



Further development of SAMPERS and modeling of urban congestion

Andreas Almroth – SWECO

Svante Berglund (projektledare 2014-01-15-) – KTH/WSP

Olivier Canella – WSP

Leonid Engelson (projektledare – 2014-01-15) – KTH/WSP

Gunnar Flötteröd – KTH

Daniel Jonsson – KTH

Ida Kristoffersson – SWECO

Jens West – KTH/SWECO

CTS Working Paper 2014:X

Centre for
Transport Studies

SE-100 44
Stockholm

Sweden

www.cts.kth.se



Läsinstruktioner inför WS 2

Underlaget till WS 2 består av den fullständiga rapporten om än i preliminär form vilket gör att den omfattar även delar av underlaget till WS1. Vi har ändå kommit fram till att det samlade materialet ska ingå i underlaget och att vi förser rapporten med en läsinstruktion. Rapport består av en förberedande del (på engelska) som skrevs inför WS1 och del (på engelska/svenska) där vi testar utvald programvara. Den förberedande delen beskriver en generell syn på SAMPERS när det gäller vidareutveckling och bättre hantering av trängsel. Denna del har en viktig roll i formulering av krav inför valet av program för testerna. Testdelen beskriver förkortat hur valet av program för testerna gick till och hur testerna genomfördes.

Sammanfattningen är omarbetad sedan WS1 och inkluderar de resultat som tillkommit under testerna av programvara. Sammanfattningen är en bra inledning och bör läsas. Kapitel 2 – 5 har förändrats genom att tekniska delar har lagts i separata PM som kommer att utvecklas vidare medan andra delar som är obsoleta har raderats. Kvarvarande delar av kapitel 2-5 är att betrakta som ett referensmaterial inför WS2. I kapitel 6 redovisar vi det beslut som togs av WS1 samt det testprogram som har genomförts. I de efterföljande två kapitlen redovisas resultaten av testerna med de valda programvarorna, Transmodeller respektive VISUM.

Sammanfattningen samt kapitel 6-8 är alltså starkt rekommenderad läsning inför WS2.

Innehållsförteckning

1	Sammanfattning.....	3
2	Introduction.....	6
3	General issues for future sampers	7
4	Modeling of urban transport.....	16
5	VALen inför testerna.....	27
6	Testprogram	32
7	Testerna med transmodeller.....	34
8	Testerna med VISUM DUE.....	67
9	Sammanfattningstabell.....	94

1 SAMMANFATTNING

Syftet med det här projektet är att identifiera en ersättare till EMME i storstadsregioner som gör det möjligt att modellera trängsel i SAMPERS på ett sätt som tar hänsyn till de dynamiska effekterna av köppbyggnad och variation över dagen. Projektet utförs i två steg med workshops som avslutande punkter. Inför den första workshopen sammanställde en arbetsgrupp rapportens kapitel 1-5 som omfattar krav på framtida programvara och en genomgång av tillgängliga program på marknaden och dess egenskaper. Som en del av det första steget i projektet identifierades följande viktiga egenskaper (Avsnitt 3.3):

1. Representation av interaktion mellan länkar och effekter av att köer spiller över på länkar uppströms
2. Jämvikter i ruttvalet som tar hänsyn till förseningar som uppstår av effekterna ovan.
3. Möjligheten att ta ut tidsuppdelade matriser med reseupppoffringen mellan alla områden.

Med den tillgängliga informationen tog därefter WS1 tre beslut:

1. Testerna ska göras med Stockholms län som analysområde. Det innebär att den dynamiska modellen inte ersätter en av de fem regionala modellerna i Sampers utan blir en sidomodell för storstad. När modellen kommer i användning kan modellområdet komma att utökas för att omfatta större delen av SAMM.

2. Testerna ska göras med utbudsmodeller som tar hänsyn till interaktion på korsningar. Trafiksignalerna ska automatgenereras utifrån korsningsutformningar och trafikflöden om det är möjligt

3. Testerna ska göras med två utbudsmodeller. Den första är VISUM där vi kombinerar algoritmerna ICA (som beräknar kapacitet per sväng) och DUE (som analytiskt beräknar dynamisk användarjämvikt med angivna svängkapaciteter). Den andra blir antingen AIMSUN eller Transmodeller, valet mellan dessa görs av projektgruppen.

Vid efterföljande diskussioner inom projektgruppen har Transmodeller valts som den andra utbudsmodellen för testerna. Vidare bestämde styrgruppen att SWECO ansvarar för testerna med VISUM och WSP för testerna med Transmodeller.

Vi utgår ifrån att SAMPERS kommer att användas för samma typer av analyser som idag. En ny modell måste således täcka samma färdmedel och ärenden. Vi föreslår att modellsystemets struktur med separata modeller för regionala resor och långväga resor behålls och att den urbana modellen för resor i trängselutsatta regioner läggs till systemet. Eftersom omestimeringar kommer att bli nödvändiga kan det också vara värt att överväga förändringar i de existerande regionala modellerna¹. I de test som genomförts illustreras

¹ Detta arbete pågår inom CTS/TrV.

problemet med tidsupplade OD-matriser och krav på förfinad hantering av tidpunktsval för avresa. Förr eller senare kommer det att bli nödvändigt att utveckla modellansatser som inkluderar tidpunktsval, vilket även kräver datainsamling och sofistikerade estimeringsmetoder.

Det är klart uttalat i Trafikverkets utvecklingsplan att den nya generationen av SAMPERS ska vara dynamisk, flexibel och ha en modulär arkitektur. Vi bedömer att det kommer att bli svårt att nå en fullt modulär struktur inom en nära framtid, men att det går att göra kopplingen mellan efterfrågemodeller och nätutläggning avsevärt mer åt det modulära hållet (Avsnitt 3 och separat tekniskt PM). Det kommer att bli nödvändigt för att kunna koppla efterfrågemodellerna mot en DTA (Dynamisk Trafik Assignment). De genomförda testerna har gett klarhet på en rad punkter som sammanfattas nedan.

Dynamisk nätutläggning ökar beräkningstiderna jämfört med statiska modeller, de beräkningstider som vi uppnått under försöken innebär dock att vi med ekonomiskt försvarbar hårdvara kan komma ner till körtider under eller i närheten av ett dygn.

En dynamisk modell producerar reskostnaden per tidsintervall. Beroende på längden av den modellerade perioden och på upplösningen i tid kan antalet matriser bli mycket stort vilket kommer att kräva effektiva metoder för utbytet av data. De test som genomförts visar att båda program läser och skriver matriser mycket effektivt och att detta inte är ett problem.

Dynamiska modeller ställer andra krav på nätverken jämfört med statiska modeller. De test som genomfördes visar att med i sammanhanget måttliga insatser för att redigera nätverken gick det att få restider och länkvolymer i rätt storleksordning. Undantag finns som fel tidsprofil av restid och volym på exempelvis Essingeleden. För fullskalig tillämpning av någon av modellerna kommer det dock att krävas insatser vad avser kodning av trafiksignaler och korsningsfördröjning.

Vi kunde också konstatera att integrationen med efterfrågemodellen ger ett modellsystem som ser ut att konvergera mellan utbud och efterfrågan med båda programvaror.

Resultaten för test av nyttan med trängselskatt visar att restider beräknade med både TransModeler och VISUM stämmer bättre överens med restidsmätningar än restider beräknade med EMME trots att endast en grov justering av näten genomförts.

Det finns emellertid problem med båda programvaror som måste nämnas.

TransModeler:

- Det går inte att starta en simulering med TransModeler från en extern programvara vilket gör att iterationskontrollen med efterfrågemodellen måste styras från TransModeler och inte tvärtom vilket varit önskvärt.

- Dynamiska skimmatriser med restiden per avgångsintervall kan i nuläget bara produceras med manuell angivning av kommando i Transmodellens gränssnitt men inte automatiskt. Caliper har dock planen på att vidareutveckla Transmodellens API i detta avseende under 2014, vilket kommer att möjliggöra implementering av konsistenta modeller för valet av tidpunkt för resa.
- Manualen till TransModeler saknar viss viktig teknisk information som är nödvändig vid utveckling. Denna måste därmed inhämtas via företagets support vilket tar tid m.h.t. tidskillnaden Boston - Sverige.

VISUM DUE:

- Det går inte i nuläget att ta fram dynamiska skimmatriser på önskad form för starttidpunkt och det är oklart när den egenskapen tillkommer (se mailkonversation med PTV, Bilaga 2). Det innebär att konsistenta modeller för tidpunktsval inte kan produceras. PTV har för tillfället avbrutit vidareutvecklingen av DUE-algoritmen till förmån för en utveckling av en annan algoritm.
- Kombination av DUE och ICA såsom beslutades i WS1 visade sig senare vara ogenomförbar pga. helt olika antaganden bakom algoritmerna. Detta gör att svängkapaciteterna är statiska (oberoende av konflikterande flöden) och densamma över tid och mellan iterationer. Korsningsfördröjning på grund av inkommande flöden finns emellertid.

Ett antal jämförelser genomfördes och vi nämner några skillnader som noterades. Ett genomgående intryck är att restiderna i Transmodeler reagerar kraftigare på volymförändringar än i Visum DUE.

För flöden över Saltsjö-Mälarsnittet i stämmer Visum DUE bättre med räkningar än Transmodeler. Vid en jämförelse med data från restidskameror visade att Visum i testet genomgående hade bättre beräkning av restider vid friflöde medan Transmodeler hade genomgående bättre restider under trängsel.

Beräkning av nyttan (logsumma) med trängselskatt utfördes med båda programvaror. Skillnaden i logsumma (konsumentöverskott utan hänsyn till återföring av avgift) ligger på ca + 200 000 SEK per dag med Transmodeler och på ca -150 000 SEK per dag med VISUM. Intäkterna per dygn från avgifterna är ca 3,5 miljoner per dag.

Restidskvoten med/utan tullar jämfördes för båda programvaror samt kameror och Sampers. I detta avseende ligger båda programvaror närmare mätvärdena än Sampers. Restiderna i Transmodeler reagerar genomgående kraftigare på trängsel än Sampers och Visum DUE.

Beräkning med en höjning av efterfrågan med 30 % för att simulera situationen 2030 utfördes med Transmodeler. I testet med Visum höjdes efterfrågan med 75 % (se avsnitt 8.8). Båda modeller konvergerade mellan utbud och efterfrågan däremot skiljer det avseende volymer på nätverket både kvantitativt och kvalitativt (se avsnitt 7.9 resp. 8.8).

2 INTRODUCTION

The SAMPERS system has been in use for about 15 years. The system has served a wide range of purposes: e.g. the study of congestion charges, transport infrastructure investments countrywide and effects of policy changes. During the years we have accumulated enough data, experience and knowledge to come to the conclusion that SAMPERS suffers from limitations when applied in urban regions with severe congestion. The transport administration (Trafikverket) highlights the problem in the recent development plan and the conclusion is that a model for static network assignment cannot provide a good representation of congestion in highly congested networks and that use of SAMPERS with different type of models should be investigated. The problem with the current static models is that these models cannot capture vehicle interactions in junctions and capacity constraints at the link level. A consequence of the latter problem is that the model does not represent queues that blocks up stream traffic. According to the development plan of Trafikverket a new version of SAMPERS should be in use by 2017.

The first part of this document was written as a preparation for the process of selecting new software for the supply side in the SAMPERS system. A guiding document for this specification is the development plan from Trafikverket "Trafikverkets utvecklingsplan" (TU)². In TU two main objectives and nine sub objectives are formulated and most of these objectives are of high relevance to this model specification (TU pp.13). The main objectives for the tools used by TRV are:

- Increase the reliability
- Faster and more cost efficient analysis

The relation between the two objectives is from our perspective not entirely uncomplicated. Run-times in the current system is a problem that most likely will be reduced with ongoing work with reprogramming SAMPERS, usage of modern computers and use of improved assignment algorithms. In a future system with dynamic or semi dynamic assignment the run-times will most likely come back as an issue, this is discussed in "Model resolution...".

A new version of SAMPERS should be ready (the formulation in TU is "Huvudsakligen klart") in 2017 (TU p10). This new version of SAMPERS is not the final version, it is rather a starting point of further development outlined in the section "Current and anticipated future modeling opportunities". SAMPERS

²http://www.trafikverket.se/PageFiles/94408/utveckling_av_samhallsekonomisk_a_metoder_och_verktyg_effektsamband_och_effektmodeller_inom_transporto_mraket_trafikslagsovergripande_plan.pdf

2017 should be operational and used in everyday planning but it should also serve as a step towards the next generation of demand models. SAMPERS 2017 must thus have a structure that does not prevent future development paths.

It is important to have in mind that the model should be used for the same purposes as the current SAMPERS system i.e. for strategic planning and economic appraisal. The main use of the model will be forecasts for future situations using future networks and land use forecasts. The cost of data acquisition and maintenance will be critical aspects and the robustness in this sense of the model is important.

Trafikverket has a set of fairly ambitious goals in their development plan for their transport forecast and CBA tools. From a technical point of view, one is especially challenging. They would like to be able to plug different assignment procedures and models into SAMPERS. On the other hand, and perhaps more important from a practical perspective is that they want analyses made with SAMPERS to be more reliable and efficient. Reliability has both to do with adding features and precision in the behavioral models, and with improving quality control. The latter has potential to decrease turnaround times for analyses by reducing costly errors, but also to improve the communication of the results if the difference between scenarios were to become a more central part of the reports generated by SAMPERS.

In IHOP our goal is to test a few alternatives to EMME, which in the current SAMPERS implementation is responsible for network assignment and various other tasks that involve matrix and network computations. The purpose is to find a new network/assignment package (let's abbreviate it as NAP) that is better suited to describe a congested transport situation. Its primary role will be in use for decision support in the Stockholm region since that is where the problems with using static assignment are starting to become obvious. Switching assignment method would have implications on several levels of the SAMPERS software and workflow. Indeed, some changes would in practice change SAMPERS beyond recognition, which is why this is more of a vision statement than a description of the minimum changes necessary.

For the purpose of choosing an appropriate software for congestion modeling we have to consider an overall structure of the future SAMPERS modeling system. Therefore separate sections are devoted to model scope, system architecture and user interface. Although the issues described in these sections should impact the choice of software they are important by itself for future development of SAMPERS.

3 GENERAL ISSUES FOR FUTURE SAMPERS

In this chapter the general issues for future development of SAMPERS are considered irrespective of the dynamic modeling of urban congestion. These issues deal with interaction between demand and supply models, the type of demand model, the system modularity and the user interface. Other possible

developments of SAMPERS modeling system are briefly discussed in the last section.

3.1 Current and anticipated future modeling opportunities

This section outlines ideal and currently feasible capabilities of combined model systems of travel demand and dynamic network assignment, based on Flötteröd et al. (2012). This allows us to make a sketch of what modeling capabilities may be enabled in the 2017 model system consisting of SAMPERS and the network assignment package to be recommended.

3.1.1 Approaches to coupling travel demand and network assignment models

The well-known four-step process, consisting of trip generation, trip distribution (= destination choice), mode choice, and route assignment, has been the dominant modeling tool in urban transportation planning for many decades (Ortuzar and Willumsen 2004). However, the four-step process, at least in its traditional form, has many problems with modern issues, such as time-dependent effects, more complicated decisions that depend on the individual, or spatial effects at the micro (neighborhood) scale (Vovsha et al. 2004).

An alternative is to use a microscopic approach, where every traveler is modeled individually. One way to achieve this is to start with a synthetic population that is statistically representative for the real population in the study region and then to work the way "down" towards the network assignment. This typically results in activity-based demand models (ABDM, e.g, Bhat et al. 2004; Bowman et al. 1998; Jonnalagadda et al. 2001; Pendyala 2004), which sometimes do and sometimes do not include mode choice, but typically end with time-dependent origin-destination (OD) matrices, which are then fed to a separate route assignment package. The assignment package computes a (static or dynamic) route equilibrium and feeds the result back as (static or time-dependent) zone-to-zone travel impedances. When feedback is implemented, then the activity-based demand model recomputes some or all of its choices based on those travel impedances (Lin et al. 2008). The left-hand side of Figure 1 diagrammatically represents this type of coupling, which is characterized by matrices being the key data structure when coupling the travel demand model and the network assignment model.

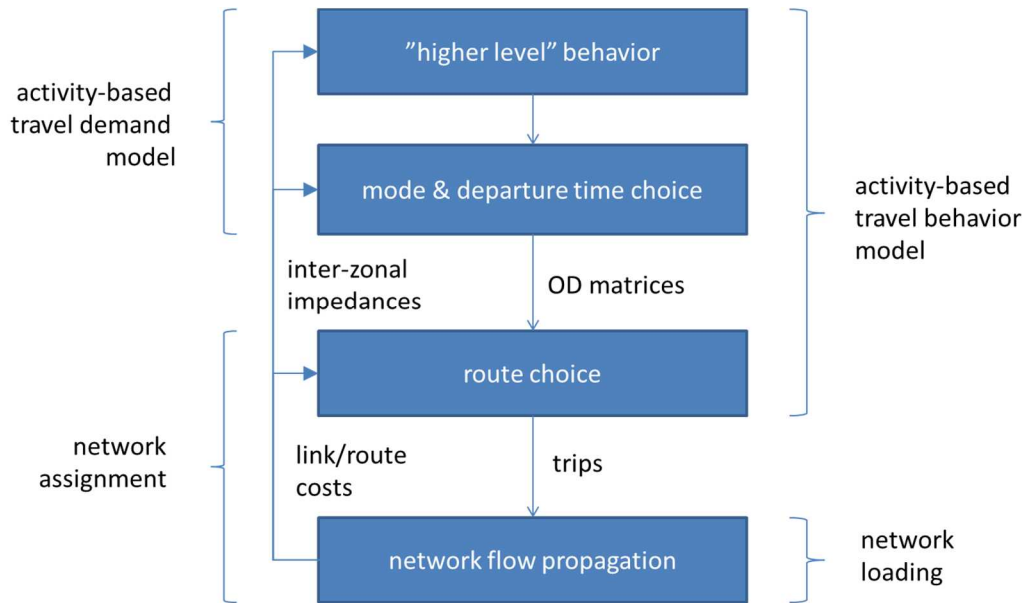


Figure 1. The two possible ways of coupling between individual based travel demand model and car network supply model.

This type of coupling between the ABDM and the network assignment package leaves room for improvement (Balmer et al. 2004; Rieser et al. 2007). In particular, it can be argued that route choice is also a behavioral aspect, and in consequence the decision to include route choice into the assignment model rather than into the demand model is arbitrary. Problems immediately show up if one attempts to base a route choice model in a toll situation on demographic characteristics— the demographic characteristics, albeit present in the ABDM, are no longer available at the level of the assignment. Similarly, in all types of intelligent transport system (ITS) simulations, any modification of the individuals' decisions beyond route choice becomes awkward or impossible to implement.

An alternative is to split the assignment into a route choice model and a network loading model and to add the route choice to the ABDM, which leaves the network loading as the sole non-behavioral model component. If it is implemented as a microscopic or mesoscopic traffic flow simulation and if the individuals in the ABDM are attached to the trip information fed into the network loading model, then the integrity of the simulated travelers can be maintained throughout the entire modeling process. The right-hand side of Figure 1 diagrammatically represents this type of coupling, which is characterized by network elements (trips) being the key data structures when coupling the travel demand model and the network assignment model.

3.1.2 Implication of current design decisions on future modeling capabilities

Recent international research efforts reflect a trend of moving from the OD-matrix based approach over the trip-based. When deciding on the structure of

the coupling between ABDM and network model, future development opportunities along these lines should hence be accounted for. Overall, the level of modeling detail on both the travel demand and the network side can be expected to increase further.

When coupling SAMPERS to a particular network model, the following implications for future development of the model system hence need to be accounted for: (1) Ability of the network model to reflect the resolution of travelers, time, and space in SAMPERS, and (2) ability of the interface between SAMPERS and the network model to link entities in both models without loss of information. Clearly, these considerations have implications for both the conceptual and the technical specification of the integration of a new dynamic network assignment package with SAMPERS.

Research on transport models is an applied research field where problems are formulated in dialogue with active users of model results. From the research community it is important to have access to a platform for testing and evaluating new methods. A realistic full scale transport model is however a costly test bench, more costly than what a research project can afford. Currently applied transport research in Sweden is done by using own prototype models or the simplified version of SAMPERS, Lutrans. From a research perspective using a simplified model could be enough in most cases but the path from research to application becomes longer. If the test bench and the applied model could be the same the time from research to application could be shortened.

For a transport model to be used in research different conditions must be fulfilled, fortunately some of these coincide with the ambition from TRV in TU. Most important is the goal to make SAMPERS modular (plug in/plug out). Beside a technical solution that gives access to the system for research the platform of the system must serve the needs from the research community.

A list of applied research issues that could benefit from an open dynamic model environment will be long and probably still not exhaustive but new dimension would be the temporal aspect of traffic and modeling of individual decision makers.

3.2 Trips purposes and concepts

The purpose of this section is not to recapitulate all details of the SAMPERS system but to discuss necessary additions that follow from the use of a dynamic model (see Algers et.al. 2009 for system status of SAMPERS).

Version 2.1 of SAMPERS consists of three demand models:

- Regional models (5 regions)
- Sketch version of SAMPERS regional models
- The national model (long distance)

In previous versions of SAMPERS contained a model for secondary trips and a model for access/egress trips for the long distance model. To our knowledge the sketch version is less frequently used and it could be questioned whether it

should be replaced or abandoned. A simplified model could be useful for different purposes e.g. research, education and for analyses in land use planning. Since the most time consuming part of a model run is network assignment a simplified demand model does not result in a significant time gain. In everyday model use it is thus not motivated to use a simplified demand model.

The regional models consist of separate models for each trip purpose, currently:

- Work
- School
- Business
- Visit friends and relatives
- Leisure trips
- Other trip purposes (including shopping)

This modeling concept model different trip purposes independently of each other, there are no explicit time budgets or coordination of purposes within a tour. Previous versions of SAMPERS contained a model for secondary trips but it is no longer maintained.

Suggestion: In the short run no attempts are made to model trip chains. In a future version (beyond 2017) of SAMPERS possibly based on ABM trip chains will be a part of the modeling concept and a supply model must be able to host such development. In the near future: Keep the structure with a separate long distance model and regional models. If there is a change to a different network model the long distance model should be migrated to the new system as well in order to keep license costs down, but that is not first priority. We also suggest that current trip purposes are kept with an addition of a shopping trip model³. An increasing trip segment is school trips due to the deregulation of the school system. We suggest that school trips are segmented in a future model⁴.

3.3 System architecture

In this paragraph we will briefly describe the current system and outline the desired system architecture that the future assignment model should fit in to. Some related issues will be discussed below in "Scripting languages/feedback".

3.3.1 Current system

The SAMPERS system was intended to be a modular system where it should be not simple, but possible to replace different components. The intention was

³ A shopping trip model has recently been developed by Staffan Algers. Shopping trips is now a part of "other trips" and this purpose could be replaced by a shopping trip model and a new model for other trips.

⁴ There is an ongoing project at CTS on re-estimation of Sampers and reformulation of the models.

however not fulfilled and the current system is closely integrated with EMME. SAMPERS is built around the EMME/2/3 assignment model. Figure 2 is an attempt to give a picture of the system, supporting models and basic data flows. The core of the system that is used in everyday work is EMME, the five regional travel demand models and long distance travel demand model (for trips longer than 100 km). In addition there are a set of supporting models with varying degree of integration in the SAMPERS system.

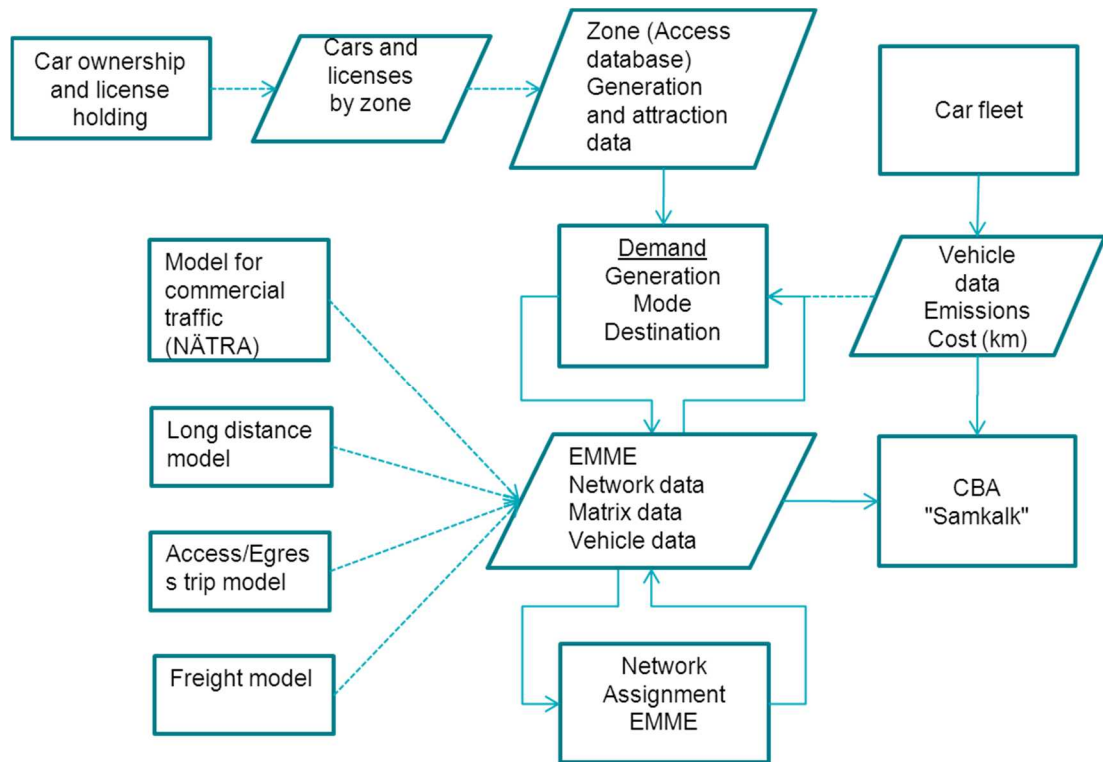


Figure 2. The overall structure of the current SAMPERS modeling system

EMME is used for storage of central data such as network data and matrices (LOS and resulting demand matrices) while zone data is stored in Access databases. The demand model reads and writes matrices directly from/to the EMME database. Interaction between the demand model and EMME is done by calls to EMME-macros from the SAMPERS shell. The data (pre-) processing by EMME-macros is quite intense in the SAMPERS system which makes the links to EMME strong. The used solution is a simple and a robust way of interfacing different pieces of software but it makes a replacement of the assignment model not a trivial task. The current practice when writing macros also involves hard coding of data and parameters in the macro code (or in sub macros). It is highly desirable that this practice is changed.

The surrounding models are of three types:

1. Models providing data
 - a. Car ownership and license holding

2. Models providing additional demand as matrices
 - Model for commercial traffic
 - SAMPERS long distance model
 - Access/Egress trip matrices
 - Freight model
2. Models for post processing
 - A module for CBA (Samkalk)
 - Samlok, wider economic benefits

The used car ownership model is of cohort type and separated from the system in the sense that it works on a different database and require quite specific skills. Between the car ownership model and the demand model there is a one way relationship and e.g. transport system data such as accessibility does not affect the propensity to have a car⁵. A model with this property was developed for the rail administration but it is not in use.

SAMPERS is a model for person trips, additional traffic on the road network is imported from other models that are loosely coupled to the SAMPERS system. LoS levels in SAMPERS does not affect demand in these other models. The travel demand model for long distance trips that is a part of SAMPERS can be run as a first step and there are routines that disaggregate long distance demand to the regional zone system. It is desirable that future versions of SAMPERS develop a system architecture that makes it possible to more strongly integrate other models in the system.

3.3.2 Modularity of the future system

What is then the desired way forward? In TU it is stated that the new generation of SAMPERS should be dynamic, flexible and plug-in/plug-out (TU, p10). These formulations are not limited to be valid for parts of the model system e.g. a dynamic model for Stockholm. Dynamics will be of limited use for areas without congestion but plug-in/plug-out will be useful regardless model type.

The initial idea behind SAMPERS as a modular system should be further developed. For different reasons the modular structure could not be fully implemented in the current SAMPERS system and interfaces between different parts does not have a simple structure that allows for exchange of parts. There are several reasons to take a step towards a modular system: simplicity of maintenance, usage of the system in further development and research, and issues regarding robustness against changes on the market for commission of service and acquisition of software. Maintenance is a strong reason for a modular structure. The complexity of SAMPERS is such that it is difficult for one person to have an overview of the system and it is expensive to acquire such an overview. From a research point of view it is highly desirable to have a system

⁵ A model with accessibility affecting the car ownership was developed for the rail administration but it is not in use. In the simplified version of SAMPERS, Lutrans, the car ownership model got this property.

where it is possible to make a limited contribution to a model and be able to test it. Currently the research community have used own or simplified models in research. The robustness is a third issue we would like to rise. The structure and pricing on the market for services and software may develop over time and too tight bands to software developers and service providers could become a problem if the cost threshold to replace parts of the system becomes too high.

Conceptually a modular structure is simple but in practice several problems must be solved. One such problem is the efficiency of data transfer between different parts. In a perfect modular system we send data and instructions from system A to module (b) that do some processing and return a result. If we want to use different methods we replace b with c without changes in A. We doubt that it currently is possible to reach a completely modular system within the close future but we are convinced that it is possible to develop a better interface between supply- and demand side of the model. A first step could be to move in some of the processing of data, currently in EMME to neutral software. It will however be difficult in the short term to e.g. use a generic network structure that can be sent to different software for LOS calculations.

3.4 Problems with the current system and further development

The everyday usage of SAMPERS in 2017 will most likely be the same as for the current SAMPERS. The model is currently used for:

- Support of long term decisions on development of transportation system. This includes further development of transport system (extension of metro, construction of road bypasses), congestion mitigating measures such as introduction and modification of congestion charges, and other demand management strategies on the scale of whole city or region.
- Short term forecasts e.g. changes in level of congestion charges and the economic impact of such changes.
- Strategic decision support e.g. taxation policies (fuel, travel to work tax deduction) and transit fares.
- Combinations of investments and pricing.

CBA is the standard evaluation tool for the items above.

Beside the current use demand for new applications of SAMPERS is increasing. New questions require further development of the modeling system. Other important potential modeling applications are:

- Travel time variability and its influence on demand for different modes of transport
- Effect of information to travellers and possibility to use the information in order to improve the effectiveness of the transport system
- Effect of changing in opening time and working schedules of institutions

- Effect of communication technology on demand for physical journeys

The most appropriate method for cost-benefit analysis of such applications suggests running forecast with an activity based demand model coupled with a dynamic assignment model. Development of such modeling system is an important research task. Currently there are no such models in the planning practice.

The report from questionnaire by TRV (Algers, S., Mattsson, L-G., Rydergren, C. och Östlund, B., "SAMPERS – erfarenheter och utvecklingsmöjligheter på kort och lång sikt", (2009).) presents a list of development opportunities for a revision of the current system. Those opportunities relate to changes without modification of the overall structure of the system, changes of the structure itself, and changes that suppose modification of the structure.

The changes that are realistically possible to introduce in the new version of SAMPERS (that would be ready in 2017) are following:

- (semi)dynamic traffic assignment, including the choice of time-of-day if necessary
- Random timetable (or timetable based) assignment of public transport passengers, estimation of assignment parameters
- Car ownership model based on accessibility difference between the car mode and other modes
- Consistent preferences in different parts of the model (demand models, assignment) and the evaluation (Samkalk)
- Integration of the car ownership model, new or old.
- Integration of the high speed train mode and timetable based public traffic assignment in the national trip model
- Resurrection of the model for access/egress trips (anslutningsresor)
- Updating the model for international trips
- Resurrection of the accessibility module
- Re estimation of VDF (depends on traffic assignment algorithm)
- Re estimation of the demand model, with a separate model for Stockholm
- Parallel processing
- Standard setup (project)
- Comparison of setups and scenarios within the same setup
- Automatic coding of road network from NVDB
- Modeling departure time choice so that effect of congestion charges and traffic information system can be studied.

The time-of-day choice can be implemented in the current system. The model can be estimated based on the data from on-going travel surveys. However the demand calculation will then take longer time. The time-of-day model will improve modeling of congestion mitigating measures but not traffic information systems. The latter needs a choice of departure time on more fine level which considerably increases model complexity.

Better description of LOS variation over the day, in order to enable studies related to choice of departure time, this is an improvement that hardly can be provided with static assignment.

4 MODELING OF URBAN TRANSPORT

This chapter deals with model structure and specific requirements related to usage of dynamic traffic assignment (DTA) in the regional strategic model. One has to have in mind that the DTA need not replace static assignment in any of the five SAMPERS regional models. Rather it may be a side, urban model which uses results from the national model and a regional model in order to represent traffic flows and costs for the trips that are not modeled within the urban model.

