2011-11-17)
66. PARAMICS – Distributör: Quadstone Paramics, <http://www.paramics-online.com/> (2011-11-17)
67. TRANSMODELLER – Distributör: Caliper Corporation, <http://www.caliper.com/transmodeller/> (2011-11-17)
68. CONTRAM – Distributör: Mott MacDonald, <http://www.contram.com/> (2011-11-17)
69. Dynameq® – Distributör: INRO, www.inro.ca/en/index.php (2011-11-17)
70. VISUM – Distributör: PTV AG, www.ptv-vision.com/ (2011-11-17)
71. Cube/Avenue – Distributör: Citilabs, <http://www.citilabs.com/products/cube/cube-avenue> (2011-11-17)
72. Mezzo – Authors: Wilco Burghout (Mezzo, Editor, BusMezzo), Xiaoliang Ma (Mezzo, Editor), Oded Cats (BusMezzo), http://mezzo_dev.blogspot.com/ (2011-11-17)
73. Emme® – Distributör: INRO, <http://www.inro.ca/en/products/emme/index.php> (2011-11-17)
74. SAMPERS & NÄTRA – Distributör: Trafikverket, <http://www.trafikverket.se/> (2011-12-30)
75. AnyLogic – Distributör: XJ Technologies Company, <http://www.xjtek.com/> (2011-11-17)
76. Trivector, *Gångtrafik*, http://www.trivector.se/trivectorforetagen/trivector_traffic/produkter_tjanster/trafikplanering_och_strategi/gangtrafik/ (2012-01-02)
77. Svenska Wikipedia, *Ruttplanering*, <http://sv.wikipedia.org/wiki/Ruttplanering> (2011-12-30)
78. RouteSmart – Distributör: RouteSmart Technologies Inc., <http://www.routing-international.com/routesmart.html> (2012-01-11)
79. ViPP Guiden – Människan i den virtuella fabriken, *Ergonomisimulering*, www.vipp.nu/vipp-guiden/1_Syfte_och_m_l_med_handboken/Vad__r_ergonomi_och_ergonomisimulering.htm (2012-01-02)
80. ViPP Guiden – Människan i den virtuella fabriken, *Ergonomisimulering*, www.vipp.nu/vipp-guiden/6_Vad__r_simulering/Ergonomisimulering.htm (2012-01-02)
81. Dag Wästberg (programmerare på WSP Group, Visualisering & VR), intervjuad av författaren 4 januari 2012.
82. Williams, B. (2009), Visualization: A Key Tool in Transportation Planning, Tech Transfer Newsletter, hösten 2009, www.techtransfer.berkeley.edu/newsletter/09-4/visualization.php (2012-01-02)

83. Hughes, R.G. (2008), *Toward an Expanded Research Agenda for Visualization in Transportation: Incorporating SAFETEA-LU Directives for 'Planning'*. Institute for Transportation Research and Education, North Carolina State University, Raleigh, NC, 2008.
84. Cheu, R.L., Valdez, M., Kamatham, S., Aldouri, R. (2010), *Public Preferences on the Use of Visualization in the Public Involvement Process in Transportation Planning*, Transportation Research Board Annual Meeting 2011, Paper #11-0018, Washington DC, USA, 23 - 27 januari 2011.
85. Susanne van Raalte, 3D/BIM koordinator på Reinertsen Sverige AB, intervjuad av författaren 19 maj 2011.
86. Lindström Olsson, A-L. Andersson, J. Bättre verktyg för trafikplanerare. Forsknings och utvecklingsprojekt. Tyréns informationsblad.
87. Anna-Lena Lindström Olsson, (civilingenjör på Tyréns Stockholm), intervjuad av författaren 14 april 2011.
88. Billger, M., Stahre, B., Lindström Olsson, A-L., (2011), *Urbana Flöden. Projektansökan till Mistra Urban Futures, 2011.*
89. Anders Hagson, forskare på Chalmers Arkitektur med inriktning på stadens struktur och transporter, intervjuad av författaren 17 november 2011.
90. Stahre, B, van Raalte, S. and Heldal, I., (2008): *Sketching Techniques in Virtual Environments – Evaluation of texturing styles in an urban planning model*. VSMM '08 – Conference on Virtual Systems and Multi Media, Limassol, Cyprus, October 20 – 26, 2008, pp 230-237 Per Medbo (Logistik & Transport, Teknikens Ekonomi och Organisation, Chalmers), intervjuad av författaren 22 mars 2011.
91. Per Medbo (Logistik & Transport, Teknikens Ekonomi och Organisation, Chalmers), intervjuad av författaren 22 mars 2011.
92. Christina Wolf (Project Manager, Transport & Logistics på IVL Swedish Environmental Institute Ltd.), intervjuad av författaren 29 mars 2011.
93. Arnäs, P.O. (2011), *Digitalisering av våra analoga transportsystem*, ITCV-nyhetsbrev nr 68, <http://www.businessregion.se/huvudmeny/affarsomraden/ict/itcvsnhetsbrev/kronika/itcvnyhetsbrev68gastskribentperolofarnaschalmers.4006.html> (2012-01-02)
94. GoSMART – Resenärcentrerad Innovation för hållbara persontransporter i urbana miljöer (2011). Ansökan till Vinnovas Utmaningsdriven innovation. Ansökan har gått vidare till steg B. Koordinator: Closer.