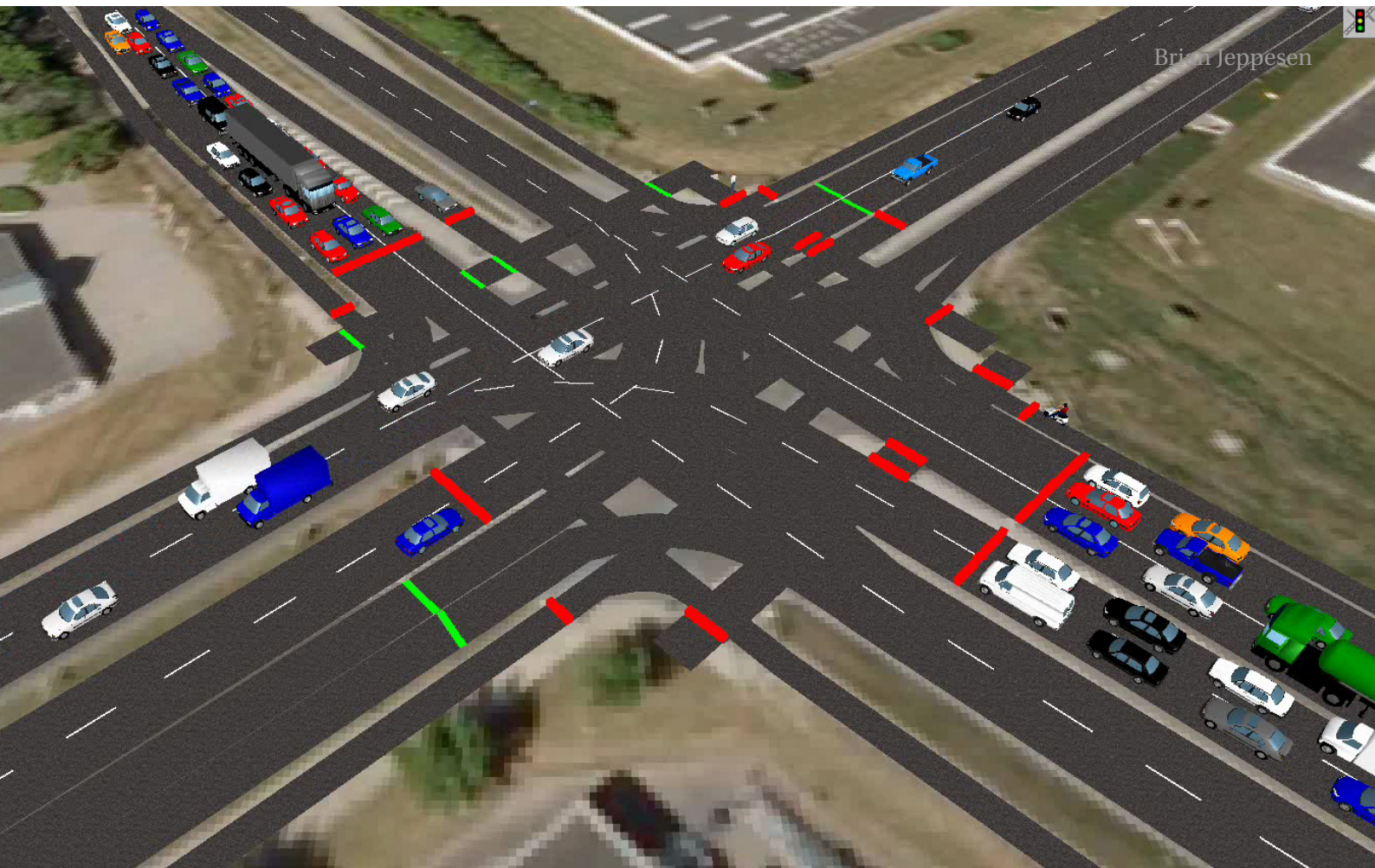


Vissim simulering af bytrafik efter danske forhold

Undersøgelse og kalibrering af parameterindstillinger til simulering af trafikafvikling i signalreguleret kryds i byområder



Vej- og Trafikteknik - Speciale 4.semester

Det Ingeniørvidenskabelige Fakultet
Aalborg Universitet 2010

Titel:

Vissim simulering af bytrafik efter danske forhold
- Undersøgelse og kalibrering af parameterindstillinger til simulering af trafikafvikling i signalreguleret kryds i byområder

Tema: Speciale projekt, 4. semester

Projektperiode:

1. februar - 17. juni

Deltagere:

Brian Jeppesen

Vejleder: Harry Lahrman

Oplagstal: 3

Sidetal: 106

Appendiks i bilagsrapport: 6

Bilag i bilagsrapport: 2

Bilagcd vedlagt: 1

Afsluttet: 17. juni 2010

Synopsis:

I denne rapport testes det, hvorledes simuleringssprogrammet Vissim gengiver danske forhold og dansk trafikantadfærd. I vejregelforslaget "Anvendelse af mikrosimuleringsmodeller" præsenteres en række indstillingsparametre til simulering af danske forhold. Ved sammenligning med markobservationer, er der udført test på, hvorledes Vissim simulerer forskellige trafikale mål. Der er blandt andet testet på passagetider for ligeudkørende i signalanlæg. Ved anvendelse af vejreglens indstillinger, gengiver simuleringen de observerede passagetider. Derimod kan der ikke findes sammenhæng imellem den observerede virkelighed og simulering med Vissim standardindstillinger.

Ud over de mindre test på specifikke parameterindstillinger, er der i rapporten foretaget en simulering af en observeret spidstid i et signalreguleret kryds. Ved sammenligning af kølængder og afviklet trafik igennem krydset i virkeligheden og i simuleringen, afprøves indstillingerne i Vissim. Det er igennem testen fundet, at Vissim afspejler den virkelige trafikafvikling tilfredsstillende, for de fleste ben i krydset. Men det er nødvendigt at fravige fra parameterindstillingerne i vejreglen, for at opnå en tilfredsstillende simulering ved stigende trafikintensitet. Igennem testen er det fundet, at Vissim ikke er i stand til at afvikle venstresvingende, selv med indstillinger, der resulterer i meget aggressiv kørsel fra de svingende.

Deraf er det fundet, at Vissim i nogle tilfælde kan simulere danske forhold men, at der skal yderligere undersøgelser til, for at finde parameterindstillinger der resulterer i tilfredsstillende simuleringer i alle trafikale situationer.

Forord

Denne rapport er udarbejdet som specialeprojekt på overbygningens 4. semester på Vej og Trafik ved Det Ingeniør-, Natur- og Sundhedsvidenskabelige Fakultet, Aalborg Universitet.

Rapporten består af en hovedrapport, en bilagsrapport og en bilagscd. Hovedrapporten indeholder teori og resultater, hvor der i bilagsrapporten findes beregninger og uddybende materiale vedrørende projektet, såsom tabeller, statistiske test og lignende. På bilagscden findes udarbejdede regneark indeholdende data fra Vissim simuleringerne samt efterbehandling af dette, indsamlet data er ligeledes tilgængelig som også Vissim modeller af de enkelte test, der er udført i projektet er det.

Kildehenvisningerne er udført efter Chicago-metoden. Referencen vil stå listet som følgende [efternavn, år] og vil referere til kildelisten, som indeholder uddybende informationer om kilden. Figurer og tabeller er nummereret fortløbende med reference til kapitelnummeret.

I forbindelse med dette forord skal der rettes en tak til følgende personer, der har været behjælpelige igennem projektet:

Hanne Myrup (Aalborg Kommune)	Niels Agerholm (Aalborg Universitet)
Niels Tykskov	Anders Otte (Aalborg Universitet)
Jens Christian Overgård Madsen (Aalborg Universitet)	Niels Ulrich Clausen (Aalborg Kommune)
Søren Olesen (Rambøll)	Rolf Sode-Clausen (Rambøll)
Lars Thomsen (NT)	Morten Jensen (Aalborg Kommune)

Til sidst vil jeg gerne takke min vejleder Harry Lahrman (Aalborg Universitet) for god og konstruktiv vejledning, stor fleksibilitet og et godt samarbejde.

RESUME

I de seneste år har trafikmodeller i almindelighed, og mikrosimuleringsmodeller i særdeleshed, vundet indpas i trafikplanlægningen. Modellerne bliver stadig mere detaljerede i takt med, at stigende computerkraft bliver til rådighed. Trafikplanlæggeren er dermed i besiddelse af værktøjer, der muliggør planlægning af fremtidige infrastrukturelle tiltag. Samtidig er det muligt at vurdere effekten og anvendeligheden af specifikke trafiktekniske løsningsmuligheder samt at visualisere disse for mulige interessanter. Mikrosimuleringsprogrammet Vissim kan anvendes til alle disse planlægningsopgaver, og kan simulere de enkelte køretøjer separat i modellen. Der opnås dermed en meget detaljeret model, hvor det er muligt at udtrække meget præcise data omkring trafikafviklingen.

Det er derfor vigtigt, at Vissim simulerer den virkelighed, det forsøges at beskrive og deraf også er i stand til at gengive danske forhold. Er dette ikke tilfældet, vil resultater og slutninger, taget på baggrund af simuleringen, være behæftet med fejl. Programmet er imidlertid bygget op omkring tyske studier af tysk trafikantadfærd, hvilket resulterer i, at simuleringerne ofte afviger fra trafikafviklingen på danske veje.

For at imødekomme denne problematik, er udarbejdelsen af en vejregel omkring Vissim simuleringer igangsat under vejregelrådet. Vejreglen "Anvendelse af mikrosimuleringsmodeller" skal bidrage til, at modelbyggeren bliver i stand til at indstille parameterværdierne i simuleringen, således denne afspejler dansk trafikantadfærd. Der er således anbefalinger for, hvordan relevante parameterværdier og fordelinger bør indstilles for derved at opnå en retvisende simulering.

I denne rapport er der igennem forskellige test af udvalgte indstillinger undersøgt forskellen imellem simulering med standardindstillingerne i programmet og indstillingerne tilpasset danske forhold. Det er igennem disse test fundet, at Vissim gengiver den hastighedsfordeling, der angives af brugeren. Det er dog samtidig fundet, at anvendes der hastighedsmålinger fra virkelig trafikafvikling, hvor der forekommer køretøjer med lave hastigheder, resulterer dette i unaturlig trafikafvikling og for lave gennemsnitshastigheder på strækninger med kun et kørespor i hver retning.

Igennem markobservationer, foretaget i udvalgte kryds i Aalborgområdet, er trafikafviklingen i Vissim vurderet i forhold til dansk adfærd. Ud fra markobservationerne er passagetiderne ved stopstregen, for ligeudkørende i signalregulerede kryds, registreret. Passagetiderne er sammenlignet med passagetider registreret i Vissim simuleringer. Simuleringerne er foretaget med indstillingerne foreslået i vejregelforslaget og med standardindstillingerne fra Vissim. Igennem disse test er det fundet, at indstillingerne i vejregelforslaget resulterer i simuleringer, der gengiver den observerede passagetid. Anvendes standardindstillingerne i simuleringen derimod, vil passagetiderne i simuleringen være noget lavere end det observerede, og dermed simulere en bedre trafikafvikling, end hvad der vil være tilfældet i virkeligheden. De observerede pas-

sagetider er ligeledes sammenlignet med beregningsværdierne fra de danske vejregler, hvor det er fundet, at passagetiderne i vejreglen for "kapacitet og serviceniveau" er noget lavere end den virkelige passagetid. Beregningsværdierne svarer dog nogenlunde til de passagetider, der er registreret i simulering med standardindstillingerne.

Ud fra betragtningen om, at passagetiderne i ligeudsporet bliver simuleret korrekt, er der opbygget et signalreguleret kryds i Vissim, der ligeledes er observeret i virkeligheden. Der er foretaget en sammenligning af kølængder og afviklet trafik i 5 minutters intervaller i marken og ved simulering i Vissim. Ud fra simuleringerne er det fundet, at det ikke er muligt at simulere en virkelig trafikafvikling, når hastighedsfordelinger fra virkelige målinger anvendes i Vissim. Sådanne hastighedsfordelinger omfatter ofte langsomt kørende køretøjer i simuleringen, hvilket resulterer i unaturlige kødannelser på strækningerne og medfører en forkert ankomstfordelinger til krydset. Dette er dog alene undersøgt ved simulering af strækninger med et kørespor i hver retning.

Det er igennem simulering med vejregelforslagets indstillinger fundet, at der skabes de korrekte kølængder i Vissim, og samtidig afvikles den korrekte mængde trafik i krydset. Dette er dog med undtagelse af et venstresvingsspor, hvori der forekommer en høj trafikintensitet. I denne svingbane har det ikke været muligt at genskabe den virkelige trafikafvikling. Der er forsøgt med kalibrering af accelerationsværdier og reduktion i sikkerhedsafstand til indstillinger, der virker urealistiske for en virkelig trafikafvikling. Det har ligeledes ikke medført en simulering der afspejler den virkelige trafikafvikling. Det er derfor konkluderet, at der af den virkelige trafikant foretages vurderinger og forudsigelser af trafikken, som ikke kan simuleres i Vissim. Forudsigelser af at modkørende bremser op samt kørsel i mellempfasen mellem grøn i hovedretningen og eftergrøn i svingsporet, er med til at øge kapaciteten i den virkelige trafikafvikling. Sådanne menneskelige aspekter er det ikke muligt at skabe i en simulering, hvorved der forekommer større afviklingsproblemer end, hvad der kan observeres i den virkelige situation. Det må derfor slutes, at Vissim, med vejregelforslagets indstillinger, formår at afvikle trafikken tilfredsstillende i spor med lille eller nogen trafikbelastning. Forekommer der derimod store trafikbelastninger i et svingspor, har det ikke været muligt at genskabe den virkelige trafikafvikling i Vissim.

ABSTRACT

In recent years, traffic models in general and micro-simulation models in particular, has gained ground in traffic planning. The models become increasingly detailed as the increasing computing power becomes available. The traffic Planner is thus in possession of tools that allow planning for future infrastructure initiatives. It is also possible to assess the performance and applicability of specific traffic technical solutions and to visualize these areas for interested party. The micro-simulation program VISSIM can be applied to all these planning tasks, and can simulate each vehicle separately in the model. There by achieving a very detailed model, where it is possible to extract very precise data about traffic flow.

It is therefore important that VISSIM simulates the reality it attempts to describe, while also able to reproduce Danish conditions. Is this not the case, the findings and inferences made based on the simulation would be flawed. The program is however built around German studies of German driving behavior, resulting in that the simulations often deviate from the flow of traffic on Danish roads.

To address this problem, the preparation of a Road Standard around VISSIM simulations is initiated by "vejregelrådet". The Road Standard "Anvendelse af mikrosimuleringsmodeller" is to help the modeller in adjusting parameter values in the simulation, so this reflects Danish driving behavior. There are thereby recommendations on how the relevant parameter values and distributions should be adjusted in order to obtain an accurate simulation.

This report studies, through various tests of selected settings, the difference between the simulation with the default settings in the program and the settings adjusted to Danish conditions. It is through these tests found that VISSIM reproduce the speed distribution specified by the user. It is nevertheless, at the same time found that uses speed measurements from real traffic, where there are vehicles with low speed, will result in unnatural traffic and to low average speeds on routes with only lane in each direction.

Through field observations, conducted in selected intersections in the Aalborg area, the flow of traffic in VISSIM is assessed against the Danish behavior. From field observations the crossing times at the stop line is recorded, for straight driving in intersections. The crossing times are compared with crossing times recorded in VISSIM simulations. The simulations are run with the settings suggested in Road Standard motion and with default settings from VISSIM. Through these tests it is found that the settings in Road Standard motion results in simulations that reproduce the observed crossing times. If the default settings are used in the simulation, however, the crossing times in the simulation will be somewhat lower than the observed, thus simulating a better traffic flow than what would be the case in reality. The observed crossing times are also compared with calculated values from the Danish Road Standard, where it is found

that the crossing times in the Road Standard kapacitet og serviceniveau" are somewhat lower than the actual crossing times. The calculation values correspond roughly to the crossing times recorded in simulation with the default settings.

From the consideration that the crossing times in the straight lane is simulated correctly, a signal controlled crossing is built in VISSIM, which also is observed in reality. There is a comparison of queues lengths and wound up traffic in 5 minute intervals from field observations and simulated in VISSIM.

From the simulations it is found that it is not possible to simulate the real traffic flow, when speed distributions from real measurements is used in VISSIM. Such speed distributions often include slow moving vehicles in the simulation, resulting in unnatural congestion on the roadsection and causes an incorrect arrival distributions at the intersection. This is only studied by simulation of routes with lanes in each direction.

Simulation with the Road Standard motion settings are found to create the proper queues lengths in VISSIM, and simultaneously create the correct amount of traffic at the intersection. This is except for a left turn lane, which has a high-traffic intensity. In this left turn track it has not been possible to recreate the real traffic flow. Calibrating to acceleration values and reduction in safety clearances settings, that seem unrealistic for a real traffic situation has been tried. It has also not resulted in a simulation that reflects the real traffic. It is therefore concluded that the real driver makes assessments and predictions of the traffic situation, that can not be simulated in VISSIM. Predictions of the oncoming traffic braking up and running in the stage between green in the main direction and green in turn lane, helping to increase capacity in the real traffic situation. It is not possible to create these human aspects in a simulation, which results in bigger flow problems than what can be observed in the real situation.