4.1 Modeling congestion

Static assignment models distribute the OD-flows over the routes in the network for an analysis period assuming a volume-delay function for each link. The drivers are assumed to choose the cheapest route where the cost of the route is a combination of travel time and monetary cost. Representation of travel time in static models suggests a one-to-one relationship between volume (demand for trips through the road link) and travel time on the link, i.e. a separable volume-delay function. In real world situations with congestion, there is no such separable relationship, and the distribution of travel times for a given demand is skew and depends on demand for trips on other links and at time proceeding the analysis period. Therefore the calculation of travel time based on separable volume-delay functions is misleading in such situations. Even if the volume-delay functions and the demand matrices can be calibrated so that the static assignment results in plausible traffic volumes and travel times in a baseline situation, the change in travel times due to changes in travel demand will usually be underestimated because the positive and non-linear (convex) relationships to other links and periods are not taken into account. When two scenarios with different congestion levels are compared the difference in travel time is underestimated and the cost-benefit analysis is misleading. Moreover, the demand change between the two scenarios is not correctly estimated since it is based on the incorrect change of travel times.

To cope with this deficiency of the static models, the dynamic assignment model can be used. In Sweden, the software Contram is used for assignment of trips to the network after the travel demand has been calculated using the SAMPERS travel demand model coupled with EMME static assignment. For CBA, the travel times are skimmed along the routes assigned in Contram. Since Contram takes into account the interaction between road links the travel time difference between the scenarios is usually much larger than in SAMPERS/Emme. However CBA based on travel times from Contram is also misleading since these travel times are not consistent with the assigned demand. Indeed, with travel time change from Contram fed into SAMPERS demand model, the change in demand between the two scenarios would be different and this would give different change of travel time in Contram.

4.2 General requirements for the DTA program

The only way to consistently estimate changes in travel time related to congestion mitigating measures for CBA is to use travel times from a dynamic model as a feedback to the travel demand model. Although it is conceptually clear, a lot of technical issues arise when the coupling of travel demand model to dynamic assignment is attempted in practice.

In order to be able to implement the whole system, the assignment method has to support the following functionality requirements.

- INTERACTION. The link travel time calculation has to take into account the queuing time on the link caused by inflow exceeding capacity on this link and on other links. This involves calculation of the spillback effect.
- ROUTE CHOICE. The route cost has to take into account both the cruise time and the queuing time on all links constituting the route.
- SKIMMING. Apart from the time dependent link flows, the assignment shall produce a travel cost matrix (or a series of such for different departure times and classes of travelers). The travel cost matrix has to include the queuing time along the lowest cost routes between the origin and the destination.

A conventional static network model obviously does not meet the requirements. Remaining options are truly dynamic models and approximations thereof considered in the next section.

Another important requirement to the assignment software is the full API (Application Programming Interface) access. Indeed, the feasibility of coupling assignment with demand calculation crucially depends on possibility of programming the iterative process.

4.3 Representation of traffic dynamics

Truly dynamic models capture, in one way or the other, the exact spatio-temporal dynamics of vehicles, vehicle packages, or vehicle flows. This typically implies a temporal model resolution in the order of seconds, and a spatial resolution in the order of vehicle lengths.

Approximately dynamic (semi-dynamic) models typically replace exact spatio-temporal vehicle dynamics by loosely coupled assignments per time slice. They allow for a much coarser, say hourly, time resolution. Due to the coarser representation of traffic dynamics, the usage of semi-dynamic models might be easier. In particular, the semi-dynamic models typically require fewer parameters, less calibration effort and shorter calculation times. However the semi-dynamic models suffer from inconsistencies that result from their inherent approximations:

- Queue build-up and dissipation processes are not exactly captured.
- The representation of trips that span multiple time periods is problematic.

In a view of long term development of the modeling system, possibility of coupling ABDM with DTA (see section 3.1.1) is an important criterion for the choice of representation of traffic dynamics. Given that a major concern in the coupling of ABDM and DTA is the maintenance of consistent data associations (e.g. between persons, trips, and cars), a truly dynamic model is highly preferable over an approximation thereof. Any approximation of the dynamics in the network loading procedure is likely to lead to a further degradation of the representable data associations. Also, recent algorithmic and computational advances (event-based simulation, multi-threaded simulation) render the truly dynamic simulation even of large metropolitan regions not impossible.

However, even with truly dynamic models the association is still problematic. The travel demand model requires for each traveler (or group of travelers having the same set of alternatives) travel costs for all travel alternatives given that all other travelers do not change their behavior. These alternatives travel costs have to be generated by skimming of the network using a general route selection rule common for the whole group of travelers.

Moreover, currently there are no such models in planning practice that consistently incorporate travel demand modeling with truly dynamic assignment models. The main obstacle is requirement of detailed calibration of drivers' behavior at specific road links and intersections. The truly dynamic models tend to be very sensitive to the details that are not possible to input as they are today and to keep in a future scenario. Indeed many intersections need to and will be modified when a new highway will be built. Therefore for the next generation of SAMPERS to be implemented before 2017 we have to find a compromise between model accuracy and usability. This means that we should not discard semi-dynamic models.

The SAMPERS system is used on an everyday basis at Trafikverket and in consulting agencies in projects under time limits. In a questionnaire to users of SAMPERS the run times was one of the most frequent complains (Algers et.al. 2006). It is thus highly desirable that run times do not increase. In TU faster and cheaper analysis is formulated as one of the main goals (TU p 15). One desired time limit is to be able to do an overnight run i.e. a limit on 16 hours (arriving at school book precision). This time limit should be achieved with the current "state-of-the-art computer", not with expected future developments in processor speed.

The research perspective and the applied perspective differ in some important aspects and as it often is the best model for application in the short time perspective is not what is most desirable from a research perspective. In the end of this chapter we have two lists of software one centered in each perspective.

For the selected candidate software this will be tested on a network and zoning system covering Stockholms län using Lutrans or the SAMPERS version in C# that is under development.

4.4 Spatial coverage

Dynamic network models and travel demand models have different spatial focus in current applied work. The focus of dynamic models is to provide a good representation of vehicle interaction in the congested part of the network i.e. to correctly capture the symptom of problems in the transport system. These symptoms are usually spatially concentrated to central parts of the network/region. In order to model the symptom it is no problem to concentrate on the core of the region and to neglect the effect of considered changes on the travel demand. That is valid and useful in order to study marginal changes of tactical nature in the transport system. For strategic decision making where changes will not be marginal and will affect demand considerably, a fixed demand matrix cannot be used however.

If congestion in central parts of the network is the symptom of a disease the origin of the disease itself will be found elsewhere. Car trips are to a large extent generated in areas with single family houses in varying distance from the core of the region. The demand model thus needs complete level of service-data from a much larger area than what dynamic network models usually covers, and that is one reason why dynamic models and travel demand models usually not are integrated. For an integrated model the regional coverage simply must be relevant for the demand model.

What is then relevant? This is a crucial question from the perspective of model type selection. A detailed model of a large area is not feasible at least in the short term regarding data availability, the calibration effort and the computation time. If it is possible to cover a large enough share of the mobility within a limited area then we can increase the level of detail of the supply model. And if not then we must go in the direction of covering a larger area by a model with a coarse representation of vehicle dynamics. This kind of reasoning must be done for each urban model that will be considered and no general rules for area or number of inhabitants can be given at this stage. In the second phase of this project when we have done some realistic tests of relevant software we can provide more firm conclusions with regard to size and computing time.

4.4.1 Commuting patterns and spatial coverage

The SAMPERS system is national and will of course still cover entire Sweden and parts of Denmark even in the future as a static model. A difficult question is however the coverage of the part of that will model traffic dynamically. Currently in Sweden and in most applications worldwide dynamic assignment models are not integrated with a demand model. When using a traversal matrix that is non-responsive to LoS with a dynamic assignment model we do not have to worry about the linkage from the dynamic model to the demand model. In the suggested modeling framework we must provide LoS from a dynamic model to all relevant OD-pairs in the model. The consequence is that we must extend the network from the part that covers the congested part of the network to the area that covers P/A (production/Attraction).

What is then the smallest relevant area? What share of the trips do we need to capture within the area we model dynamically? A look at the commuting statistics (SCB, register) tells us that 89 % of all commuters to Stockholm County (Stockholms län) also have their place of residence in the County. Moreover, 90-92 % of the commuters to the inner part of the region (Stockholm, Solna and Sundbyberg) reside within the County. If we exclude unrealistic daily commuting relations about 95 % of all commuters live and work within Stockholm County. In a longer time perspective we have seen that travel distance increase and it is likely that that a larger share of the commuters to Stockholm will reside outside the county within e.g. 25 years. In order to maintain realistic volumes in the network we may use different, time dependent, additional matrices from areas outside the county but not necessarily model neighboring counties dynamically.

A model covering Stockholm County will thus fail to cover 5 % of all commuting trips. Important commuting flows from outside are from Uppsala (~9000), Håbo (~3000), Enköping (~2000) and Knivsta (~1500). An extension of the model to cover e.g. Uppsala would require also coverage of relevant alternative destinations from Uppsala. It is thus not possible to just add Uppsala. Such an extension would require a large effort and a relatively little gain. By excluding some small areas in Stockholm County not much will be gained in terms of run time.

Thus from the perspective of the demand model the modeled area should cover Stockholm County.

4.5 Model resolution: Space, network, time and people

The most central part in this model specification is how to handle the conflict between model accuracy and model usability. Usability is highly dependent on data availability, network coding and calibration efforts and run time of the model. The usability and accuracy will be depending on how we choose to treat the model resolution in four dimensions:

- Space
 - Spatial model coverage
 - Resolution of space
- Network
 - Network size
 - Network details
- Time
 - Model coverage over the day
 - Time resolution in the model
- People
 - Aggregation of travelers

In the following subsections we discuss and suggest a reasonable scale in these dimensions. A further complication is that the scale of the problem will not be

constant over time as a consequence of increased computing speed and development of tools and methods for data capture.

4.5.1 Spatial resolution

The current traffic zones are based on aggregations of SAMS. These zones are problematic in particular from a land use planning perspective where development areas often needs to be split to represent traffic flows in a development scenario. There is a strong awareness of the impacts from land use on traffic and transport models are regularly used in the assessment of large development projects. In these cases it is often necessary to modify the zones in the study area. The current system is very rigid with regard to modification of zones and it is highly desirable that the future system has a built in flexibility in this respect.

From an administrative point of view we think it is highly desirable that we can maintain one zone- and land use system that is used for all type of models⁶. We should also consider the possibility to revise the zoning system. Splitting the same area and population in more zones will not affect the computing time that much since congestion and the number of vehicles becomes more important for computing time when turning to dynamic models compared to static models.

Suggestion: Revise the zoning system and design both the supply and demand side models to facilitate simple splitting of zones. We also note that the number of zones is not critical for runtimes.

4.5.2 Network requirements and resolution

A migration to a dynamic model will require an effort when it comes to network detail and data needs. Currently approximately 11 % of the network is coded in EMME within Stockholm County (se Figure 1 for an example). A dynamic model will require a more detailed coding to capture the storage capacity and intersections must be coded in detail⁷. There is probably not ten times more coding to be done but significantly more than today. Depending on the type of software signal plans will be needed. Most software provide standard values for traffic signals but the amount of work that is needed to arrive at realistic traffic behavior is to us still an open question. A network suitable for dynamic transport modeling will need a high degree of automated coding based on NVDB. NVDB (National road data base) is the official data base of the Swedish road network maintained by TRV. Currently e.g. signal plans are not coded and intersections lack detail in NVDB. Separate networks will be maintained for the full scale regional model and the dynamic model.

⁶ The long distance model will use a separate zone system but can share a common database.

⁷ Static model with blocking back in principle needs the same data as present in the EMME-network and storage capacity.

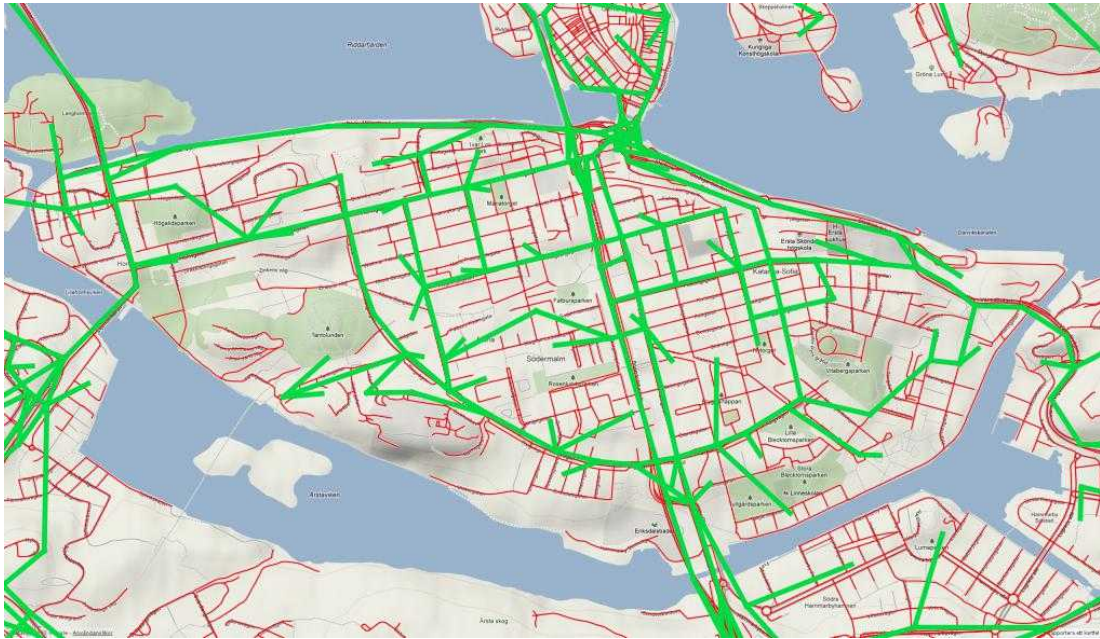


Figure 1. Illustration of network density in NVDB and EMME.

From our understanding NVDB got most important attributes for static assignment but limitations for some semi-dynamic assignment routines. In appendix zz we list attributes in the NVDB. From our applied work with network coding we noted that is simple to import NVDB networks for standard roads and intersections, but more complicated of course for special cases. 90 – 95 % of the network can be imported without a problem but the remaining cases are quite time consuming.

Observation regarding networks: NVDB is a good starting point for static networks. NVDB could be better for blocking back algorithms, lack important information for dynamic models. There are some remaining questions of the available data in NVDB and how it can be used for dynamic models. Without a strong support from network databases maintenance of networks will be costly. Using a dynamic model will increase costs for network coding and maintenance in the order of 3-10 times.

Suggestion: Put more effort on automated coding of network from NVDB and increase the quality of primary data in the database.

4.5.3 Time resolution

Time got two dimensions of relevance for us, length of modeling period and granularity. Both dimensions affect runtime and need for data storage, the number of matrices will be [time intervals]*[user classes]*[LoS variables], a potentially large number. For CBA calculations the precision will increase by the length and granularity of time and so will the runtime.

Currently the traffic assignment is performed for three periods in SAMPERS: "morning peak", "intermediate", and "evening peak". The purpose specific OD demand matrices for the period are combined from certain shares of PA (production-attraction) matrices and their transposes. Each assignment is performed for an average hour. The average hourly demand is calculated as demand for the whole period divided by length of the period in hours. Inputs to the assignment are OD matrices for a discrete set of values of time, calculated from the purpose specific OD matrices.

Only the LOS data from the first two periods are used for demand calculation. The cost of AP-trip is assumed to coincide with the cost of the corresponding PA-trip. From the calculation time point of view, it would be desirable not to increase the number of assignment periods. However the definition of assignment periods may need to change since the queue lengths and consequently travel times at certain time depend on travel demand before that time due to queue accumulation and dissipation.

The assignment software shall be able to produce travel time matrices for a certain representative departure time interval. All (or almost all) vehicles starting during this interval have to complete their trips within the assignment interval. Moreover, the vehicles staying in queues in the beginning of the interval have to be represented in order not to underestimate the queue lengths and travel times. This means that a warming up period and/or a cool down period may be necessary. Still the assignment for the whole day will probably take more time than two assignments for short periods including the warm up and the cool down. Results of these two (semi)dynamic assignments can be used for calculation of the travel demand in the same way as in current SAMPERS. Car travel demand for the assignment intervals can be obtained by scaling of the 24 hour matrices as described in chapter Choice Dimensions.

SAMPERS demand model produces travel demand PA-matrices for the whole day for different trip purposes and modes. There are roughly four ways to distribute the travel demand along the day.

If there is no departure time choice model, the OD-matrices for assignment periods can be produced by weighting of the PA-matrices using the shares of trips with different purposes occurring in the assignment periods. It is desirable that the weighting is not applied uniformly to all OD-pairs but rather takes into account that profiles of starting times are different for trips starting in different areas of the city. These profiles can be compiled from travel surveys. However, in future the time profile may change due to changes in congestion levels (peak spreading) or levels of congestion charges. The model without choice of departure time cannot reflect this effect.

A more advanced model would include a departure time choice between broad time intervals, usually called time-of-day choice, typically between the peak and off-peak periods. Such model would add one more level to the nested logit model of SAMPERS. It can still be estimated using the data from travel surveys. The model can reflect change of time profiles of discretionary (recreation,

shopping, social) trips implied by congestion charging schemes but not the peak spreading effect of the congestion.

An advanced model of departure time choice between short time intervals (10-30 minutes) or even a continuous departure time choice model could be implemented that reflects effect of difference in charges over the time and the effect of peak spreading. However such development would require a major data collection and estimation work as well as probably long calculation time in the travel demand model.

Some traffic assignment packages (e.g. the non-commercial model METROPOLIS) integrate departure time choice with route choice. Depending on the structure of the model implemented in the package, this may be more or less efficient way to model the peak spreading and the response to time differentiated congestion charges.

Observation: The length of the modeled period may be critical for runtimes even if only LoS in periods with congestion are calculated. The number of LoS matrices will be the product of: [time intervals][user classes]*[LoS variables], which is a reason to put some limits on the granularity and length of assignment period.*

Suggestion: Regardless of the time frame of the implementation of a departure time model the data and system architecture should allow for this extension. The frame for decisions in the time dimension will be set by the model type used.

4.5.4 Resolution of travelers

Options range from aggregate, macroscopic models to highly detailed micro-representations of vehicle-vehicle interactions. Mesoscopic approaches represent a middle ground that aims to combine the best of macro- and microscopic approaches.

Macroscopic models represent vehicle streams as real-valued quantities. They move these flows according to mathematical models of vehicular dynamics, and their solution requires, in one way or the other, to solve partial differential equations. The computational cost of solving a macroscopic model does not scale with the number of vehicles in the system but only with the number of discretization units (such as cells in a link) and the size of the network. However, a differentiation of flows (e.g. in terms of vehicle or driver type) also needs to be captured by a discretization of flow into different commodities, rendering the representation of more than a few different commodities computationally infeasible for large scenarios.

Microscopic models move individual vehicles through detailed representation of the network infrastructure. They represent vehicle-vehicle interactions through car following and lane changing models. The computational cost of solving a microscopic model scales linearly with the number of vehicles in the system. Apart from their highly detailed modeling capabilities, they allow to attach arbitrary vehicle and driver characteristics to each vehicle. These models are

first choice when analyzing complex traffic dynamics at the scale of a few intersections, but they do not scale well for large scenarios.

Mesoscopic models maintain a disaggregate vehicle representation but typically operate based on aggregate traffic flow characteristics that allow for a simplified but computationally efficient representation of vehicular dynamics. That is, they combine the advantage of macroscopic models (simple network flow dynamics that are based on a low number of parameters to be calibrated) with the capability of microsimulators to keep track of individual-level data associations of vehicles.

A static macroscopic model is our point of departure and this type of model cannot serve as a platform for further developed demand models or solve our current problems. Addition of a departure time model in the current modeling paradigm will need LoS differentiated in the time domain with good precision. A change to or research on ABDM will of course also require a dynamic model. Our remaining options are models with different dynamic approaches.

4.5.5 Resolution of value range

This refers to the representation of uncertainty in the model. Not only model input parameters but also the laws of traffic propagation are affected by uncertainty in the model. There are, nowadays, essentially two ways to deal with this problem: deterministic and stochastic models.

Deterministic models ignore model uncertainty and (claim to) capture mean values of model state variables (such as flows, densities, and velocities). An advantage of this approach is its relative simplicity, computational efficiency, and interpretability. However, mean values may be arbitrarily poor representations of distributions, and even the representation of “average” network conditions in such models is to be taken with care: Since network dynamics are non-linear, the result of feeding an expected input value into the model and observing the outputs is not the same as feeding a distributed input value into the model and taking the expectation of the output.

Stochastic models represent model uncertainty in the form of distributions, typically by injecting well-defined uncertainty into uncertain model processes. Due to process interactions, this uncertainty then spreads throughout the entire network model, resulting distributed model outputs (such as network performance measures). Since deterministic models are a subset of the stochastic model class, there is no conceptual reason to prefer the former. However, the increased computational burden of solving for and representing high-dimensional distributions of network performance measures may pose a problem. Also, the interpretation of stochastic model outputs requires an analyst with some understanding of statistics.

The value range of a model is strongly related to its resolution of travelers.

Macroscopic models can represent distributional information, and, hence also singleton distributions that correspond to deterministic mean value models.

However, the vast majority of macroscopic network models is deterministic. Stochastic network models face the challenge of having to represent extremely high-dimensional distributions analytically, which currently is done only approximately, even in the most recent academic prototypes.

Microscopic models are inherently stochastic. Even if no stochasticity is injected into the network model, its individual-vehicle granularity unavoidably introduces discretization noise into the model. Further, a microscopic model can only predict discrete realizations of vehicle states, no mean conditions. To deal with the arbitrariness of single realizations, multiple model configurations need to run through, which leads naturally to a fully stochastic approach, including the injection of stochasticity in uncertain processes. The truthful interpretation of microscopic models hence requires performing (computationally costly) Monte Carlo experiments.

Again, mesoscopic models provide a middle ground. They inherit the discrete nature of micro-simulators, but come without a microsimulator's level of modeling detail. Hence, they typically also aggregate away relevant sources of stochasticity in the vehicle dynamics. Although this means that they still have to deal with stochasticity in a Monte Carlo fashion, they do not cover the whole range of model uncertainty, requiring supplementary modeling efforts to truthfully capture uncertainty in the network flow dynamics.

For the purposes of an ABDM/DTA planning model system, the arguably dominating source of uncertainty is located in model input data that is projected into the future, with imprecision in traffic flow and route swapping modeling being of lesser effect. The computational overhead of running fully stochastic, detailed microsimulations is hence not justified. Macroscopic and mesoscopic models are both amenable to Monte Carlo runs based on uncertain model boundary conditions. A possible drawback of macroscopic models is that they are unable to truthfully represent uncertainty that results from the heterogeneity of the driver population, due to the limited number of commodities they can handle.

For the choice of supply model both run times and data requirements have to be taken into account. In section 9 and 10 below travel times are analyzed

4.6 Modes other than car

The report focuses on the treatment of congestion in the road network but other modes need to be treated at least as good as in the current system (if possible better). [We should also consider economic and practical aspects in the light of a multimodal system.]. The Sampers system for regional trips distributes trips on five modes:

- Car as driver
- Car as passenger
- Public transport
- Walk

- Bike

Assignment is done only for the car and public transport mode. There is however an increased interest to widen the scope for assignment models to include bike trips. There is ongoing research at KTH that will address the problem of assignment parameters for bike trips. A proper representation of slow modes is also desired in order to correct calculate auxiliary transit time. There is an increasing availability of high quality walk and bike networks that are of interest for travel demand models. These networks are usually coded in GIS.

The current land use planning paradigm is to build inner city style environments with a focus on public transport and slow modes. We need to be able to address issues related to conflicts with regard to scarcity of space and interaction between different modes. Currently there is no interaction between congestion levels for car and travel time for bus where both modes share the same links. There is also room for improvement of assignment for transit in different respects e.g. to take internal congestion levels into account and feedback loops between LOS and demand which then would be useful.

Guidelines for treatment of modes other than car:

- Do not separate modes (neither logically nor in software)
- Mode switching in the assignment? (Similar to the above question: what dimension is handled where? In SAMPERS or in network package.)

From an economic and practical point of view it is a benefit if we can treat all modes within the same software suit. License cost is a burden in particular for small actors on the market.

5 VALEN INFÖR TESTERNA

Valen av mjukvara i projektet skedde strikt utifrån våra behov och förutsättningar och har ingen ambition eller avsikt att vara en generell utvärdering av programvara för nätverksutläggning. Flera av programvarorna som inte kunde komma ifråga för projektet har annat fokus eller är avsedda för andra syften vilket inte hindrar att programvara är utmärkt men inte just för oss. Vissa utvecklare var hjälpsamma och direkt avrådde medan andra marknadsförde sina program intensivt trots avsaknad av central funktionalitet.

Nedan beskrivs processen som ledde fram till valet av programvara för test översiktligt, detaljerna återfinns i ett separat PM⁸.

⁸ Urvalsprocess för programvara i IHOP.

5.1 Val av mjukvara

Urvalsprocessen omfattade följande fyra steg:

1. Översyn av tillgängliga programvaror på världsmarknaden
2. Frågeformulär till utvecklarna
3. Utgallring av program som inte passar för våra syften
4. Presentation av resterande program för workshop 1
5. Val av program för testa

5.1.1 Kvalificering

Översikten av tillgängliga programvaror gav en lista på tolv leverantörer (med mjukvarans namn inom parentes):

- Atkins (Saturn)
- Caliper (TransCAD och Transmodeller)
- Citylabs (Cube Avenue)
- INRO (Dynameq)
- McTrans (Dynasmart-P)
- Omnitrans (Streamline)
- PTV (Visum)
- Quadstone (Quadstone Paramics)
- SIAS (S-Paramics)
- TSS (Aimsun)
- University of Arizona (Dynus T)
- Vista Transport Group (Vista)

Leverantörerna fick svara på ett internetbaserat frågeformulär, med ett brev som förklarade att frågorna var för Trafikverkets räkning. De fick två veckor på sig att svara och leverantörer som inte svarade inom utsatt tid fick en vänlig påminnelse. Frågor och brev finns i särskilt PM.

Till slut svarade alla tio leverantörer på frågorna. Några av dem fyllde i information om flera olika nätutläggningsalgoritmer de tillhandahåller.

På basis av enkätsvaren gallrades sedan vissa mjukvaror ut ur listan för att de på olika sätt inte uppfyllde de villkor vi satt upp. Det är värt att poängtera att det är centralt i hela utvärderingen att vi ska kunna koppla nätutläggningen till en efterfrågemodell. Resultaten från enkäten redovisades under en workshop (Workshop 1⁹).

Tre beslut fattades på workshop 1.

1. Testerna ska göras med Stockholms län som analysområde. Det innebär att den dynamiska modellen inte ersätter en av de fem regionala modellerna i

⁹ Material till workshop 1 finns som PM och som Powerpointpresentationer.

Sampers utan blir som en sidomodell för storstad. När modellen kommer i användningen kan modellområdet komma att utökas för att omfatta större delen av SAMM.

2. Testerna ska göras med utbudsmodeller som tar hänsyn till interaktion på korsningar. Trafiksignalerna ska automatgenereras utifrån korsningsutformningar och trafikflöden om det är möjligt

3. Testerna ska göras med två utbudsmodeller. Den första är VISUM där vi kombinerar algoritmerna ICA (som beräknar kapacitet per sväng) och DUE (som analytiskt beräknar dynamisk användarjämvikt med angivna svängkapaciteter)¹⁰. Den andra blir antingen AIMSUN eller Transmodeller, valet mellan dessa görs av projektgruppen.

5.1.2 Det slutliga valet

Vid efterföljande diskussioner inom projektgruppen har Transmodeller valts som den andra utbudsmodellen för testerna. Valet var inte alls självklart men mycket bra manual (både på papper och som online hjälp), stark koppling till GIS, inbyggd OD-estimering och direkt åtkomst från externt program till matriser vägde tyngre än möjligheten att lägga in egna ruttvalsalgoritmer och erbjuden hjälp på plats från utvecklarna. Vidare bestämde styrgruppen att SWECO ansvarar för testerna med VISUM och WSP för testerna med Transmodeller.

5.2 Val av efterfrågemodell för testerna

Följande alternativ betraktades som efterfrågemodell integrerat med den dynamiska utbudsmodellen:

1. Det fullständiga SAMPERS
2. LUTRANS
3. REGENT

Det första alternativet skulle kräva mycket tid för både programmeringen och testerna eftersom SAMPERS är mycket sofistikerat program som kräver mycket förberedelse och långa beräkningstider tack vare många grupper av befolkning och reseärenden med olika preferenser i modellen. LUTRANS och REGENT är båda skissversioner av SAMPERS men skiljer sig i avseende på programmeringsspråk och representation av resenärer. Båda är möjligt att integrera med dynamisk utbudsmodell men för framtida utveckling bedömdes REGENT som mer intressant eftersom det kan producera enstaka resenärer med fördelning av egenskaper som matchar befolkningen. Dessutom är REGENT till skillnad från LUTRANS programmerad i det objektorienterade språket C# som har större möjligheter för integrering med externa program.

¹⁰ Detta tillvägagångssätt övergavs senare se avsnitt 10 och mailkonversation med utvecklarna (PTV).

5.3 Efterfrågemodeller

Regent bygger i allt väsentligt på efterfrågemodellerna i Lutrans¹¹, med en uppdelning på ärenden i arbetsresor och övriga resor. De är nästlade logitmodeller med val av destination, färdmedel och antal resor av samma typ som de i Lutrans och Sampers. Regents modeller är identiska med de i Lutrans förutom några mindre anpassningar som gjorts för att hantera att Lutrans i vissa fall använder medelvärden i zoner som inte går att översätta på ett bra sätt till individnivå.

De två ärendena hanteras på olika sätt med anledning av att Regent är tänkt att användas för att allokera arbetsplatser till individer. Därför slumpas ett alternativ för varje individ i arbetsresomodellen. Det innebär att OD-matriserna i arbetsresomodellen innehåller heltal eftersom varje individ antingen gör en resa (till en destination, med ett färdmedel) eller inte. Ärendet övriga resor beräknas aggregerat ungefär som i Lutrans och Sampers, genom att antalet individer i varje område och socioekonomisk grupp summeras ihop och sedan fördelas över destinationer och färdmedel med hjälp av logitsannolikheter. I övrigt resomodellen är den enda socioekonomiska distinktionen den att män och kvinnor har olika känslighet för att resa långt, vilket innebär att det räcker med att summera antal män och kvinnor i ett område.

Lutrans är kalibrerat för att reslängder och färdmedelsval ska stämma med data i RVU/RES 05/06. Regent implementerar samma kalibreringsparametrar. De är framtagna med Emme som nätutläggningsprogram vilket innebär att det är en öppen fråga ifall det är bra eller inte att använda dem även för Visum och Transmodeller eftersom de kommer att leverera delvis ett annat restidsmönster på grund av annan beräkning av trängsel. Det är dock inte värt att lägga någon ansträngning på kalibrering i det här läget, då det ändå kommer att bli nödvändigt att skatta om efterfrågemodellens nyttofunktioner ifall Visum, Transmodeller eller någon annan nätutläggning som tar hänsyn till köer ska användas i planeringssammanhang.

5.4 Förutsättningar

I utvecklingen av Regent har vi använt oss av förutsättningar från Lutrans (ett nuläge för 2006) så mycket som möjligt. Kilometerkostnad, gränser för avdragsregler och den del av markanvändningen som har med arbetsplatser att göra är hämtat direkt från motsvarande indata-tabeller i Lutrans. Befolkningens sammansättning är dock annorlunda eftersom Regent bygger på en syntetisk befolkning bestående av individer eller hellre agenter¹².

¹¹ (ref eller beskrivning av lutrans) Lutrans-manual (20XX)

¹² En fördel med syntetisk befolkning är att vi inte behöver individer med motsvarigheter i verkligheten utan klarar oss med observationer som får utgöra agenter vars medelvärden är konsistenta med statistik eller med en prognos.

En befolkning har syntetiserats för hela Mälardalen. En programvara drar agenter i varje område så att de stämmer med tabeller över befolkningen per åldersgrupp, kön, inkomstgrupp, boende (villa/flerfamiljshus) och bilinnehav. Dessa tabeller över områdena har sammanställts ur SAMS-databasen i SAMPERS (år 2006). Metoden går i korthet ut på att vi drar en agent slumpmässigt ur RVU 05/06 och provar att lägga till den i ett område. Ifall överensstämmelsen¹³ med tabellerna förbättras så läggs den till och en ny agent dras. Ifall överensstämmelsen blir sämre av att lägga till den så provar vi istället att byta ut den mot en dragen agent i området. Vi testar detta mot ett antal slumpmässigt valda agenter i området. Det här upprepas till dess att vi uppnår en tillfredsställande nivå av överensstämmelse i alla tabellerna.

När syntetiseringen har konvergerat har vi alltså ett nuläge där agenternas fördelning på ålder, kön, inkomst, boende, och bilinnehav stämmer med SAMS-databasens. Eftersom vi drar de syntetiska agenterna från existerande individer i RVU:n så kommer korrelationer mellan olika variabler också att återspegla verklighetens, som till exempel mellan inkomst, boende och bilinnehav

För testerna med Visum och Transmodeller gjordes ett urval så att endast befolkningen Stockholms län inkluderas i efterfrågeberäkningarna.

5.5 Koppling till Visum och EMME

Regent behöver kopplas till en utbudsmodell för att läsa in det vi med ett samlingsnamn kallar 'level of service', LOS, det vill säga restider, avstånd och kostnader. För Visum och Emme har vi definierat ett gemensamt interface som specificerar de matriser som behöver läsas och de operationer som behöver utföras. Allt efterfrågemodellen behöver veta är att de moduler som implementerar kopplingarna till Visum och Emme kan leverera LOS-matriser (för de olika färdmedlen, för högttrafik och lågttrafik) och att de kan spara OD-matriser tillbaka till nätutlägningsprogrammet.

De LOS-matriser som läses är

Bi l
Di stance
Ti me
To l l
I LOS_Sl ow
Di stance
LOS_Transi t
I nVehi cl eTi me
Fi rstWai t
Aux
Total Wai t
NBoardi ngs
Cost

¹³ Överensstämmelsen beräknas med 'relative sum of squared z-scores' (Huang and Williamson, 2002; Ryan et al., 2008)

I interfacet definieras också vilka zoner matrisernas index motsvarar. Detta är nödvändigt eftersom Emme-versionen arbetar med drygt 2800 områden i hela Mälardalen, medan testerna i IHOP begränsar destinationsvalet till 1240 områden i Stockholms län.

Med kopplingarna till nätutläggningen definierade i ett interface blir användningen enkel. I testerna har vi använt ett enkelt C#-program utan grafiskt gränssnitt som förenklat gör följande

- Läs in förutsättningar (befolkning, arbetsplatser, gemensamma parametrar)
- Skapa nätutläggning och efterfrågemodell
- Läs in LOS-matriser
- Beräkna efterfrågan
- Spara OD-matriserna
- Kör ny nätutläggning

De fyra sista itereras till dess att önskad konvergens uppnåtts. För mer om konvergensen se de enskilda testerna.

5.6 Koppling till Trans modeller

Kopplingen till Transmodeller är inte lika inkapslad i en separat modul. Det beror till största delen på att Transmodeller-versionen råkade hamna i ett parallellt utvecklingsspår. Den stora skillnaden mellan dem är att Transmodeller inte medger att nätutläggningen anropas utifrån, vilket innebär att Regent istället körs från Transmodeller. Om Caliper utvecklar sitt API så att det blir möjligt att exekvera nätutläggning från Regent så är det ett relativt enkelt utvecklingsarbete att bygga en assignment-modul på samma interface som Visum och Emme. Att läsa och skriva matriser från C# är nämligen helt okomplicerat även för Transmodeller (och används förstås redan i koden).

6 TESTPROGRAM

Syftet med testerna är att utvärdera ifall det är möjligt att integrera en efterfrågemodell med de aktuella nätutläggningsalgoritmerna och identifiera fortsatta steg i utvecklingen av ett operationellt modellsystem. Det inkluderar att utarbeta rekommendationer för mjukvara, modelltyp och databehov. Jämförelserna mellan modellerna baseras på följande testprogram (Tabell 6).

Testspecifikation:

- a. Fullskaletest av Stockholms län
- b. Efterfrågematris från LuTrans (fixerat tidsvärde)
- c. Disaggregering av efterfrågan med tidsprofil

- d. Assignment (en replikering)
- e. Mycket ytlig kalibrering
- f. Aggregering av restid och -kostnad enligt tidsprofilen
- g. Programmera och köra interaktion mellan efterfrågemodell och utläggning
- h. Observera konvergensen
- i. Beräkna prognosen för 2030, uppskatta behov av modellen för val av tidpunkt
- j. Beräkna nyttan av ett trängselreducerande åtgärd, t ex trängselskatt

Test	Indikator	Kommentar
Kodning av nät för Stockholms län	Programmet åstadkommer dynamisk ruttjämvikt inom några timmars beräkning, med rimliga resultat betr. trafikflöden, hastighet och köer.	Nätkoden utvecklas från tillgängliga datakällor som NVDB, Dynameq nät och EMME nät för Stockholms län.
Körtid för nätutläggningen	Tid att nå en given konvergensnivå	Indikerar om det är möjligt att genomföra en modellkörning över natten
Läsa och skriva matriser	Tid att läsa/skriva 120 matriser	
Länkvolymer	Jämför med räkningar	Rätt storleksordning
Restider/hastigheter på länkar	Jämför med mätningar	Rätt storleksordning
Kalibrering	Nedlagd tid	Är det genomförbart att kalibrerara hela nätverket?
Integrering med efterfrågemodell	Gick genomföra? Nedlagd tid	Om genomfört
Kör prognosen med X% mer efterfrågan	Uppstår gridlock?	Behov av tidpunktsvalsmodell
Konvergens	Logsumma	Skillnad mellan scenarier jämfört med skillnaden mellan två iterationer

Användarvänlighet	Upplevelsen. Hur mycket kontakt med utvecklaren krävdes?	Ger underlag till en bedömning i slutrapporten
Manualens kvalitet	Besvarade den frågorna?	
Support	Hur var supporten? Levde den upp till vad som uppgavs i enkäten?	

Tabell 6. Testprogram

7 TESTERNA MED TRANSMODELER

7.1 Properties of the program

TransModeler is a software developed by Caliper Corporation (Boston, USA). It is a traffic simulation program that can simulate wide area networks with different levels of fidelity. It can handle microscopic, mesoscopic as well as macroscopic traffic in the same network.

When used as a microscopic simulator, TransModeler simulates the behavior of each vehicle every time step (0.1 second for example). Vehicles can vary in terms of their physical (length, weight) and performance (acceleration, deceleration) characteristics, and can be custom defined by users. Car-following, lane-changing, merging/yielding, and movements at intersections are simulated in detail and are affected by driver aggressiveness, vehicle characteristics, and road geometry. Those elements determine speed for each vehicle at each time step. Thus in microscopic simulation, there is no volume-delay function like in SAMPERS.

In the mesoscopic simulator, vehicles are collected into traffic cells and streams and their movements are based upon predefined capacities and speed-density functions. Individual vehicles are represented, but their movements are based on aggregated speed-density functions rather than car-following and lane-changing logic.

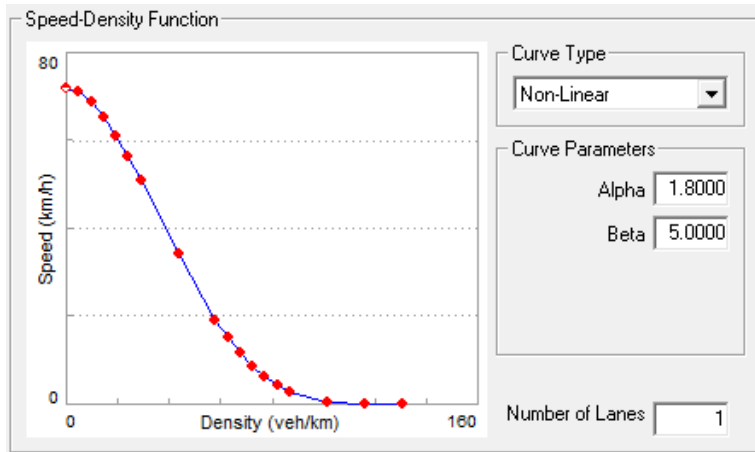


Figure 2: Speed-Density function (SV70)

In the macroscopic simulator, vehicle movements are based upon volume delay functions, which are defined for each road class. This fidelity is similar as EMME.

TransModeler offers the possibility to mix private traffic with public transport (bus, tramway, train ...). In that way, public transport vehicles interact with automobile and truck traffic. Transit operations are simulated based either on an average headway or on a specific schedule. When vehicles arrive at stops, TransModeler simulates dwell times as a function of transit vehicle characteristics and boarding and alighting passenger demand. Between arrivals, passengers arrive and wait at stops. In capturing these detailed transit system dynamics, TransModeler can be used to perform meaningful simulation analysis of public transportations system operations. However, to serve stops for transit lines, segments have to be in microscopic fidelity.

Moreover TransModeler shares its GIS characteristics with TransCAD (static transportation planning software and GIS) as well as base principles, data structure and common programming language. The programming language (GISDK) is however not overlapping and several useful tools available in TransCAD cannot be used in Transmodeler at the moment. TransCAD possesses a more advanced API matrix tool so that in this project, we need a TransCAD license in order to read and write matrices from the demand model developed in C#. In several respects TransCAD also has more advanced tools to manipulate spatial data e.g. centroid connectors. In the summary table (9 Sammanfattningstabell) we have included license cost for TransCAD.

7.2 Compilation of road network

We considered three different data sources for the road network:

- The current EMME-network
- The Dynameq network for Stockholm
- NVDB

The EMME network is a well-known source but lack a detail that is needed by Transmodeler, in particular in the central parts of the region. Dynameq

networks is similar to the EMME network but with additional information on turns and lanes. The Dynameq network only covers the central part of the region but could be extended with the EMME-network to obtain county wide coverage. We then have to accept limited information outside the central region.

7.2.1 Base network

Our first choice was to use an import from Dynameq. After some initial tests this was abandoned due to poor quality and limited information in several respects. Problems noted were e.g. poor geometry, bad positional accuracy, roundabouts coded as intersections and lack of detail, in particular in the city center (lack of traffic signals e.g.). Since one of the main objectives is to obtain a proper calculations of travel time changes due to changed congestion charges coding in the city center is crucial.

Final choice was to import NVDB (nationell vägdata) as road network. This database fits well a micro/mesoscopic traffic model with its high geometrical fidelity. Roads from class 1 to 6 have been preserved (in black on next figures) while roads from class 7 to 9 have been removed (collector, pedestrian streets). This selection was done somewhat arbitrary to look like the current static network used in Sampers. To add more collectors and local streets is not that difficult due to the quite simple lane and intersection rules on minor streets.

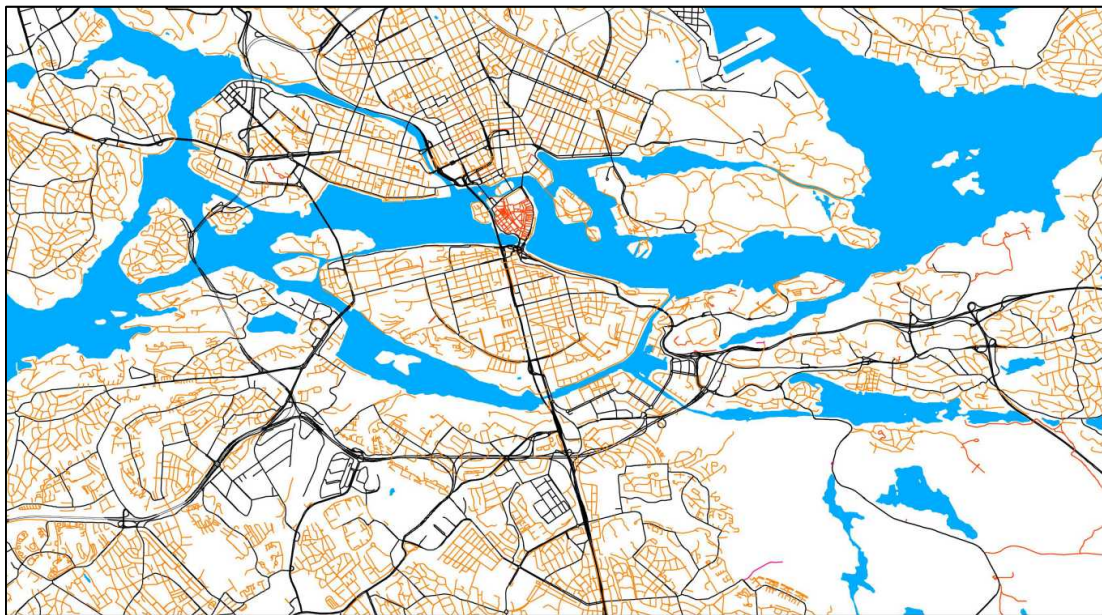


Figure 3: NVDB network (black: selected network for TransModeler)

However this network requires an effort of network checking and modification regarding turns in intersections and coding of roundabouts. This work differed considerably between networks in different parts of the region.

7.2.2 Component of a TransModeler network

TransModeler is a GIS-based software. In that way, it relies on several layers and sub-layers, which are:

- Nodes
- Links
 - Segments (a link can be divided in several segments to fit number of lanes at intersection for example)
 - Lanes
- Centroid connectors
- Centroids
- Lane connectors (at intersections)
- Signals (includes toll)
- Signals sensors (not used in this project)
- Pedestrian crosswalks (not used in this project)
- Vehicles (accessible during simulation to observe speed, acceleration, route ...)

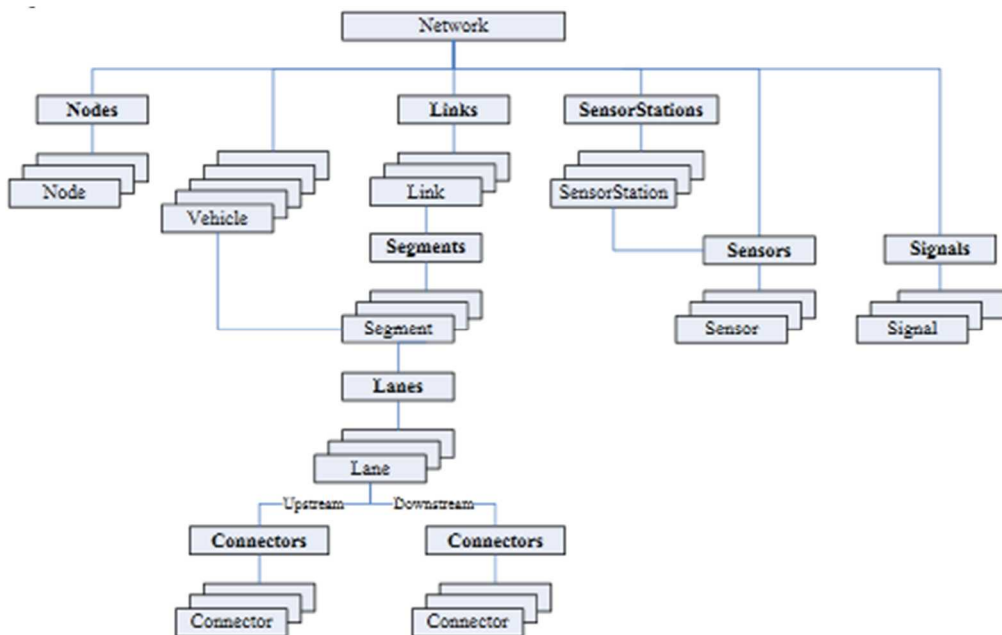


Figure 4: Data structure and interactivity in TransModeler

7.2.3 Zones, centroids and connectors

Zones centroids for the region of Stockholm were imported from LuTrans which is similar to the centroids in the Sampers network. In the manual of TransModeler it is suggested that centroids and connectors are consistent between planning model and simulation model. TransCAD offers the possibility to create connectors automatically and we used this option. We chose to create two connectors per centroid using an algorithm that strive to place connectors in opposite direction. When creating connectors different rules can be applied e.g. allow connection to nodes/links and connect to a selection set in the network. It is also possible to define areas that connectors are not allowed cross e.g. lakes. A manual checking is required for connector that crosses unforeseen barriers.

Contrary to EMME or VISUM, but similarly as CUBE, centroids and centroid connectors are distinguished from nodes and links respectively. Such model choice has advantages as well as disadvantages. An advantage is that special rules can be applied to connectors to avoid unintended use. To choose between available connector, vehicles compare travel time on the network. It is possible to fix a percentage per connector to indicate which part use one or another connector.

7.2.4 Number of lanes

NVDB does not include complete data on number of lanes. In addition NVDB does not have detailed information on turn pockets and acceleration lanes. In order to reconstitute number of lanes, we superposed NVDB and EMME networks and attribute to each segment a number of lanes. This method does not give full accuracy for segments that are parallel with short distance between. A network checking is requires, especially on ramps and motorway and at intersection level. Indeed traffic control intersections offer often additional turning lanes that are not included in EMME road network.

7.2.5 Saturation level and capacity

Road classification was imported from NVDB and completed manually. It includes (a lower priority code indicates a higher priority):

<i>Road priority</i>	<i>Road type</i>	<i>Free flow speed (km/h)</i>	<i>Capacity (veh/lane/h)</i>
1/2	Freeway/expressway	90-110	2200/2400
3	Rural highway	90	2000
3	SV 70	70	2000
4	Major street	50	1200
5	Minor street	50	1000
5	Ramp	50	1000
7	Local street	40	600

Table 1: Road attributes by type (TransModeler)

Classification contains also roundabout, ferry and other local roads.

The figure below shows road classification in the central part of the Stockholm region.



Figure 5: Road classification

Jam density is a general parameter and is by default 130 veh/lane/km.

7.2.6 Intersections coding

Intersections are created in the network importation to TransModeler and are updated automatically (as an option) when we add or remove lanes. TransModeler reconstitute connection between lanes with good accuracy in most of the cases. In important or complicated intersections such as Slussen, Odenplan, Gullmarsplan or Henriksdal, a manual checking is required.

7.2.7 Priority

TransModeler must determine which of two or more conflicting turning movements has priority at intersections where there are no signals or signs to define the right of way explicitly. When no signals or signs are present and two or more links merge or intersect, TransModeler first uses the road class priority (see paragraph 7.2.5 for the classification) of the links to determine which movements have the right of way. If all links have similar road priority, TransModeler will then use the turn type to try to determine priority. For instance, a left turning vehicle will yield to an opposing through movement. Finally, if the road class priorities and turn types are inconclusive, TransModeler applies a first in-first out rule.

With regards to forecast analysis, TransModeler has the advantage to calculate turn capacity and delay instantly according to priority and conflict movements.

7.2.8 Traffic signals

Traffic signal control was imported from Dynameq. However this data has very few traffic signals in the inner-city of Stockholm (e.g. one in Södermalm and one in Kungsholmen).

Microscopic model requires the implementation of traffic signals to fit the real traffic condition. A left turn with an important conflict in the other direction will have no capacity available while a special phase in traffic signals will assure a certain capacity. Thus we added important traffic signals that were missing in Dynameq to facilitate such movements. Phasing was created to fit traffic conditions but real traffic phasing is needed for further implementation in case of microscopic fidelity.

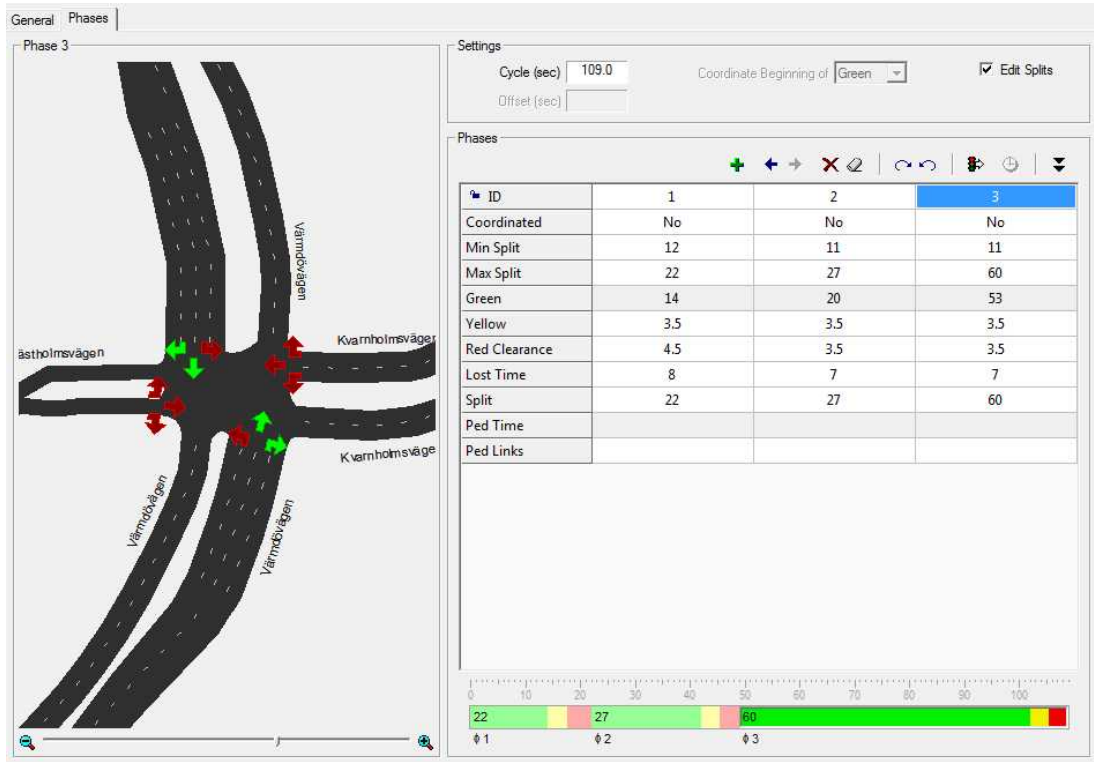


Figure 6: TransModeler windows to design traffic signal plan

However, in mesoscopic simulation, traffic signals have a lower importance. A potential capacity is calculated to estimate delays. Capacity at signalized intersections depends on the green time allocated to the movement but don't take in consideration possible conflicts. A left turn might have same capacity as through movement if they belong to the same signal phase. When no signal is present, capacity depends on the availability of gaps in the conflicting or merging traffic stream according to the following equation:

$$Q = v_c * \frac{e^{-v_c * t_c / 3600}}{1 - e^{-v_c * t_f / 3600}} \text{ where:}$$

v_c = Flow rate in vehicles per hour of the conflicting/merging stream

t_c = Minimum time headway perceived by the driver to enter between traffic streams (in seconds)

t_f = Follow-up time for the movement (in seconds)

Traffic signals plan can be defined for different time period to fit morning, off-peak and afternoon traffic. It can even be described per 15 minutes but requires

more computing time and can depart from reality and traffic between iterations. To have a stable situation, it is preferred to keep a single signal plan per day period.

With regards to forecast analysis, TransModeler offers signal optimization algorithms which optimize isolated intersections according to turning volumes data. Indeed, a signal plan that works with present day conditions might not work in 20 years with new volumes. Those volumes will come from a forecast demand matrix assignment. This step should be iterative while preparing a new project horizon since signal optimization is done on single intersection. Optimization operations are available in GISDK and might be available via API in the future.

Parameters in the optimization process are:

- the cycle length (fixed or minimum/maximum)
- the turning movements volumes or delays (15 minutes period between 6h and 8h30 in the current case or total assignment period)
- the objective to minimize (delay, stops, fuel consumption, queue length ...)
- the convergence level

7.2.9 Congestion charges

Congestion charges gates are defined by a specific tool in TransModeler (Figure 7). For each gate, we should define price per vehicle type and time interval. It is also possible to define maximum speed at which vehicles go through the gate (in the case of Stockholm, there is no limitation).

Entry Time	Entry Plaza	Toll Class	Price
06:30:00	Pay at entrance	All vehicles	10.00
07:00:00	Pay at entrance	All vehicles	15.00
07:30:00	Pay at entrance	All vehicles	20.00
08:30:00	Pay at entrance	All vehicles	15.00

Figure 7: Congestion charges editor in TransModeler

No table is summarizing data at each gate which complicates coding verification. However TransModeler API gives the opportunity to modify values in a smooth way.

Finally, revenues can be analyzed per gate, direction, type of vehicle and time period.

7.3 Demand for the first assignment

Demand for the first iteration has been calculated with Regent demand model based on LuTrans level of service matrices for Stockholm region (a set of matrices for peak hour to calculate work trips and a set for off-peak to calculate other trips). Additional matrix (business, goods, commercial transports) from LuTrans is included in the final car demand matrices.

Work, other and additional trip O-D matrices are distributed per 15 minutes on the assignment period 6h - 8h30 and aggregated in one unique matrix file (subdivided in 10 time period). Coefficients for departure time were extracted from the national travel survey RVU/RES 05/06. Information collected is not accurate per 15 minutes. Indeed individuals tend to answer with hour or half hour but not with quarters. Thus values per quarter were linearized, like expressed below.

Share in %	600- 615	615- 630	630- 645	645- 700	700- 715	715- 730	730- 745	745- 800	800- 815	815- 830	Total [#] 600-830
Home-Work	3.4	4.4	5.8	6.5	7.8	8.8	10.5	8.7	7	5.3	68.2
Home-Other	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6	0.8	1.3	1.7	2	1.9	10
Work-Home	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	2
Other-Home	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6	0.8	1.3	1.7	2	1.9	10
Additional matrix*	10	10	10	15	20	25	30	25	15	15	175

Table 2. Coefficients for departure time by interval. Additional matrix corresponds to the morning peak hour (7-8h). Modeled trips is the share of trips during one day and the share of the additional matrix is the share of one hour, that why we end up with a percentage above 100.

It should be noted that LuTRANS uses an average of the two morning peak hours for coefficient so that traffic for the peak hour is more important in TransModeler (35.8 % of home-work trips) than in Emme (27.8 %).

Demand in the first 30 minutes is used to warm-up the network and demand in the last 30 minutes to cool down the network. Travel time for vehicles starting between 6h30 and 8h will be used in the iterative process with the demand model.

7.4 Assignment parameters

Three route choice models are available in TransModeler:

- Deterministic shortest path: all vehicles follow the absolute shortest path,
- Stochastic shortest path: individual vehicle has different perception of costs (randomized) and so different shortest paths,
- Probabilistic route choice: driver's choice is calculated with a multinomial logit model among a set of alternative paths.

It is possible to define different driver group that can have their own value of time. For instance we could imagine one or more driver groups corresponding to work trips, to other trips and to business/goods trips (see chapter 7.7). In the main results (chapter 7.5), all drivers have the same value of time, which is 90 kr/hour in order to limit number of variable to analyze.

Generalized cost is the addition of travel time (converted in money with the value of time) and congestion charge. Those two variables are time dependent. However it is not possible in the current version of TransModeler to add other attributes like the distance in the calculation of the generalized cost. Support service has indicated their willingness to develop this possibility but cannot promise to integrate it in the next version of TransModeler.

To calculate route choice at each iteration, TransModeler based itself on historical travel time on links and delays per turn at intersections that are currently calculated per 15 minutes. It reproduces drivers' behavior that bases route choice on their previous experiences. It is possible to decrease the interval between which new travel time data are available but drivers do not have such detailed experience. Moreover, it might increase calculation.

In addition to the three route choice models, there are several general parameters used to govern the perception of travel costs. These include penalties and bias for transferring from a link of one kind (for example motorway) to another. A typical use of this penalty is to prevent vehicles to exit and reenter the freeway. Other parameters such as travel time factors for high occupancy vehicle are available but not used in the current project.

Results presented in paragraph 7.5 "Result of assignment and validation" are obtained with a deterministic shortest path and a motorway transfer penalty of 10 seconds to exit and 20 seconds to enter.

A sensitivity analysis with stochastic shortest path has been performed. Convergence level is similar to deterministic shortest path assignment but calculation time (step "generation of routes") is higher. It requires 30 minutes instead of 20 minutes for an identical demand.

7.5 Result of assignment and validation

7.5.1 Convergence

In TransModeler, equation of relative gap is $\frac{\sum_{i \in I} \sum_{k \in K_i} f_k^T t_k^T - \sum_{i \in I} d_i^T t_{min,i}^T}{\sum_{i \in I} d_i^T t_{min,i}^T}$ where:

I = set of all O-D pairs

K_i = set of paths used by trips traveling between O-D pair i

f_k^T = number of trips taking path k in time interval T

t_k^T = travel time on path k in time interval T

d_i^T = demand departing in time interval T

$t_{min,i}^T$ = travel time on shortest path between O-D pair i in time interval T

After 30 iterations in mesoscopic simulation, with default parameters (see paragraph 7.5.2) we obtain a relative gap of 1.36% on the overall assignment period and 2.08% on the worst 15 minutes period (7h30-7h45).

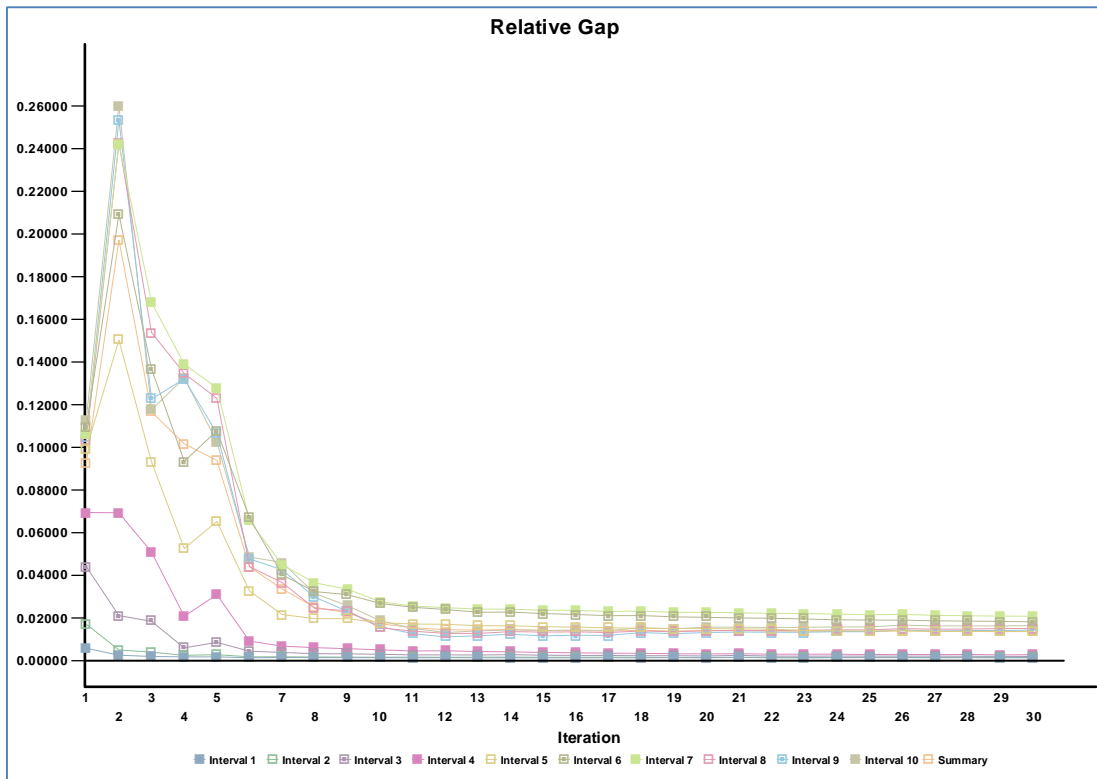


Figure 8: Relative gap per time interval in mesoscopic simulation (30 iterations)

More convergence values are shown in chapter 7.6 relative to the integration between demand model and dynamic assignment.

7.5.2 Computing time

In mesoscopic simulation, computing time¹⁴ per iteration in Dynamic Traffic Assignment (DTA) mode is about 50-55 minutes with default parameter. First iteration requires the generation of routes, which takes 20 minutes (for 280 000 trips). Computing time is then split (within each iteration) as follows:

- Simulation 8 minutes
- Aggregation of path flows 2 minutes
- Calculation of relative gap 8 minutes
- Reevaluation of route choices 35/38 minutes

Calculating new route choices for every trip at each iteration is computationally intensive (nearly two third of computing time). To spare some of this

¹⁴ Computer with Windows 7, Intel Core i7-36870 CPU (4 processors), 8 GB RAM, 64-bits, SSD. I.e. a 10 000 SEK computer.

computational burden and to shorten running times, it is possible to recalculate path only for a subset of vehicles via the idea of bounded rationality. This idea states that a decision-maker settles for a satisfactory solution rather than the optimal one. In other words, we can indicate that the driver will not reevaluate his/her route choice in the next iteration if he/she reaches his/her destination within a specified threshold of its expected arrival time (based on historical travel time and turning movement delays).

With a threshold of 5 percent of its expected arrival time, reevaluation of route choices decreases from 35/38 to 25 minutes and even more (12 minutes) when we get closer to convergence.

Finally it is possible to start to calculate the relative gap after X iterations only (knowing that it will not converge in those first iterations). We can also calculate relative gap each X iteration instead of after every iteration. It is 10 minutes (aggregation of path flows and calculation of relative gap) that can be saved for every relative gap calculation that is omitted.

Starting with an already converged situation, 10 iterations should be required between each demand model computation. With the assumptions of 10 iterations in a DTA, a threshold of 5 percent, and one of two relative gap calculated, computing time is then about 5 hours. Those parameters have been used for all following results.

To run the entire network in microscopic level, can be expected to take about 1.5 hour per iteration in DTA mode with default parameters (no threshold, no first gap, no iteration gap) instead of 55/60 minutes.

Because of random seed, it is advised to run a final simulation several times. TransModeler has a "batch simulation" mode that fulfills this need. In this mode, routes can be updating continuously in case of strong congestion but computing times become important (6 hours). Without the option to update route, simulation run time is about 40 minutes (generation of routes: 20 minutes; simulation: 10 minutes).

7.5.3 Flow

TransModeler saves flows and travel times per segment for each period, in this case each 15 minutes. Next figure represents flow between 7h and 8h.