It is therefore concluded that VISSIM with the Road Standard motion settings, manage to execute the traffic well in lanes with little or some traffic flow. But if there is a large amount of traffic in the turn lane, then it has not been possible to recreate the real traffic flow in VISSIM.

INDHOLD

Kapitel 1	Indledning	13
Kapitel 2	Problemformulering	15
2.1	Afgrænsning	16
Kapitel 3	Anvendelse af trafikmodeller i trafikplanlægning	17
3.1	Macro- og mesoskopiske trafikmodeller	18
3.2	Mikroskopiske trafikmodeller	22
Kapitel 4	Simuleringsværktøjet Vissim	25
4.1	Network	25
4.2	Traffic	26
4.2.1	Car-following - Wiedemanns adfærdsmodeller	27
4.2.2	Vognbaneskifte	32
4.2.3	Placering i vognbanen	33
4.2.4	Adfærd ved signalanlæg	34
4.3	Control	34
4.4	Problematik ved Wiedemann og Vissim	35
Kapitel 5	Parameterindstillinger til simulering	37
5.1	Vejregel for indstilling til danske forhold	38
5.2	Trafiksammensætning	39
5.3	Ønsket hastighed	40
5.3.1	Statistisk test på gennemsnitshastighed og spredning	41
5.3.2	Test på målt hastighedsfordeling i Vissim	44
5.3.3	Gennemsnitshastighed ved et kørespor	45
5.3.4	Vurdering af indstillinger for ønsket hastighed i Vissim	46
5.4	Acceleration og deceleration	47
5.4.1	Opsamling på de- og acceleration	51
5.5	Opbygning af vigepligt	52
Kapitel 6	Registrering af passagetider	57
6.1	Passagetid i DanKap	58
6.2	Markobservationer af passagetider	59
6.2.1	Passagetider Th. Sauers Vej - Sohngårdsholmsvej	61
6.2.2	Passagetider Hjørringvej - Forbindelsesvejen	64
6.2.3	Passagetider Humlebakken - Hadsundvej	66
6.2.4	Sammenfatning af passagetider for markobservationerne	67
6.3	Passagetid i Vissim	70
6.3.1	Registrering af passagetid i Vissim	71
6.3.2	Passagetid ved Vissim standardindstillinger	72
6.3.3	Passagetid ved vejregelforslagets indstillinger	74
6.4	Sammenligning af Vissim passagetiderne og markobservationer	76

Kapitel 7	Simulering af virkelig trafikafvikling	81
7.1	Registreringer i marken	82
7.2	Opbygning af Vissim model	82
7.2.1	Køttæller i Vissim	84
7.3	Sammenligning af afviklet trafik og observerede kølængder	88
7.4	Opsamling på virkelig trafikafvikling i Vissim	97
Kapitel 8	Konklusion	101
Kapitel 9	Perspektivering	103
Litteratur		105

 KAPITEL

INDLEDNING

I takt med at trafikken stiger på de danske veje, er det nødvendigt at øge kapaciteten for, at imødekomme en stigende trængsel. Der er dermed behov for at udbygge eksisterende vejanlæg og projektere nyanlæg, hvor dette er nødvendigt. I den forbindelse bliver det mere og mere udbredt at anvende trafikmodeller som et værktøj til at bestemme, hvor behovet for investeringer i infrastrukturen er størst og gør bedst nytte. De anvendte modeller i trafikplanlægningen kan inddeles i henholdsvis makro-, meso- og mikrosimuleringsmodeller. De to første modeller beskriver den trafikale situation ved gennemsnitsbetragtninger over tid, mens mikrosimuleringsmodeller beskriver den enkelte bilist og dennes adfærd.

Makromodellerne anvendes til at bestemme transportmønstre på lands- eller regionalplan ud fra prognoser af, hvorledes forskellige parametre, der kan have indflydelse på trafikudviklingen, forventes at udvikle sig. Dette kan eksempelvis være prognoser af antallet, der forventes at benytte Storbæltsbroen om ti år. I mesomodeller benyttes, ud over prognoser, som i makromodellerne også rutevalg og lokale tur-attraherende og -genererende enheder i beregningerne af trafikudviklingen. Deraf anvendes mesomodeller også på et mere lokalt plan indenfor en region, en større by eller mindre bydele. Makro- og mesomodeller beregner de forskellige trafikale parametre som et gennemsnit over tid, såsom gennemsnitshastighed, belastningsgrad i en spidstime og lignende.

Mikrosimuleringer anvender derimod de enkelte køretøjer til beskrivelse af den trafikale situation. Igennem delmodeller, der beskriver hvorledes det enkelte køretøj og den enkelte trafikant skal agere i modellen, kan det meget detaljeret beskrives, hvordan en trafikteknisk løsning vil fungere, inden den udføres i marken.

Det mikrosimuleringsværktøj der er mest anvendt i Danmark, er programmet Vissim, der bygger på psyko-fysiske delmodeller til beskrivelse af den enkelte trafikant og det enkelte køretøj i en simulering. Programmet anvendes i både vejmyndigheder og rådgivende ingeniørvirksomheder, som en stor del af planlægningsgrundlaget for mulige trafiktekniske tiltag. Samtidig giver programmet mulighed for at iagttage trafikafviklingen i tidsskridt af 1/10 sekund, hvilket gør det meget anvendelig til, at præsentere

mulige løsninger for interessenter, hvilket gør det til et meget stærkt værktøj.

Programmet Vissim stammer fra Tyskland, og er udviklet på Hamborg Universitet, hvor der igennem årene er bygget stadig flere og mere komplekse elementer ind i programmet. Den første udgave af Vissim er fra 1993, og efterhånden er Vissim blevet et forholdsvis avanceret program til at opbygge en simulering i. Indstillingsmulighederne og antallet af parametre, der kan ændres, berører deraf næsten samtlige forhold, der kan tænkes at påvirke trafikafviklingen. Da programmet er udviklet på Hamborg Universitet, er det også tyske undersøgelser af tysk adfærd, der er anvendt til udarbejdelsen af programmet.

Det er derfor trafikplanlæggerens opgave at få Vissim til at afspejle danske forhold, når programmet skal anvendes til beskrivelse af danske forhold. Dette indebærer, at parameterindstillingerne skal ændres og kalibreres til den specifikke simuleringsopgave. I denne proces skal trafikplanlæggeren anvende sin erfaring med programmet og sin trafiktekniske viden omkring trafikafviklingen i den virkelige situation, der forsøges at beskrive. Dermed vil den enkelte simulering også bære præg af den enkelte brugers viden om programmet, og hvorledes det skal kalibreringen skal udføres.

Grundet ovenstående kan der således være stor forskel i, hvorledes to simuleringer, udført af forskellige planlæggere, beskriver den samme trafiksituation. Dermed kan beslutningsgrundlaget, i form af de udtræk der kan foretages i Vissim, også variere. For at imødekomme dette problem, og forsøge at skabe konsensus omkring, hvordan Vissim parametrene skal indstilles, har vejreglerådet igangsat udarbejdelsen af en vejregel på området. Vejreglen skal skabe et grundlag for trafikplanlæggeren til at kalibrere en simulering, således at denne afspejler dansk trafikantadfærd. Vejreglen "Anvendelse af mikrosimuleringsmodeller" er dog stadig under udarbejdelse, og i april 2010 sendt til godkendelse. I vejreglen forefindes der anbefalinger til, hvorledes de mest anvendte parametre og fordelinger i Vissim bør indstilles, for at simuleringen er tilpasset danske forhold.

Parameterindstillingerne i vejreglen bygger på vejregelgruppens egne erfaringer med Vissim, samt hvorledes simuleringerne tilpasses, så de afspejler trafiktekniske mål fra andre vejregler. En del af parameterindstillingerne er således indstillinger, der resulterer i simuleringer, der gengiver beregningsværdierne fra vejreglen for kapacitet og serviceniveau.

Ressourcerne til udarbejdelsen af vejreglen har dog været forholdsvis sparsomme, hvorfor der stadig er en del parametre, der ikke er belyst i vejreglen. Ligeledes er større test af de foreslåede indstillinger ikke umiddelbart gennemført på virkelige trafikafviklinger. [Vejregelrådet, 2010] Yderligere undersøgelser af parameterindstillinger tilpasset danske forhold er dermed nødvendige og kan indgå som supplement til vejreglen. Dermed kan denne på sigt blive fyldestgørende, og virke som en "manual" til udarbejdelsen af simuleringer i Vissim efter danske forhold.

2

KAPITEL

PROBLEMFORMULERING

Vissim er et simuleringsprogram, hvor der er store muligheder for at påvirke på hvilke præmisser trafikafviklingen skal foregå. Programmet er bygget op omkring flere delmodeller af blandt andet trafikantens adfærd, køretøjernes egenskaber og netværks- og signalopbygning. Indenfor hver kategori er der en del parametre og fordelinger, der kan ændres af brugeren for at tilpasse simuleringen efter den virkelighed, det forsøges at genskabe. Indstillingerne er dog ofte så mange og ugennemskuelige, at brugeren benytter de standardindstillinger, som programmet leveres med. Disse indstillinger afspejler imidlertid tysk trafikantadfærd og tyske forhold.

Med udarbejdelse af en ny vejregel "Anvendelse af mikrosimuleringsmodeller" forsøges det at komme med forslag til indstillinger således, at Vissim afspejler danske forhold. Der er imidlertid stadig mange indstillingsparametre, der ikke bliver berørt i denne vejregel. Parametre der ikke bliver berørt, vil derfor fortsat stamme fra de tyske undersøgelser, medmindre modelbyggeren selv er bekendt med en bedre indstilling.

Dette rejser to spørgsmål i forbindelse med, at en simulering skal afspejle den virkelige trafikafvikling for at kunne benyttes i planlægningssituationer:

- Hvorledes simuleres den virkelige trafikafvikling ved anvendelse af de foreslåede værdier i vejregelforslaget? Er der ved at indstille Vissim med disse parameterindstillinger, der angives i vejreglen, opnået en simulering, der afspejler den danske trafikantadfærd?
- Hvorledes påvirkes simuleringen, hvis der ikke ændres på parameterindstillingerne i forhold til de tyske standardindstillinger? Er det stadig muligt at simulere den virkelige trafikafvikling på danske veje uden at have en tilpasset værdi?

Igennem belysning af ovenstående kan det vurderes, hvilke værdier der bør omfattes af vejreglen, og hvilke værdier der muligvis kan udelades af en kalibrering til danske forhold. Da omfanget af indstillingsparametre er stor i Vissim, vil belysning af, hvilke parametre, der ikke kræver en kalibrering være af stor betydning for omfanget af vejregelarbejdet.

2.1 Afgrænsning

Da Vissim som udgangspunkt kan simulere alle vejnetsudformninger og trafiktekniske løsninger, vil der blive foretaget en afgrænsning af, hvilken simuleringssituation der vil blive undersøgt i nærværende rapport.

Den trafikale situation, der ønskes undersøgt, er trafikafviklingen i signalanlæg i byområder. Af denne grund vil de parametre der undersøges i Vissim være for hastighedsbegrænsninger på henholdsvis 50 km/t og 60 km/t. Ligeledes er parametrene, der vurderes i car-following modellen i Vissim, afgrænset til Wiedemann 74, der anvendes til simulering af bykørsel.

I rapportens første del vil der blive foretaget en sammenligning imellem de tyske standardindstillinger og parameterindstillinger fra danske undersøgelser. Parametrene der vil være fokus på i denne del, er blandt andet hastighedsfordeling for henholdsvis 50 km/t og 60 km/t. Det undersøges hvorledes trafikken simuleres i Vissim med standardindstillingerne og hvordan dette forholder sig til simulering med indstillinger udarbejdet fra danske undersøgelser.

I rapportens anden del vil der være fokus på, hvorledes Vissim simulerer en virkelig trafikafvikling. Parametrene og situationer der undersøges omhandler:

- Acceleration fra stop i et signalanlæg.
- Køafvikling i ligeudsporet i et signalanlæg.
- Bestemmelse af passagetider for ligeudsporet i et signalanlæg.

Der vil blive foretaget en sammenligning imellem simulering med standardindstillingerne og simulering med vejregelforslagets indstillinger. Desuden vil de fundne passagetider fra simuleringerne blive sammenlignet med observationer foretaget i tre kryds i Aalborgområdet samt med relevante værdier fra de danske vejregler.

I rapportens sidste del opsamles de fundne parameterindstillinger og fordelinger og anvendes i en simulering af en virkelig trafikafvikling i et signalreguleret kryds. Simuleringen sammenlignes med en observeret virkelighed på følgende punkter:

- Kølængder i de enkelte ben.
- Afviklet trafikmængde i de enkelte ben.
- Generelle observationer fra marken

Sammenligningen foretages i intervaller af 5 minutter, hvor det vurderes, hvorvidt Vissim simulerer den observerede virkelighed tilfredsstillende. Er dette ikke tilfældet, vil en kalibrering blive foretaget. Kalibreringen foretages indenfor grænser, der vurderes at være rimelige i forhold til dansk adfærd. Simuleringen vil ikke blive tilpasset virkeligheden for enhver pris, og urealistiske parameterindstillinger vil ikke blive anvendt.

3

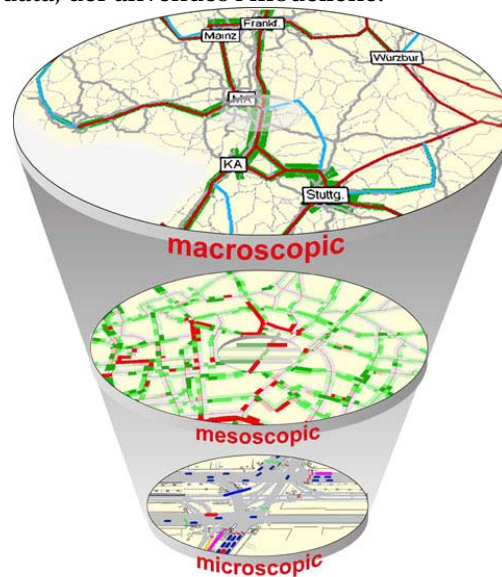
KAPITEL

ANVENDELSE AF TRAFIKMODELLER I TRAFIKPLANLÆGNING

Anvendelsen af forskellige trafikmodeller er blevet et meget udbredt værktøj de seneste år i forbindelse med trafikplanlægning. Udviklingen skyldes, at der kræves en stor mængde regnekraft til håndteringen af de data, der anvendes i modellerne.

Denne regnekraft er blevet let tilgængelig med den udvikling, der er sket på pc-markedet over en længere årrække. Det er dermed blevet en del af planlægningen ved vejmyndighederne og rådgivere at anvende trafikmodeller og simuleringer, når mulige løsninger skal afprøves og præsenteres.

Der findes forskellige former for modeller, der kan anvendes alt efter, hvad der ønskes undersøgt og hvilken detaljeringsgrad, der ønskes af modellen. Modellerne kan inddeles på macro-, meso- og mikroskopisk niveau, hvor de to første dækker over modeller for større bydele, regioner eller på landsplan, mens den sidste anvendes på mindre trafiknet. Macro- og mesomodeller kaldes også for prediktive modeller, da de ud fra nutidens situation anvendes til at opstille et eller flere fremtidige scenarier. Af denne grund anvendes de oftest i planlægningssituationer. Modeller på mikroniveau kan ligeledes anvendes til vurdering af fremtidige scenarier. Mikromodeller er samtidig diskriptive modeller, der benyttes til at undersøge anvendeligheden af forskellige trafiktekniske alternativer, inden de implementeres i marken. [PTV, 2004; Lahrman & Leleur, 1994]

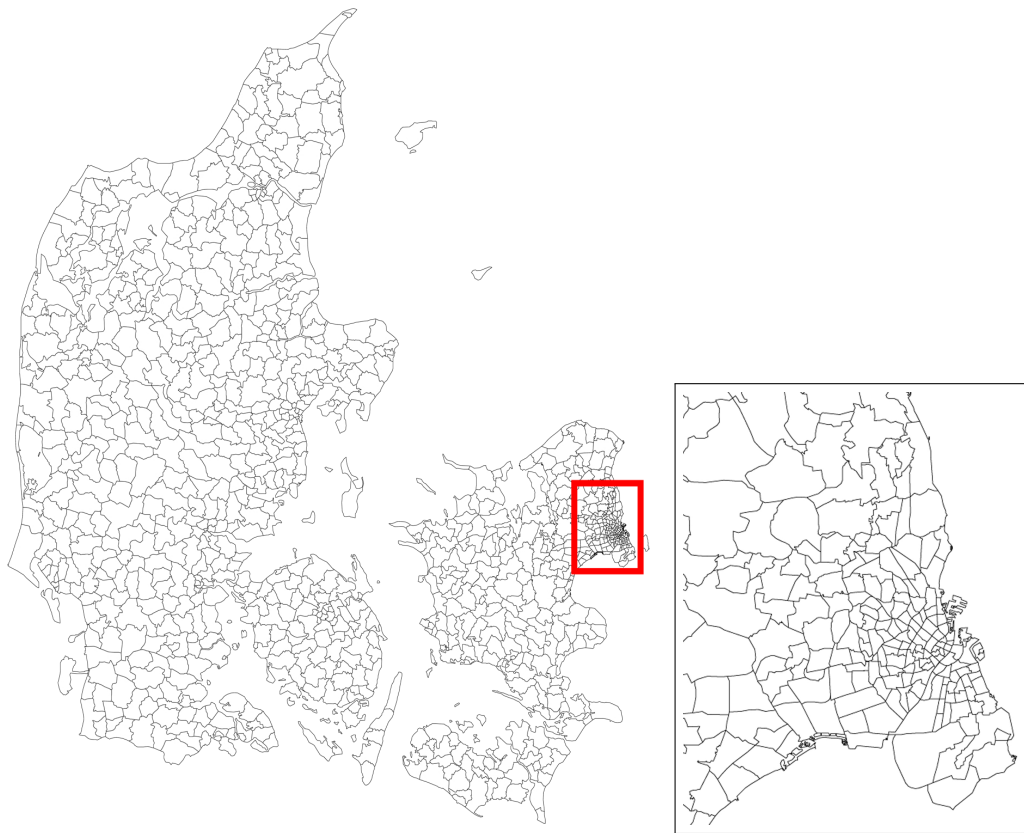


Figur 3.1: Macro- meso- og mikroskopiske trafikmodeller kan illustreres ved, at der på makroniveau er en grov inddeling af zoner og vejnet, der bliver mere detaljeret i mesoniveau. På mikroniveau er det detaljerne ved de enkelte kørespor samt trafikantgrupperne, der lægges vægt på. [PTV, 2004]

Fælles for modellerne er, at de giver trafikplanlæggeren mulighed for at skabe et billede af virkeligheden, hvori det er muligt at belyse og give en forståelse af, hvilken effekt ændringer i den virkelige verden har på trafikken. De kan dermed også anvendes til at vurdere, om man igennem ændringer i den virkelige verden vil forbedre eller forværre situationen for trafikanterne og samfundet som helhed i en fremtidig situation. Dette forudsætter dog, at den enkelte model er i stand til at vise virkeligheden som den er i dag inden, der kan foretages antagelser om fremtiden.