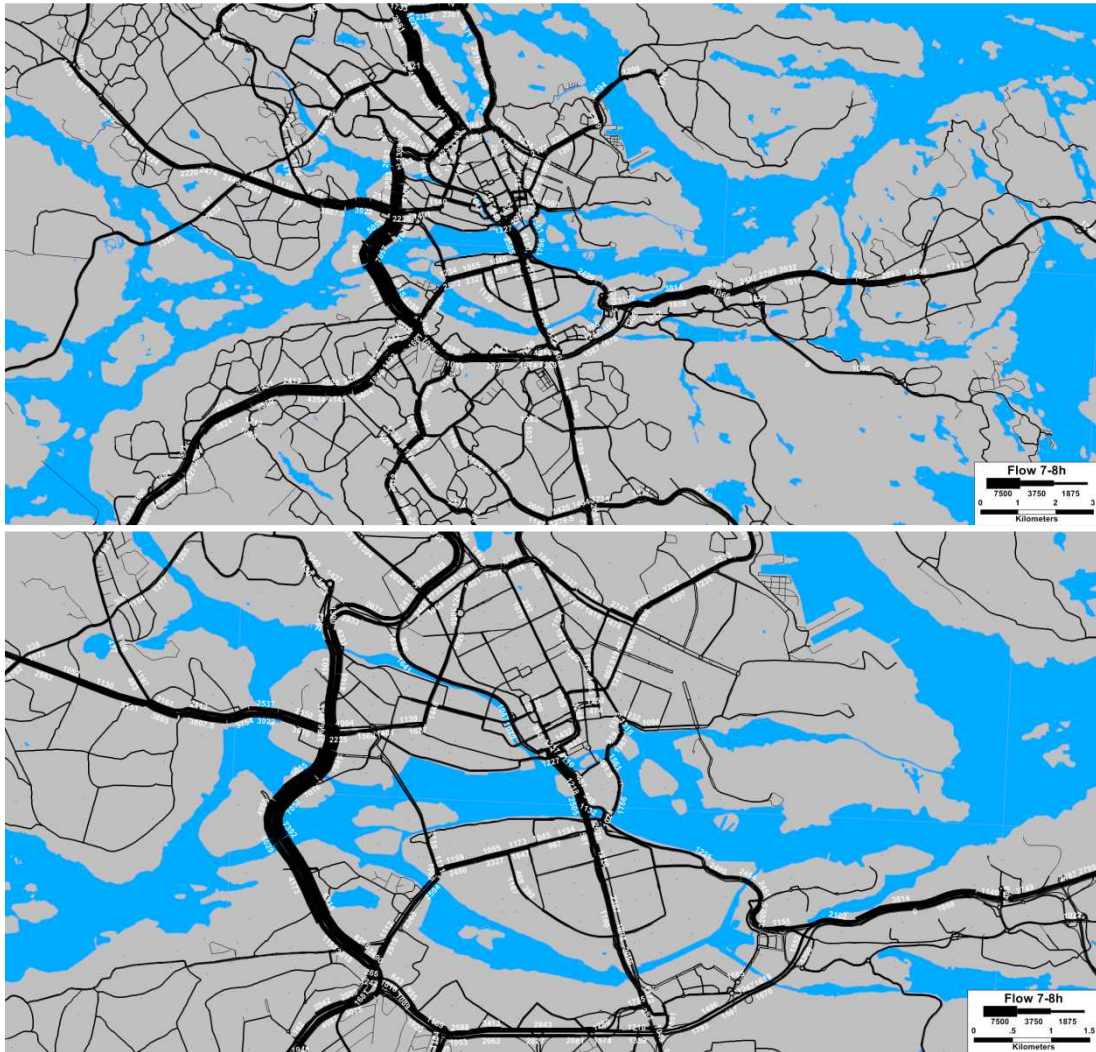


Figure 9: Flow at morning peak hour (7-8h)

We compare with a count on E4 (Gröndal junction) where flow and average speed per 15 minutes were collected in October 2012.

Next figure shows a high utilization ratio of E4 from 6h in the direction N→S with a flow of 6000 veh/h and maximum is observed between 6h15 and 6h30. In the opposite direction, average flow is around 4800 veh/h from 6h30 until 8h30.

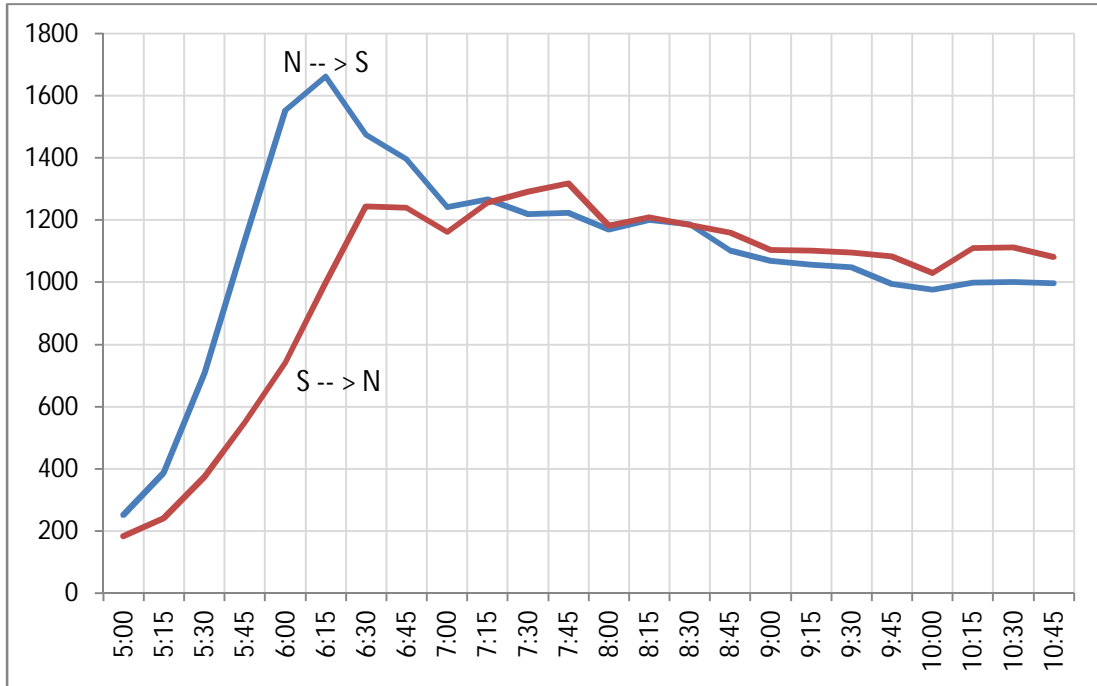


Figure 10: Traffic flow per 15 minutes on Gröndal junction, E4, observations in October 2012

With an assignment period starting at 6h and a warm-up period of 30 minutes, volume on Gröndal junction is increasing progressively until reaching count level around 7h. Such results demonstrate the lack of external traffic (trips starting or/and finishing outside Stockholm region), the lack of departure time model (long trips choose to start early) and a possible too short warm-up period if results before 7h are important.

Next figure compares simulation flows with counts across Saltsjö - Mälarsnittet. We observe an overestimation of traffic in both direction (+17% to the north and +13% to the south). Each road of this cordon get more traffic than expected except Västerbron in direction of the north.

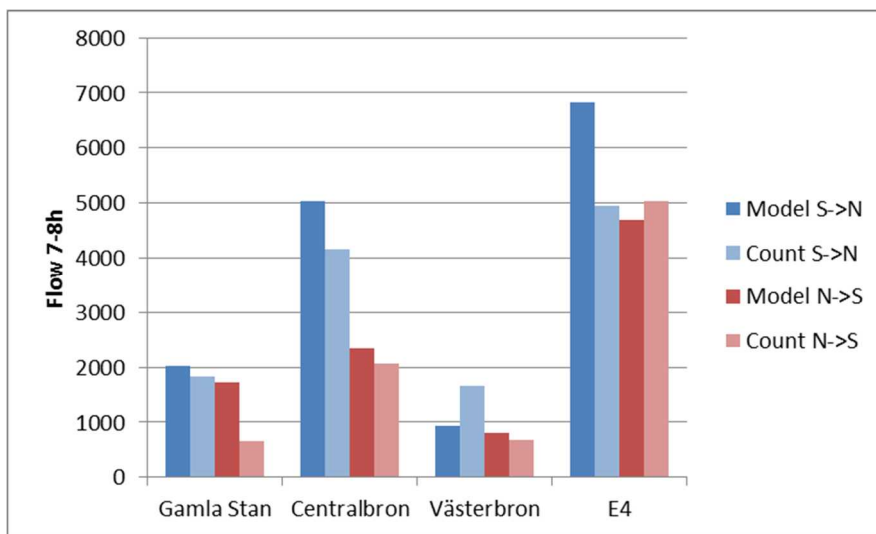


Figure 11: Flow comparison for Saltsjö Mälarsnittet (7-8h)

7.5.4 Speed

To compare speed, we used the same observations per 15 minutes at Gröndal junction on E4. Speed for each vehicle in TransModeler in the mesoscopic simulation is calculated based on speed-density functions. Essingeleden is modelled with a speed limit of 70 km/h, see speed-density function in Figure 2.

Results in the direction S→N presented on Figure 12 shows a strong overestimation of the speed before 7h15 and a slightly underestimated speed from 7h45. However this model has not been calibrated. A specific treatment of Essingeleden is required to better model the driver behavior, such as vehicles anticipating changing lane to be correctly situated to go out of the expressway, or vehicles staying on the middle lane in order to avoid incessant changing lanes.

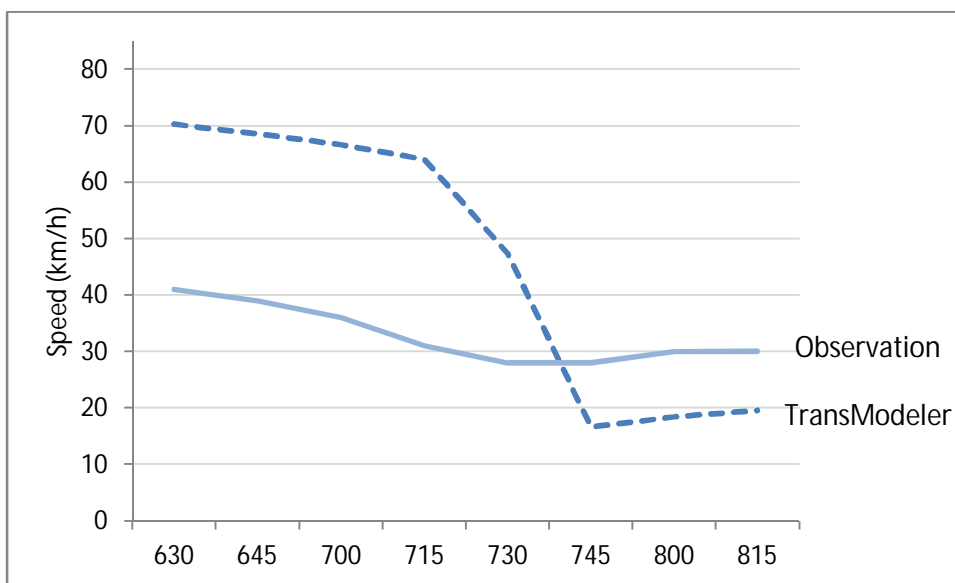


Figure 12: Speed comparison for Gröndal junction (E4)

In the opposite direction, counts show a no respect of speed limitation since aggregated collected speed is over 75 km/h for the entire analyzed period. Model reproduces a slightly decrease in average speed but density is so that vehicles are at free flow speed (defined to 72 km/h).

7.5.5 Travel Time

Travel time has two components in TransModeler. The first one comes from links where speed-density functions is applied (in mesoscopic simulation mode) while the second comes from intersection with a delay value per turn.

Following figure show example of flows (up) and delays (down) at S:t Eriksgatan/Fleminggatan intersection. Those data applied on period 7h30 – 7h45 and are calculated during simulation based on traffic signal plan and traffic flows.

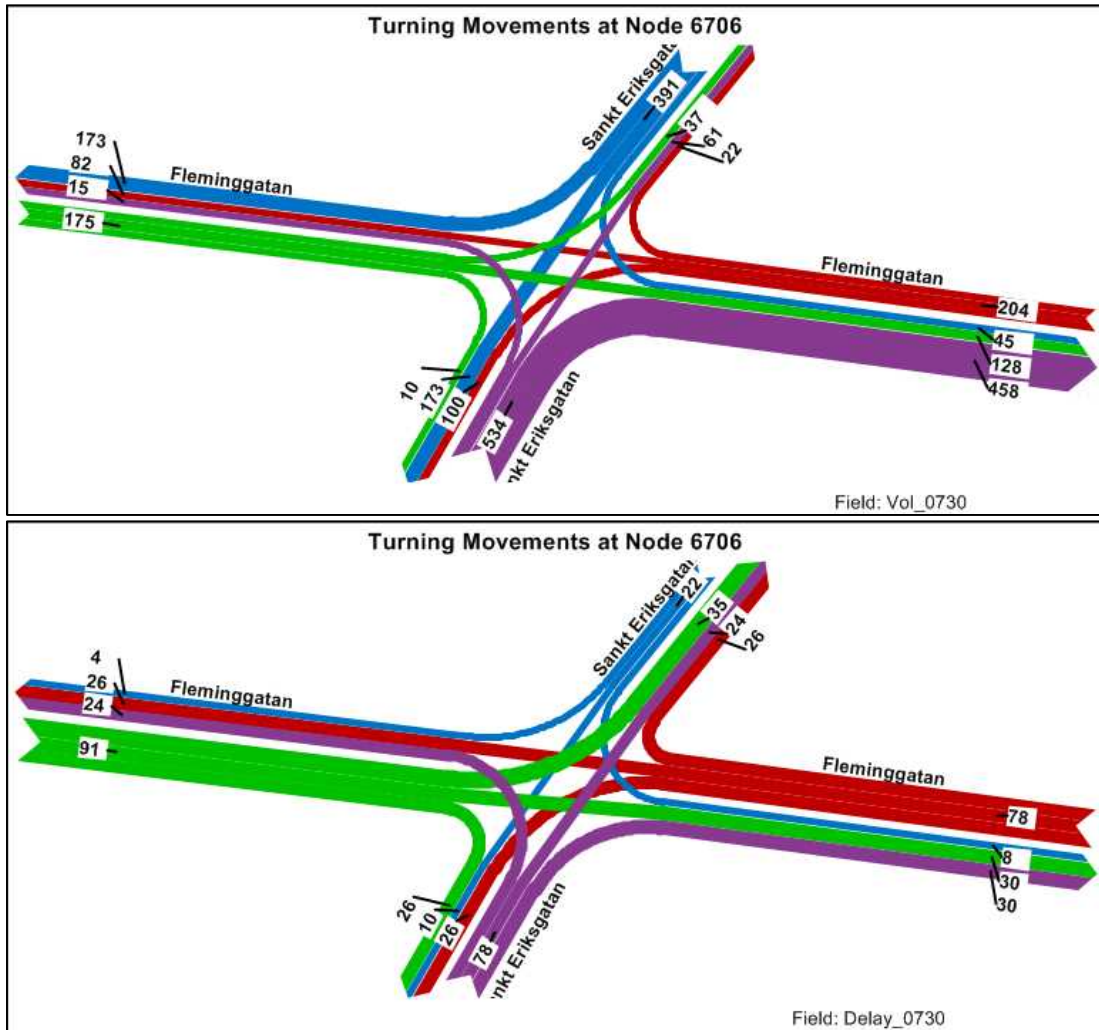


Figure 13: Turning movement flow and delay (S:t Eriksgatan/Fleminggatan)

Project "MCS- och restidskameror" (Movea, 2012) has collected travel time on 10 routes in Stockholm region in free flow condition and in morning peak hour.

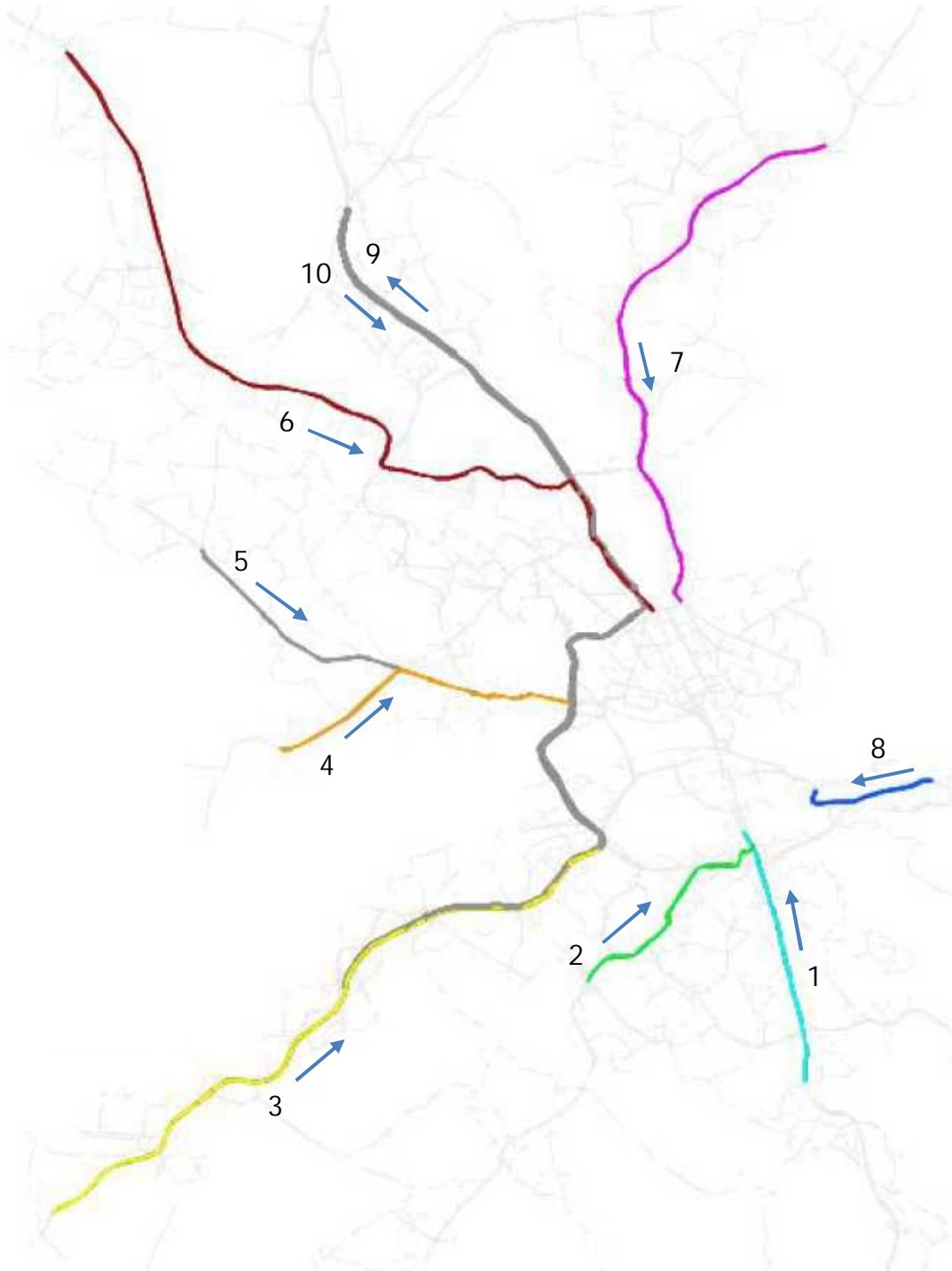


Figure 14: Routes where travel time has been collected in October 2012

Those travel times have been analyzed during calibration of Dynameq (Dynameq – Validering av Stockholmsmodellen, Ramboll, 2013).

In comparison of TransModeller with those travel time observations, we note a maximum of 3 minutes differences at free flow except on route 4 (Drottningholm – Fredhäll). But this observation seems overestimated comparing to other source of travel time. Dynameq got a free flow travel time of 9 minutes and Google Maps indicates 11 minutes.

Travel time		Free flow	TSM 6h	Difference
Route 1	Farsta - Johanneshovsbron	4	5	23 %
Route 2	Örby - Johanneshovsbron	5	6	24 %
Route 3	Norsberg - Nyboda	9	8	-14 %
Route 4	Drottningholm - Fredhäll	17	7	-58 %
Route 5	Bergslagsplan - Fredhäll	11	9	-19 %
Route 6	Kallhäll - Norrtull	19	17	-13 %
Route 7	Hägernäs - Roslagstull	11	10	-13 %
Route 8	Skurubron - Henriksdal	7	5	-26 %
Route 9	KK - Häggvik	(21)	18	-14 %
Route 10	Häggvik - KK	(21)	19	-10 %

Table 3: Free flow travel time measured and estimated.

For the morning peak hour, we collected in TransModeler travel time with starting time 7h45. Travel time on the E4 between Kungens Kurva and Häggvik are slightly underestimated. Four routes are overestimated while four other routes are underestimated.

Travel time		Max am.	TSM 7h45	Difference
Route 1	Farsta - Johanneshovsbron	14	22	54 %
Route 2	Örby - Johanneshovsbron	19	23	23 %
Route 3	Norsberg - Nyboda	15	27	78 %
Route 4	Drottningholm - Fredhäll	33	20	-38 %
Route 5	Bergslagsplan - Fredhäll	32	18	-44 %
Route 6	Kallhäll - Norrtull	36	22	-38 %
Route 7	Hägernäs - Roslagstull	29	19	-36 %
Route 8	Skurubron - Henriksdal	16	19	16 %
Route 9	KK - Häggvik	45	41	-8 %
Route 10	Häggvik - KK	29	28	-3 %

Table 4: Morning peak hour travel time measured and estimated.

7.5.6 Queues

TransModeler possesses an output manager which can create rapport, table and maps about different variable previously selected. One output is spillback queue. It can be visualized by aggregated time interval (30 seconds as well as 5 minutes) on links according to a selection of nodes. Definition of a queue can be customized. Default parameters are:

- Speed < 8 km/h
- Gap between vehicles <12.2 meters
- Number of vehicles >1

Next figures show queue development during peak hour. It represents average number of vehicles queued per link on three 5-minutes time interval: at 7h20, 7h30 and 7h45. The first period shows relatively short queues, mainly on Varmdöleden, Drottningholmvägen and Söderledstunnel. On the following

period, queues have developed on those three roads as well as in inner-city and started on Essingeleden. At 7h45, queues have propagated, for example until Nacka trafikplats on Varmdöleden.

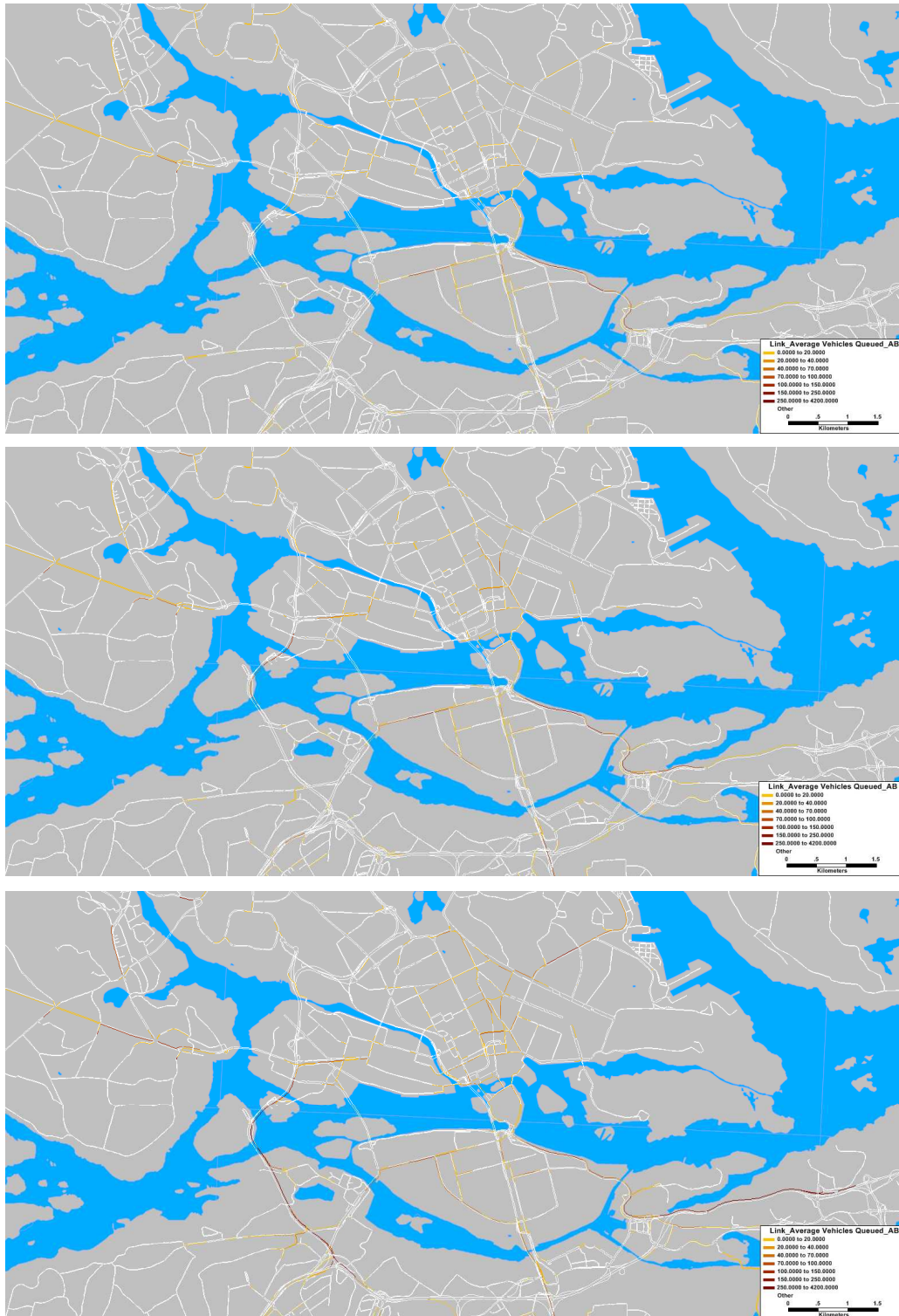


Figure 15: Average number of vehicle queued per link (up: 7h20/7h25, middle: 7h30/7h35, down: 7h45/7h50).

7.5.7 Skimmed matrices

TransModeler offers a shortest path matrix tool which calculates for each O-D the shortest path according to a variable (distance or generalized cost) and returns skimmed matrices (distance, free flow travel time and generalized cost). At the moment, the toll variable is not possible to skim outside the generalized cost.

As shown in the figure below, shortest path can be computed according to the departure time (any second in the assignment period) and the driver group (where value of time is a parameter).

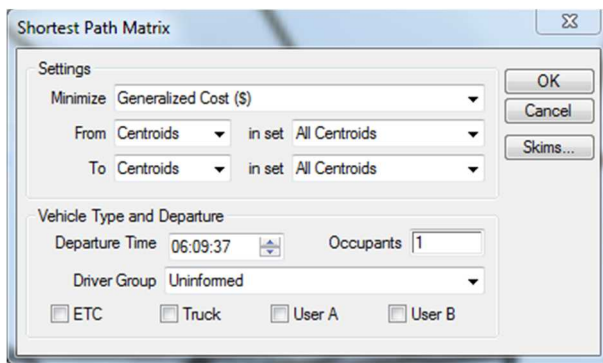


Figure 16: Shortest Path Matrix Toolbox

Thus, for future developments, TransModeler offers data to create a departure time model as well as different matrices for different group of persons.

However this tool is available in the program but is currently not accessible by an API (internal coding program GISDK as well as external program like C#). Thus we cannot call it during iteration between dynamic assignment and demand model. In a discussion with Caliper support service (12th November 2013), they informed us their willingness to develop further this function in the next 6 months. It means that it should be available in GISDK and it should include toll as a skimmed variable (Bilaga 3 for confirmation by email)

Following a DTA simulation, TransModeler creates different tables (link, turn movement, trips) that contain all data required to calculate ourselves those skimmed matrices. GISDK proposes different internal function that reconstitutes the skimmed matrices. This gives more freedom to design the variable to minimize than the shortest path matrix toolbox but presents disadvantages. The first one is its lack of time-dependence on the route. Indeed this method use only one time segment for the entire route to minimize and not an updated travel time or congestion charge cost.

The second one is that GISDK internal functions do not give the opportunity to take into account delay at intersections in the calculation.

Finally, calculation time is about 40 minutes to get LOS matrices (travel time, distance and toll). In the travel time matrix, a 2 minutes fixed time is added on

connectors (at origin and at destination) to follow SAMPERS method, time to get to the car or to park the car.

In the future (next six months), if TransModeler is selected as software, the tool to calculate skimmed matrices according to the correct shortest path (time-dependent with intersections delay) should be accessible in internal coding (see mail from Caliper, Bilaga 3).

7.6 Integration with REGENT

TransModeler does not support API access to start and handle simulation from external software. To interact between traffic simulation and demand model, we used the native macro language, GISDK, of TransModeler. In that way, we start and handle DTA simulation iteration, achieve post-processing of the simulation and then call Regent as external program when necessary. Version 3.0 of TransModeler was not capable to handle this interaction but Caliper released a new version in November that solved the problem. Latest version is named version 3.0 r2.

We conducted a test with 7 iterations between the assignment and the demand model as it is common to do with LuTRANS. However only work trips are updated in the demand model.¹⁵ Those trips represent around two third of the total number of trips in the morning peak hour.

Computing time for 7 iterations Demand model/Assignment is around 40 hours. It can vary according to congestion level in the network for step "reevaluation of route choices" which is operated at each iteration inside a DTA assignment. With future software development by Caliper, LOS matrices calculation step should be reduced to 10 minutes for the full loop instead of nearly 5 hours (paragraph 7.5.7). Other optimizations are possible such as calculating relative gap less frequently and percentage of paths reevaluated. Finally, TransModeler uses multithreads during calculation so that a better computer could perform faster.

¹⁵ LuTRANS uses morning level of service to establish work trips and low traffic period LOS for other trips and we assign demand in TransModeler at morning peak hour only in this test.

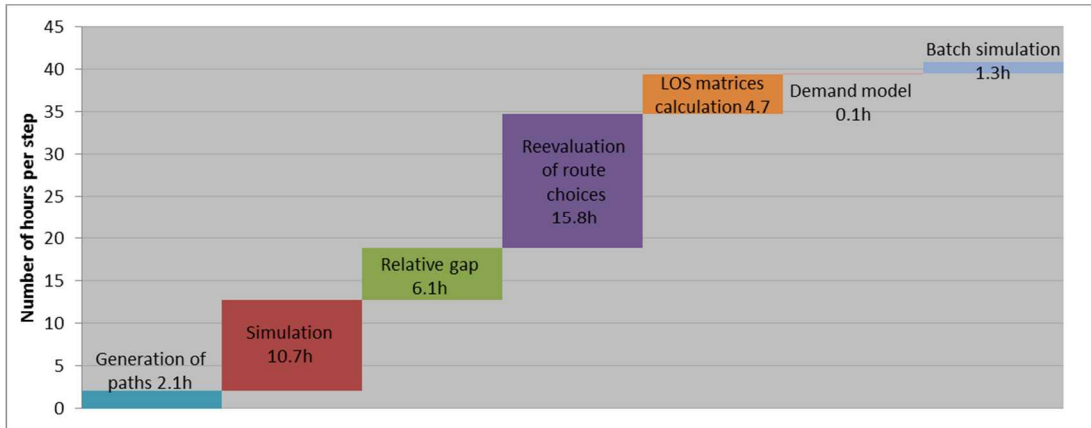


Figure 17: Computing time per step for a full calculation in TransModeler

To analyze convergence, we looked at the relative gap¹⁶ for the demand matrix as well as for the impedance matrices. The work trips matrix is deterministic (only integers, i.e. agent-based demand model) so that we aggregated trips by starting zone instead of looking for each O-D pair. We use the method of successive averages in the demand model in order to facilitate convergence of the impedance matrices.

Below we compare the number of total trips (work, business, goods and other trips) between 6h30 and 8h along iterations as well as relative gaps. Variation is less than 100 trips on that period between the two last iterations. Relative gap for number of work trips is reaching 0.8% after 7 iterations. Equivalent relative gap for the impedance matrices is 0.5% for distance and 1.7% for travel time.

¹⁶ $\frac{M_{i,j} - M_{i,j}^{(k)}}{M_{i,j}}$, where M is the analyzed matrix and N the number of zones

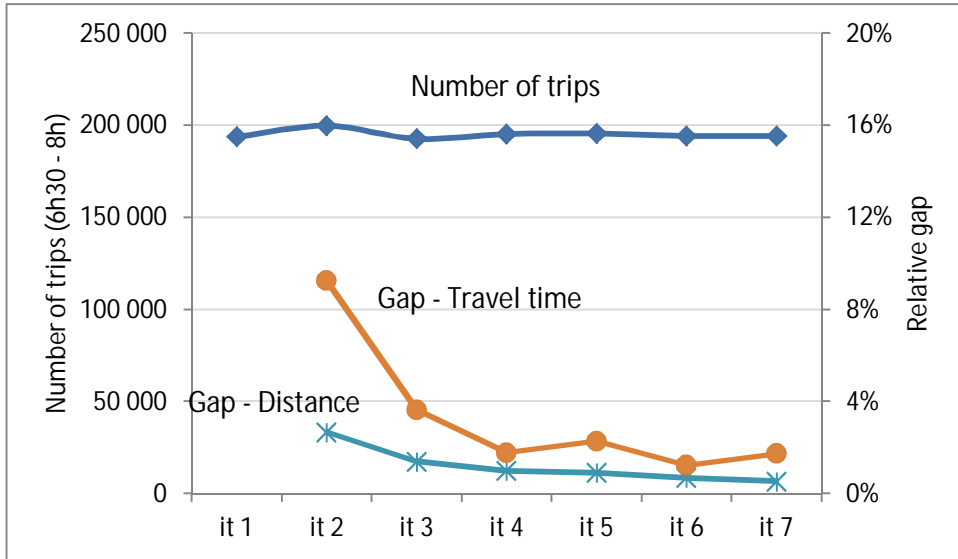


Figure 18: Convergence indicators of iterations between Regent and TransModeler

The Logsum is an interesting indicator for convergence. It corresponds to an average of all transport modes accessibility calculated for each zone by the formula: $LogSum = \sum_{z \in zone} \log(\sum_{m \in mode} GenCost_{m,z})$

Next figure shows variation of the logsum for work trips in Stockholm region between two consecutive iterations. Variation is lower than 0.2 percent from iteration 6, which confirms observation with number of trips and relative gap for impedance matrices.

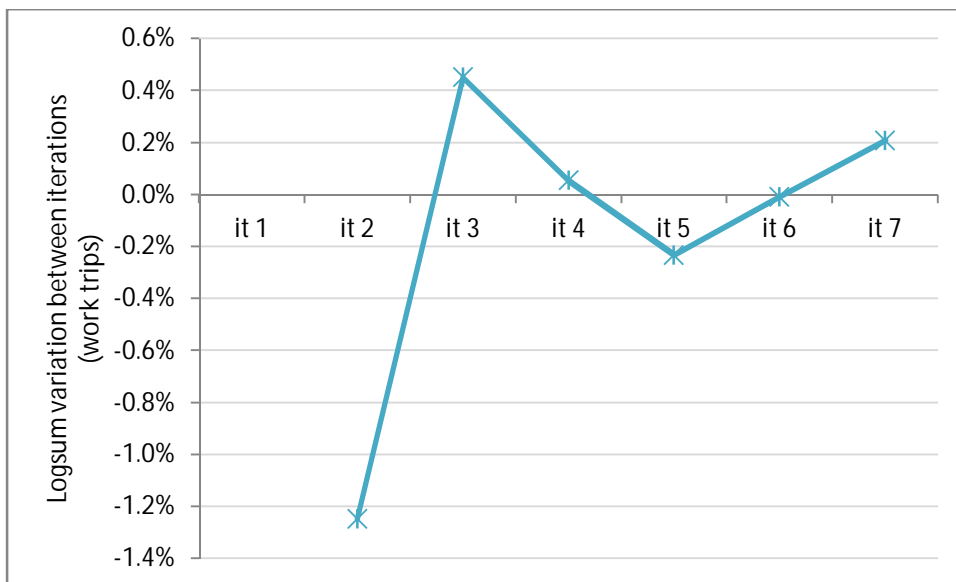


Figure 19: Logsum variation between iterations for work trips

In Figure 20 below is compared travel times on the 10 routes described in paragraph 7.5.5. The large deviation in the second iteration is explained by higher demand (maximum demand over the 7 iterations). With abstraction of

iteration 2, we observe stable travel times on routes 1, 2, 4, 5. Routes 3, 7 and 8 present most variation.

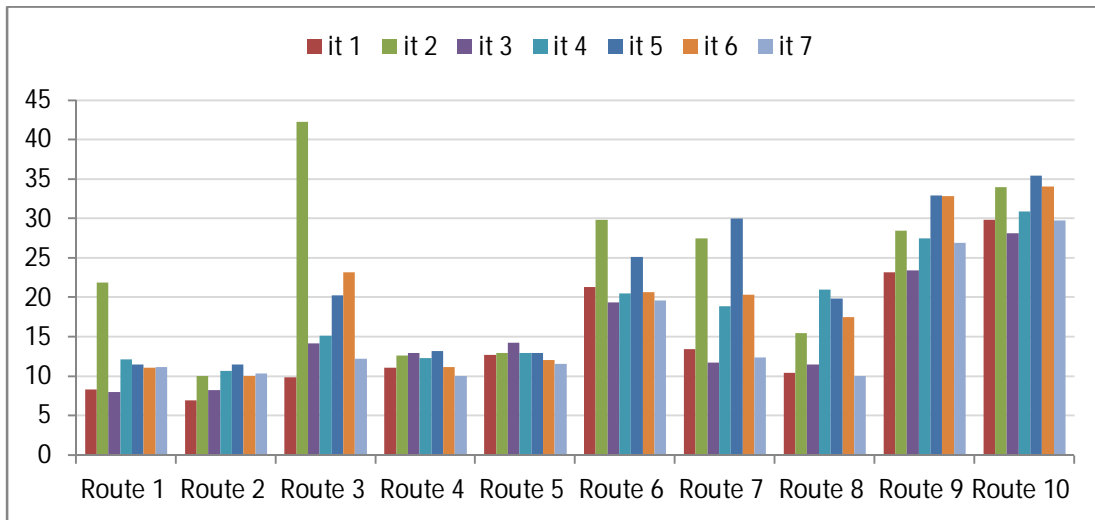


Figure 20: Travel time for 10 routes compared.

7.7 Test 1: Assignment with three driver classes

A first test have been conducted in order to observe computing time and route choice evolution between an assignment with a unique driver class (value of time: 90 kr/hr) and three classes as follow:

- Work trips 100 kr/hr 90% cars / 9.7% vans / 0.3% MC
- Other trips 50 kr/hr 90% cars / 9.7% vans / 0.3% MC
- Additional trips 100 kr/hr 40% vans / 40% single-unit trucks / 20% trailer trucks

Regarding computing time, TransModeler is not sensitive to a higher number of classes and variation in route choice. Trip generation, simulation or reevaluation of route choices is performed in a similar computing time.

Though, convergence level after the same number of iterations is higher with 3 classes. We obtained a relative gap of 3.4% after 10 iterations with 3 classes while model with a unique class converge to 2.1%.

Travel time analysis on the same 10 routes converging to Stockholm shows changes of travel time in both directions. Some routes have shorter travel time (mainly routes South→North) while others have longer travel time.

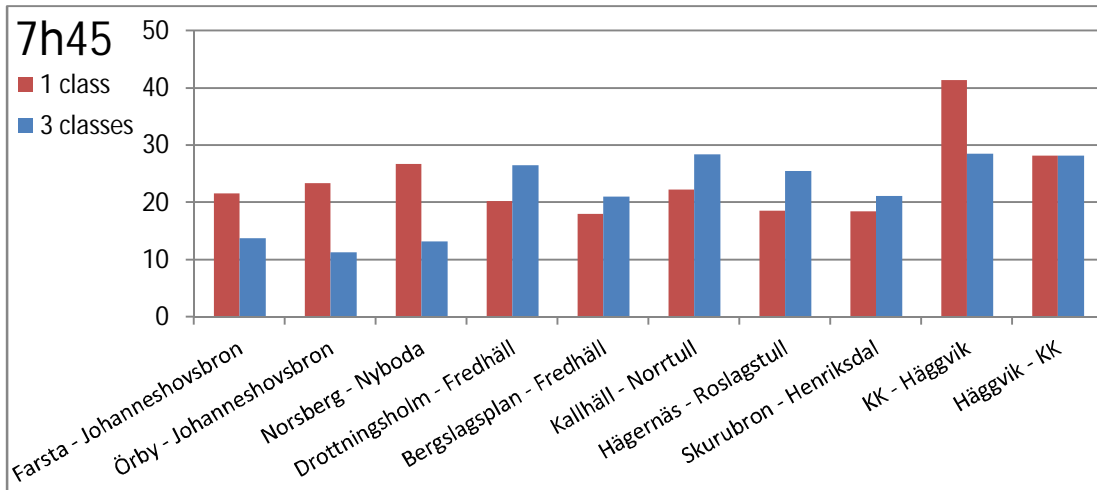


Figure 21: Travel time comparison in peak period (7h45) with 1 and 3 driver classes

Finally traffic flows and route choice (same demand matrices) vary slightly between the two simulations. With three classes, “other” trips have a lower value of time that cause a lower tolerance to congestion charges while the two other driver group have a higher tolerance.

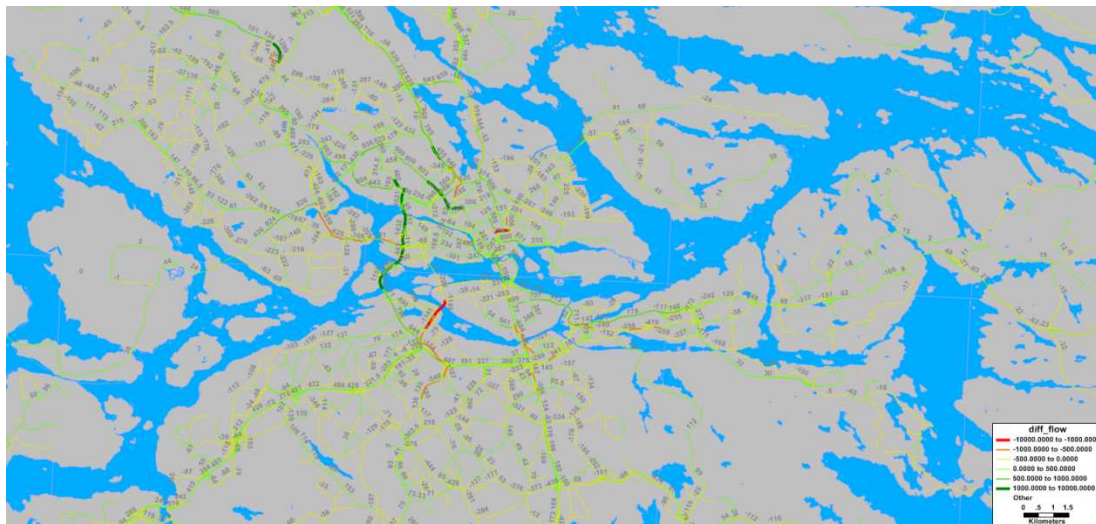


Figure 22: Effect of number of classes on traffic in morning peak hour (7-8h); Red = more with 3 classes, Green = more with a unique class

7.8 Test 2: Utility of congestion charges

We have conducted a second test of TransModeler which is removal of the congestion charges in the demand model as well as in route choices. This test has two implications. The first one is new route choices without congestion charges available via the inner-city of Stockholm; the second is the lower generalized cost for car in the modal choice. However the current model is not able to take into consideration time departure evolution.

Utility for work trips presented in Figure 23 is calculated based on the logsum divided by a cost parameter. Utility is mainly dependent of travel time, distance

and cost (congestion charges). In the scenario without congestion charges, utility gets higher because of lower cost but gets lower because of longer travel time (more traffic, i.e. more congestion). This test shows a slightly positive consumer surplus (between 100 000 and 200 000 SEK per day) of congestion charges. In comparison with congestion charges revenues (3.5 MSEK per day), consumer surplus is negligible.

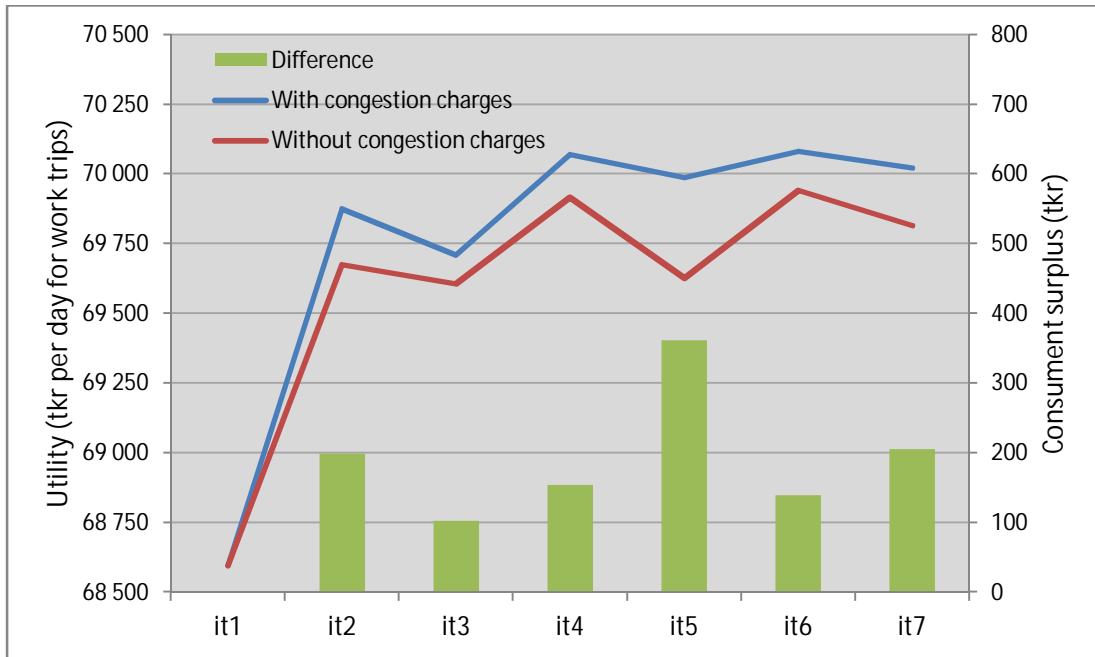


Figure 23: Utility of congestion charges evolution over demand model iteration

Analysis of Stockholm congestion charge trial in 2006¹⁷ conducted to following results:

- Number of vehicles through the toll cordon has decreased by 16% in the morning peak hours (7-9h)
- VKT (vehicle-kilometers travelled) in the inner city has decreased by 14% (day as well as peak hours)

In this test, according to TransModeler/Regent, number of vehicles through gates has decreased by 27 percent and VKT by 16% in the morning peak hour (7-8h) because of the instauration of the congestion charge.

If we look at the demand, work trips have increased with 0.6 % and other trips by 1.9%. However demand for other trips is not connected to new LOS matrixes (which are off-peak travel time and distance) so that only changes in congestion charge is perceived in the calculation.

¹⁷ Rapport Utvärdering av Stockholmsförsökets, effekter på biltrafiken, juni 2006



Figure 24: Effect of congestion charge on traffic in morning peak hour (7-8h); Red = more without congestion charge, Green = more with congestion charge

Travel time analysis on the same 10 routes converging to Stockholm shows longer travel times without congestion charges. It is due to a higher number of vehicles in the network. However three routes get more than double travel time when congestion charge disappears. It concerns route 6 “Kallhäll – Norrtull”, route 7 “Hägernäs – Roslagstull” and route 8 “Skurubron-Henriksdal”.

Removing congestion charges on Roslagsvägen conducts to a flow shift from Bergshamraleden/E4. However capacity at Roslagstull is limited and queues are formed. In the same way, it creates a magnet effect on Värmdöleden.

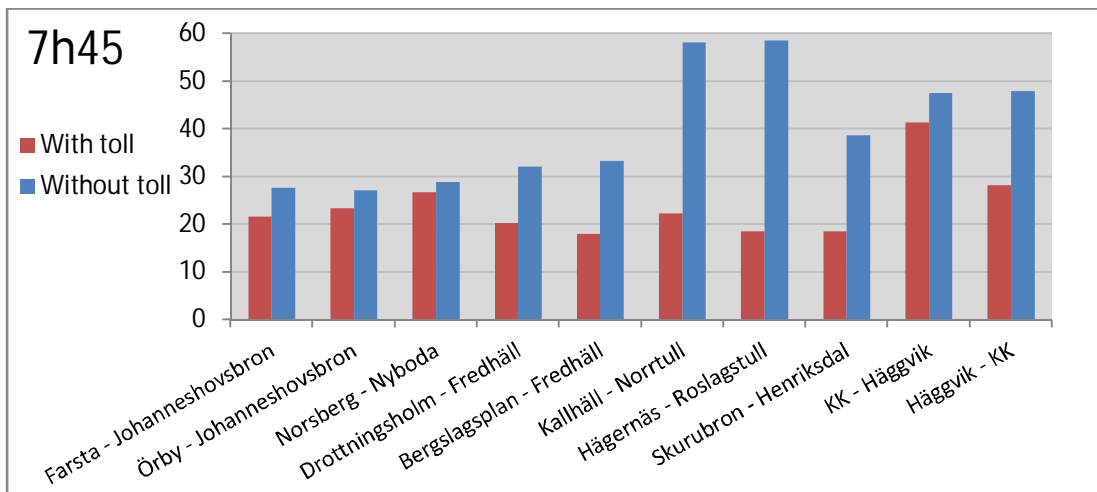


Figure 25: Travel time comparison in peak period (7h45) with and without congestion charges

The effect of congestion charges has been analyzed with SAMPERS, comparing situation with and without. Figure 27 summarizes observations via camera and results using SAMPERS and TransModeler. A ratio below one means that travel time is shorter with congestion charges.

Camera observations show shorter travel times (15 to 60 percent lower) thanks to the instauration of congestion charges. SAMPERS return values around +/- 5% except for route "Hägernäs - Roslagstull" while TransModeler, without calibration, reacts with higher amplitude than SAMPERS. On five of the seven routes Transmodeler were closer to the measured values compared to Sampers and on one route Sampers was closest and on one route there were no difference.

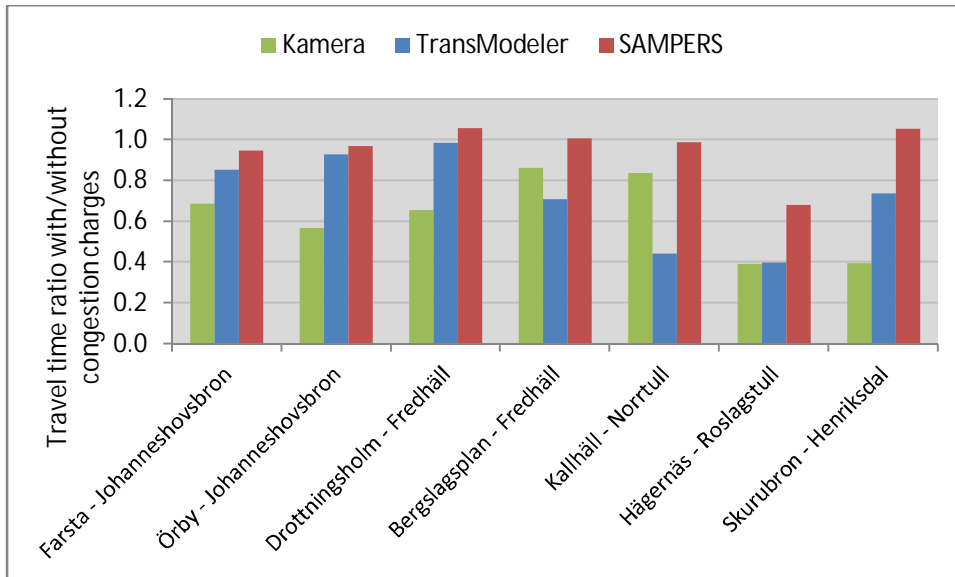


Figure 26: Travel time ratio with/without congestion charges comparison with camera and SAMPERS

7.9 Test 3: Increase of travel demand

The third model test corresponds to an increased trips demand in order to observe demand model reaction (new modal share) as well as potential problem such as gridlock, increased computing time, deteriorated convergence level.

Due to time constraint, it was not possible to get an agent based population for a future time horizon which is input of the demand model Regent. The solution applied in this test is an artificial increased in Regent of the work trips demand by a factor 1.3 (+30%). This increase is homogenous on all O-D, which of course does not represent future developments.

To start with, we ran the demand model Regent with 2010 impedance matrices and the factor 1.3. Demand is then simply 30 percent higher for work trips, which conduct to a more congested situation in TransModeler.

As shown in Figure 27, the model reacts as expected at iteration 2 the demand decreases to reach a new equilibrium according to the new input (longer travel time with car). Demand at iteration 3 increases again due to shorter travel time. After that, the demand is stabilizing around 230 000 trips for the period 6h30 -

8h (194 000 trips for the situation 2010). If we focus only on work trips, it increased finally by 25.6 percent between 2010 and this test (iteration 7).

Computing time increases with a higher travel demand. Indeed TransModeler loads each vehicle in the network and assigns it to it a path (step generation of paths computed after each iteration with Regent). Moreover TransModeler performs dynamic assignment calculating interactivity between vehicles (microscopic) or group of vehicles (mesoscopic). Finally convergence is more difficult to reach when the level of congestion is higher.

Thus, for a single DTA with 10 iterations, computing time is about 5h30 instead of 4h20 with 2010 situation. It corresponds to an increase of 27 percent. Elasticity to demand is close to one.

Convergence level is similar as the reference situation with stable number of trips after iteration 3, and relative gap for the impedance matrices below 2 percent after iteration 5.

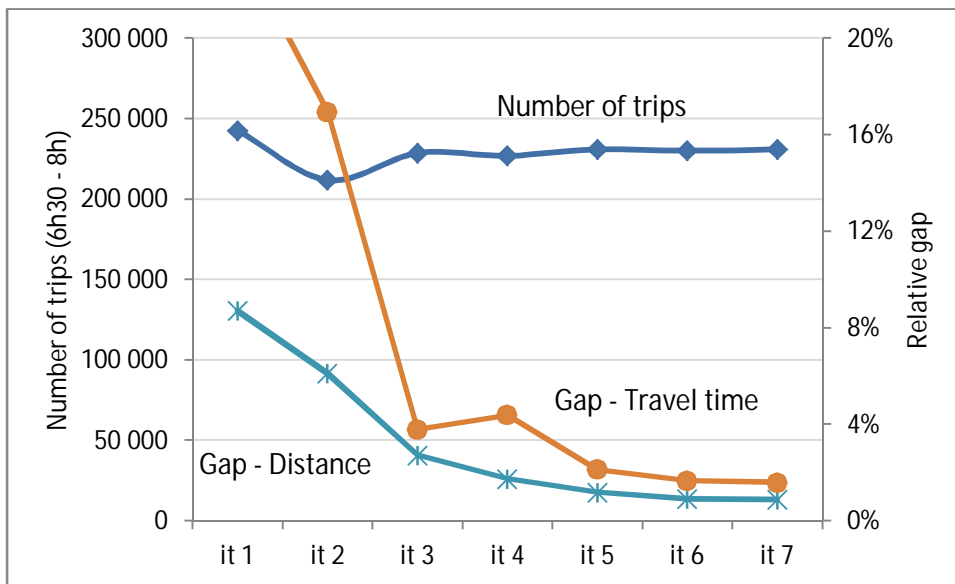


Figure 27: Convergence indicators of iterations between Regent and TransModeler

Figure 28 represents the travel time evolution for the period 8h-8h15 for the 10 routes analyzed previously. The first eight routes has an increased of travel time by 7 to 66 percent while the two last routes (E4 south ↔ north) has constant travel time.

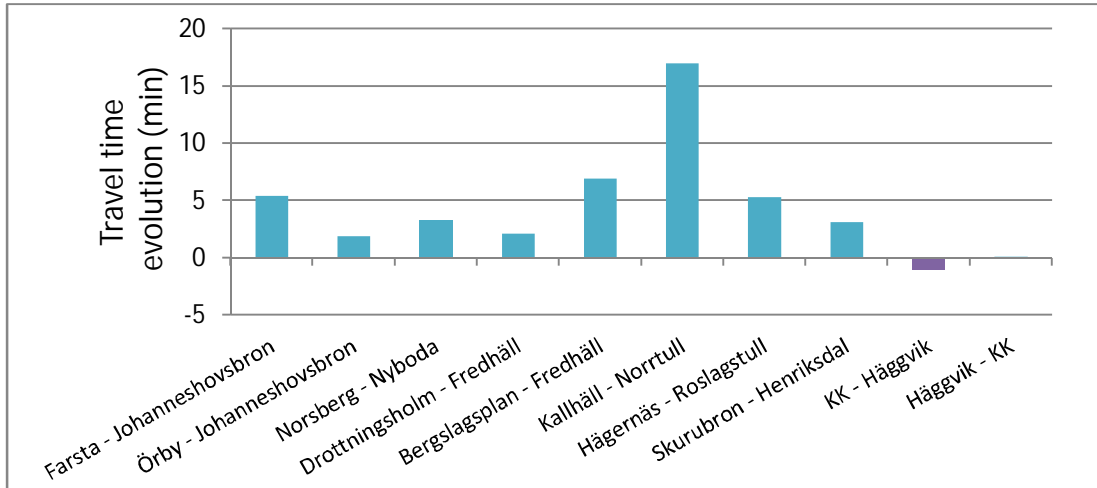


Figure 28: Travel time evolution between test 3 and reference situation

Flow difference (percent) between situation 2010 and an increased demand is shown in the figure below. Red colors correspond to a traffic decreased with higher demand and green colors a traffic increase. Major roads like E4, Södra länken, Roslagsvägen has increased traffic while congested roads provoke alternative path (Nockebyvägen, Örbyleden, Saltsjöbadsvägen are examples). Overall on the Saltsjö Mälars cordon, we observe 18% traffic increase in direction south→north and 3% in the opposite direction.



Figure 29: Relative flow difference between 7 and 8h with regards to increased work trips demand

Finally, we observe absolute flow difference in Figure 30 during the peak hour 7-8h. As seen before, green colors are dominating since traffic increased by 26 percent. Main increases in absolute value are observed on the E4 from Södertälje to Kungsholmen. Alternative roads that stand out in percentage difference have a low increase in term of number of vehicles.



Figure 30: Absolute flow difference between 7 and 8h with regards to increased work trips demand

7.10 Program use

TransModeler is easy to use for network editing and the interface is quite intuitive. A road editing tool box is available that allow to create/remove/modify the different layers of the network such as links, segments, lanes, lanes connectors, centroids and centroids connectors. A tool to create roundabout in a single step is also available.

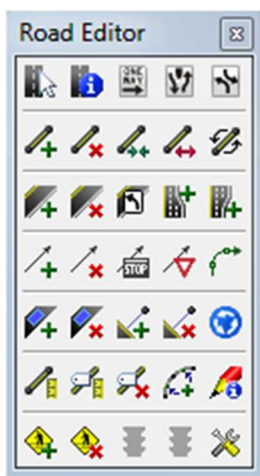


Figure 31: Road editor in TransModeler

Caliper advises to use microscopic fidelity for roundabout simulation because of low accuracy modeling of mesoscopic fidelity for short segments (often a roundabout is divided in 8 segments). However hybrid microscopic/mesoscopic network caused error in version 3.0 of TransModeler. New release has been able to handle previous bugs when creating a hybrid network.

Set of roads to be converted in the new fidelity mode has to be cautiously chosen. Indeed between two parts of network with different fidelity is required a "transition" link (created automatically by the program) so that segments

should be long enough to create the “transition” link. Error message appears if the set of roads is not correct.

A typical coding error is to select a freeway but not the ramps, which does not change fidelity as expected. In the left figure below a selection of a freeway (red) but not the ramp (blue). Results (right figure) shows in green new fidelity (microscopic for example) and in blue the old fidelity (mesoscopic).



A scenario file manager is available in TransModeler. This one allows to define different project settings (e.g., start and end times, input files, signal timings ...) for different times of day or for project alternatives in the same simulation project file. Scenarios make it easy to manage a project’s various input files when conducting alternatives analysis or when modeling different periods of the day. However, different scenarios in a same project must share the same roadway geometry. To simulate roadway improvement scenarios, we need to create a new simulation database and a simulation project file.

TransModeler has a long documentation (700 pages) but does not always explain fundamental and technical principles that stand behind functions. In addition, different functions are used for different fidelity of the model (microscopic, mesoscopic, macroscopic) such as volume-delay/ speed-density functions. Thus it is not always clear which function and parameters apply to which fidelity. Manual includes GISDK base functions description but has limited description of advanced function (automatic control of simulation ...). In the last released version of TransModeler, user manual has been completed with an API manual.

TransModeler and its API have been developed for traffic managements (change of signal plan, vehicle path, ramp metering ...) but has a limited number of functions to interact with simulation or LOS matrix as we do in this project.

Caliper gave us a sample code to automate launch of simulation from GISDK. However there is no description of those functions in the manual and Caliper tend to communicate on programming solution only in dribs and drabs. After three weeks communication¹⁸ with support service, it has not been possible to run automatically assignment and demand model iteratively. A telephone conference with support service filled finally our expectations.

To summarize, support service are willing to help us in building our model, by mail as well as by telephone with “gomeeting” tool to share screen. But TransModeler has not been developed in the way we wish to use in this project

¹⁸ Caliper support service is located near Boston, USA, which reduce possibility of interactivity

so that they can't provide all information and code at the moment. They are releasing new version of TransModeler regularly that present less bugs and more functions. They are eager to receive our remarks and needs to include those developments in future releases (Bilaga 3).

7.11 Analysis tools

This chapter summarizes important analysis tools but possibilities offer by TransModeler are much wider. Data per segment, node and path are available for multiple illustrations.

Flow bundle (*critical link toolbox* in TransModeler, *select link* in Emme) gives the opportunity to analyze origin and destination of all vehicles going through one or more road segments or using a turn at intersection. This is an important tool to better understand vehicle behavior and their route choice. For new infrastructure analysis, this tool indicates all vehicles using this infrastructure, where do they come from, where do they go. Moreover flow bundle can be performed by time interval and vehicle group and resulting O-D trips matrix can be exported.

TransModeler contains also a path analysis toolbox to observe shortest path between two points and compute travel time for different departure time. In detailed studies and traffic management, this toolbox can be used to modify the path table coming from generation of routes at each assignment creating detour.

After each assignment, intersections data such as volume and delay can be observed numerically and graphically by time interval. Report for each intersection is available with level of service, number of stops, delays per turn ...

Finally, it is possible to compute various report (congestion charges revenues, flow and travel time statistics ...) and illustrations (queues length, average delay, maximum delay ...).

Since TransModeler share characteristics with GIS it can exchange spatial and attribute data with standard GIS such as ArcGIS, MapINFO and CAD software such as AutoCAD. TransModeler/TransCAD can use the most coordinate systems such as SWEREF 99, RT90 and ST74 (used by Stockholm city). TransModeler can of course also exchange planning data with TransCAD but TransCAD cannot use a TransModeler network as is e.g. for traffic assignment. In order to use a TransModeler network in TransCAD for traffic assignment a subset must be exported. TransModeler does not use vdf's but such information can be used as an attribute on the link layer.

Additional data structures is 3D objects of infrastructure, buildings and vehicles. Simulation in 3D can be used for orientation and to study the visual impact of traffic solutions.

8 TESTERNA MED VISUM DUE

8.1 Egenskaper hos programmet

Visum utvecklas av PTV med bas i Karlsruhe, Tyskland. Visum är en makroskopisk trafikmodell som kan hantera stora nätverk. PTV utvecklar även Vissim för mikrosimulering. Visum kan modellera kollektivtrafik eller biltrafik. För biltrafik finns ett flertal olika assignmentalgoritmer, från statiska till dynamiska. Visum DUE är en av dessa och utför dynamisk assignment med blocking back.

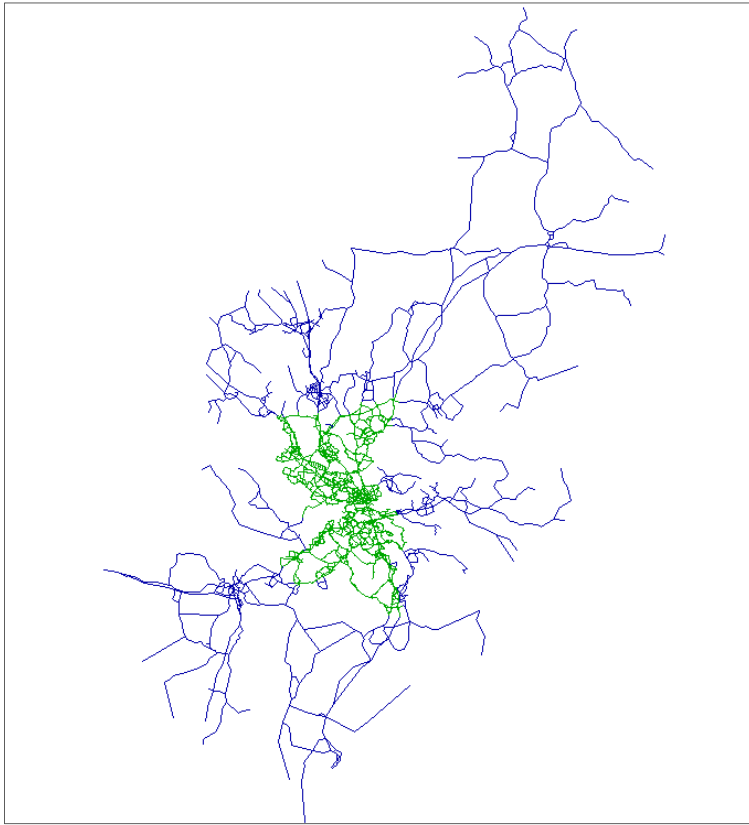
Visum (statiska varianten) har använts mycket i Sverige för modellering av både biltrafik och kollektivtrafik. I Stockholm har SL nyligen bytt till Visums kollektivtrafikassignment. När det gäller biltrafik har många kommuner utvecklat Visum-modeller, bland annat Göteborgs Stad. Visum DUE är helt integrerat i Visum och använder samma interface som statiska Visum. Steget från att använda statiska Visum till Visum DUE är därför inte särskilt stort.