3.1 Macro- og mesoskopiske trafikmodeller

Store modeller på macro- og mesoniveau kan udarbejdes på forskellige måder. En af metoderne er ved hjælp af prognoser om udviklingen i de faktorer, der kan have indvirkning på trafikefterspørgslen. Disse større modeller kaldes ligeledes prognosemodeller og beregnes ud fra en zoneinddeling, hvor der for hver zone bliver defineret parametre såsom demografisk sammensætning, transportvalg, bilejerskabsforhold, antal arbejdspladser, omkostninger ved transport imellem zonerne og lignende. Ud fra prognoser for hver af de parametre, der er repræsenteret i modellen beregnes et fremtidigt scenarie. Modellen kan dermed være en del af planlægningsgrundlaget for, hvor der er en stigende transportefterspørgsel, og hvor der derfor bør investeres i infrastrukturen. [Madsen, 2008; DTU, 2009]



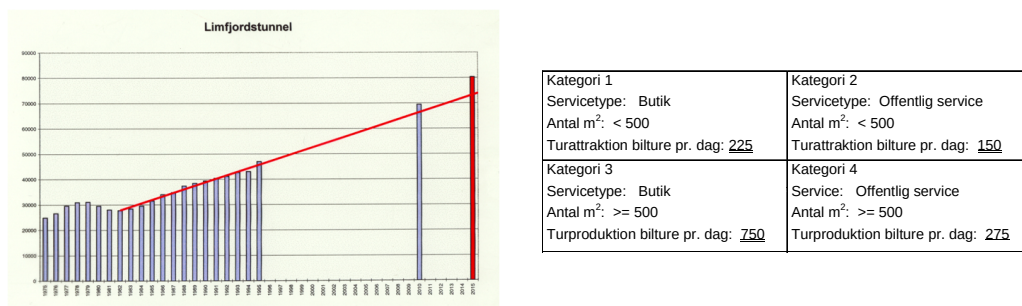
Figur 3.2: Zoneinddelingen for landsmodellen hvor det kan ses på figuren til højre, at zonerne bliver mindre i københavnsområdet. Inddelingen tager udgangspunkt i sogne, mens hovedstadsområdet bruger zonestrukturen fra den mere detaljerede Hovedstadstrafikmodel. [Larsen & Filges, 1996]

Et godt eksempel på anvendelsen af en sådan prognosemodel på et makroniveau er i forbindelse med åbningen af Storebæltsbroen. Ud fra en begrundet forventning om en betragtelig omfordeling af trafikken imellem landsdelene, blev prognoser for denne omfordeling samt et forventet trafikspring indarbejdet i landsmodellen. Prognoserne har efterfølgende vist sig at være for lave, og bilist nummer 100 million kørte over broen i 2009, hvilket var 2-3 år før forventet. [Sund & bælt, 2009]

Dette eksempel viser dog også problematikken ved prognosemodeller, hvor en fejlestimering af forskellige vækstfaktorer i modellen, kan resultere i en forkert prognose af fremtidige forhold. Ofte udarbejdes der samtidig flere prognoser af hver af de parametre, der medtages i modelberegningen. Antages det eksempelvis, at der udarbejdes en model på baggrund af bare fire forskellige parametre og der for hver af disse estimeres en høj og en lav prognose, da vil der forekomme 16 forskellige mulige modelresultater.

En anden form for prediktive trafikmodeller er arealanvendelsesmodeller/turmodeller, der kan være noget mere detaljerede end prognosemodeller. Modellerne ligger derfor mere på mesoniveau end på makroniveau, og tager ofte udgangspunkt i de prognoser, der er beregnet i de større makromodeller samt resultaterne fra disse

modeller. Forskellen ligger blandt andet i størrelsen og detaljeringsgraden af zonerne, som modellerne inddeles i. Hvor zonerne er forholdsvis store i prognosemodeller, er de mindre og tilskrives flere egenskaber i arealanvendelsesmodellerne. Ud over de data der tilskrives zonerne i macromodeller, såsom demografi, bilejerskab m.m, kan der implementeres mere nuancerede data vedrørende turattraktioner og -produktioner. Hvis det er muligt, inddeles analyseområdet i zoner med hovedsageligt boligbebyggelse, industri eller detailhandel for derved at få så homogene zoner som muligt. En mesoskopisk model kan eksempelvis anvendes til at belyse de trafikale effekter af et nyt varehus eller placeringen af nyt sygehus på by- eller regionsniveau. [DTU, 2009; Madsen, 2008]



Figur 3.3: Figuren til venstre viser en prognose for ÅDT igennem Limfjordstunnelen, hvor der er anvendt en lineær fremskrivning af registreret trafik. På figuren til højre ses et eksempel på tur-attraherende enheder, der kunne forefindes i en zone samt antallet af ture de tilskrives i modellen. [Madsen, 2006]

Ud fra turmatricer zonerne imellem kan trafikken tilskrives vejnettet på forskellige måder. Hvilket valg der foretages, afhænger af hvad der skal analyseres på i modellerne. Som udgangspunkt bestemmes en omkostning for en given tur mellem de enkelte zoner ud fra en vægtning mellem tidsforbrug, pris for rejsen m.m. Turene kan herefter udlægges efter en "alt eller intet metode", hvor det er den "billigste" tur, der altid vil blive valgt af trafikanten. Ved denne metode vil der dog være risiko for, at trafikken på belastede strækninger overestimeres samtidig med, at der på andre dele af vejnettet vil være en underestimering af trafikbelastningen. [Madsen, 2008]

I "Alt eller intet metoden" vælges der som nævnt altid den billigste rute ud fra de kriterier, der defineres i modellen. Der tages dermed ikke højde for, at der er forskel i hvad trafikanterne betragter som den optimale rute. Der kan være faktorer som trafiksikkerhed, komfort m.m, der varierer fra trafikant til trafikant. Dette medregnes i "den stokastiske alt eller intet metode", hvor også de næstbedste ruter vælges af trafikanterne. Dermed opnås den naturlige variation, der også findes i den virkelige trafikafvikling.

Rutevalget der beregnes i modellerne kan gøres kapacitetsbetinget ved at trafikken udlægges på netværket i trin. Efter hvert trin beregnes den billigste eller optimale rute igen inden næste delmængde udlægges. Der opnås dermed ligevægt i modellen, som dog forudsætter at trafikanterne altid kender det optimale rutevalg. Rutevalgene i modellerne kalibreres som hovedregel ved at sammenligne trafikmængderne i et snit i

modellen med et tilsvarende snit i virkeligheden. [Madsen, 2008]

Vejnettet i modellerne opbygges gennem en tilskrivning af egenskaber såsom kapacitet, hastighedsbegrænsninger og lignende for de enkelte strækninger, samt en forsinkelse ved signalanlæg. Disse parametre bestemmer den tidligere nævnte omkostning ved turen mellem zonerne. Som det er tilfældet for zoneinddelingen, vil vejnettet ligeledes blive modelleret mere detaljeret jo mindre område, modellen dækker. Parametrene, der tilskrives vejnettet, følger som hovedregel vejreglen for "Kapacitet og serviceniveau" [Vejreglerådet, 2008], hvor der forefindes udførlige beskrivelser af beregning af kapacitet, forsinkelser m.m. for forskellige vejstrækninger og krydsudformninger. [Madsen, 2008; PTV, 2004]

Macro- og mesomodeller karakteriseres ved, at køretøjer og turene i modellen simplificeres og uddeles samlet, og dermed ikke har nogen individuel karakteristika. Derfor er det kun en gennemsnitsbetragtning af trafikstrømmene, der kan iagttages ud fra modellerne. Rejsetid, forsinkelser og lignende vil derfor også være gennemsnittet for alle køretøjer på en given rute, strækning eller i et kryds. Modellerne kan af denne grund ikke detaljeret beskrive de enkelte forhold angående eksempelvis trængsel og tilbagestuvning i et kryds. Foretages der beregninger på eksempelvis forsinkelser er dette et forholdet mellem flow og kapacitet på de enkelte strækninger.

Da der er tale om gennemsnitsbetragtninger i beregningerne er modellerne også næsten altid deterministiske, hvilket vil sige, at en model resulterer i den samme gennemsnitsbetragtning, hver gang beregningerne foretages med de samme startbetingelser og de input, der er tillagt et bestemt scenarie. [Alexiadis et al., 2004; PTV, 2010]

Generelt kan det være problematisk, at der findes så mange usikkerhedsmomenter i opbygningen af trafikmodeller på makro- og mesoskopisk niveau. Når modellerne bygger på prognoser for flere år ud i fremtiden, kan der ofte være endog meget store usikkerheder forbundet med resultatet. Uagtet hvor detaljeret en model opbygges vil fejlestimer i prognoserne, som modellen bygger på, resulterer i et forkert beslutningsgrundlag.

Da makroskopiske modeller ofte anvendes som de første beregninger i en kæde af planlægningsmæssige beslutninger, vil usikkerheder i makromodellen forplante sig til andre områder. Dette kunne, ud over den generelle trafikefterspørgslen, være som input til mikroskopiske trafikmodeller, støj og trafiksikkerhedsberegninger m.m.

Selvom der kan være større eller mindre usikkerheder forbundet med de forskellige makroskopiske modeller, finder de dog deres berettigelse som et værktøj i planlægningen af fremtidige investeringer af infrastrukturen i Danmark. Da der samtidig er en stigende trængsel på de danske veje, og dermed et konstant behov for investeringer, er det vigtigt, at vide hvor disse investeringer bør foretages.

3.2 Mikroskopiske trafikmodeller

Hvor makromodeller er generelle beregninger af trafikken, er mikroskopiske modeller forsøget på at skabe en model af virkeligheden i 1 til 1. Det betyder, at det forsøges at opbygge en model, der afspejler det der observeres i virkeligheden. Dermed er de mikroskopiske modeller også mere detaljerede, eftersom det er de enkelte trafikanter og vejelementer der forsøges gengivet i modellen. Trafikanterne i mikromodeller kan således agere i forhold til hinanden og de elementer, der er lagt ind i modellen.

Grundelementerne i en mikroskopisk trafikmodel, i det følgende også benævnt mikrosimulering, er car-following og lane-changing modeller. Det er disse delmodeller i modellen, der bestemmer det enkelte køretøjs adfærd i forhold til de resterende køretøjer og elementer i mikrosimuleringen. Det enkelte køretøj i modellen tilskrives parametre vedrørende hastighed, acceleration/deceleration og sikkerhedsafstand til andre køretøjer. Desuden tilskrives der parametre, der har indflydelse på, hvorledes det enkelte køretøj foretager sammenfletning og indsvingning på en vejstrækning.

Tilskrivningen af de forskellige parametre til det enkelte køretøj foretages af en tilfældighedsgenerator, der er indbygget i simuleringsværktøjet. Det vil sige, at der foretages en tilfældig udvælgelse af de forskellige parametre. Udvælgelsen foregår dog ud fra et starttal, der vælges af brugeren, og et givent tal vil således resultere i den samme simulering og det samme resultat. Det bedste og mest pålidelige resultat af simuleringen for en given trafiksituation fås ved at køre simuleringen flere gange med forskellige starttal og en deraf varierende trafikafvikling. Dette vil afspejle virkelighedens trafikafvikling, hvor der ligeledes forekommer en tidsmæssig variation. [Vejregelrådet, 2010]

For at mikrosimuleringen skal afspejle den egentlig trafik på det udvalgte analysevejnet, skal brugeren angive nogle sandsynlighedsfordelinger for de enkelte parametre, der kan indstilles i det enkelte simuleringsprogram. Sandsynlighedsfordelinger skal naturligvis bestemmes ud fra de forhold, der er i den virkelige situation, men de relevante data kan være besværlige og tidskrævende at indsamle. De enkelte parametre vil senere blive uddybet for simuleringsprogrammet Vissim, der er det foretrukne værktøj herhjemme, og det der anvendes i nærværende rapport.

I mikrosimuleringer er der mulighed for at implementere signalanlæg, både tids- og trafikstyrede, samt detektorer til styringen. Signalanlæggene vil ofte kunne indstilles til at afvikle trafikken på samme måde som virkelighedens anlæg. Dette giver mulighed for at foretage en detaljeret analyse i kryds eller på vejstrækninger, som ikke kan foretages i makroskopiske modeller. Dette kunne eksempelvis være: [Vejregelrådet, 2010]

- Beregning af indvirkningen af et signalanlæg på trafikafviklingen i det omkringliggende vejnet eller et tilstødende signalanlæg.
- Analyse af trafikafviklingen ved forskellig krydsudformninger.

- Analyse af trafikafviklingen ved en tilfældig ankomstfordeling i kryds eller ved sammenfletning af flere spor.
- Detaljerede beregninger af køopbygning og afvikling ved trafikbelastning omkring kapacitetsgrænsen.
- Analyse af forskellige løsningsmuligheder for et detailprojekt.
- Undersøgelse af signalprogrammer og detektorplacering i signalregulerede kryds med trafikstyring.
- Samspil trafikantgrupper imellem, hvilket eksempelvis kunne være cyklister på kørebanen eller vigepligt for bilister overfor fodgængere.

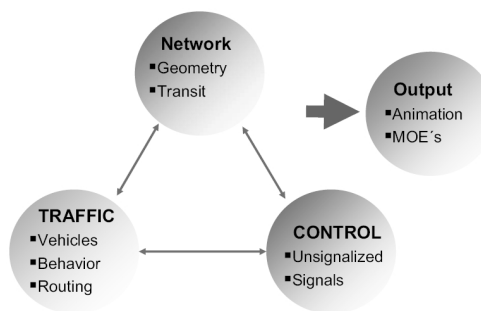
En af de store fordele ved mikroskopiske trafikmodeller er, at trafikken afvikles på enkelt køretøjsniveau, hvilket giver mulighed for at udtrække meget nuancerede resultater af modellen. Samtidig kan mikrosimuleringer visualiseres således, at modellen kan kontrolleres i forhold til en realistisk trafikafvikling. Detaljeringsgraden og muligheden for visualisering kan resultere i langsomme modeller, hvilket skyldes, at der skal foretages beregninger for hvert køretøj igennem hele modellen. For at det er muligt at skabe troværdige modeller, er det derfor også nødvendigt, at de fordelinger og indstillinger der anvendes afspejler den virkelige trafikafvikling. Dette kræver et uddybende kendskab til trafikantadfærden og en omfattende modelopbygning. Dette er ligeledes årsagen til, at der ikke opbygges en mikrosimuleringsmodel af meget store områder, eller hele landsdele, da modellen dermed ville blive meget langsom og dataindsamlingen blive meget omfattende.

4 KAPITEL

SIMULERINGSVÆRKTØJET VISSIM

Vissim er et mikrosimuleringsværktøj beregnet til at modellere biltrafik, offentlig transport samt bløde trafikanter i en samlet model. Den første udgave af beregningsgrundlaget bag Vissim blev udviklet i starten af 1970'erne ved Karlsruhe Universitetet i Tyskland.

Programmet bygger på en tidsinterval og psyko-fysisk adfærdsbaseret simuleringsmodel, der kan simulere det enkelte køretøj med individuelle egenskaber i tidsskridt ned til 1/10 sek. En af hovedbidragsyderne til simuleringsberegningerne i programmet er R. Wiedemann, der igennem studier har opstillet en model for trafikantadfærd, som er en vigtig del af modelopbygningen.



Figur 4.1: Delelementer i en Vissim model. [PTV, 2004]

VISSIM består reelt af tre delblokke, der styrer forskellige dele af modellen samt en output eller resultatdel. De tre blokke er en netværksdel (Network), en trafikdel (Traffic) og en styringsdel (Control). [PTV, 2004]

4.1 Network

Netværksdelen styrer den fysiske infrastruktur i form af veje, skinner, cykelstier, parkeringszoner m.m i modellen. Opbygningen af netværket består af en række strækninger (links) og forbindelser imellem disse strækninger (connectors).