Visum DUE tar inte hänsyn till konflikterande trafikströmmar i korsningar. I stället anges mättnadsflödet för respektive sväng. Det skulle enligt PTV vara möjligt att göra en statisk utläggning med Visum ICA (intersection capacity analysis) för att fastställa mättnadsflödena inklusive konflikterande trafik. Det rekommenderades dock inte av PTV i början av projektet då man sade att en efterföljare till DUE som tar hänsyn till konflikterande trafik snart skulle introduceras. Dessa planer har sedermera lagts på is och PTV förordar nu återigen kombinationen ICA/DUE.

8.2 Sammanställning av vägnätet

8.2.1 Grundnätet

Inom projektet bestämdes snabbt att det nät som var bäst lämpat att utgå från var Trafikverkets Dynameq-nät över Stockholm. Eftersom nätet endast täcker länets centrala delar kompletterades det med den del av Samm-nätet från Sampers/Emme som täcker Stockholms län. Näten klipptes ihop så att den del som täcks av Dynameq-nätet togs från Dynameq och övriga delar av länet från Emme, se Figur 1. Arbetet gjordes i ArcGIS. Eftersom nätet skiljer sig något från varandra geografiskt, främst genom att Dynameq-nätet är mer noggrant kodat, flyttades noder manuellt i skarvarna för att näten skulle mötas.



Figur 1: Grundnätverket där området som importerats från Dynameq markerats (grönt)

8.2.2 Centroider och skaft

Centroider importerades från Sampers/Emme när grundnätverket skapades.

Även skافتen har hämtats från Sampers/Emme. Men då nodnumreringen för delar av Dynameq-nätet inte överensstämte med Emme-nätet har inte alla skافت importerats. Dessa har kompletterats manuellt i efterhand. Skافتen har tills vidare inte fått någon längd tilldelad i Visum.

Dynameq-nätet som använts har även det innehållit skافت vilket medfört att det för denna del av nätets ursprungligen fanns dubbel uppsättning med skافت. Dessa har tagits bort i efterhand.

8.2.3 Antalet körfält

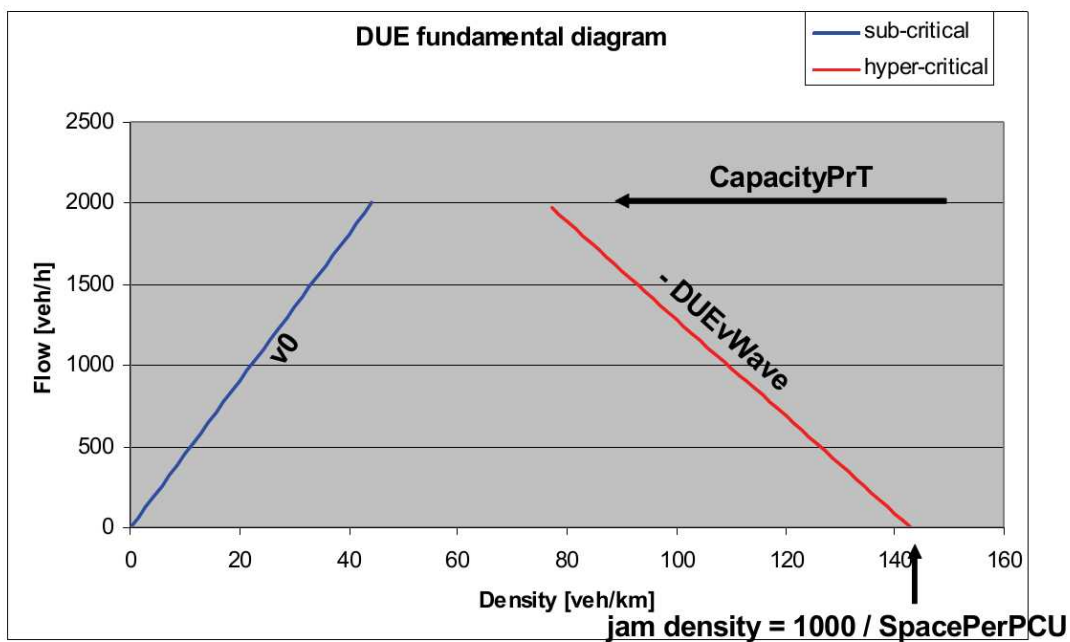
Efter importen till Visum av nätets kunde de attribut som står för antal körfält och hastighet tas direkt från motsvarande attribut i Dynameq. Emme-nätet är något annorlunda på så sätt att antal körfält och hastighet finns inbakade i VD-funktionerna, men med hjälp av en tabell över vilka hastigheter och antal körfält som motsvarar vilka VD-funktioner kunde informationen kodas i Visum.

8.2.4 Mättnadsflöden och kapaciteter

Kapaciteten i korsningarna är avgörande för flöde och hastighet vid utläggning i DUE. För korsningar med väjningsplikt eller högerregel är nätverket tills vidare inte kodat, utan mättnadsflödet är 1 900 fordon per timme per körfält. I

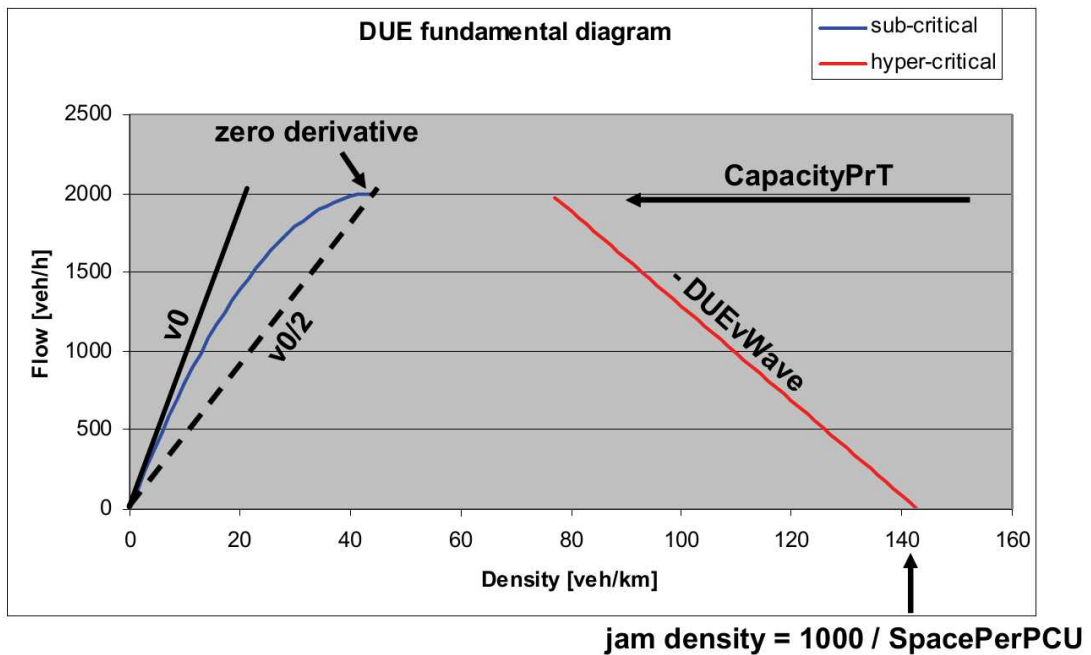
signalreglerade korsningar är mättnadsflödet baserat på andelen gröntid under en timme.

Den grundläggande kapacitet som ändå behöver finnas på varje länk i Visum är satta till 2 000 per körfält för alla länkar. I praktiken används detta kapacitetstak i DUE endast som ett övre tak för att undvika grova fel, eftersom länkhastigheten upp till kapacitetstaket är lika med friflödes hastigheten på de flesta vägar (Figur 2).



Figur 2. DUE fundamental diagram för mindre vägar och gator

På motorvägar och andra stora leder (facility = 1 i Dynameq) används dock även en VD-funktion som baseras på detta kapacitetstak för att inte hastigheten där ska vara helt opåverkad av flödet när köbildning saknas (Figur 3).



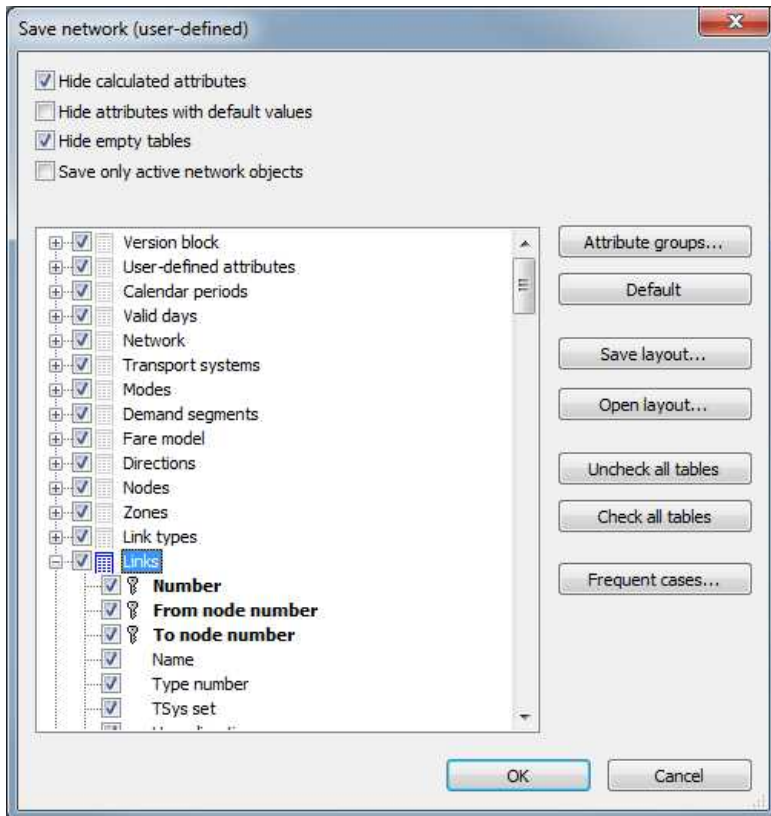
Figur 3. DUE fundamental diagram för motorvägar och motortrafikleder

8.2.5 Kodning av korsningar, kopplingar mellan körfält

Som grund för kodningen av korsningarna i Visum har exporterade textfiler från Dynameq-nätet använts. Dessa är enkelt uppbyggda med bra dokumentation som förklarar hur de ska tolkas.

För att kunna importera korsningskodningen från Dynameq till Visum har en metod använts där grundnätverket i Visum först exporteras till en Accessdatabas, varefter denna redigeras så att det överensstämmer med kodningen i Dynameq, och återigen importeras till Visum.

Alla objekt och företeelser beskrivs i accessdatabasen i olika tabeller. Vid exporten får man välja vilka tabeller som skall exporteras (Figur 4), det finns totalt sett ca 150 olika tabeller att välja mellan. Tabellerna innehåller i sin tur en mängd olika attribut som beskriver de olika objekten och företeelserna.



Figur 4: Exportfönster i Visum

I det här fallet har varken alla tabeller eller alla attribut behövts för vårt ändamål. Vi har fått hjälp av PTV att välja ut de tabeller och attribut som varit nödvändiga.

De tabeller som exporterats och använts är:

- Node
- Link
- Leg
- Turn
- Laneturn

Nedan följer en kort beskrivning av vad respektive tabell huvudsakligen används för.

Tabellen *Node* innehåller vilken regleringstyp som respektive korsning har.

Tabellen *Link* innehåller information om mellan vilka noder länkarna går, antal körfält och riktningen på länken (väderstreck).

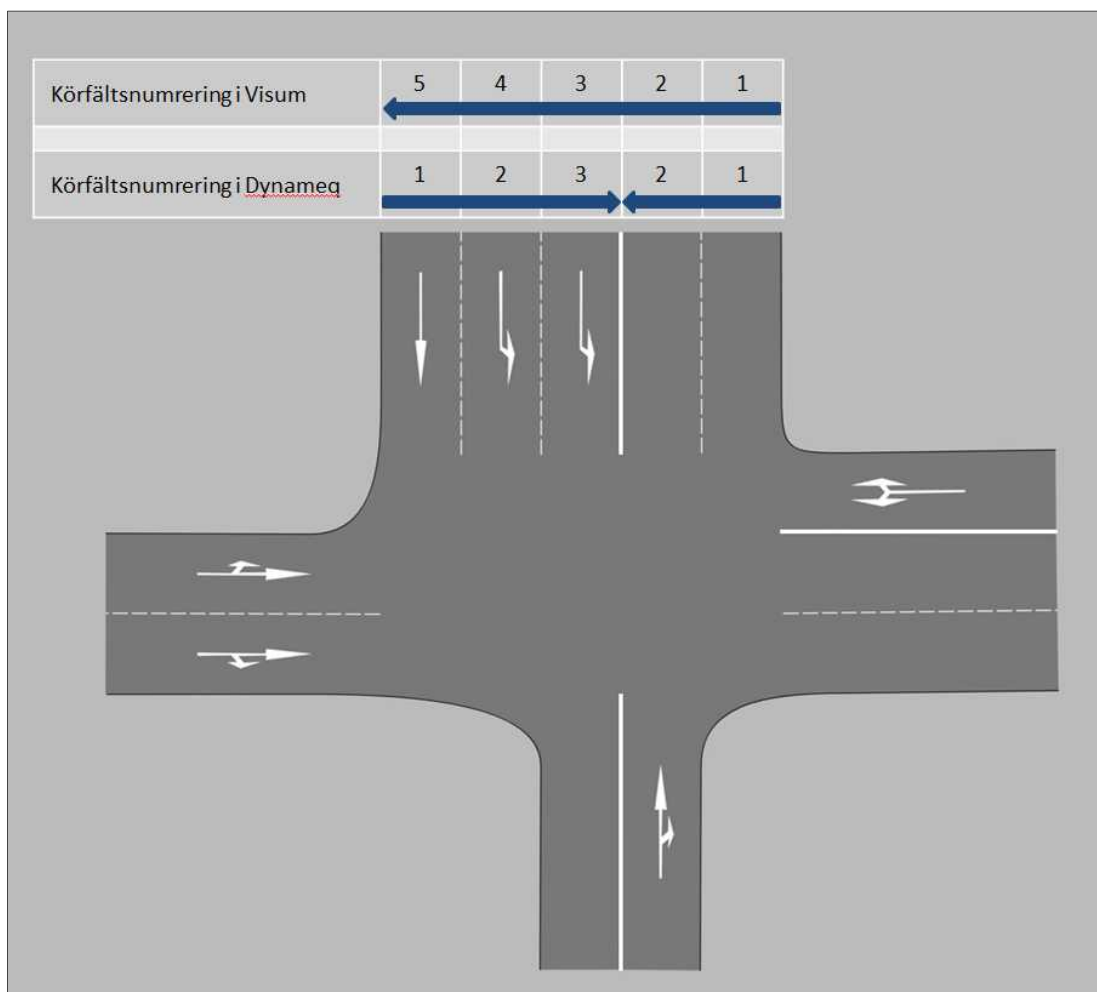
Tabellen *Leg* innehåller information om riktning (väderstreck) på samtliga inkommande ben till korsningen.

Tabellen *Turn* beskriver övergripande vilka svängrörelser som är tillåtna i respektive korsning.

Tabellen *Laneturn* beskriver mellan vilka körfält som svängrörelser är tillåtna.

Det finns flera skillnader i hur korsningskodningen är beskriven i Dynameq jämfört med hur den beskrivs i Visum. Ett problem har varit att förstå vad alla attribut och tabeller exakt beskriver och hur dessa förhåller sig till varandra. Det finns inte (till skillnad från Dynameq) någon enkel dokumentation över hur denna struktur ser ut i Visum, vilket nog beror på att det är ett väldigt komplext verktyg med många möjliga användningsområden vilka alla behöver olika information.

Bland annat är körfältsnumreringen olika mellan Dynameq och Visum, se Figur 5. I Dynameq separeras ingående och utgående körfält och numreras med start i väggkant och ökande in mot vägmitt. I Visum däremot numreras körfälten ökande i moturs riktning för både ingående och utgående körfält.



Figur 5: Exempel på skillnad av körfältsnumrering i Visum och Dynameq.

Även metoden att fördela svängrörelser till specifika körfält varierar mellan Dynameq och Visum. I Dynameq beskrivs alla svängrörelser genom att definiera mellan vilka länkar och körfält som en svängrörelse är tillåten (flera körfält per svängrörelse). I Visum beskrivs detta i två separata tabeller. Dels en tabell (turn) som beskriver vilka svängrörelser som är tillåtna i respektive korsning

och dels en tabell (laneturn) där man på körfältsnivå definierar vilka svängrörelse som är tillåtna (ett körfält åt gången).

En annan skillnad som behöver hanteras är att tabellen *Turns* i Visum beskriver tillåtna svängrörelser genom att definiera mellan vilka noder som det finns en relation (från- via- och tillnod), medan detta i Dynameq istället beskrivs genom att definiera mellan vilka länkar som en svängrörelse är tillåten.

Förutom ovanstående exempel på hur samma sak metodmässigt beskrivs på olika sätt mellan Visum och Dynameq finns det en mängd mindre skillnader (olika ID för länkar mm). För att hantera detta rent praktiskt har ett excelark där översättning mellan de båda filformaten tagits fram.

8.2.6 Prioriteringar

Informationen om prioritet i korsning används inte för nätutläggningen i DUE. Kapaciteten som sätts för svängande trafik tar inte hänsyn till konflikterande flöden.

Vid en första utläggning framgick att detta orsakade problem i stora cirkulationsplatser, så som den vid Brommaplan. Eftersom trafiken inne i cirkulationen inte har automatiskt företräde i modellen uppstod tillbakablockeringar lätt inne i cirkulationen. Detta problem åtgärdades genom att sänka kapaciteten för de inkommande länkarna till 1 000 fordon per timme om de har ett körfält och 1 500 om de har två körfält. Denna åtgärd räckte till för att undvika att omotiverade låsningar (grid-lock) uppstår inne i cirkulationsplatser. Den ger också viss kapacitetssänkning, utan att kapaciteten för cirkulationsplatser i modellen för den skull är detaljkodad.

8.2.7 Trafiksignaler

Trafiksignalkodningen har på samma sätt som korsningskodning importerats från Dynameq via en Accessdatabas in till Visum.

Signalkodningen består av fyra olika tabeller:

- Signalcontrol
- Signalgroup
- Signalcontroltonode
- Signalgrouptolaneturn

Nedan följer en kort beskrivning av vad respektive tabell huvudsakligen används för.

Tabellen *Signalcontrol* innehåller information om omloppstid.

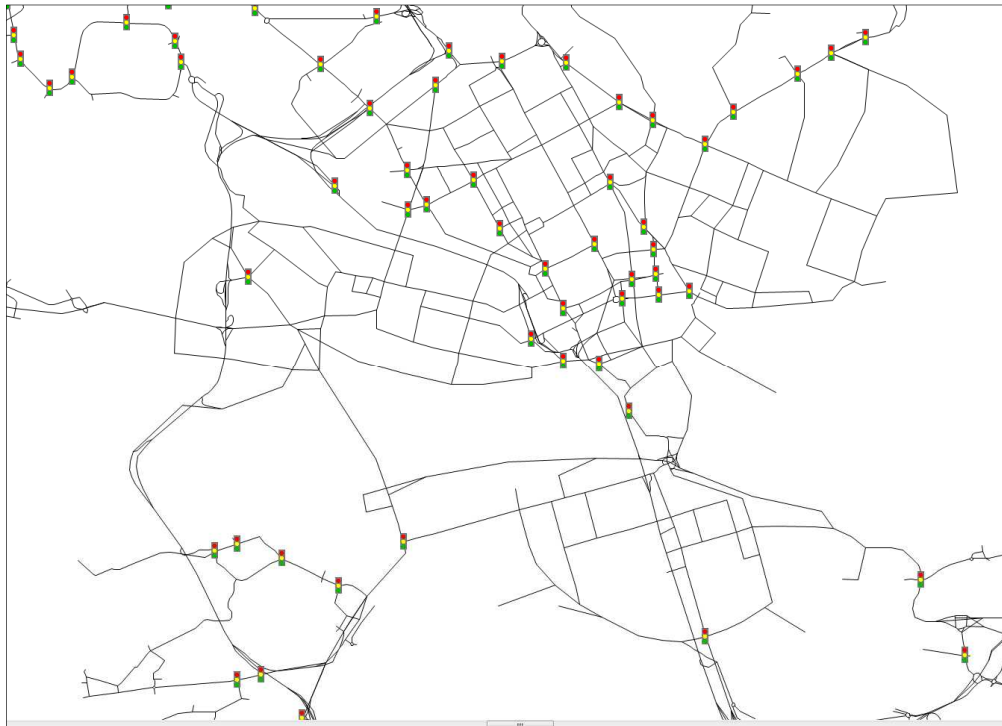
Tabellen *Signalgroup* innehåller information om hur gröntidsgrupper fördelas.

Tabellen *Signalcontroltonode* innehåller information om vilken signalkontroll som styr respektive korsning.

Tabellen *Signalgrouptolaneturn* innehåller information om vilken/vilka sväng rörelse och körfält som respektive gröntidsgrupp/er hör till.

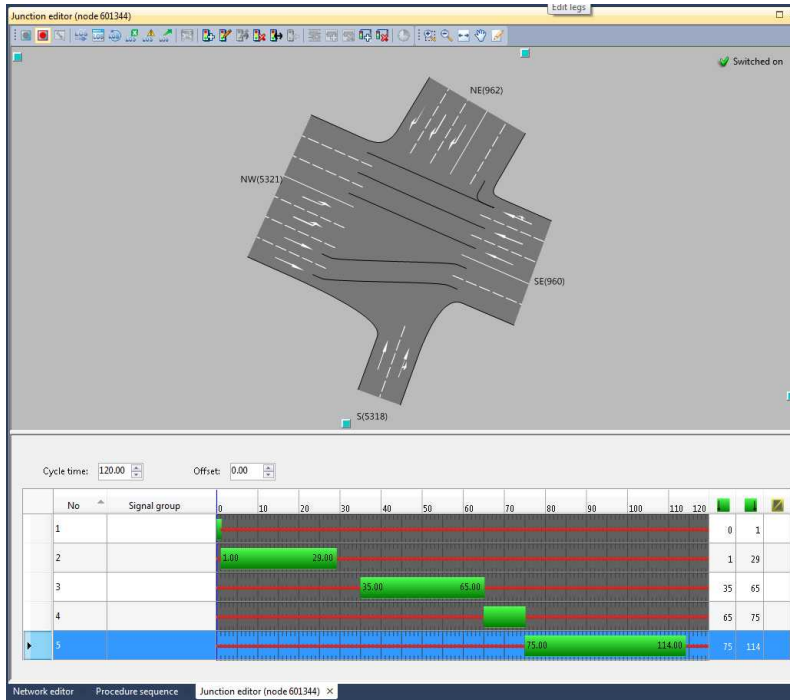
PTV har hjälpt till att ta fram stommen till ett excelmakro för att importera signalinformationen till Visum. Detta makro var dock ej komplett, bland annat saknades kopplingen mellan gröntidsgrupp och körfält helt. Makrot har därför utvecklats och kompletterats så att all nödvändig information följer med från Dynameq till Visum.

Det är många signalkorsningar som saknas i Dynameqmodellen, vilket framgår av nedanstående bild över vilka korsningar med signaler som har importerats (Figur 6). I Dynameq finns endast två signalkorsningar kodade på Södermalm och en på Kungsholmen.



Figur 6: Schematisk bild över vilka signalkorsningar i centrala Stockholm som importerats från Dynameq.

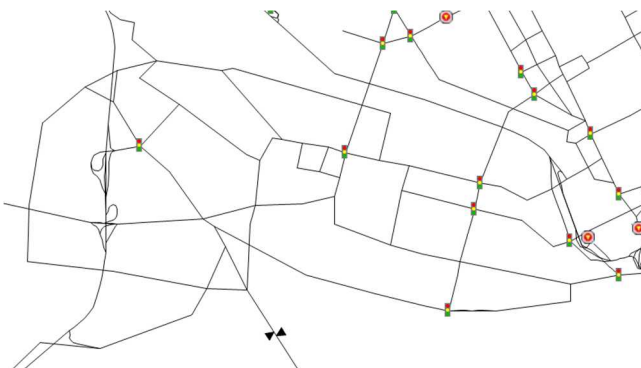
Efter import från Dynameq har manuella stickprovskontroller av ett antal korsningar genomförts. Då har det bland annat kontrollerats att gröntidsgrupperna har fördelats till rätt körfält och att det finns tilldelad gröntid till samtliga körfält (Figur 7).



Figur 7: Signalkodningsfönster i Visum

Utifrån gröntidsfördelning fördelas därefter kapacitet till alla tillåtna svängrörelser i korsningen. Mättnadsflödet antas vara 1900 fordon per timme och körfält.

Eftersom det i enlighet med Figur 6 saknades flaskhalsar mellan Essingeleden och Stockholms city på Kungsholmen styrdes en orimligt stor del av trafiken via Kungsholmen. Därför har korsningarna S:t Eriksgatan – Fleminggatan, Scheelegatan – Fleminggatan, Scheelegatan – Kungsholmsgatan och Kungsholmstorg – Norr Mälarstrand kodats som signalreglerade korsningar (Figur 8). På Hantverkargatan behövdes ingen strypning eftersom den av någon anledning är kodad som enkelriktad på vissa sträckor.



Figur 8. Korsningar där signalreglering har kodats på Kungsholmen

För prognoser långt fram i tiden kommer signalscheman behöva justeras utifrån de nya trafikflödena. För detta ändamål kan man i Visum optimera signalsättningen utifrån de nya flödena ("Signal cycle and green time optimization"). För att kunna använda denna funktion krävs modulen ICA.

8.2.8 Kodning av trängselskatter

I Visum kodas trängselskatter som ett länkattribut kallat "Toll" (Figur 9). Där anges ett grundvärde. Om trängselskatten ska variera över tid behöver detta definieras genom att göra Toll till ett "time-varying attribute" där övriga trängselskattenivåer läggs in för respektive tidsperiod (Figur 10).

Attribute	Value
Permitted	<input checked="" type="checkbox"/>
v0	47
vCur	44
t0	36s
tCur	39s
Volume	1622
Cross-section	2493
Impedance	3889
AddVal	0
Toll	20.0000

Figur 9: Trängselskatt som länkattribut i Visum

	Attribute	Periodical	Valid day	From	From day	To	Till day	Value
1	Toll-PrTSys (C)	0		06:00:00		06:30:00		0.00
2	Toll-PrTSys (C)	0		06:30:00		07:00:00		10.00
3	Toll-PrTSys (C)	0		07:00:00		07:30:00		15.00

Figur 10: Trängselskatt som varierar över tid i Visum

Tullen ingår i nyttofunktionen och värderingen av tullen kan varieras beroende på efterfrågesegment. Avståndskostnad kan också läggas i tull-attributet, men det går då inte att skilja på värdering av tull och avstånd för samma efterfrågesegment.

8.2.9 Justering och kalibrering av nät

Efter importen från Dynameq har endast mindre justeringar gjorts när direkta fel och uppenbara brister upptäckts. De mest framträdande har redan beskrivits i föregående stycken, t.ex. kodning av några korsningar på Kungsholmen och sänkning av kapaciteten i cirkulationsplatser. I övrigt har ingen kalibrering med avsikt att matcha flöden, hastigheter och restider med uppmätta värden gjorts.

8.3 Efterfrågan för första utläggningen

Testerna av nätutläggningsprocessen har inledningsvis gjorts med endast ett totalt efterfrågesegment uppdelat på matriser med kvarttimestrafik som WSP levererade 30 oktober (se föregående kapitel om TransModeler för närmare beskrivning av ursprunget).

Vid övergång till tre efterfrågesegment (arbete, övrigt och extra) ändrades förfarandet så att matriserna innehåller hela tidsperioden 6:00 – 8:30 och uppdelningen på kvarttimestrafik görs enligt uppdelningsfaktorerna vid nätutläggningen. Detta gjordes för att spara hårddiskutrymme och minnesanvändning samt för att snabba upp inläsningsprocessen. Det är också mer överskådligt och lättare att upptäcka fel med tre matriser än med trettio.

8.4 Parametrar för utläggningen

Nyttofunktionen för utläggningen i Visum DUE är *i dessa tester* på formen:

$$a * tull + b * restid,$$

där tull anges i kronor och restid i timmar. Parametern *a* sätts till 1, så att *b* får representera tidsvärdet. Nyttofunktionen blir då i kronor. Varje efterfrågesegment har en egen nyttofunktion i Visum. Tidsvärdesparametern *b* sätts till 100 för arbetsresor, 50 för övriga resor och 100 för extra-resor.

Som man kan se från Figur 11 finns det i Visum DUE möjlighet att lägga till straff för tidig och sen avresetidpunkt i nyttofunktionen (parametrarna *c* och *d*). Efterfrågematriserna som är input till Visum DUE representerar i detta fall de föredragna avresetidpunkterna ("Preferred Departure Time"). Tyvärr kan man inte från Visum DUE få vare sig kostnaden för att byta tidpunkt ("scheduling cost") eller totala generaliserade kostnaden.

Parameters: Dynamic User Equilibrium (DUE)

Basis | Assignment time interval | Choice

Number of deterministic iterations before Probit iterations

		A Additional	O Other	W Work
1	a	1.000000000	1.000000000	1.000000000
2	b	100.000000000	50.000000000	100.000000000
3	c	0.000000000	0.000000000	0.000000000
4	d	0.000000000	0.000000000	0.000000000
5	Max. DeltaT(early)	0h	0h	0h
6	Max. DeltaT(late)	0h	0h	0h
7	Variance	0.000000000	0.000000000	0.000000000

Generalized costs = a * toll + b * journey time[h] + c * DeltaT(early)[h] + d * DeltaT(late)[h]

Figur 11: Nyttofunktionen för de olika efterfrågesegmenten

Utlägningsalgoritmen tar även hänsyn till ett antal parametrar gällande ruttvalskriterier, konvergenskriterier m.m., se Figur 12.

Figur 12: Assignment-parametrar i VisumDUE

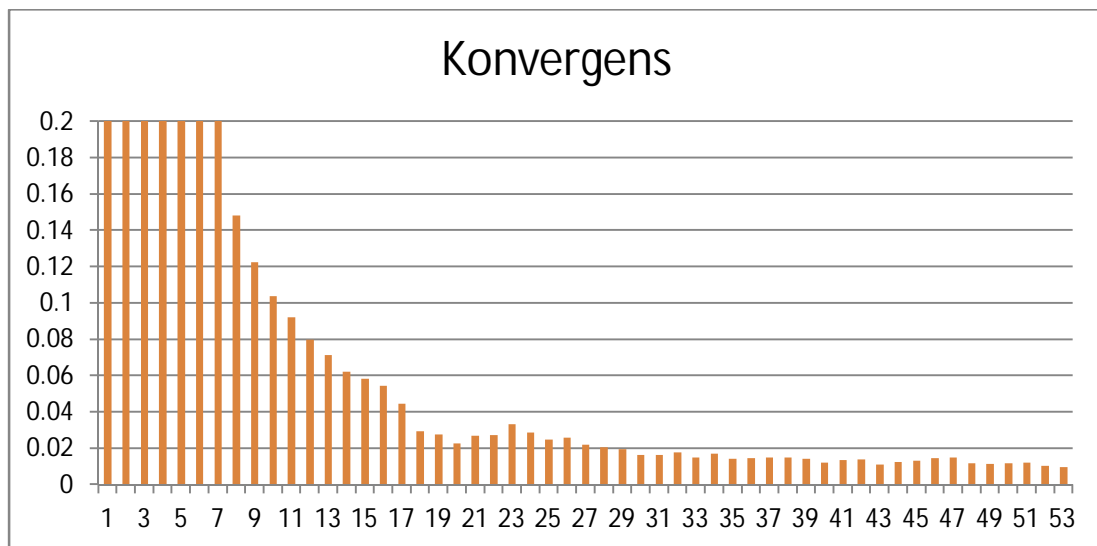
Min. capacity factor for gridlock conditions kan användas för att undvika att artificiella gridlocks uppstår i nätverket, men denna parameter används inte i nuläget (satt till 0). Kortaste-väg-algoritmen snabbas upp om en förväntad maxgräns för generaliserad kostnad anges (*Maximum anticipated costs*). Denna parameter är satt till 1000kr, vilket motsvarar en förväntad längsta restid på 10 h för arbetsresor. *Discretization of the costs* är satt till 0.1kr och anger den minsta skillnaden i generaliserad kostnad som anses vara skild från 0. Körtiden blir längre ju mindre denna parameter är. *Maximum computation time* är en övre gräns för körtiden. Denna är satt till 3h eftersom utläggningen körs i loop med efterfrågan och modellen ska gå att köra över natten. Utläggningen avslutas om *Maximum number of iterations* har uppnåtts, vare sig konvergens har nåtts eller inte. Parametervärdet 1000 iterationer är satt högt så att konvergenskriteriet eller körtiden är avgörande i praktiken. Konvergens mätts genom skillnaden mellan restider i modellen och hypotetiska restider där alla valt bästa vägen. *Maximum relative deviation* är satt till 0.02 (dvs. 2 %) och sätter gränsen då skillnaden i restid anses tillräckligt liten för konvergens. När det gäller bakåt-blockering av länkar vid kö finns två parametrar. Bakåt-blockering beräknas i en egen inre loop och *Maximum number of iterations* (satt till 20) anger ett tak för antalet iterationer i den inre loopen. Gränsen för konvergens i beräkningen av bakåt-blockering sätts med parametern *Spill-*

back/Maximum relative deviation. Denna är satt till 0.02, vilket innebär att mellan de två senaste iterationerna i bakåt-blockeringsberäkningen får länkarnas utgående kapacitet skilja maximalt 2 %.

8.5 Resultat av utläggningen, validering

8.5.1 Konvergens

Precis som Transmodeller använder Visum "Relative Gap" – avvikelse från restid på kortaste väg – för att följa konvergensen. Figur 13 visar hur modellen konvergerar vid en typisk körning av Visum DUE. Ner till några procents avvikelse sjunker den relativa avvikelsen i restid kontinuerligt, men sedan börjar den fluktuera något. Att nå två procents avvikelse tar typiskt 30 iterationer.



Figur 13. Konvergens i Visum DUE

Konvergens har i detta avsnitt syftat på hur väl assignment-modellen konvergerar. I avsnitt 8.6.1 beskrivs mer om konvergensen mellan efterfrågan och utbud, d.v.s. konvergensen i iterationerna mellan Visum DUE och Regent.

8.5.2 Beräkningstid

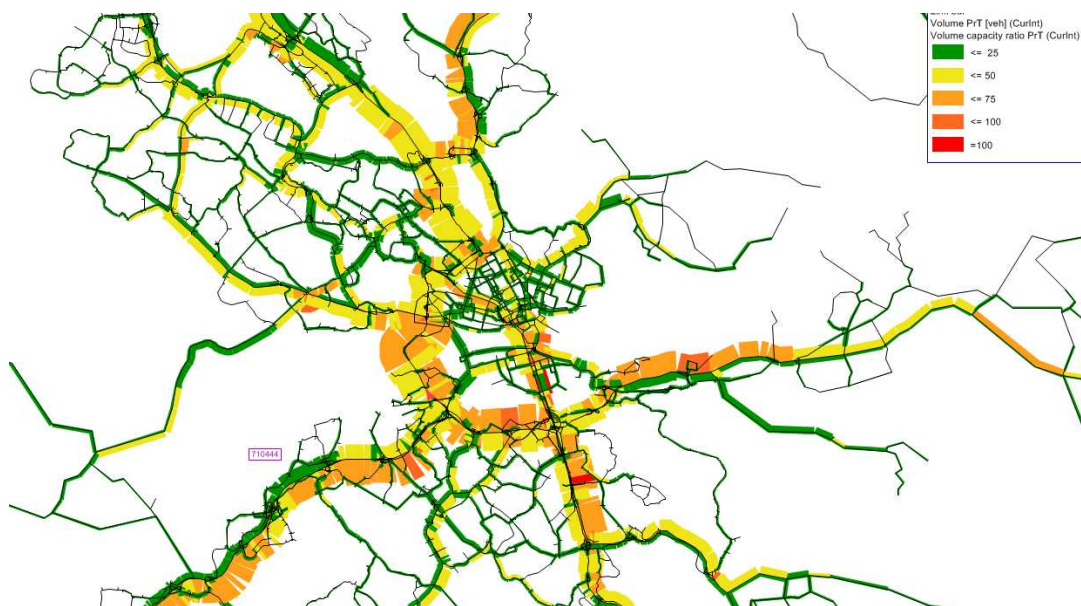
Beräkningstiden beror mycket starkt på hur belastat nätverket är. Vid utläggning av ett efterfrågesegment och den ursprungliga efterfrågematrisen tar 30 iterationer ca två timmar. Med tre segment tar det längre, 3 – 4 timmar. Om man höjer efterfrågan ökar minnesanvändningen mycket kraftigt, vilket kan få till följd att arbetsminnet blir överbelastat. Då blir beräkningstiden också mycket lång. För detta nätverk har det varit nödvändigt att använda en dator med 24 Gb arbetsminne. Endast då kan beräkningstiden för 30 iterationer hållas på 3 – 4 timmar för ett högbelastat nät.

Ifall efterfrågan som läggs ut är så stor att minnet ändå blir överbelastat bör beräkningen rimligtvis avbrytas efter t.ex. tre timmar för att låta

efterfrågemodellen räkna fram en ny, lägre efterfrågan. På många platser i Stockholm är det helt enkelt inte möjligt att lägga till särskilt mycket mer trafik under maxtimmen.

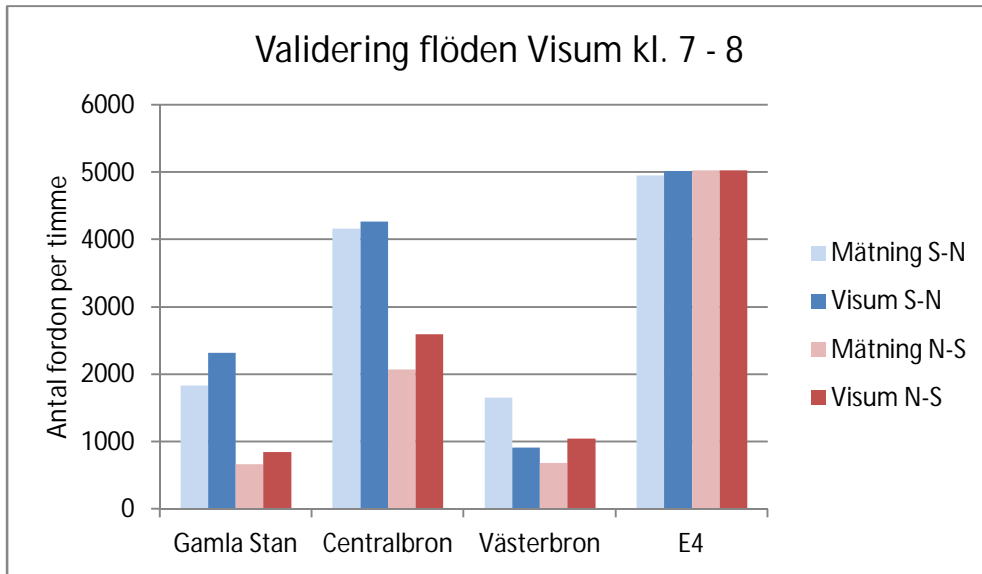
8.5.3 Flöden

Figur 14 visar flöden kl. 7-8 i Visum. De stora trafikflödesströmmarna är på infarter till Stockholms innerstad, samt på Essingeleden och Södra länken, vilket är förväntat under morgonens maxtimme. Färgkodningen visar Volume/Capacity där gröna länkar har lågt flöde jämfört med kapacitet (<25%) och röda länkar högt (upp emot kapacitetstaket). Länkkapaciteterna i Visum DUE är dock generöst satta eftersom det är korsningskapaciteterna som ska vara begränsande, se avsnitt 8.2.4.



Figur 14: Flöden i Visum DUE-modellen.

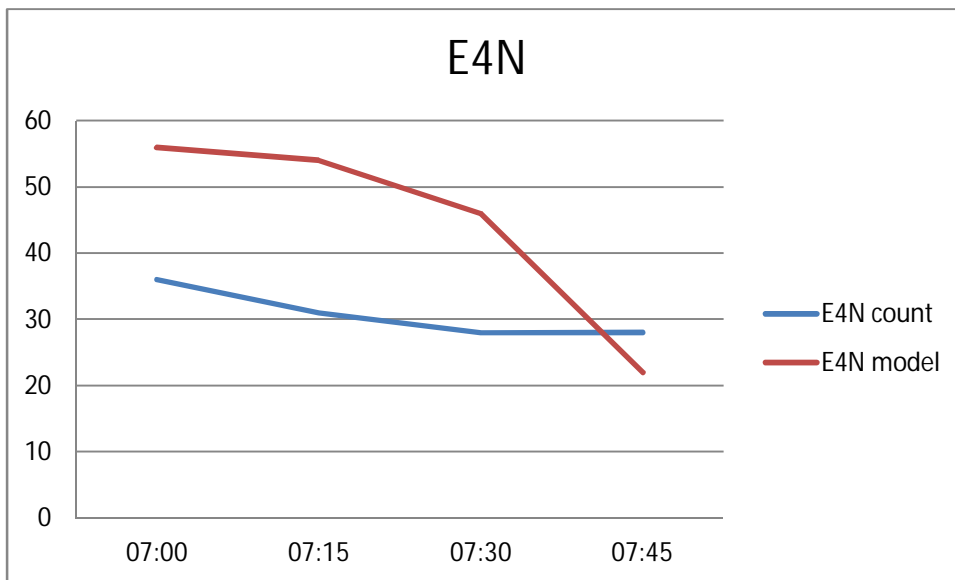
Trafikräkningar finns för broarna i centrala Stockholm, det så kallade Saltsjö-Mälarsnittet. Validering av modellflöden mot dessa räkningar visas i Figur 15, där mätvärden visas i blått och modellvärden i rött. För att vara en okalibrerad modell stämmer Visum-flödena mycket bra med mätningar. Avvikelsen mellan modell och mätning för Saltsjö-Mälarsnittet är -1 % för riktning norrut och +13 % för riktning söderut.



Figur 15: Validering av modellflöden mot räkningar för Saltsjö-Mälar-snittet

8.5.4 Hastigheter

Figur 16 visar validering av modellhastigheter mot mätningar för E4 riktning norrut precis söder om Gröndalspåfarten. Hastigheten är för hög i början och för låg mot slutet. Detta beror troligen på de faktorer som fördelar efterfrågan på 15-minutersintervall. Faktorerna kommer från RES05/06 och det är inte förvånande att de inte stämmer för just Essingeleden.



Figur 16: Validering av modellhastighet mot mätdata för E4 norrut

8.5.5 Restider

För de tio rutter som beskrivs i kapitlet om Transmodeller har restider (i minuter) med Visum DUE validerats mot mätdata för friflöde (Tabell 1) och morgonens maxtimme (Tabell 2).

Tabell 1: Validering av friflödesrestider

Friflödesrestider (min)		Mätning	Visum DUE	Skillnad
Rutt 1	Farsta - Johanneshovsbron	4	6	50%
Rutt 2	Örby - Johanneshovsbron	5	9	80%
Rutt 3	Norsberg - Nyboda	9	9	0%
Rutt 4	Drottningholm - Fredhäll	17	9	-47%
Rutt 5	Bergslagsplan - Fredhäll	11	11	0%
Rutt 6	Kallhäll - Norrtull	19	18	-5%
Rutt 7	Hägernäs - Roslagstull	11	11	0%
Rutt 8	Skurubron - Henriksdal	7	5	-29%
Rutt 9	KK - Häggvik	(21)	21	0%
Rutt 10	Häggvik - KK	(21)	22	5%

För rutt 3, 5, 7 och 9 stämmer friflödesrestiden precis överens med mätningen, för rutt 1, 2 och 10 är den överskattad (5-80 %) och för rutt 4, 6 och 8 underskattad (5-47 %). Friflödesrestiden är därmed inte systematiskt under- eller överskattad. Mätningen för rutt 4 verkar inte tillförlitlig då Google Maps anger en restid på 11 minuter, Dynameq 9 minuter, Transmodeller 7 minuter och Visum DUE 9 minuter, medan mätningen säger 17 minuter.

Tabell 2: Validering av restider för morgnens maxtimme

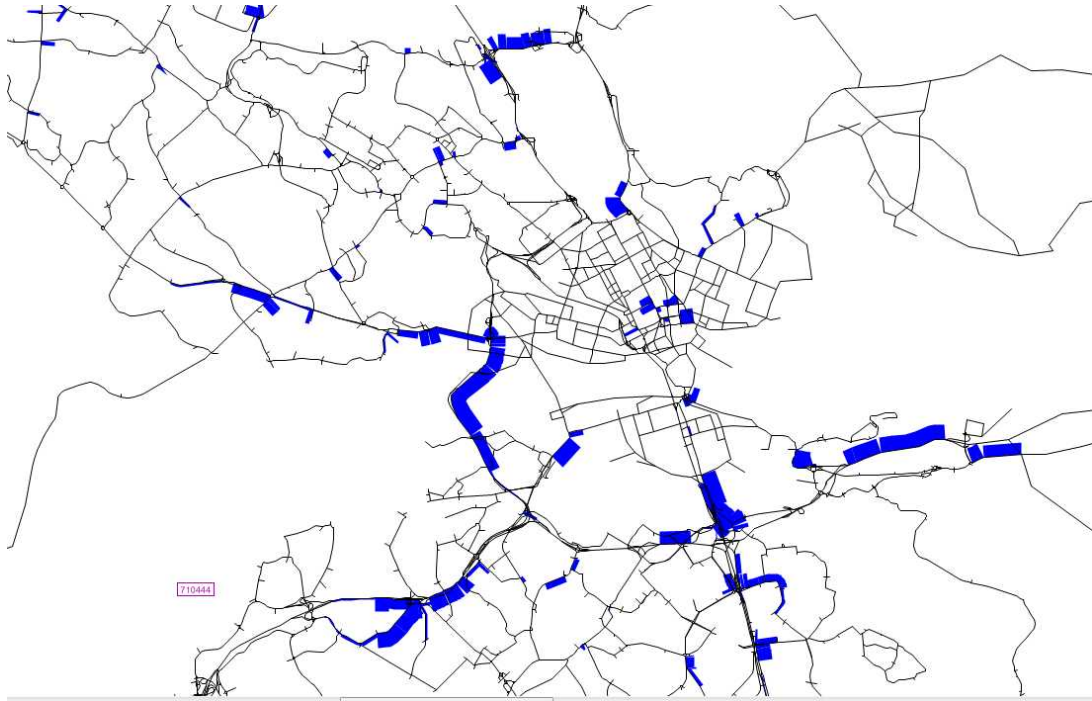
Maxtimmesrestider (min)		Mätning	Visum DUE	Skillnad
Rutt 1	Farsta - Johanneshovsbron	14	13	-7 %
Rutt 2	Örby - Johanneshovsbron	19	12	-37 %
Rutt 3	Norsberg - Nyboda	15	18	20 %
Rutt 4	Drottningholm - Fredhäll	33	11	-67 %
Rutt 5	Bergslagsplan - Fredhäll	32	15	-53 %
Rutt 6	Kallhäll - Norrtull	36	21	-42 %
Rutt 7	Hägernäs - Roslagstull	29	14	-52 %
Rutt 8	Skurubron - Henriksdal	16	11	-31 %
Rutt 9	KK - Häggvik	45	32	-29 %
Rutt 10	Häggvik - KK	29	26	-10 %

För rutt 3 överskattas restiden med 20 %. På övriga rutter underskattas restiden med mellan 7 % och 67 %. Det bör här noteras att modellen är okalibrerad. Dessutom behöver cirkulationsplatser kodas på ett bättre sätt i modellen. Detta skulle med största sannolikhet ge längre restider t ex. i västerort där långa köer bildas vid cirkulationsplatser så som Brommaplan.

8.5.6 Köer

Figur 17 visar köernas utbredning i Visum-modellen. I Visum definieras kö som det antal bilar som har en länkestid som överstiger friflödesrestiden adderat med förväntad tid vid nod (t ex. väntetid för att få grönt vid signalreglerad korsning).

Köer uppstår på Essingeleden och infarterna till Stockholms innerstad, vilket är rimligt. Tjockleken visar hur stor del av länken det är kö på.



Figur 17: Kösituationen i Visum kl. 7:45-8:00

8.5.7 Skimmade matriser

Separata matriser för restid, tullkostnad och reslängd kan sparas automatiskt vid nätutläggning. Beräkningen går mycket snabbt, på under en minut.

I den nuvarande versionen av Visum baseras ruttvalet för dessa skimmatriser på hela den valda analysperioden (vilket bör vara en timme, t.ex. 7:00 – 8:00, för att få begripliga resultat för trafikflöde). I normalläget sparas restiden utan att inkludera dynamisk kötid från DUE, men detta går att komma runt genom att spara den dynamiska tidsimpedansen från DUE i ett länkattribut Addval och göra skimmatrisen för detta attribut i stället för restidsattributet. Tidsimpedansen går att vikta mellan tidsintervallen enligt hur många fordon som passerar i varje intervall.

8.6 Integrering med REGENT

Visum kan anropas via ett COM-gränssnitt (Component Object Model) från många olika programmeringsspråk (inklusive C#, C++, Python, Java). Regent som är skrivet i C# kan alltså anropa direkt till en öppen instans av Visum och

hantera objekt i Visum så som matriser, zoner, efterfrågesegment och noder som om de vore C#-objekt. Alla funktioner som behövs för integration med en efterfrågemodell finns i ett kodbibliotek som heter VISUMLIB och som ser ut som ett vanligt C#-bibliotek.

Ingenting behöver alltså skrivas till fil eller läsas från fil, utan så länge Visum hålls öppet kan matriser läsas och skrivas direkt i minnet. Genom att anropa Execute-kommandot görs nätutläggningen och genom SaveVersion-kommandot sparas resultat till disk.

Regent har skrivits om för att understöda ett pluggingränssnitt där Emme bit för bit kan bytas ut mot Visum och där varje dels funktionalitet kan testas var för sig. T.ex. kan läsning av LOS-matriser och skrivning av efterfrågematriser i Visum testas skilt för sig.

Det är eftersträvansvärt att så lite som möjligt av de procedurer som inte är specifika för Emme eller Visum sker på ett sätt som endast går att göra i respektive program. Testerna visar att det är fullt möjligt att i C# skapa ett närapå identiskt gränssnitt till Emme och Visum, trots att anropen till programmen egentligen sker på helt olika sätt. I Emme görs anropen främst genom läsning och skrivning till och från filer och genom körning av makron medan det i Visum sker direkt i minnet och genom C#-kod (via COM). Det som är specifikt för respektive program i koden är främst vilka filer som anropas och i fallet Visum behöver man endast anropa en fil i början, nämligen versionsfilen.

De procedurer som endast är relevanta för Visum (exempelvis parametrar för nätläggningen i DUE) bör göras direkt i Visum, eftersom det finns ett bra användargränssnitt för detta och det är där som användaren förväntar sig att hitta dessa inställningar. Detta gör man i den versionsfil som man har tänkt använda *innan* Regent startas. Man måste också spara filen innan man startar nätutläggningen, eftersom C#-anropet till Visum alltid börjar med att läsa in en versionsfil från disk. (Det är också fullt möjligt att koda in en paus i Regent där dessa inställningar kan ändras i den öppna versionsfilen.)

Strävan har alltså varit att göra gränssnittet mellan Regent och Visum så litet som möjligt. Uppdelningen på kvarttimestrafik bör inte göras i Regent. En orsak till detta är att det inte görs vid en statisk utläggning i Emme och därför är programspecifikt. Därför är det mest naturliga att skicka en förmiddagsmatris till Visum och göra uppdelningen direkt i Visum. För att göra detta behöver inget särskilt kommando anropas, utan uppdelningen på kvartsmatriser är en parameterinställning vid nätutläggning och parameterinställningar görs direkt i Visum innan man startar Regent.

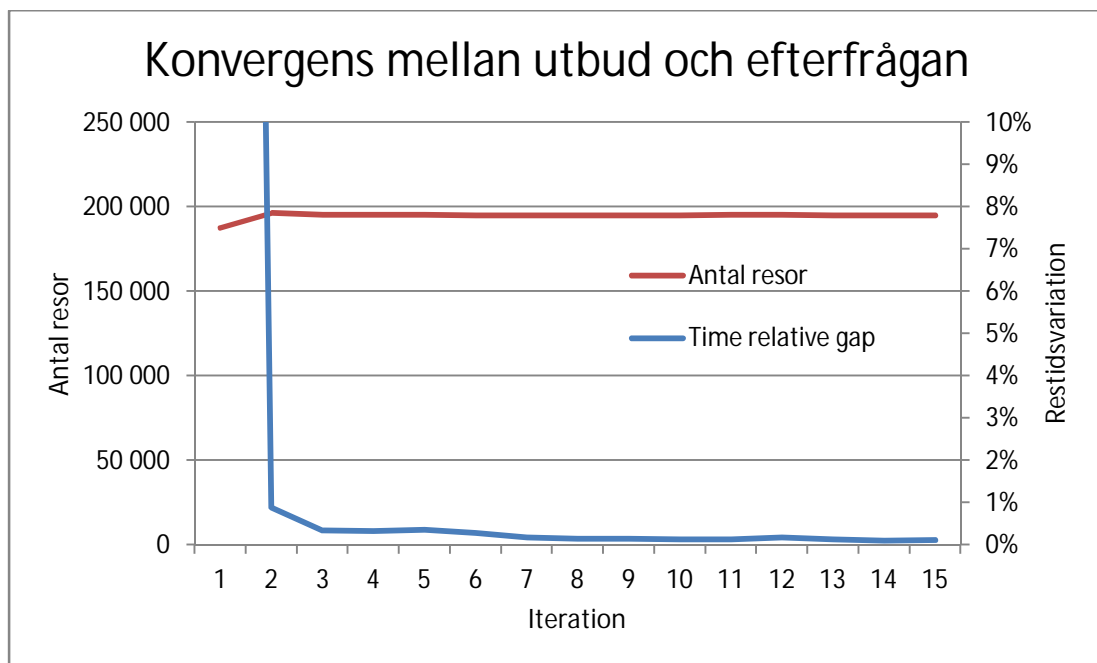
För tillfället använder Regent ett system där matriser består av vektorer av vektorer i stället för tvådimensionella vektorer. Det naturliga valet hade varit att använda tvådimensionella vektorer, eftersom man inte har någon garanti för att en vektor av vektorer har rätt dimensioner och att det går att utföra matrisoperationer på dem. Om man väljer att använda ett externt matrisberäkningsprogram kommer detta troligtvis att använda

flerdimensionella matriser, precis som Visum gör. Omvandlingen från vektor av vektorer till matris gör i dagsläget gränssnittet något större än det borde vara.

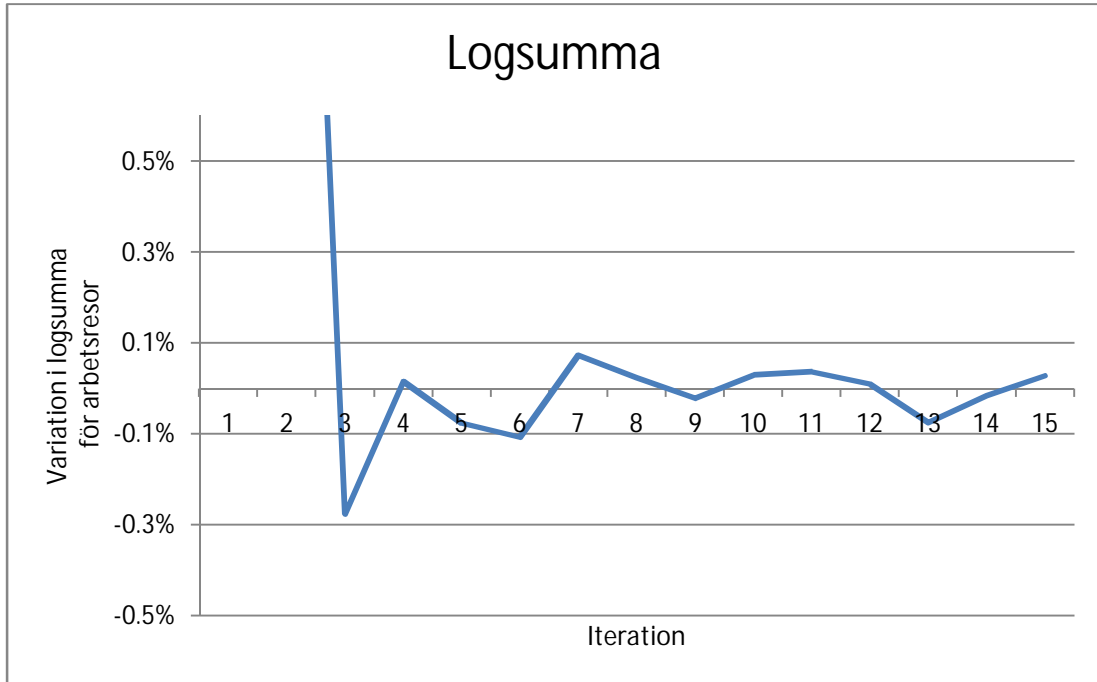
8.6.1 Konvergens

MSA (method of successive averages) används för att åstadkomma konvergens mellan utbud och efterfrågan. I detta test har den första efterfrågan som räknats fram i Regent baserats på restider från Lutrans. I efterföljande iterationer har restiderna från Visum DUE använts vid genereringen av arbetsresor. Restidsmatriserna har tagits för tiden 07:00 – 08:00. Matriserna med övrigt- och tilläggsresor har hållits konstanta.

Konvergens mellan iterationerna mellan Regent och Visum är mycket god, se Figur 18 och Figur 19. Efterfrågan stabiliserar sig redan efter tre iterationer och efter sju iterationer varierar den inte med mer än 100 resor från iteration till iteration. Medelvariationen i restid för enskilda OD-par (se kapitlet om Transmodeller för exakt definition) är efter sju iterationer nere på 0,2 procent och efter 15 iterationer 0,1 procent. Variationen i logsumman för arbetsresor (se kapitlet om Transmodeller för exakt definition) hålls efter de tre första iterationerna under 0,1 procent.

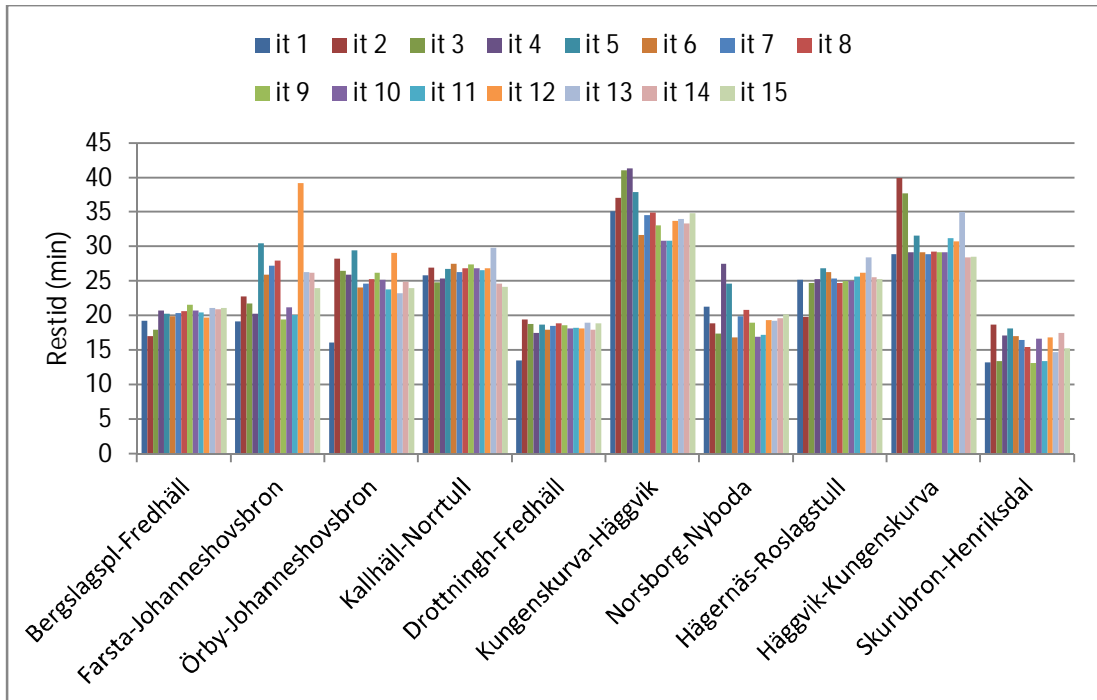


Figur 18: Konvergens mellan utbud och efterfrågan gällande antal arbetsresor (06:00 – 08:30) och restidsvariation



Figur 19: Variation i logsumma för arbetsresor

Restiden för enskilda rutter uppvisar en relativt god stabilitet, med undantag för ruten Farsta – Johanneshovsbron som varierar kraftigt även i de senare iterationerna. Överlag sker en stabilisering efter 6 – 7 iterationer (se Figur 20).



Figur 20: Ruttrestidernas variation över iterationer

8.7 Nyttan av trängselskatt

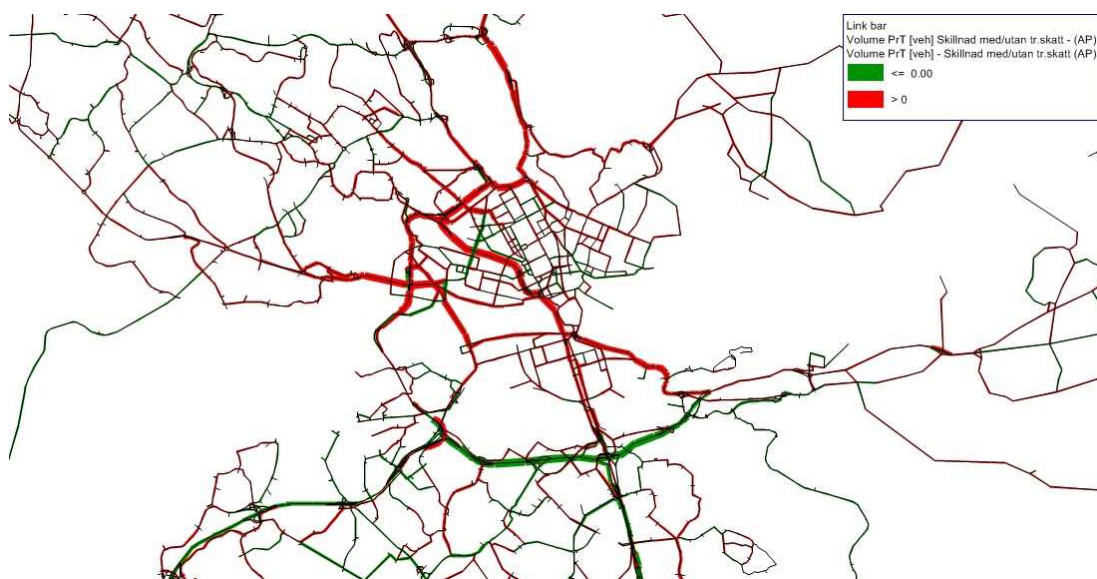
Genom att ta bort trängselskatten i basscenariot testas hur modellen kan återge effekten av trängselskatt i Stockholm. Eftersom Visum DUE är kopplat till efterfrågemodellen Regent finns val av rutt, färdmedel, destination och resa/inte resa med, men inte tidpunktsval.

Vid analys av ett scenario med och ett utan trängselskatt har endast efterfrågan för arbetsresor förändrats, medan övrigt- och tilläggsresematriserna har hållits konstanta. Ändringarna i övrigt- och tilläggsresematriserna på grund av trängselskatt *under maxtimmen* antas vara små.

Som beskrivits i föregående kapitel visade mätningar från Stockholmsförsöket 2006 att flödesminskningen över tullsnittet var 16 % kl. 7-9 och att resta fordonskilometer i innerstaden minskade med 14 %.

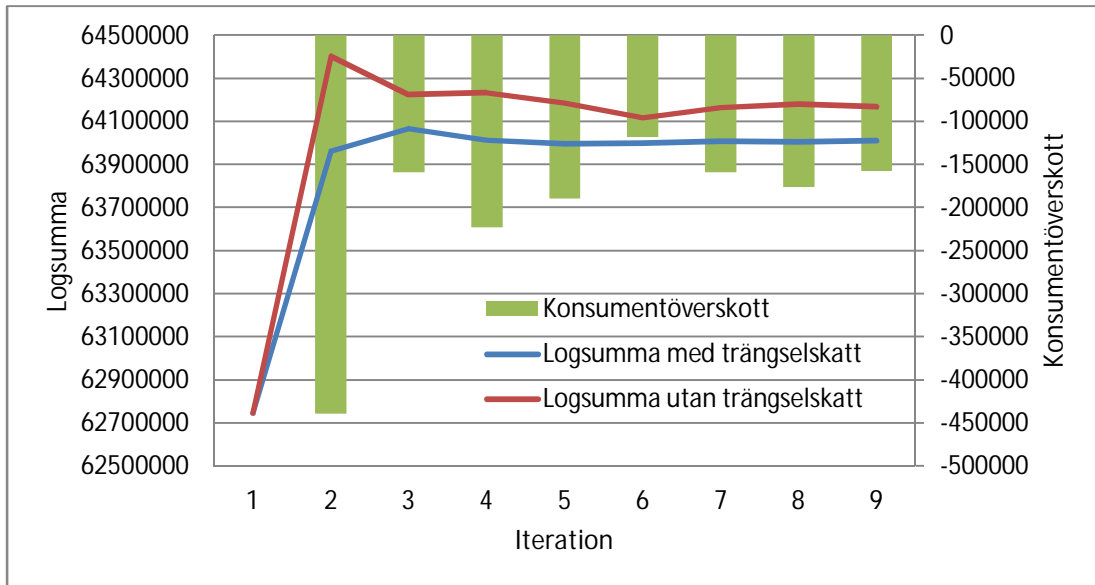
Visum DUE/Regent ger en flödesminskning över tullsnittet på 28 %, vilket är en överskattning. När det gäller minskningen av fordonskilometer fås 13 %, vilket är mycket nära mätningen.