I denne del af modelopbygningen er det muligt at angive eksempelvis:

- Antal kørespor og bredden af disse.
- Vejhældning.
- Hastighedsbegrænsninger og reducerede svinghastigheder på de forskellige delstrækninger.

- Placering af signalanlæg.
- Placering af vigepligt og konfliktområder.
- Forbud mod vognbaneskitte.

Hver strækning i netværket kan tilskrives et parametersæt ud fra, hvilken trafik der skal simuleres på den enkelte del. Parametersættet for den enkelte strækning bliver tilskrevet alle køretøjer, der befinder sig på denne del, og bestemmer køretøjernes adfærd. Disse adfærdsparametre vil blive behandlet i afsnit 4.2, dog kun for den motoriserede del af køretøjerne. Der er som standard fem strækningskategorier i Vissim, men der er mulighed for at danne andre med den præcise parametersætning, der passer til virkelighedens trafik.

De fem standard strækningestyper i Vissim er:

- Urban: Dette er Vissim's standard for bygader.
- Right-side rule: Er almindelig højrekørsel, hvor trafikanterne overhaler venstre om og ellers trækker ind i højre vognbane, hvis der er plads.
- Freeway: Kørsel på motorvej og generelt forbeholdt strækninger med flere køre-spør uden kryds.
- Footpath: Forbeholdt strækninger hvor der kun er gående.
- Cycle-Track: Bruges til cykelstier.

Opbygningen af vejnettet er forholdsvist simpelt. De enkelte netværkselementer kan indtegnes på et ortofoto eller et teknisk kort over analyseområdet. Ved at skalere grundkortet til det rigtige målestok, får de enkelte elementer de rigtige placeringer og dimensioner.

4.2 Traffic

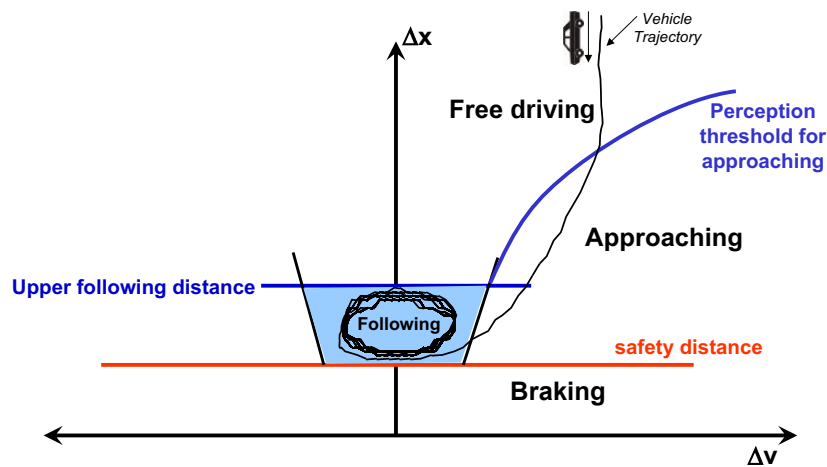
Trafikdelen bestemmer, hvorledes trafikken bevæger sig igennem modellen, og er den del af Vissim, der gør, at programmet er yderst anvendelig til simulering af virkelighedens trafik. Det defineres, hvilke ruter den enkelte trafikant skal tage igennem modellen, hvilket kan modelleres statisk eller dynamisk alt efter størrelsen på modellen samt hvilke data, der er til rådighed. Desuden bestemmes den indbyrdes adfærd trafikanterne imellem ud fra en mængde parametre, der, i større eller mindre grad, kan tilpasses af brugeren i forhold til virkelighedens trafikafvikling. Parametrene, der kan justeres, falder under kategorierne car-following, vognbaneskitte, placering i vognbanen og opfattelse af signalanlæg. De forskellige kategorier vil i det følgende blive uddybet nærmere, da de er essentielle i forsøget på at opbygge en realistisk simulering.

4.2.1 Car-following - Wiedemanns adfærdsmodeller

Car-following modellen i Vissim er, som tidligere nævnt, bygget på Wiedemanns phsyko-fysiske adfærdsmodel. Der er to forskellige adfærdsmodeller indbygget i programmet, den ene benævnes Wiedemann 74 og er udviklet til adfærdsbestemmelse ved bykørsel og vognbaneskit, hvor den anden er beregnet til simulering af motorvejskørsel og benævnes Wiedemann 99. Der er fire faser i Wiedemanns car-following model, som trafikanten kan befinde sig i.

- **Free driving:** Her observeres der ingen forankørende køretøjer, og trafikanten forsøger at holde sin ønskede hastighed. Da trykket på speederen ikke kan holdes konstant, vil der opstå en oscillation omkring den ønskede hastighed.
- **Approaching:** I denne fase tilpasser trafikanten sin hastighed til et forankørende køretøj. Igennem en deceleration tilpasses hastigheden, således at hastighedsforskellen på de to køretøjer er nul i det øjeblik, den ønskede sikkerhedsafstand opnås.
- **Following:** I denne fase opretholder trafikanten den ønskede sikkerhedsafstand til forankørende. Trafikanten vil dog ikke være i stand til at holde præcis samme hastighed som den forankørende, og hastighedsforskellen de to køretøjer imellem vil oscillere omkring nul.
- **Braking:** I denne fase er trafikanten nødsaget til at decelerere, hvilket kan skyldes opbremsning fra den forankørende eller indkørende trafik i vognbanen.

Trafikanten skifter imellem de forskellige faser i car-following modellen ud fra forholdet mellem afstand og hastighedsforskel til andre elementer på vejnettet. Der vil eksempelvis være en kraftig deceleration, hvis der er et køretøj indenfor en kort afstand, der bevæger sig med en meget lavere hastighed. På figur 4.2 ses det forløb som en bilist, der nærmer sig en forankørende, gennemgår. Bilisten kører frit indtil et forankørende køretøj registreres, hvorefter hastigheden sænkes og tilpasses til den forankørende for til sidst at holde en oscillerende afstand i forfølgelsen.



Figur 4.2: Illustration af et scenarie fra Wiedemanns car-following model. Trafikanten har højere hastighed end forankørende køretøj, hvorfor hastigheden nedsættes. Når den ønskede sikkerhedsafstand er opnået, oscillerer hastighedsforskellen omkring nul de to køretøjer imellem. [PTV, 2004]

Ved valg af hvilken car-following model der skal anvendes i simuleringen, Wiedemann 72 eller Wiedemann 99, er der samtidig mulighed for at ændre i programmets standard indstillinger. Fælles for begge modeller er indstillingsparametrene.

- **Look ahead distance:** Det interval indenfor hvilket et køretøj kan observere andre køretøjer i kørespor. Er især relevant ved flere køretøjer i samme kørespor.
- **Observed vehicles:** Angiver hvor mange elementer i modellen, det enkelte køretøj tager højde for i beslutningsprocessen omkring adfærdsmodellen. Denne parameter dækker både over observation og forudsigelse af andre køretøjer i køresporet, men også over vigepligter, signalanlæg og andre netværkselementer. Det kan derfor være nødvendigt at øge værdien, hvis der eksempelvis skal tages højde for flere kryds tæt efter hinanden på en strækning.

Observed vehicles og look ahead distance hænger tæt sammen i det enkelte køretøjs forudsigelse af, hvorledes det skal agere videre i netværket. Simuleringen kan dog blive langsom ved for høje værdier, da det kan resultere i en stor mængde beregninger for hvert tidsstep.

- **Look back distance:** Er intervallet der observeres køretøjer bagud i netværket tilsvarende look ahead distance.

No.	Name
1	Urban (motorized)
2	Right-side rule (motorized)
3	Freeway (free lane selection)
4	Footpath (no interaction)
5	Cycle-Track (free overtaking)

No.: 1 Name: Urban (motorized)

Following | Lane Change | Lateral | Signal Control

Look ahead distance
 min.: 0,00 m
 max.: 250,00 m
☐ 4 Observed vehicles

Look back distance
 min.: 0,00 m
 max.: 150,00 m

Temporary lack of attention
 Duration: 0,00 s
 Probability: 0,00 %

Car following model
 Wiedemann 74

Model parameters
 Average standstill distance: 2,00 m
 Additive part of safety distance: 2,00
 Multiplic. part of safety distance: 3,00

OK Cancel

Figur 4.3: Parametre (i rød boks) der skal indstilles både for Wiedemann 74 og Wiedemann 99. Værdierne der ses i figuren, er standardværdierne for Wiedemann 74.

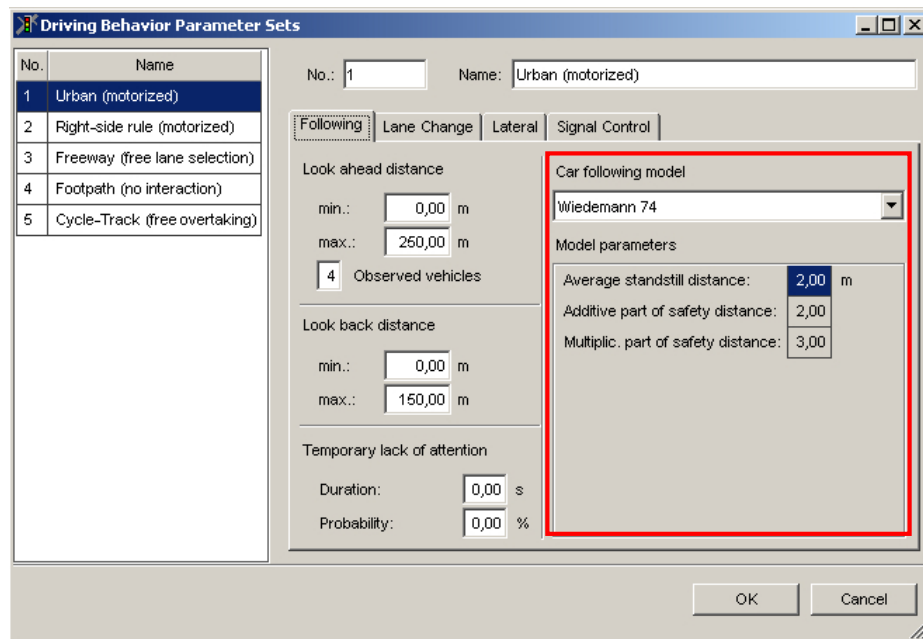
Parameterindstillingerne har ikke en egentlig indflydelse på adfærden af det enkelte køretøj i simulering, men angiver alen hvor stor en del af simuleringen, der skal observeres. Værdierne skal derfor ikke indstilles for lave, da elementer eller køretøjer i netværket dermed kan blive "overset". Til gengæld kan for høje værdier medføre, at simuleringen bliver langsom, da der skal foretages flere beregninger per køretøj for hvert simuleringsskridt.

Derimod har indstillingerne af de egentlige modelparametre indflydelse på sikkerhedsafstand og adfærd i de enkelte faser af forfølgelsen. Indstillingerne afviger imellem de to forfølgelsesmodeller, hvor der kun er tre indstillingsvariable i Wiedemann 74, er der ti forskellige variable, der kan reguleres i Wiedemann 99.

Indstillingsparametre i Wiedemann 74

Den sikkerhedsafstand en køretøjsenhed holder til et forankørende køretøj, kan indstilles ved hjælp af følgende tre parameterværdier i Wiedemann 74.

- **Average standstill distance (ax):** Definerer den gennemsnitlige afstand imellem holdende køretøjer i modellen. Værdierne der tildeles de enkelte køretøjer i modellen, har en variation på ± 1 m omkring den indsatte værdi.
- **Additive part of safety distance (bx_{add}) og Multiplic. part of safety distance (bx_{mult})** Disse to værdier har indflydelse på den beregnede afstand imellem køretøjer i bevægelse.



Figur 4.4: Parametre (i rød boks) der har indflydelse på den indbydes afstand imellem køretøjerne i simuleringen. Værdierne der ses i figuren, er standardværdierne for Wiedemann 74.

Sikkerhedsafstanden imellem to køretøjer i bevægelse beregnes da ud fra

$$d = ax + bx \quad (4.1)$$

bx beregnes af

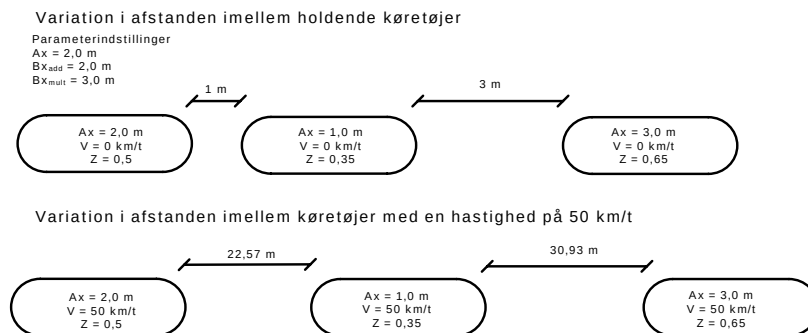
$$bx = (bx_{add} + bx_{mult} * z) * \sqrt{v} \quad (4.2)$$

Hvor:

v er køretøjets hastighed

z er en tilfældig værdi mellem 0 og 1. Udvælgelsen af denne værdi er normalfordelt omkring 0,5 med en standardafvigelse på 0,15.

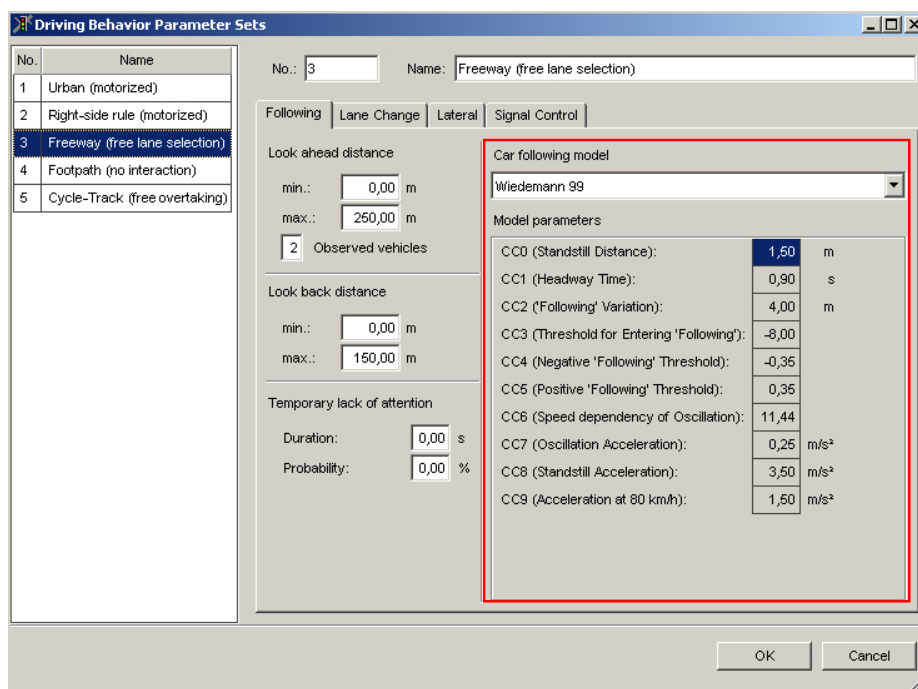
Som det ses af beregningen af afstanden d , som er afstanden en trafikant med hastigheden v holder til forankørende, kan denne variere fra trafikant til trafikant. Dette skyldes den tilfældige variation af værdierne ax og z , der igen afhænger af den køretøjsenhed, der er genereret i Vissim. Afstanden mellem køretøjerne i simuleringen, og dermed parametrene til beregningen af denne, har stor indflydelse på kapaciteten af det enkelte kørespor i Vissim. Indstillingerne skal derfor, så vidt muligt, afspejle danske forhold for at få en realistisk simulering af trafikafviklingen. Dette er illustreret i figuren nedenfor.



Figur 4.5: Variation i sikkerhedsafstanden imellem henholdsvis holdende køretøjer og køretøjer med en hastigheden v på 50 km/t. Som det ses, er der givet eksempler på variation i de værdier Vissim kan tilskrive de enkelte køretøjer. Der forekommer dermed en variation i sikkerhedsafstanden, også når køretøjerne har samme hastighed.

Indstillingsparametre i Wiedemann 99

Indstillingsmulighederne i Wiedemann 99 fordeler sig på ti parametre fra CC0-CC9 og benyttes, som for parametrene i Wiedemann 74, til at bestemme den indbyrdes afstand og hensynstagen til andre køretøjer. De enkelte parametre vil ikke blive behandlet yderligere, da det er Wiedemann 74, der anvendes til simuleringer af bytrafik, hvilket er arbejdsområdet i denne rapport. I bilag ?? er der en kort redegørelse af de enkelte parametre samt en standardværdi og anbefalet værdi fra vejregelforslaget til anvendelse af mikrosimuleringer [Vejregulrådet, 2010].



Figur 4.6: Parametre (i rød boks) for Wiedemann 99, der har indflydelse på den indbyrdes afstand imellem køretøjerne i simuleringen. Værdierne der ses i figuren, er standardværdierne i Vissim.

Parametrene til bestemmelse af adfærden ved car-following afhænger, som det ses, af flere værdier. Ændring af en værdi har i Vissim desuden indflydelse på den tilfældige udvælgelse af andre værdier, da parametrene ofte er indbyrdes afhængige [Vejregelrådet, 2010]. Det kan derfor være vanskeligt at bestemme en fast sammenhæng parametrene imellem, og det anbefales også i vejreglen ikke at ændre i en del af indstillingerne. Anbefalingen i vejreglen grunder i, at effekten ikke umiddelbart kan gennemskues. Dette indikerer, at der er tale om en uigennemskuelig del af programmet. Der forekommer dermed en "black box" i en af programmets vigtigste delmodeller, der nærmere forvirrer brugeren, end sætter denne i stand til at udarbejde en nuanceret simulering.

4.2.2 Vognbaneskifte

Der findes to former for vognbaneskifte i Vissim. Et vognbaneskifte der er nødvendig for, at køretøjet kan følge den tildelte rute, og et frivilligt vognbaneskifte, der foretages, hvis der er mere plads eller mulighed for en højere hastighed i et tilstødende kørespor. Hvorvidt der foretages et frivilligt skifte til et andet kørespor afhænger af afstanden til andre køretøjer. Der er ikke mulighed for direkte at indstille, hvornår der skal foretages et sådan skifte, men indstillingerne i forhold til sikkerhedsafstand i car-following modellerne har indflydelse på aggresiviteten af det enkelte køretøj.

Det er derimod muligt at ændre i aggresiviteten ved et tvunget vognbaneskift ved at ændre i parametersætningen. Ud over at kunne indstille hvorvidt det er tilladt at overhale i alle kørespor (Free lane selection) eller kun venstre om (Right-side rule), er det muligt at indstille den maksimale og accepterede deceleration i forhold til manøveren. Indstillingerne kan foretages både for det køretøj, der skal foretage skiftet og køretøjer i det tilstødende kørespor. Det kan dermed indstilles, hvor stor påvirkning et vognbaneskifte må have på andre køretøjer i netværket, og hvor drastisk en manøvre der må foretages.

Yderligere parameter der kan indstilles ved vognbaneskifte er:

- **Waiting time before diffusion:** Angiver hvor længe et køretøj kan vente på et vognbaneskifte, inden det fjernes fra modellen. Det kan eksempelvis være tilfældet ved meget tæt trafik, hvor der i det tilstødende spor ikke er det nødvendig gap i trafikstrømmen. Her vil en virkelig trafikant have "klemmt" sig ind i køen i det tilstødende spor, hvor køretøjsenheden i Vissim overholder sin vigepligt og dermed spærrer for den resterende trafik.
- **Min. headway (front/rear):** Er den afstand, der skal være til køretøjet foran, for at et vognbaneskifte kan foretages fra holdende tilstand.
- **To slower lane if collision time above:** Er kun relevant, hvis Right side rule er valgt. Afstanden i sekunder angiver den afstand, der skal være for, at der trækkes ind i det langsomme kørespor efter overhaling.
- **Safety distance reduction factor:** Kan bruges til at reducere den sikkerhedsafstand, der er tildelt det enkelte køretøj ved Wiedemanns adfærdsmodel. Sikker-

hedsafstanden ved vognbaneskitte reduceres eksempelvis i den følgende figur 4.7 med 60 %.

- **Maximum deceleration for cooperative braking:** Dette er den deceleration et køretøj maksimalt vil foretage for at tillade et køretøj fra et tilstødende kørespor at fortage et vognbaneskitte til eget kørespor.

No.	Name
1	Urban (motorized)
2	Right-side rule (motorized)
3	Freeway (free lane selection)
4	Footpath (no interaction)
5	Cycle-Track (free overtaking)

No.: 1 Name: Urban (motorized)

Following Lane Change Lateral Signal Control

General behavior: Right-side rule

Necessary lane change (route)

	Own	Trailing vehicle
Maximum deceleration:	-4,00 m/s²	-3,00 m/s²
- 1 m/s² per distance:	100,00 m	100,00 m
Accepted deceleration:	-1,00 m/s²	-1,00 m/s²
Waiting time before diffusion:	60,00 s	
Min. headway (front/rear):	0,50 m	
To slower lane if collision time above:	0,00 s	
Safety distance reduction factor:	0,60	
Maximum deceleration for cooperative braking:	-3,00 m/s²	

OK Cancel

Figur 4.7: Indstillingsmulighederne for vognbaneskitte i Vissim.

Det er dog i Vissim indstillet som standard, at der må overhales inden på strækninger med en hastighedsbegrænsning på 60 km/t eller derunder. Denne indstilling kan ikke umiddelbart ændres, og passer dårligt til danske forhold, hvor en overhaling ikke er tilladt højre om [Justitsministeriet, 2007]. Problematikken i Vissim ligger i at få køretøjer til at trække ind i det højre kørespor. Når dette ikke sker, overhaler hurtigere køretøjer i det inderste kørespor, for derefter at trække ud til en overhaling i det hurtige kørespor igen. Situationen har dog givet kun en effekt rent visuelt, når en simulering skal præsenteres for interessenter. Samtidig er overhaling indenom, eller forbikørsel, ikke ulovligt i Danmark ved tæt trafik [Justitsministeriet, 2007], hvilket ofte er det der simuleres. Endelig vil det ikke have en effekt på trafikafviklingen i simuleringen om et køretøj overhales højre eller venstre om.

4.2.3 Placering i vognbanen

Der er mulighed for at bestemme, hvor i vognbanen et køretøj skal placere sig ved frit flow, hvilket kan være midt i vognbanen, i højre side eller tilfældigt. Samtidig kan det indstilles, hvorvidt køretøjer skal tage højde for køretøjer i tilstødende vognbaner og samtidig holde en minimumsafstand til disse køretøjer. Hvis der kan overhales i sam-

me vognbane, eksempelvis en bil der overhaler en cyklist, er der mulighed for at indstille, om dette er tilladt, og hvorledes overhalingen skal foretages. Det kan være anvendeligt at bruge disse indstillingsmuligheder under snævre forhold, hvor der forekommer langsomme trafikanter på kørebanen. Det kan eksempelvis være simulering af en strækning med vejarbejde, hvor cyklister ledes ud på kørebanen og vil have indflydelse på trafikafviklingen.

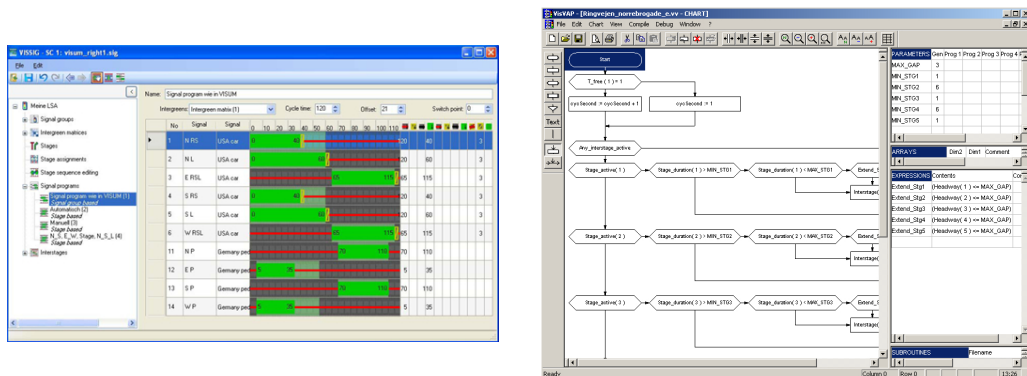
4.2.4 Adfærd ved signalanlæg

Der er to forskellige måder, hvorpå køretøjerne i Vissim kan agere i forhold til et signalanlæg. Den ene er "continuous check", hvor køretøjet for hvert tidsskridt antager, at der fortsætter med at være gult i to sekunder og derudfra tager en beslutning om, hvorvidt der skal foretages stop ved stopstregen. Det vil derfor betyde, at køretøjer, der befinder sig inden for to sekunder fra stopstregen, vil fortsætte over for gult. Den anden metode "one decision" er en sandsynlighedsberegning ud fra tre parametre af, om det enkelte køretøj vil stoppe for gult.

Der er ligeledes mulighed for at angive en reduktion i sikkerhedsafstanden, som for vognbaneskitte, der resulterer i, at køretøjerne kører tættere igennem et signalanlæg. Der kan angives et interval før og efter stopstregen, hvor denne reduktionen skal være gældende. Dette giver mulighed for at justere sikkerhedsafstanden, som det også vil være tilfældet i en virkelig trafikafvikling. I trafikafviklingen igennem signalregulerede kryds accepterer trafikanterne ofte en lavere sikkerhedsafstand. Dette skal selvsagt gengives i en Vissim simulering, da reduceret sikkerhedsafstand medfører en øget kapacitet af det enkelte kørespor samt flere afviklede køretøjer i grøntiden.

4.3 Control

Styreenheden i Vissim anvendes til signalregulering og trafikanternes adfærd ved vigepligt. Styresystemet sender informationer om signalbilledet til trafikenheden, se eventuelt afsnit 4.2.4, hvorved der foretages beslutning, om de enkelte køretøjer skal foretage stop for rød. Signalprogrammerne kan udformes på forskellige måder i Vissim, og der er eksempelvis mulighed for at importere signalgruppeplaner fra andre signaloptimeringsprogrammer. Tidsstyrede signalplaner udføres direkte i Vissim, hvorimod trafikstyrede anlæg indstilles i et tilføjelsesprogram VisVap, hvilket samtidig kræver indsættelse af detektorer på vejnettet. Signalanlæg kan simuleres meget præcist i Vissim, og der er mulighed for at samordne anlæggene samt lave forskellige prioriteringer af enkelte trafikantgrupper.



Figur 4.8: På figuren til venstre ses Vissim interface til opsætning af tidstyrede signalanlæg. I de nyeste versioner af programmet er indstillingen gjort grafisk, så interface ligner en signalgruppeplan. På figuren til højre ses et screenshot af programmet VisVap, der kan anvendes til indstilling af trafikstyrede signalanlæg i Vissim.

Styreenheden sørger ligeledes for den korrekte adfærd ved forskellige former for vigepligter. Dette foregår igen igennem kommunikation med trafikenheden, hvorved der foretages beregninger om der er det fornødne gap imellem køretøjerne på primærvejen, inden en indsvingning foretages. Indstillingsmulighederne for vigepligt vil senere blive uddybet igennem en kalibrering af Vissim parametrene for adfærden i disse situationer.

4.4 Problematik ved Wiedemann og Vissim

Der er mange indstillingsparametre, der skal indstilles korrekt for at opnå en optimal simulering af den virkelige trafikafvikling. En del af disse parametre er indbyrdes afhængige, hvilket betyder at ændres der i en indstilling, kan det have indflydelse på den stokastiske udvælgelse af andre. Det kan derfor være vanskeligt for brugeren af Vissim at vide præcis hvilke parametre, der skal ændre for at opnå en ønsket effekt.

Den indbyrdes afhængighed der kan forekomme imellem parametrene skyldes, at Vissim er bygget op af delmodeller, hvori den enkelte parameterværdi kan blive anvendt i flere af disse modeller. Eksempelvis vil indstillinger af ønsket sikkerhedsafstand ved frit flow også have indflydelse på, hvorledes der ageres ved køkørsel og igangsætning i signalanlæg. Disse situationer kan være nyttige at kunne kontrollere separat således, at der er sikkerhed for, hvilke adfærd der er i den givne situation.

At der forekommer disse påvirkninger på tværs af de enkelte delmodeller medføre at brugeren kan miste kontrollen med hvorledes simuleringen skal opbygges. Denne uigennemskuelig del af programmet eller "black Box", medføre at adfærd der er kalibreret en gang muligvis skal tilpasses igen, fordi en anden indstillingsparameter har indflydelse uden brugerens viden. Det er derfor problematisk at Vissim er blevet et så avanceret simuleringsværktøj, at det ikke er muligt at iagttage beregningerne der ligger bag adfærden af den enkelte bilists adfærd.

5

KAPITEL

PARAMETERINDSTILLINGER TIL SIMULERING

Den enkelte køretøjsenhed i Vissim er en kombination af køretøjets egenskaber, såsom størrelse, vægt og lignende samt føns adfærd i form af ønsket hastighed, sikkerhedsafstand med videre. Igennem forskellige fordelinger og parameterindstillinger kan brugeren selv påvirke både køretøjets egenskaber og førens adfærd. Ved at foretage ændringer i de indstillingsmuligheder, der er i Vissim, kan trafikafviklingen simuleres på den ønskede måde.

Da Vissim ikke umiddelbart er indstillet til danske forhold, vil der i det følgende blive undersøgt, hvordan programmet simulerer den danske trafikantadfærd. Igennem sammenligning af markobservationer af virkelige trafikafviklinger og simuleringer i Vissim, vil enkelte parameterindstillinger blive forsøgt kalibreret til den observerede trafikafvikling. Sammenligningen begrænses til trafikafviklingen ved en hastighedsbegrænsning på 60 km/t. Den indsamlede data og de foretagne markobservationer er derfor alene indhentet i kryds og på strækninger med denne hastighedsbegrænsning. Markobservationerne er foretaget i udvalgte kryds i Aalborgområdet, hvor der har været mulighed for videoovervågning samtidig med en betragtelig trafikmængde i spidstimen.

Parametrene, der skal indstilles i opsætningen af Vissim, dækker blandt andet over:

- Trafiksammensætningen i form af lastbilandele og køretøjslængder.
- Fordelingen af den ønskede hastighed for et givent køretøj.
- Fordelingen af den maksimale og fortrukne acceleration.
- Fordelingen af den maksimale og fortrukne deceleration.
- Gaptider til modellering af vigepligt for konflikterende trafikanter.
- Parametre der har indflydelse på følgeretiderne ved igangsættelse, hvilket blandt andet styres i indstillingerne for car-following modellen, der er beskrevet tidligere.

Standardværdierne i Vissim kommer af tyske undersøgelser af tyske forhold og adfærd, hvilket vurderes at være anderledes end de danske. Der vil derfor være fordelinger og parametersæt, der bør reguleres til de danske forhold og den danske trafikantadfærd. Da fokus i dette projekt er bykørsel, og især forhold omkring signalanlæg, vil det være opsætning til simulering af disse forhold, der vil blive vurderet.

5.1 Vejregel for indstilling til danske forhold

I forbindelse med udbredelsen af mikrosimuleringer som værktøj i trafikplanlægningen, er der nedsat en ad-hoc gruppe under vejregelarbejdsgruppe 1 til udarbejdelse af vejreglen "Anvendelse af mikrosimuleringsmodeller". Gruppens opgave er blandt andet at udarbejde parameterindstillinger, der tilpasser mikrosimuleringer til danske forhold. Udgangspunktet i vejregelarbejdet er simuleringsprogrammet Vissim, og hvorledes en simulering i programmet opbygges og kalibreres. Vejregelforslaget tager udgangspunkt i, hvorledes kendte trafikale situationer genskabes i en Vissim simulering. Det er derfor kendt litteratur såsom "Vejreglen for kapacitet og serviceniveau", der ligger til grund for den parameterindstilling og kalibrering, der foreslås i vejreglen for mikrosimuleringer. Arbejdsgruppen har igennem litteraturstudier, udveksling af egne erfaringer samt forskellige test forsøgt at angive parameterindstillinger, der fører de kendte trafikale mål fra "Vejreglen for kapacitet og serviceniveau", der beskriver trafikafviklingen på makroniveau, ned på mikroskopisk niveau i Vissim.

Parameterværdierne i vejregelforslaget er udarbejdet igennem mindre test af Vissim simuleringer og erfaringsudveksling internt i ad-hoc gruppen. Det har dog været nødvendigt at begrænse arbejdet af hensyn til tids- og ressourcforbrug, og deraf er det kun de vigtigste parametre i simuleringsopgaver, der er behandlet i vejregelforslaget [Vejregelrådet, 2010]. Hvorledes de udførte test og erfaringsopsamlinger er udført internt i ad-hoc gruppen vides ikke, da dette ikke er beskrevet i vejregelforslaget. Derfor syntes det umiddelbart ikke muligt at vurdere styrken af de enkelte parameterværdier, der foreslås. Hvorvidt den enkelte værdi er gennemtestet op imod virkelig trafikafvikling er dog tvivlsom, eftersom det i forordet er beskrevet, at der har været knappe ressourcer til udarbejdelse og test.

Forholdet omkring manglende ressourcer er også et af argumenterne for tilblivelsen af vejregelforslaget. Det beskrives, at kalibrering af simuleringer, der anvendes i trafikplanlægningen, ofte er mangelfuld på grund af, at der ikke er afsat penge til dette i budgettet for et givent projekt. Derfor vil "danske standardindstillinger" bidrage til, at der i disse projekter foretages troværdige simuleringer.

Da styrken af vejregelforslagets indstillinger ikke umiddelbart kan vurderes, vil udvalgte af parameterværdierne i det følgende blive testet. De enkelte test vil blive udført ved at sammenligne markobservationer af virkelig trafikafvikling med simuleringer af tilsvarende situationer, hvori indstillingsparametrene fra vejreglen anvendes. Simuleringerne vil ligeledes blive vurderet ud fra relevante trafikale mål, der anvendes i kapacitetsberegninger i "Vejreglen for kapacitet og serviceniveau". Samtidig kan disse

trafikale mål sammenlignes med markobservationerne, hvorved det kan vurderes, om disse stadig er gældende.

Sammenligningen imellem markobservationerne og værdier i de danske vejregler, hovedsageligt "Vejreglen for kapacitet og serviceniveau", foretages eftersom det er muligt, at Vissim simuleringen er tilpasset vejregler, men at disse ikke afspejler den observerede trafikafvikling. Det vil dermed ikke være parameterværdien fra vejregelforslaget, der er forkert, men derimod de trafikale mål som Vissim simuleringen er tilpasset til der afviger fra den observerede situation.