Figur 21 visar på vilka länkar trafikflödet minskat med trängselskatt (röda länkar) och på vilka länkar det ökat (gröna länkar). Flödet har således minskat i innerstaden, ökat på Södra länken och är relativt oförändrat på Essingeleden (vid Gröndal).



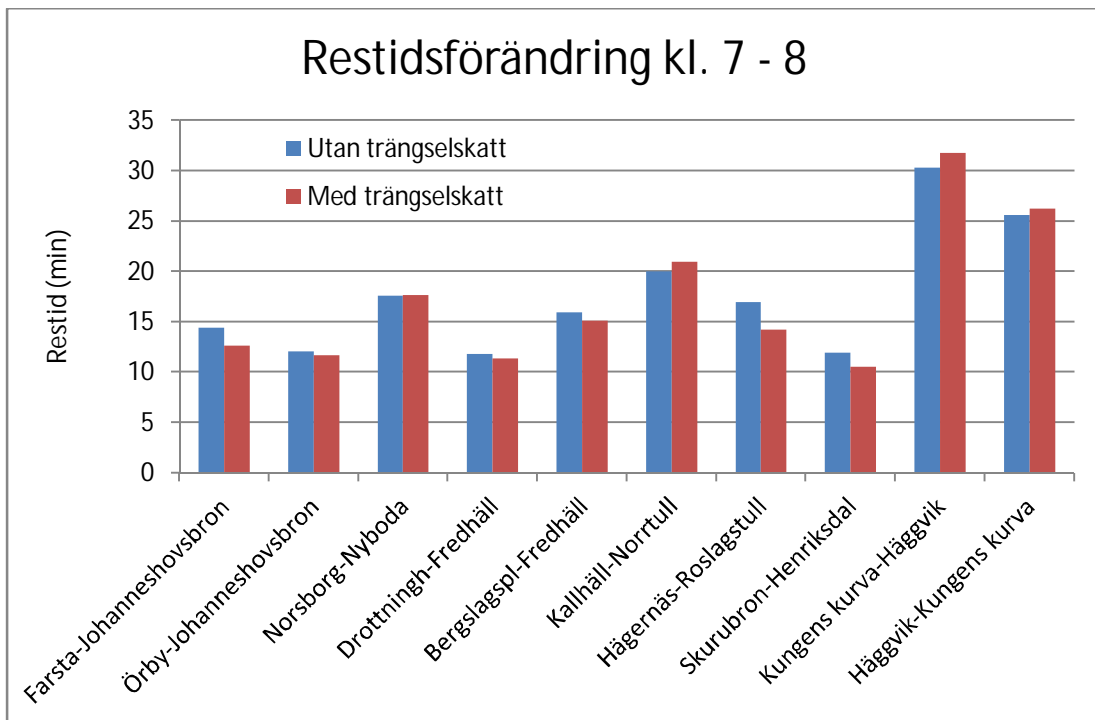
Figur 21: Flödesändring på grund av trängselskatten

Baserat på logsummorna för Regents agenter ligger konsumentöverskottet för arbetsresenärerna stabilt kring -0,15 MSEK, se Figur 22. Det kan jämföras med totala intäkterna som modellen ger för förmiddagen vilka är 1,6 MSEK i modellen.



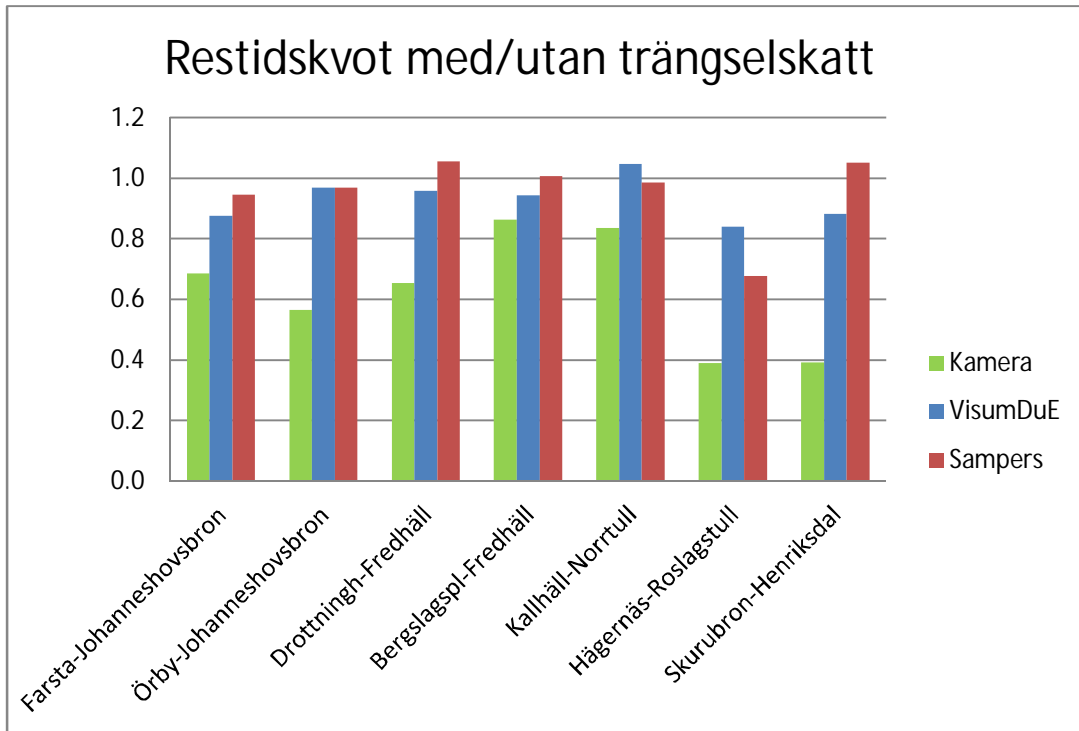
Figur 22: Konsumentöverskott med och utan trängselskatt

Vid en jämförelse av restiden med och utan trängselskatt framkommer att restiden är kortare med trängselskatt för de flesta relationer (Figur 23). E4 mellan Kungens kurva och Häggvik i båda riktningarna utgör dock ett undantag från detta. Även mellan Kallhäll och Norrtull stiger restiden något.



Figur 23: Jämförelse av restider i situationerna med och utan trängselskatt

Figur 24 visar kvoten mellan restiden i situationen med trängselskatt och restiden i situationen utan trängselskatt. Om kvoten är mindre än 1 har således restiden minskat när trängselskatt införts. För fyra av rutterna är Visum DUE närmare mätningen än Sampers.



Figur 24: Restidsjämförelse mellan Visum DUE, Sampers och kameramätningar

8.8 Ökad efterfrågan

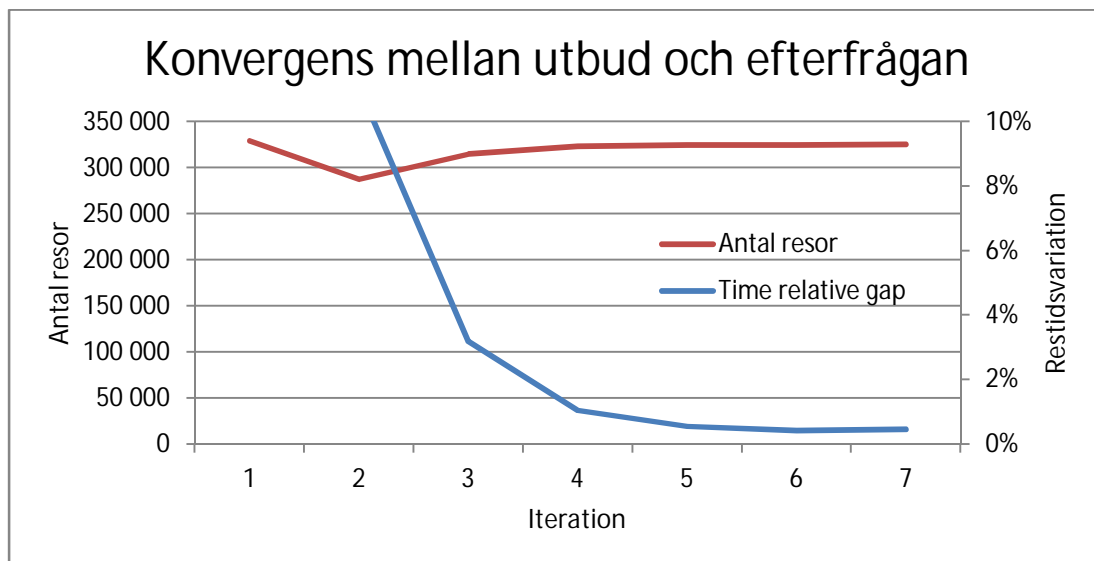
Ett test har gjorts med högre efterfrågan än i nulägesmodellen för att förutse vilka problem detta kan innebära i fråga om körtid, konvergens och eventuella grid-locks. Testet har gjorts med en 75 procent högre efterfrågan på arbetsresor¹⁹. Testet visar en fortsättningsvis god konvergens mellan Regent och Visum, både med avseende på antal resor och logsumma. P.g.a. den förlängda restid som den ökade efterfrågan leder till blir den slutliga efterfrågeökningen jämfört med det tidigare basalternativet i det nya jämviktsläget inte 75 procent, utan 68 procent.

De enskilda iterationerna i Visum DUE tar längre tid för att nå konvergens och vid långa körningar blir minnesanvändningen ett problem. Med det arbetsminne på 24 Gb som varit tillgängligt vid detta test har det varit nödvändigt att avbryta körningen efter tre timmar, eftersom arbetsminnet efter det blir överbelastat. Det gör att konvergens i ruttvalet blir sämre än i tidigare scenarion och relative gap når inte lägre än 4 – 7 procent vid varje körning. Någon direkt jämförelse av körtiden har därför inte kunnat göras²⁰. Som

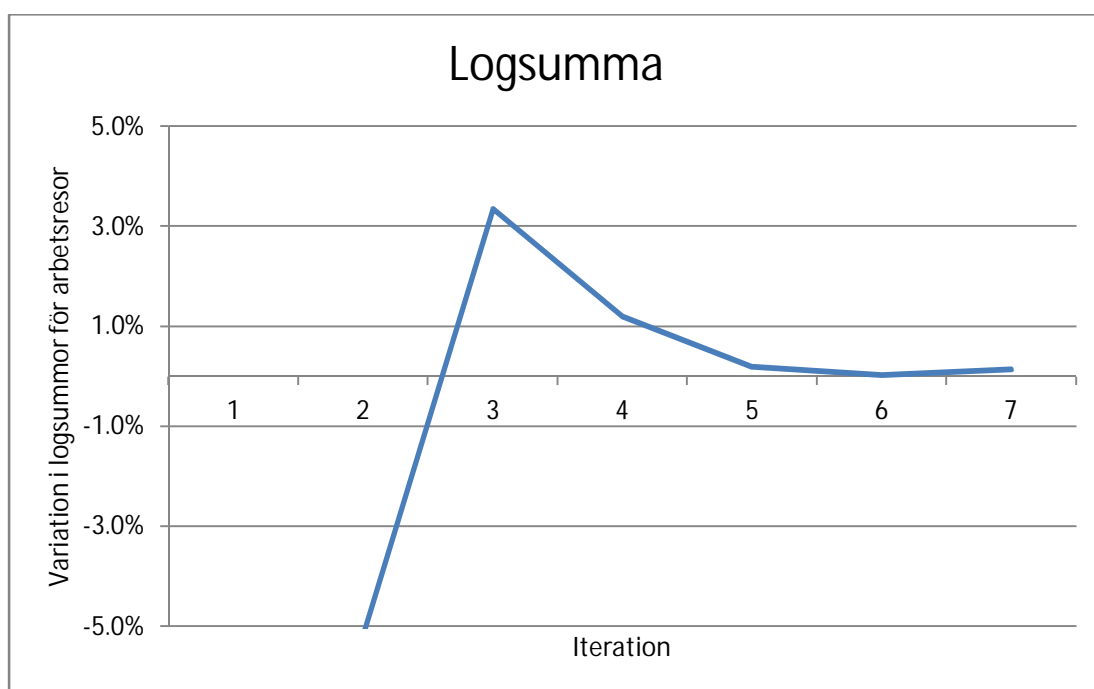
¹⁹ Efterfrågemodellen Regent är inte validerad och har i de tidigare testerna gett upphov till ett bilresande som av projektgruppen ansetts vara för högt. Efterfrågan har därför i de tidigare testerna sänkts. I detta delkapitel beskrivs egentligen vad som händer när efterfrågan i Regent läggs ut ojusterad. Den är då 75 procent högre än i de tidigare testerna.

²⁰ En grov uppskattning kunde vara att körtiden blir dubbelt så lång med denna efterfrågan.

figurerna nedanför visar påverkar det dock inte konvergensen i efterfrågeberäkningen negativt.



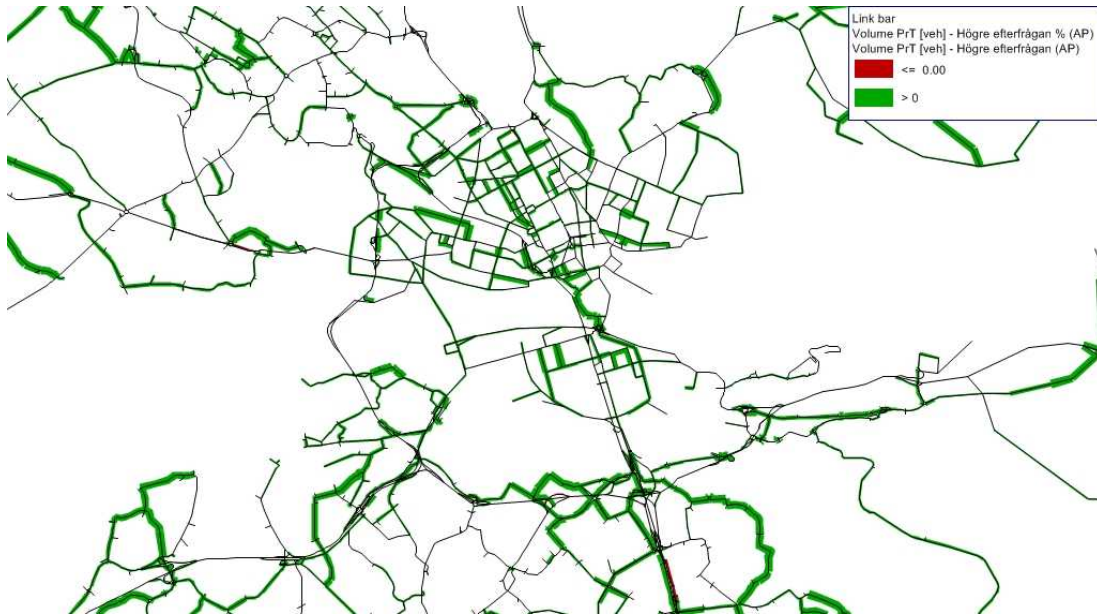
Figur 25. Konvergens mellan utbud och efterfrågan gällande antal arbetsresor (06:00 – 08:30) och restidsvariation



Figur 26. Variation i logsumma för arbetsresor

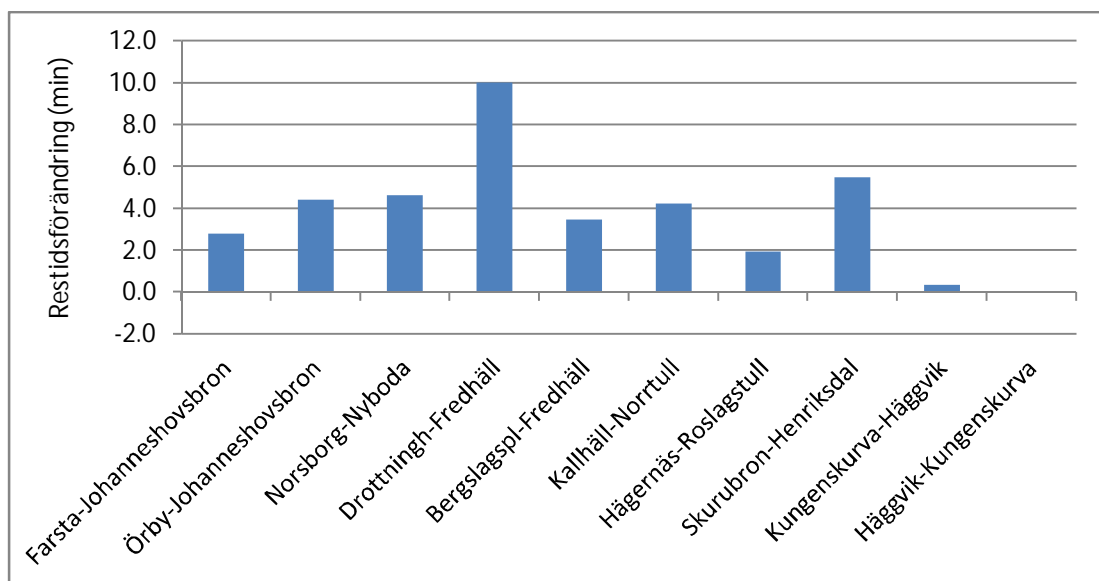
Modellen visar inga tendenser till grid lock med den begränsade korsningskodning som finns tillgänglig. Hastigheten sjunker på många länkar till närapå stillastående, men den geografiska utbredningen på dessa låsningar är utan undantag begränsad. Det är dock tydligt att det finns en övre kapacitetsgräns i många flaskhalsar. T.ex. ökar inte flödet på Essingeleden alls jämfört med nulägesmodellen, utan hålls på ca 5 000 fordon per riktning under maxtimmen. Som figuren nedan visar så gäller det samma för de flesta större

leder. Det är endast på mindre vägar som trafiken ökar väsentligt, medan den hålls relativt konstant på t.ex. E4, Södra länken, Värmdöleden och Drottningholmsvägen. På Nynäsvägen minskar t.o.m. trafiken p.g.a. sämre framkomlighet. I hela Saltsjö-Mälarsnittet ökar trafiken endast något, främst i nordsydlig riktning på Västerbron under morgonrusningen.



Figur 27. Flödesändring p.g.a. högre efterfrågan

Restiderna för de utvalda pendlingssträckorna ökar med mellan två och tio minuter, med undantag för sträckan Kungens kurva – Häggvik längs E4 som inte får en längre restid i någondera riktningen. Det verkar till viss del bero på att trafiken under maxtimmen fastnar i köer redan innan den når ut på E4. Men restiderna är också mindre tillförlitliga än i nulägesmodellen p.g.a. den sämre konvergensen.



Figur 28. Restidsförändring med ökad efterfrågan

8.9 Programanvändning

Programanvändningen av Visum DUE är mycket lik den av statiska Visum. Har man tidigare arbetat med statiska Visum är det därför enkelt att hantera Visum DUE. Även om man inte tidigare arbetat med Visum är interface och editor för nätverket enkel att använda. Även att rigga körningen är enkelt eftersom algoritmerna är förprogrammerade och man väljer vissa parametrar. Har man många scenarier kan dessa enkelt hanteras via "scenario manager".

Det finns två manualer: en för definitioner och begrepp (fundamentals) och en för hur man går till väga i praktiken (user manual). Manualerna är mycket omfattande.

Det finns mängder av funktioner i Visum och oftast är det möjligt att göra det man önskar, men problemet kan vara att hitta i menyerna.

PTV är hjälpsamma och svarar på frågor via mail.

PTV har tidigare sagt att TRE kommer att ersätta Visum DUE. Problem har dock uppstått med TRE. Planen för hur de kommer gå vidare med dynamiska modeller i framtiden skissas av PTV i Bilaga x.

9 SAMMANFATTNINGSTABELL

	Detaljer	VISUM DUE Fördelar	VISUM DUE Nackdelar	TRANSMODELER Fördelar	TRANSMODELER Nackdelar	Liknande fördelar
Program egenskaper	Egenskaper	Statiskt / semi-dynamiskt	Saknar mikro egenskaper	Simulation Mikro / Meso / Makro / Hybrid	Slumpfrön	Makroskopik utläggning Relationsdatabas Frekvent programuppdatering
	Automatisering	Lätt att programera			Svårt att programera	
	Manual	Bra manual (användare + fundamentals)			Manualen saknar viktiga detaljer (mest för GISDK)	
	Användargränssnitt		Många menyer/funktioner	Lätt att navigera i menyer		Modernt användargränssnitt Bra GIS-interface
	Support service				Tidsfördröjning med Boston, USA	Tillgänglig för att svara och hjälpa
Vägnät och trafiksignaler	Vägnät	Lätt få att fungera hyfsat Funkar med Dynameq-nät Automatisk nätverkskontroll	Fixa kapaciteter i korsningar pga inga korsningskonflikter i DUE	Kan utnyttja geometri från NVDB nät för hastighet Nätverkskontroll funktion	Fel i detaljkodning = stor påverkan, större krav på nätverket i mikro	Funkar med NVDB Lättanvänd vägredigering
	Trafiksignaler	Modul för att optimera signalplan	Behövs extramodul för att koda signaler.	Lätt att koda nya trafiksignaler, modul för att optimera signalplan enligt flöden	Behöver trafiksignaler i mikro för att hantera vänstersvingar väl	
	Centroid/skaft					Kan definiera restid och avstånd
Efterfrågan	Ärenden segment			Segment kopplat till fordontyp (fordonsegenskaper)		Enkelt att hantera flera efterfrågesegment med olika tidsvärden.
	Tidsintervall	Finns inbyggd modell för tidspunktval	Leverar inte sheduling cost			Tidsintervallen kan ha olika längd.

SAMPERS for modeling urban congestion

	Detaljer	VISUM DUE Fördelar	VISUM DUE Nackdelar	TRANSMODELER Fördelar	TRANSMODELER Nackdelar	Liknande fördelar
Parametrar utläggning	Ruttval		Oklart hur många iterationer som behövs i blocking-back-loopen	Stokastisk		Deterministisk/Probabilistisk
	Varmstarta		Ger ingen fördel i DUE	Möjligt		
	Generaliserad kostnad	Tull som länkattribut Avståndskostnad kan läggas som länkattribut på samma sätt som tull Värdering av reskostnad kan variera med efterfrågesegment	Inte möjligt att skilja på värdering av tull och avståndskostnad		Icke ändringsbar (restid*tidsvärde + tull) i nuläget (sannolikt åtgärdas i nästa version av TransModeler) Tull måste lägga manuellt på varje port	Enkelt att förstå parametrarnas innebörd. T ex. är nyttofunktionen formulerad så att tidsvärdet är en parameter, vilket förenklar vid rimlighetsbedömning
Resultat av utläggning	Restid					Per kvart, länk, matris, rutt
	Flöden	Ruttanalys. Information om vilka rutter som passerar en viss länk kan därmed visas för varje tidsintervall (i testerna 15-min-intervall)		Ruttanalys per tidsintervall och fordonstyp		Per kvart, länk och matris
	Köer			Kan observera utveckling av köer (animering)		Kan observera köer
	LOS matriser		Dynamiska skim-matriser går inte att få i nuläget (VISUM TRE i stand-by)	Dynamisk LOS per avgångstid och tidsvärden	Tillgänglig bara manuellt (åtgärdas automatisk i nästa version av TransModeler)	Få statiska LOS matriser
Validering	Restid		Restiderna är överlag något för korta, framförallt i västerort			Bra överensstämmelse på hastigheter
	Köer					Bra på att reproducera observerade köer
	Flöden		För hög på Essingeleden Hastighet profil stämmer inte så bra för E4.		För hög på Essingeleden Hastighet profil stämmer inte så bra för E4 (varmstarta)	Bra överensstämmelse på flöden
	Grid-locks					Inga grid-locks uppstår.
	Kalibrering				Många parametrar i mikroskopisk	O-D Matrix estimation

SAMPERS for modeling urban congestion

	Detaljer	VISUM DUE Fördelar	VISUM DUE Nackdelar	TRANSMODELER Fördelar	TRANSMODELER Nackdelar	Liknande fördelar
Beräkningstid	För 40 timmar	15 efterfråga iterationer (med max 3 timmar per DUE iteration)	Kräver mycket minne (>20 GB).	Kräver lite minne (<0.5 GB)	7 efterfråga iterationer	
	Enligt belastning		Minne gräns nås snabbare Lång beräkningstid vid hög belastning.	Lineär större beräkningstid vid hög belastning (elasticitet ca 1 med antal bilar i nätet)		Kortare beräkningstid vid låg belastning
Integrering med REGENT Konvergens värde med 40 timmar körning	Integrering	Alla funktioner i Visum kan anropas från valfritt programmeringsspråk. Ingen läsning eller skrivning till disk behöver göras. Fullständigt API. Mycket lite programmering behövs. Ovanstående gör att nätutläggningen i Regent kan göras utbytbar, Visum blir plug-in-plug-out			Kan inte starta TransModeler från C#. Regent anropas från Transmodeler.	
	Konvergens för restid matris	0.10%		1.73%		
	Konvergens logsum	0.03%		0.21%		
Nytta av trängselskatt	Ruttval	-13% trafikarbete i innerstan med tull		-16% trafikarbete i innerstan med tull		
	Efterfrågan	-0.5% med tull		-1% med tull		
	Restid	4 av 10 analyserat rutter bättre än SAMPERS		5 av 10 analyserat rutter bättre än SAMPERS		Närmare mönster än SAMPERS jmf med kamera observationer
Prognos +30% arbetsresor i TransModeler +75% arbetsresor i VISUM	Beräkningstid			ca +20 %		
	Efterfrågan	ca +68 % (arbetsresor)		ca +26 % (arbetsresor)		
	Restid		Låg elasticitet (ca 0.45 i genomsnitt)	Förväntat mönster (elasticitet ca 0.85 i genomsnitt)		
Priset			Första licens ca 400 tkr för Visum-paketet inklusive modulerna Junction Editor och ICA (rabatt 30% på andra, 40 % på tredje och 50% för fjärde och följande licenser). Underhåll ca 60 tkr/år.	Första licens \$24 000 (ca 155 tkr*) Underhåll \$2 700/år (ca 17.5 tkr/år*) * 1\$ = 6.47 kr, 17/01/2014		

Bilaga 1

In table below we list important attributes available and unavailable in NVDB²¹.

Attribute	yes/no	Description	Limitations
Length	y		
Permitted speed	y		
Direction of link	y		
Number of lanes	y/n	From what I could see 2013-02-06 this variable was not complete yet in the database but is supposed to be there.	Number of lanes lacks details such as fields for right/left turns (see p. 87 in the footnote)
Lane changing			Physical barriers are represented but not painted lines
Prohibited turns	y	Can be derived	
Traffic signals/Signal plans	n		
Class	y	x	x
Data for calibration	n		
Priorities	n		

Link and node attributes in NVDB.

The connectivity in NVDB²² seems to be correctly represented in the documents specifying the database. There are some problems that may affect both dynamic

²¹ <http://www22.vv.se/filer/68850/NVDB%20-%20Specifikation%20av%20innehåll%20-%20Företeelsetyper%20v%205.7.pdf>

²² <http://www22.vv.se/filer/68850/NVDB%20-%20Specifikation%20av%20innehåll%20-%20Vägnät%20v5.7.pdf>

and semi-dynamic methods. The number of lanes lacks some detail e.g. fields for right/left turns (turning pockets) are not coded. This will in particular be a problem for micro models but also for algorithms using blocking back since the representation will underestimate the storing capacity of important parts of the network. From what we could see 2013-02-06 the number of lanes was not fully implemented in the current version of NVDB. Limited representation of lane changing, physical barriers are represented but not painted lines.

In a quite early phase in the project we made some initial checks of the quality in areas where we had good local knowledge of the road network. These checks were promising with regard to quality. Later on we had to realize that the quality differed quite a bit between different municipalities and that the road network suffered heavily from bad coding in several municipalities. This required a lot of additional work, e.g. in some municipalities all roundabouts had to be recoded. There were also problems with network connectivity and bad coding of ramps.

Bilaga 2 Mailkonversation med PTV angående utveckling av VISUM DUE/TRE

Dear Ida,

let me summarize our position regarding the roadmap for dynamic assignment in the Vision Traffic Suite.

We have ruled out implementation of TRE in Visum 14, the 2014 release. Koenraad has already given the reasons. Two of the algorithmic deficiencies of the proposed new algorithm are so fundamental that we cannot be sure they can be resolved satisfactorily. In view of several very desirable and already successfully implemented aspects of TRE (junction delay in dynamic assignment, multi-threaded, on-trip re-routing) this presents a dilemma. We have decided that we will invest some additional effort together with Prof. Gentile, the originator, on solving the problems. If this leads to success, then we will implement TRE in a future release and also have dynamic skims. If not successful, we will offer dynamic skimming in another form: either as a post-processing of a DUE assignment or as part of a better DTA algorithm. This will be in Visum 15 earliest, too, because we will not extend DUE as long as there is hope to replace it by something better. We will rather invest the available resources in developing a solution for TRE. One way or another we remain committed to supporting time choice models by offering dynamic skim matrices.

I hope this clarifies the issue.

Best regards from Karlsruhe,

Klaus

Klaus Noekel

PTV						GROUP
Vice President	Traffic	Software	Product	Management		
Haid-und-Neu-Str.	15,	76131	Karlsruhe,	Germany		
Tel.: +49 721	96 51-328	Fax:	+49 721	96 51-599		
klaus.noekel@ptvgroup.com						
www.ptvgroup.com						

PTV	Planung	Transport	Verkehr	AG
Hauptsitz	/	Headquarters:		Karlsruhe
Vorstand / Executive Board:	Vincent Kobesen	(Vorsitzender / CEO),	Dr.-Ing. Thomas Schwerdtfeger	
Vorsitzender des Aufsichtsrates / Chairman of the Supervisory Board:	Commercial	Register	Dr. h.c. Frank-Jürgen Weise	
Handelsregister / Amtsgericht / Local Court: Mannheim			(HRB-Nr.):	109262

The PTV Group rolls out a new tool for traffic engineering: PTV Vistro is the all-in-one-solution for transport analysis and signal optimisation. Learn more on <http://tinyurl.com/ctaptz8>

Von: Koenraad Verduyn
Gesendet: Dienstag, 10. Dezember 2013 15:46
An: Anett Ehlert; Klaus Nökel
Betreff: RE: Dynamic skim matrices

Klaus,

I think this is one where you are most fit to answer. For me our position is clear : we cannot say what will be the successor to DUE simply because we don't know yet. We will offer TRE as visum addin, but without timeframe. I understand that they have very specific needs for skim matrices, but we cannot build software specifically for them.

koenraad

From: Anett Ehlert
Sent: Dienstag, 10. Dezember 2013 15:42
To: Koenraad Verduyn; Klaus Nökel
Subject: AW: Dynamic skim matrices

Hi,

Can we agree what we answer here?

I assume the questions below also need some rough indication of time frame or do we refer to your earlier email Koenrad (TRE as add-in)?

But now they are aware that today's skims from TRE are not exactly what they want
....

Thanks,

Anett

Von: Kristoffersson Ida [<mailto:Ida.Kristoffersson@sweco.se>]
Gesendet: Dienstag, 10. Dezember 2013 14:43

An: Anett Ehlert; Koenraad Verduyn
Cc: West Jens; Leonid.Engelson@WSPGroup.se; Svante.Berglund@WSPGroup.se
Betreff: Dynamic skim matrices

Dear Anett and Koenraad,

I am working on VisumDUE together with Jens and Leonid in the IHOP project.

We are now discussing departure time choice and find that we have no time to implement it at this point, but it is important that we don't close that door for the future. Especially dynamic skim matrices for each departure time interval (e.g. 15 minutes) will be important to be able to receive from the program in the future.

Can you describe to me the plans PTV has regarding dynamic modelling and developments of VisumDUE in the future, especially regarding departure time choice and dynamic skim matrices?

As I understood it PTV will not move on with TRE?

Best regards,

Ida

Ida			KristofferssonSweco		Infrastructure		AB
PhD			Gjörwellsgatan				22
Stockholm		Traffic	AnalysisBox				34044
Telephone	direct	+46	(0)8	7143258	26		Stockholm
Mobile	+46	(0)725	443258	Telephone	+46	(0)8	7143200
				www.sweco.se			



Bilaga 3. Mail från Caliper, Daniel Morgan som klargör avsikten med utveckling av dynamisk skimmatris, skickat i december 2013.

Hi Svante,

Thank you for the email and for keeping us abreast of your progress. We have immediate plans to implement such a dynamic skim matrix. As I have mentioned before, we have a need for the same functionality for the ABM integration work that we are doing. This will certainly be a feature of a forthcoming version. There is thus no need for you to pay us to do it for you.

At the moment, we are working out the design of this feature. Any input you would like to offer would be helpful to us. It seems to us that at a minimum, the software would need to produce dynamic skims for different classes of vehicle (e.g., for trucks and for high-occupancy vehicles, which may be prohibited from using, or have special access to, particular links). If you can give us a list of the requirements/specs you would like to see in such a feature, we can make sure that we can accommodate them in our design.

Whether we can release this feature in an updated build of 3.0 or in the next version 4.0, which should be ready in the early part of next year, depends on how deeply the design requires us to cut into product.

Regards,

Dan

Daniel Morgan • Director, Traffic Simulation

Caliper Corporation • 1172 Beacon Street, Suite 300 • Newton MA 02461 • USA

Phone: 617-527-4700 • Fax: 617-527-5113

www.caliper.com