Findes det, at der ikke er sammenhæng imellem simuleringerne og observationerne i marken, vil der blive foretaget en kalibrering, således simuleringen afspejler den virkelige trafikafvikling. Igennem sammenligningen af markobservationer og Vissim simuleringerne vil standardindstillingerne i Vissim også blive inddraget. Simuleringer med disse indstillinger vurderes ikke at afspejle danske forhold, men kan anvendes til vurdering af, hvordan parameterindstillingen skal kalibreres.

I det følgende vil forskellige indstillingsparametre og fordelinger i Vissim blive præsenteret. Udvalgte af disse vil blive testet igennem simuleringer i Vissim og andre vurderes ud fra, hvorledes de har indflydelse på en simulering af danske forhold. Der foretages vurderinger af, hvordan resultaterne af de forskellige test har indflydelse på simulering af danske forhold. Der vil til sidst i nærværende rapport blive foretaget en simulering af en virkelig trafikafvikling, der sammenlignes med observationer foretaget i marken. Igennem denne sammenligning kan parameterindstillingerne vurderes ud fra, hvorledes kølængder og afviklede trafikmængder i simuleringerne passer til den virkelige trafikafvikling.

5.2 Trafiksammensætning

Den givne trafiksammensætning i Vissim skal, så vidt muligt, afspejle sammensætningen i den virkelighed, der forsøges at simulere. Det vil derfor være nødvendigt at foretage trafiktællinger, hvor andelen af de enkelte køretøjsklasser bestemmes [Vejdirektoratet, 2006]. Der er i Vissim mulighed for at indstille andelen af biler, lastbiler, busser og bløde trafikanter i simuleringen. I hver køretøjskategori er der mulighed for at foretage en indstilling af længdenfordelingen af køretøjerne. I Vissim standardindstillingerne er længden af biler sat til 4,11 - 4,76 meter og lastbiler er sat til 10,125 meter.

Det er vigtigt, at andelen af store køretøjer i Vissim er den samme som i den situation, der forsøges at simulere. Dette skyldes, at andelen af store køretøjer har stor indflydelse på kapaciteten af et kørselsforhold, hvilket både gælder i Vissim og ved kapacitetsberegninger ud fra vejreglen for kapacitet- og serviceniveau og selvfølgelig i den virkelige situation.

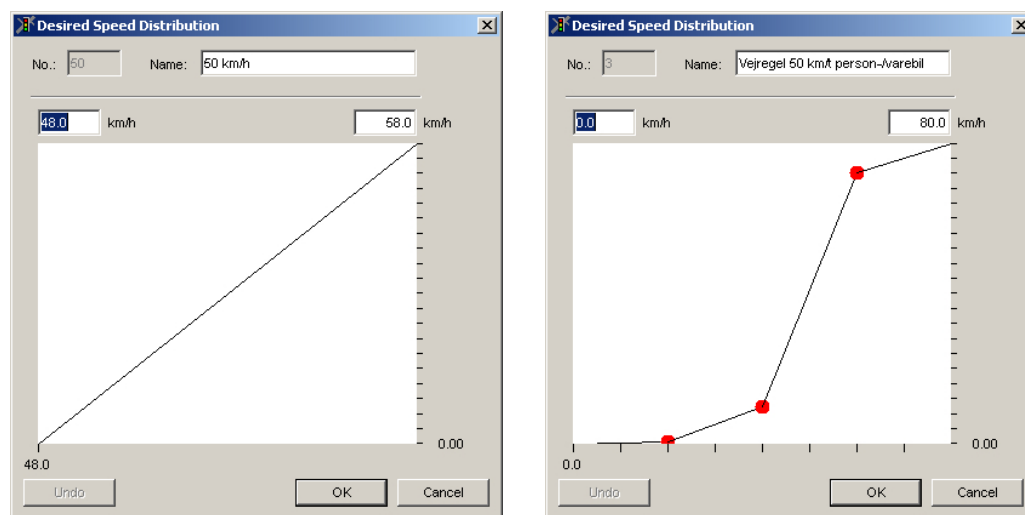
Hvor forholdet imellem biler og lastbiler har stor indflydelse på simuleringen, vurderes det, at selve længdeinddelingen i hver køretøjskategori er mindre vigtig. Det

skal dog vurderes, om indstillingerne i simuleringen afspejler længden i virkeligheden. Simuleringerne i denne rapport vil blive udført med længderne fra standardindstillingerne i Vissim. Det antages dermed, at gennemsnitslængden i hver køretøjskategori i den observerede situation også forekommer i Vissim. I simuleringer hvor dette ikke vurderes at være korrekt, bør der foretages justeringer i indstillingerne.

5.3 Ønsket hastighed

Som udgangspunkt er Vissim indstillet med nogle standardfordelinger for ønsket hastighed ved forskellige hastighedstrin, der alle forløber lineært fra en minimums- til en maksimumsværdi for hvert trin op til og med 70 km/t. Eksempelvis ligger intervallet for fordeling ved 50 km/t mellem 48 km/t og 58 km/t.

Denne lineære fordeling passer ikke med normale hastighedskurver, der oftest følger en s-kurve, hvilket også er tilfældet for kurven præsenteret i vejregelforslaget for mikrosimuleringer. S-kurven fra vejregelforslaget er dog meget grov, da fordelingen er inddelt i store intervaller af 20 km/t. Hvorvidt der er en forskel i trafikafviklingen ved simulering med den lineære fordeling i Vissim og målingerne præsenteret i vejregelforslaget, undersøges ved en testkørsel i Vissim. Testen udføres for at vurdere, hvorvidt der er en relevant forskel i hastighedsfordelingen i en kørsel med de to forskellige parametersæt. En eventuel forskel vil kunne afstedkomme forkerte resultater ved simulering med Vissim standardfordelingen forudsat, at fordelingen fra vejregelforslaget er den rigtige. Hastighedsfordelingen kan have indflydelse på trafikflowet i simuleringen, og ikke mindst på ankomstfordelingen til et signalanlæg. Dette vil eksempelvis være problematisk, hvis VISSIM anvendes til en simulering og optimering af signalsamordning, hvor rejsetiden imellem to samordnede kryds er meget vigtig.



Figur 5.1: Fordelingen for ønsket hastighed ved 50 km/t i henholdsvis Vissim (figuren til venstre) og målinger præsenteret i vejregelforslaget for mikrosimuleringer. Målingerne til udarbejdelse af vejregelforslagets fordeling er foretaget på fem forskellige strækninger i Danmark. [Vejregelrådet, 2010]

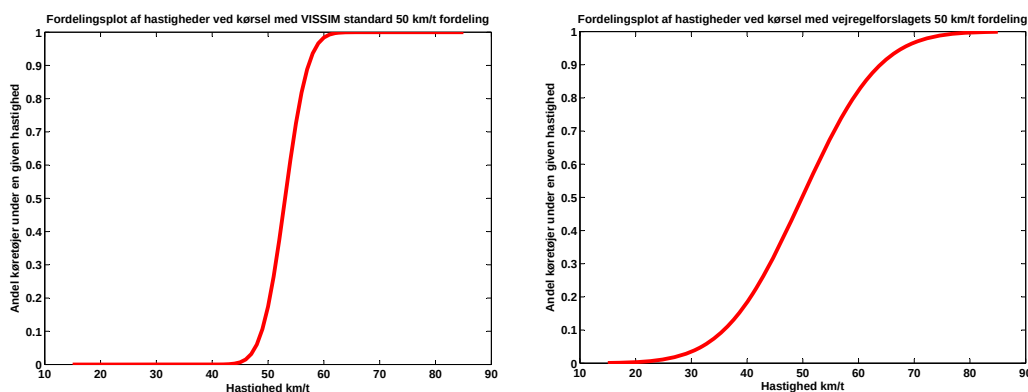
5.3.1 Statistisk test på gennemsnitshastighed og spredning

Testen af den ønskede hastighed udføres ved at opbygge en strækning med to spor i samme retning i Vissim, hvorpå der indsættes et dataindsamlingspunkt til opsamling af køretøjshastighed. Strækningen opbygges med to spor, så der er mulighed for overhaling, og køretøjerne har dermed ikke indflydelse på hinandens hastighed. Teststrækningen kan ses på den vedlagte cd under (Vissim simuleringer\Test på ønsket hastighed), hvor også data fra kørslerne kan findes. Vissim indstilles til denne test, som det ville være tilfældet ved en ny installation af programmet, og den eneste ændring i standardparametrene vil være den ønskede hastighed, når denne afviger fra Vissim standarden. Der foretages ti kørsler i testen med start random seed på otte og en forøgelse af random seed på 17 for hver kørsel. Den statistiske test på hastighedsmålingerne er udført i MatLab og er beskrevet i appendiks ??.

Ønsket hastighed indstillet til 50 km/t

Hastighedsfordelingerne der anvendes i testen, er som nævnt standardindstillingerne fra Vissim og vejregelforslagets indstillinger for en hastighedsbegrænsning på 50 km/t. Hastighedsfordelingen fra vejregelforslaget er udarbejdet på baggrund af målinger på fem forskellige strækninger i Danmark. Målingen af hastigheder er registreret for køretøjer, der kører frit, hvilket her er defineret som, at der ikke må forekomme køretøjer indenfor 7 sekunder før og efter det målte køretøj. Dermed er det vurderet, at trafikanten kører med sin ønskede hastighed, hvilket er input til Vissim.

Ved kørsel i Vissim med de to forskellige indstillinger for en ønsket hastighed på 50 km/t, findes det, at der er statistisk forskel på, hvilken fordeling der anvendes. Et fordelingsplot af de indsamlede data fra de to test, figur 5.2, med henholdsvis Vissim standardindstillingerne og vejregelforslagets fordeling viser, at hastighedsfordelingen følger en s-kurve. Dermed resulterer den tilfældige udvælgelse af ønsket hastighed i en s-kurve, selvom fordelingen i Vissim er formet som en ret linie.



Figur 5.2: Figuren til venstre viser hastighedsfordelingen ved testsimulering med Vissim standardfordeling for ønsket hastighed ved 50 km/t. På figuren til højre ses den tilsvarende fordeling, hvor vejregelforslagets hastighedsfordeling ved 50 km/t er anvendt.

Data fra simulering med Vissim standardfordelingen viser en gennemsnitshastighed på 53,06 km/t imod 49,44 km/t for simulering med fordeling fra vejregelforslaget. Igen- nem den statistiske test på hastighedsmålingerne er det fundet, at de to gennemsnits- hastigheder er signifikant forskellige på et 95% enhalet konfidensinterval, hvilket vil sige, at gennemsnitshastigheden ved anvendelse af Vissim standarsfordelingen er sig- nifikant højere end ved simulering med vejregelforslagets værdier. Den statistiske test på hastighedsdata viser ligeledes, at spredningen af hastighedsdata ved anvendelse af vejregelfordelingen, er signifikant større end ved anvendelse af Vissim standard- fordelingen, ligeledes testet på 95% konfidensinterval.

Forskellen i gennemsnitshastighed og spredning ved kørsel med de to fordelinger be- tyder, at anvendelse af Vissim standardfordeling kan give forkerte resultater af simu- leringer. Den højere gennemsnitshastighed samt mindre spredning vil give et bedre trafikflow, der givetvis ikke afspejler den virkelige trafikafvikling. Det vil derfor være hastighedsfordelingen for 50 km/t fra vejregelforslaget, der bør anvendes i simuleringer, hvor hastighedsdata fra den enkelte lokalitet ikke foreligger, da hastighedsdata fra Vis- sim, som nævnt, giver en statistisk anden fordeling i simuleringer.

Ønsket hastighed indstillet til 60 km/t

Igennem test på fordeling af den ønskede hastighed ved 50 km/t, henholdsvis Vissim standardindstillinger og målinger på danske strækninger, er det påvist, at der er sig- nifikant forskel på middelhastighed og spredning af hastighedsmålingerne. Det vur- deres derfor, at det også er nødvendigt at undersøge, om denne forskel er gældende for fordelinger ved ønsket hastighed ved 60 km/t. Ved dette hastighedstrin er der, som tidligere nævnt, en lineær fordeling i Vissim, der spænder fra 58 km/t til 68 km/t. Der er ikke opgivet en fordeling i vejregelforslaget, der kan anvendes ved en hastighedsbe- grænsning på 60 km/t. Det er derfor valgt at indsamlet mastradata for to strækninger som datagrundlag for en sådan fordeling. I tilfælde af at disse data kan anvendes i en Vissim simulering, vil der være mulighed for, ud fra et simpelt mastraudtræk, at tilpasse en given model til den aktuelle udformning af det, der simuleres.

De to lokaliteter, hvorfra der er hentet data, er henholdsvis Over Kæret og Th. Sauers vej i Aalborg. Målestationen på Th. Sauersvej ligger på en strækning, der udgør det ene ben i et af de kryds, som anvendes til den øvrige kalibrering og validering af Vissim parametrene. Over Kæret har en tilsvarende vejudformning og ligger et par kilometer fra den første måling.

Begge strækninger, hvorfra der er hentet data, er to-sporet med forholdsvis bred vej- udlæg og en hastighedsbegrænsning på 60 km/t. For at få hastighedsmålinger ved fri kørsel, hvilket er input til den ønskede hastighed i Vissim, er den indsamlede mastra- data sorteret således, at kun timer med mindre end 100 køretøjer er anvendt til udar- bejdelse af hastighedsfordelingen. På vedlagte cd under
(\Trafikdata\Mastradata - ønsket hastighed 60 kmt) kan den indsamlede data findes, både som rådata og en Excel-fil, hvor den førnævnte sortering er foretaget. Fraso- rteringen af timer med trafikintensitet over 100 køretøjer vurderes at give hastigheds-

målinger, hvor det enkelte køretøj i meget få tilfælde vil være påvirket af andre køretøjer. Sorteringen resulterer imidlertid i, at det kun er nattetimer, der benyttes til hastighedsfordelingen, da trafikintensiteten i de resterende timer af døgnet er for høj til, at der kan antages frit flow for størsteparten af trafikanterne. Idet der udvælges timer, hvor trafikintensiteten er meget lav, antages det ligeledes, at trafikanterne kører med deres ønskede hastighed på strækningen.

Hastighedsfordeling udarbejdet fra mastradata kan ses af tabel 5.1, hvor det ses, at intervallerne for de enkelte hastighedstrin er mindre, end det er tilfældet for vejregelforslagets hastighedsfordeling ved 50 km/t. Dette skyldes at data fra de indsamlede mastramålinger, er inddelt i disse intervaller, og der dermed kan udarbejdes en mere nuanceret hastighedsfordeling til anvendelse i Vissim.

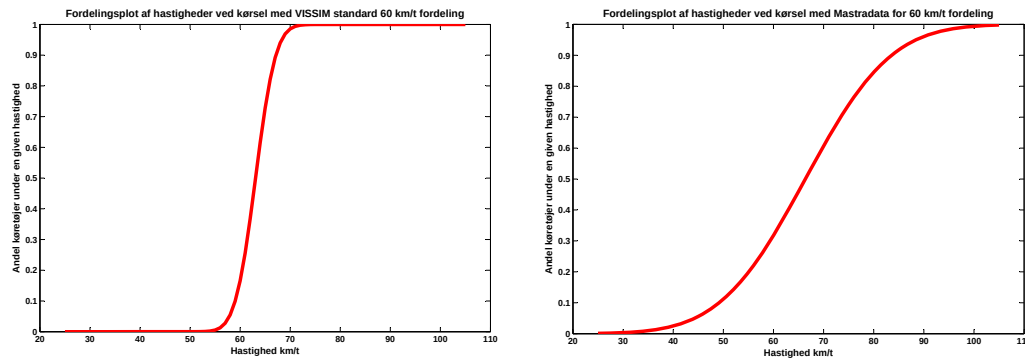
Hastighedstrin [km/t]	Antal køretøjer	Andel i %	Akk. Andel i %
0-20	3	0,1	0
20-30	8	0,3	0
30-40	47	2,0	3
40-50	96	4,2	7
50-60	511	22,2	29
60-70	874	38,0	67
70-80	483	21,0	88
80-90	191	8,3	96
90-100	61	2,7	99
100-110	24	1,0	100
Total	2274	100,0	

Tabel 5.1: Hastighedsfordelingen ved 60 km/t udarbejdet fra indsamlet mastradata. Data der er anvendt til fordelingen, er målinger fra nattetimer, da der kun er anvendt hastighedsdata fra timer med trafikintensitet på 100 køretøjer eller derunder. [Myrup, 2010]

Der udføres en statistisk test på hastighedsfordelingerne tilsvarende den, der er udført ved en hastighedsbegænsning på 50 km/t. Testen viser, at gennemsnitshastigheden for simulering med mastradata er på 66,37 km/t, hvilket er signifikant højere end gennemsnitshastigheden på 63,08 for simulering med Vissim standardfordeling. Ligeledes viser testen, at spredningen i hastighedsmålingerne er signifikant større ved anvendelse af mastradata i simuleringen.

Det kan dog virke modstridende, at gennemsnitshastigheden udarbejdet fra mastradata er højere end gennemsnitshastigheden ved simulering med standardindstillingerne i forhold til testen ved 50 km/t. Ved 50 km/t blev det vist, at hastighedsfordelingen fra markobservationer resulterer i en lavere gennemsnitshastighed end simulering med standardindstillingerne. Dette indikerer, at der muligvis skal benyttes et andet tidsrum til udtræk af mastradata, hvis dette skal bruges til udarbejdelse af hastighedsfordelinger. Anvendes der en anden tidsperiode kan det dog risikeres, at det ikke er den frie hastighed, der bliver registreret på tællestationerne. Det vurderes dog, at skønt der forekommer denne afvigelse, er det stadig mastradataen, der skal anvendes i simuleringerne. Dette baseres på fordelingen af hastighederne, hvor begge fordelinger følger en s-kurve som det også var tilfældet ved ønsket hastighed på 50 km/t. Af figurene nedenfor ses det dog, at simulering med Vissim standardindstilling resulterer i en s-

kurve, der er meget stejl, hvilket også afspejles af den lave spredning, der er beregnet for målingerne. Simuleringen med mastradata resulterer derimod i en fladere s-kurve, der vurderes bedre at passe til, hvad der forventes af en måling på danske strækninger.



Figur 5.3: Figuren til venstre viser hastighedsfordelingen ved testsimulering med Vissim standardfordeling for ønsket hastighed ved 60 km/t. På figuren til højre ses den tilsvarende fordeling, hvor mastradata, indhentet for to strækninger med en hastighedsbegrænsning på 60 km/t, er anvendt til udarbejdelse af fordelingen. Mastradataen er indhentet for nattetimer for at opnå fri hastighed i målingerne.

5.3.2 Test på målt hastighedsfordeling i Vissim

Som en sidste test af den ønskede hastighed i Vissim, er der foretaget en sammenligning af den hastighedsfordeling, der er anvendt som input i Vissim, og den fordeling der er målt ved testsimuleringerne. Testen er udført for at verificere, at Vissim, selvom der foretages en tilfældig udvælgelse fra hastighedsfordelingen, stadig genererer den ønskede fordeling i en given simulering. I tabel 5.2 og tabel 5.3 kan de indstillede værdier i Vissim og den målte hastighedsfordeling i testsimuleringen, ses for henholdsvis en ønsket hastighed på 50 km/t og 60 km/t.

Andel for ønsket hastighed på 50 km/t i %		
Hastighedstrin	Hastighedsfordeling fra vejregelforslaget	Målt hastighed i testsimulering
Under 20	1,0	0,7
20-40	11,0	13,7
40-60	78,0	74,4
60-80	10,0	10,8
80-100	0,0	0,4

Tabel 5.2: Tabellen viser hastighedsfordeling for vejregelforslaget, der er anvendt som fordeling i Vissim for en ønsket hastighed ved 50 km/t samt den hastighedsfordeling, der er målt i testsimuleringen af denne fordeling.

Andel for ønsket hastighed på 60 km/t i %		
Hastighedstrin	Hastighedsfordeling fra mastradata	Målt hastighed i testsimulering
0-20	0,1	0,3
20-30	0,3	0,5
30-40	2,0	2,0
40-50	4,2	4,3
50-60	22,2	21,4
60-70	38,0	37,5
70-80	21,0	20,6
80-90	8,3	8,5
90-100	2,7	4,3
100-110	1,0	1,5

Tabel 5.3: Tabellen viser hastighedsfordeling for mastradata, der er anvendt som fordeling i Vissim for en ønsket hastighed ved 60 km/t samt den hastighedsfordeling, der er målt i testsimuleringen af denne fordeling.

Den statistiske test på fordelingen i de enkelte hastighedstrin er udført som en andelstest og kan ses i appendiks ???. Der er alene udført test på fordelingen fra mastradata, da der ikke har været mulighed for at finde den data, der ligger til grund for fordelingen i vejregelforslaget. Der vil derfor ikke være det fornødne datagrundlag til at udføre testen på fordelingen ved 50 km/t.

Testen viser, at der er tendens til signifikans imellem hastighedsfordelingen fra mastradata og hastighedsmålingerne foretaget i Vissim. I testen er der fundet en p-værdi på 0,91, hvilket vil sige, at de to fordelinger med 91% sandsynlighed er ens. Det vurderes derfor, at Vissim simulerer den ønskede hastighedsfordeling, der indsættes i programmet tilfredsstillende. En afvigelse på 9% imellem den indstillede fordeling og de målte hastigheder vurderes ikke at være større end den variation, der kan forventes imellem en given simuleringssituation og den virkelige trafikafvikling.

5.3.3 Gennemsnitshastighed ved et kørespor

Det er i det foregående vist, at der er forskel på gennemsnitshastighederne imellem simulering med standardindstillingerne for ønsket hastighed og fordelinger fundet ved markobservationer. Det er ligeledes vist, at Vissim simulerer den ønskede hastighed forholdsvis tilfredsstillende i forhold til den fordeling, der indsættes i programmet. Disse test er alle foretaget ved frit flow i programmet, hvor der er benyttet to spor i simuleringen og lav trafikintensitet.

Foretages der derimod en test, hvor der reduceres til et spor, og der indsættes en trafikmængde, der svarer til en spidstime, forekommer der stor variation i gennemsnitshastighederne. Testen opbygges som de foregående test, og der indsættes spidstimetrafikken fra mastramålingen på Th. Sauers Vej. Ved at sammenligne gennemsnitshastigheden, målt i det tidsrum trafikmængderne er udtrukket, og en simulering med mastahastighedsfordelingen, findes det, at der er stor forskel på den virkelige gennemsnitshastighed, og det der kan måles i simuleringen. Således er gennemsnitshastigheden fra mastramålingerne i tidsrummet 7:00 til 9:00 på 59,1 km/t, hvori-

mod der i simuleringen kun er en gennemsnitshastighed på 26,6 km/t. Denne forskel skyldes givet, at der i hastighedsfordelingen udarbejdet på baggrund af mastradata forekommer køretøjer med en forholdsvis lav hastighed. Da fordelingen anvendt som input i Vissim simuleres korrekt af programmet, vil der forekomme køretøjer med en meget lav hastighed i simuleringen. Disse køretøjer vil resultere i, at hurtigere køretøjer holdes tilbage i simuleringen og vil give kødannelser i trafikken bag de langsomme køretøjer.

Hvorvidt denne kraftige reduktion har effekt i simulering af en virkelig trafikafvikling vil blive vurderet senere i projektet, hvor simulering af en observeret virkelighed vil blive testet. Der vurderes dog, at der vil være stor forskel i rejsetiden imellem simulering og virkelighed, da der er så stor forskel i gennemsnitshastighederne. Dette vil have stor effekt, hvis Vissim anvendes til simulering af signalsamordning, eller hvis flere signalanlæg er forbundet i et netværk. At der forekommer disse langsomme køretøjer i modellen, der resulterer i store kødannelser, vil medføre en unaturlig ankomstfordeling til de enkelte kryds, hvilket vil afvige fra den virkelige trafikafvikling.

5.3.4 Vurdering af indstillinger for ønsket hastighed i Vissim

Ud fra en sammenligning af kørsler i Vissim, ved frit flow, med forskellige fordelinger for den ønsket hastighed findes det, at der er forskel i gennemsnitshastigheden og spredning alt efter, hvilke fordeling der anvendes i hvert hastighedstrin. Dermed er vurderingen, at Vissim standardfordelingerne for de to testede hastighedstrin ikke kan anvendes til simulering af danske forhold, hvis variationen fra de foretagne hastighedsmålinger ønskes gengivet i simuleringen.

Der skal dog dertil siges, at der ved anvendelse af mikrosimuleringer i planlægnings-situationer meget sjældent vil være tale om trafikafvikling ved frit flow. Forekommer der ikke frit flow, vil trafikafviklingen i simuleringen blive kraftigt påvirket af de langsomme køretøjer i modellen. Dette skyldes, at de hurtige køretøjer ikke kan passere et langsomt køretøj og derfor vil danne kø bag dette. Dette vil både have indvirkning på gennemsnitshastigheden, der kan falde drastisk på en strækning, og for ankomstfordelingen i kryds.

Disse langsomme køretøjer, der kan skabe mindre køer, omfatter også lastbiler, for hvilke hastighedsfordelingerne ikke er behandlet i dette kapitel. Der forefindes i vejregelforslaget en hastighedsfordeling for lange køretøjer over 8 meter, der kan anvendes som ønsket hastighed i Vissim.

Der vil senere i nærværende rapport, blive foretaget en simulering af en virkelig trafikafvikling for derigennem at vurdere, hvorvidt hastighedsfordelingerne resulterer i den korrekte trafikafvikling. Det er i det foregående vist, at der er forskel på gennemsnitshastighederne i simuleringer med hastighedsfordelinger fra markobservationer og simulering med standardindstillingerne. Simuleringen skal dermed klarlægge, om der vil være forskel i afviklede trafikmængder og kølængder i simulering af et signalreguleret kryds.

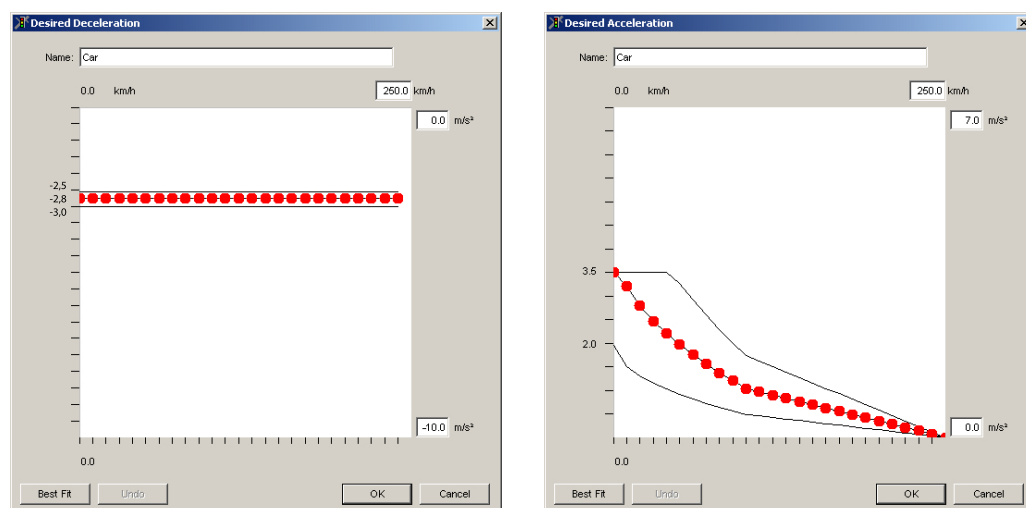
Hastighedsfordeling udarbejdet for en ønsket hastighed på 60 km/t er, som tidligere nævnt, udarbejdet fra mastradata målt i nattetimer. Det kan i den forbindelse diskuteres, om der forekommer højere hastighedsmålinger, end det ville være tilfældet i dagtimerne, da eksempelvis risikoen for hastighedsrazzia er mindre. Ligeledes kan der forekomme trafikanter med lavere ønsket hastighed på grund af mørke. Det vurderes dog, at der er et så stort datagrundlag til udarbejdelse af fordelingen, at de trafikanter, der eventuelt agerer anderledes i natte- end i dagtimerne, vil have en lille indflydelse på fordelingen i de enkelte hastighedstrin.

Simuleringer med hastighedsfordelingen fra mastradataen resulterer i en gennemsnitshastighed, der er højere, end hvis standardindstillingerne anvendes. Dette kan tolkes som værende for højt, da vejregelforslagets indstillinger resulterede i en gennemsnitshastighed lavere end simulering med standardindstillinger. De to forskellige fremgangsmåder til hastighedsindsamling giver dermed ikke noget klart billede af, om Vissim simulerer for høje gennemsnitshastigheder eller for lave. Af samme grund vil begge hastighedsfordelinger blive anvendt i simuleringen af det signalreguleret kryds.

5.4 Acceleration og deceleration

Deceleration og acceleration er begge parameterværdier, hvor der foreligger anbefalinger for indstillinger i vejregelforslaget. Der findes to former for acceleration og deceleration, henholdsvis ønsket og maksimal, hvor den maksimale anvendes for at hindre køretøjerne i Vissim i at foretage urealistiske de- eller accelerationer.

I Vissim indlægges en fordeling, der angiver den ønskede acceleration og deceleration som funktion af den aktuelle hastighed, hvilket kan ses i figur 5.4.



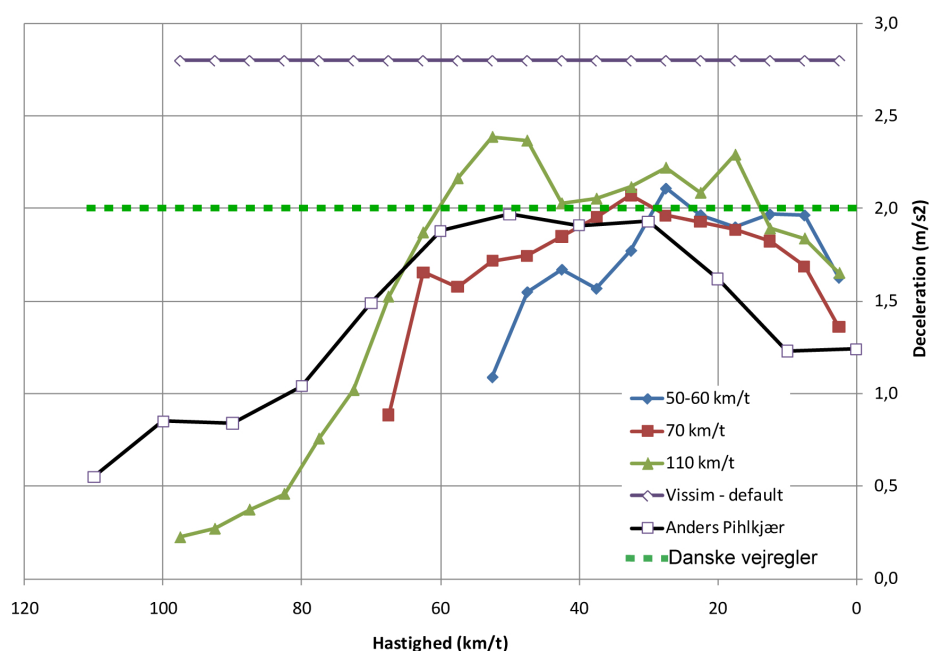
Figur 5.4: Standardindstillingen for bilers ønskede deceleration i Vissim (figur til venstre) samt den tilsvarende fordeling for acceleration. I fordelingerne vises gennemsnitsværdien med prikker, og en øvre og nedre fordeling, hvor indenfor den givne parameterværdi til det enkelte køretøj vælges.

Som de resterende standardindstillinger i Vissim er fordelingerne for deceleration og acceleration fundet ud fra undersøgelser af tysk adfærd og afspejler givetvis ikke danske forhold.

Deceleration

Ud fra fordelingerne i figur 5.4 ses det, at indstillingen for ønsket deceleration er konstant ved alle hastigheder, hvilket ikke forekommer som en realistisk indstilling af trafikanternes adfærd. Et decelerationsforløb består af en løbende vurdering fra trafikantens side af behovet for at øge eller sænke decelerationsniveauet for dermed at opnå standsning eller hastighedstilpasning til en forankørende. Anvendelsen af en konstant deceleration kendes dog også fra de danske vejregler, hvor der udover en 2 sekunders motorbremsning i starten af decelerationsforløbet, anbefales en værdi på 2 m/sek^2 til eksempelvis beregning af rampelængder [Vejregelrådet, 2005].

Værdien i vejreglen er fastsat ud fra et hensyn til kørselskomfort samt ud fra forsøg, der dog er af ældre dato, og ikke ændret siden 1970 [Vejdirektoratet, 1970]. Den ønskede deceleration i Vissim skal ligeledes afspejle den deceleration, som den enkelte trafikant foretrækker, og er i nyere undersøgelser forsøgt bestemt ved hjælp af GPS-målinger. Resultaterne af nogle af disse målinger kan ses af figur 5.5.



Figur 5.5: Målinger af deceleration for strækninger med forskellige hastighedsklasser. Målingerne er foretaget ved hjælp af GPS-logninger. Ligeledes er Vissim standardindstillingen samt beregningsværdien fra de danske vejregler angivet. [Greibe, 2009; Vejregelrådet, 2005]

Som det ses, ligger de målte værdier for deceleration alle under Vissim standardindstillingen og for en del af kurverne også under vejreglens værdi for deceleration. GPS-målingerne er dog foretaget under forhold, der kan resultere i lavere værdier, da tra-

fikanterne har været underlagt forskellige former for overvågning. Således er kurven udarbejdet af Pihlkjær bestemt ud fra GPS-data fra "Spar på farten" projektet, hvor bilisterne tildeles strafpoint ved kørsel over den tilladte hastighed. Der kan derfor forekomme bilister, der kører mere forsigtigt end den "normale" adfærd, men dette må vurderes at have en relativ svag effekt på resultater fundet indenfor den tilladte hastighed. Ligeledes er der også foretaget målinger i perioder, hvor pointsystemet var deaktiveret. [Lahrman et al., 2007]

Tilsvarende er fordelingerne, udarbejdet af Trafitec, ved de tre hastighedstrin 50/60 km/t, 70/80 km/t og 110 km/t fundet, hvor testpersoner foretog en kørsel på en teststrækning i et udleveret testkøretøj og med en person på passageresædet til betjening af testudstyr. At testpersonen kører i et fremmed køretøj, samt at der er en fremmed medpassager, kan have indvirkning på køremåden, og resultere i en mindre aggressiv kørsel, end hvis disse indvirkninger ikke var til stede. Det vurderes dog, at disse ydre påvirkninger af den enkelte bilists adfærd, er forsøgt elimineret i så høj grad, at målingerne kan anvendes til at repræsentere den ønskede deceleration for testpersonerne i forsøget.

Det skal til begge forsøg bemærkes, at antallet af testpersoner, der har medvirket, er forholdsvis lavt. Således var der cirka 150 testpersoner i "Spar på farten" projektet anvendt af Pihlkjær. Det kan ikke antages, at alle har foretaget kørsler på det analyserede vejnet, hvilket dog vurderes at blive opvejet af en lang testperiode.

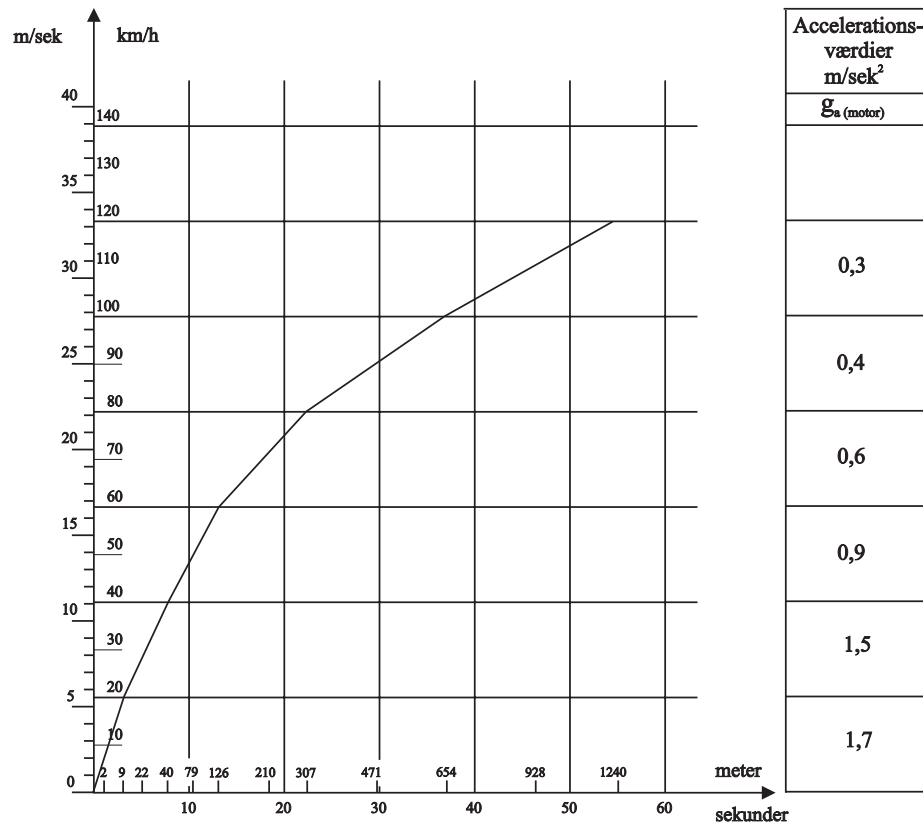
Testen udført af Trafitec omfatter 20 testpersoner, hvilket har resulteret i 116 decelerationsforløb, hvor forudsætningerne om at testpersonen skulle være den først ankomne til et standsningspunkt har været opfyldt. Ud af de 116 decelerationsforløb er de 39 registreret på strækninger med en hastighedsbegrænsning på 50 eller 60 km/t, hvilket er et forholdsvis lille datagrundlag. Det vurderes dog, at de udarbejdede kurver, som udgangspunkt, kan anvendes til fordeling i Vissim.

Kurverne i figur 5.5 kan imidlertid med fordel suppleres med yderligere undersøgelser af decelerationsforløbet på forskellige vejtyper, da det ikke nødvendigvis kun er hastighedsklassen, der er afgørende for trafikantadfærden. Derimod vil forhold som vejudformning, oversigtsforhold og lignende givet have indvirkning på, hvorledes der ageres fra trafikanternes side.

Acceleration

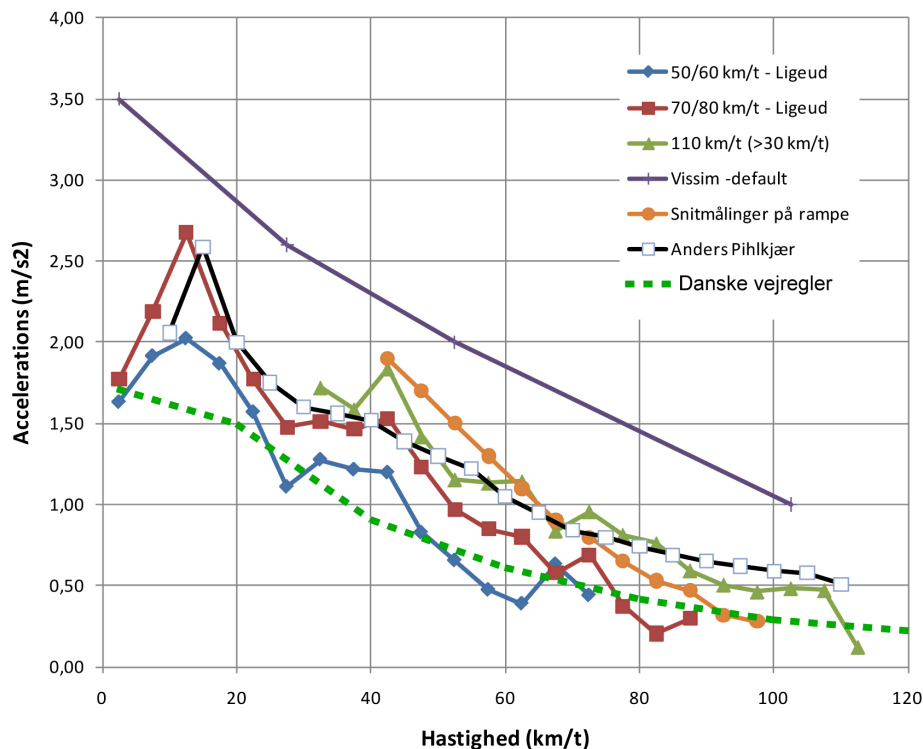
Tilsvarende værdien for decelerations på 2 m/s^2 forefindes der også forslag til værdier for acceleration i vejreglen for toplanskryds [Vejreglerådet, 2005]. Da det er forslag til værdier i forbindelse med toplanskryds, skal det nævnes, at det, både for de- og acceleration, er værdier, der benyttes til bestemmelse af rampelængder og lignende. Accelerationsværdierne er dog bestemt ud fra motorens bidrag til accelerationen og bør derfor kunne anvendes på alle strækninger. I figur 5.6 ses motorens bidrag til accelerationen ved forskellige hastigheder, hvortil der skal lægges et bidrag ved vejhældning. Værdierne beskrives som "værende af ældre dato..." og "Figuren fastholdes derfor til nye målinger måtte foreligge", hvilket dækker over, at det er de samme værdier,

der er anvendt i "Projekteringsregler for motorveje" fra 1970 [Vejdirektoratet, 1970]. Værdierne må deraf vurderes at være bestemt ud fra den danske bilpark før 1970, og er derfor ikke tilpasset nutidens køretøjers formåen.



Figur 5.6: Accelerationværdier for personbiler på flad vej ud fra den aktuelle hastighed. Værdierne er bestemt som motorens bidrag til accelerationen. [Vejreglerådet, 2005]

Tilsvarende de tidligere beskrevne decelerationskurverne er der i de to undersøgelser udarbejdet accelerationskurver. Accelerationskurverne er udarbejdet ud fra samme undersøgelser som decelerationskurverne, og deraf bør der nævnes de samme forhold for et forholdsvis lille datagrundlag. I figur 5.7 kan de udarbejdede accelerationskurver ses inddelt i tilsvarende hastighedstrin som decelerationskurverne. I undersøgelsen foretaget af Trafitec er accelerationsmålingerne inddelt efter højre- og venstresvingende samt kørsel ligeud. Datagrundlaget for kurven, der er afbilledet i figur 5.7 for "50/60 km/t - ligeud", udgør således 36 accelerationsforløb ud af de ialt 183 målinger.



Figur 5.7: Målinger af accelerationsværdier for strækninger med forskellige hastighedsklasser. Målingerne er foretaget ved hjælp af GPS-logninger. Ligeledes er Vissim standardindstillingen samt beregningsværdien fra de danske vejregler angivet. [Greibe, 2009; Vejreglerrådet, 2005]

Accelerationskurverne fra de to undersøgelser ligger alle under kurven for Vissim standardfordelingen, hvilket også var tilfældet for decelerationskurverne. Derimod ligger kurven fundet i de danske vejregler under de målte accelerationer fra undersøgelserne ved næsten alle hastigheder. Dette kan skyldes udviklingen i bilparken fra tidspunktet, hvor vejreglens værdier blev udarbejdet til i dag.

5.4.1 Opsamling på de- og acceleration

Kurverne for decelerationsværdier, der er målt i Trafitec's forsøg og målingerne ved Pihlkjær, viser, at trafikanterne bremser lettere i starten af forløbet for derefter at øge decelerationen og til sidst foretage en lettere deceleration igen i tilpasningen til fuldt stop. Decelerationskurverne ligger i store dele af hastighedsspektret under decelerationsværdierne fra de danske vejregler og et godt stykke under standardværdien fra Vissim. Den kraftige del af decelerationen fra målingerne skyldes antageligvis, at trafikanterne sikrer sig, at de kan nå at standse, og i denne fase er decelerationen på niveau med den konstante værdi fra vejreglerne.

Accelerationskurverne fra målingerne følger alle et forløb, hvor der accelereres kraftigst fra startpositionen og op til 10-15 km/t, hvorefter accelerationen er aftagende. Accelerationsniveauet målt på strækninger med hastighedsbegrænsninger på 50/60 km/t ligger generelt lidt under niveauet for de resterende strækninger. Dette kan skyldes

trafikantens opfattelse af, at der er en højere tilladt hastighed på disse strækninger, og derfor bevidst eller ubevidst forsøger at komme hurtigere op i fart. En anden mulig årsag kan være, at strækningerne med hastighedsbegrænsninger på 50/60 km/t er indenfor tættere bebygget områder, hvilket muligvis ikke er tilfældet for de resterende strækninger, og bilisterne kører af denne grund mindre aggressivt.

Det kunne derfor være en mulighed at undersøge, om denne forskel er til stede, da accelerationsmålinger der skal anvendes til input i Vissim, ofte vil kunne udvælges ud fra, om det er strækninger i boligområde eller på åbent land, der simuleres. Umiddelbart vurderes det, at der kan være en forskel i aggresiviteten hos trafikanten alt efter omgivelserne. Hvorvidt denne forskel er fremtrædende, og vil have en egentlig effekt på en given simulering, vil ikke blive undersøgt i nærværende rapport, men kan være en mulighed for senere undersøgelser af accelerationskurver.

Det vurderes, at det er de målte de- og accelerationsværdier, der bør benyttes i Vissim for at opnå den mest realistiske simulering. Hvad angår decelerationsværdien i Vissim, vil anvendelsen af kurverne fra målingerne resultere i, at køretøjerne skal påbegynde opbremsningen hen imod en stopstreg, eller en eventuel kø, tidligere end hvis Vissim standardindstillingen anvendes. Dermed vil der forekomme en længere strækning med nedsat hastighed og lavere kapacitet ved anvendelse af de målte decelerationsværdier i forhold til standardindstillingerne.

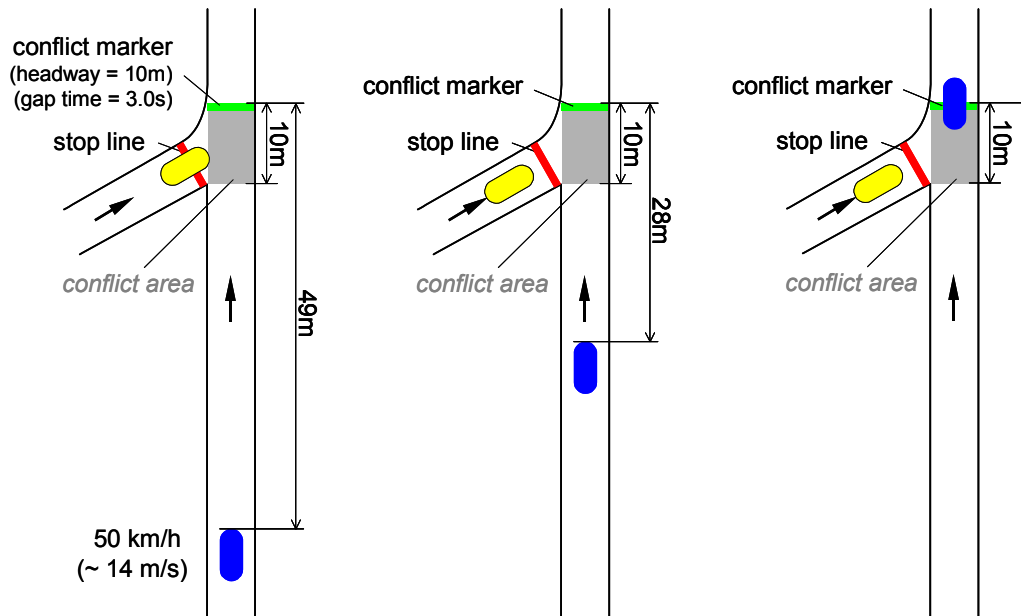
Tilsvarende vil anvendelse af accelerationskurverne fra målingerne kunne resultere i mindre kapacitet og langsommere køafvikling. Da køretøjerne accelererer kraftigere med Vissim standardværdien, vil køretøjerne også hurtigere forlade køområdet, og der kan afvikles flere køretøjer per omløb.

De- og accelerationsværdierne fra målingerne vurderes som nævnt at være anvendelige til simulering i Vissim, men vil blive undersøgt nærmere i en simulering af en virkelig trafikafvikling. I kapitel 6 vil accelerationsværdierne blive undersøgt ved at sammenligne passagetiderne fra markobservationer med simuleringer i Vissim med standardindstillingerne og de målte værdier fra Trafitec undersøgelsen (vejregelforslagets indstillinger). Formålet med denne undersøgelse er at sikre, at køafviklingen simuleres korrekt, da dette har stor indflydelse på kapaciteten af et signalanlæg.

5.5 Opbygning af vigepligt

Til opbygning af vigepligter i Vissim anvendes indstillingsparametrene "gap-time" og "minimum headway", der samlet afgør, hvorvidt et køretøj vælger at krydse det vigepligtige område. Gap-time værdien beskriver hvilken minimumafstand i sekunder, der er imellem fronten af køretøjet i overordnede trafikstrøm og til den bagerste del af det vigepligtige område. Placeringen af dette vigepligtige område indstilles af brugeren, og vil som oftest være ud fra inspektion af analyseområdet eller ud fra erfaringer fra tidligere lignende simuleringer. Indstillingsparameteren "minimum headway" angiver en længde, angivet i meter, indenfor hvilken, der ikke må forekomme køretøjer for,

at det vigepligtige køretøj krydser dette område. I figur 5.8 kan en illustration af opbygningen af vigepligt i Vissim ses.

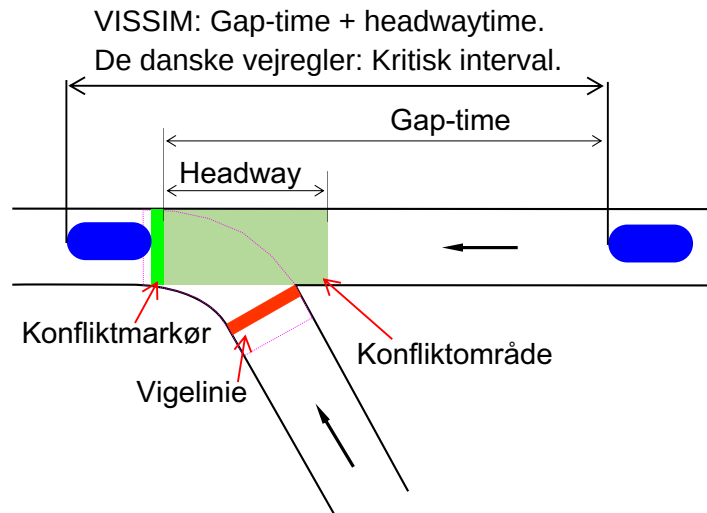


Figur 5.8: Illustration af tre forskellige beslutninger ved vigepligt. Opbygningen af vigepligt i Vissim foregår ved hjælp af markeringer for henholdsvis en vigelinie (rød linie) for det vigepligtige køretøj og en angivelse af gap-time og headway (gråt område), fra en af brugeren angivet konfliktmarkør (grøn linie), der afgør, om en indsvingning foretages. Gap-time og headway er i eksemplet angivet til henholdsvis 3,0 sekunder og 10 meter. [PTV, 2008]

I illustrationen til venstre vil den vigepligtige bilist foretage indsvingning til primærvejen, da det kritiske gap er angivet til 3,0 sekunder, og køretøjet på primærvejen befinder sig 3,5 sekunder fra konfliktmarkøren. Ligeledes er der ingen køretøjer i konfliktområdet, der er bestemt ved hjælp af angivelsen af headway. I figuren i midten befinder køretøjet i den overordnede strøm sig kun 2,0 sekunder fra konfliktmarkøren, og deraf vil den indkørende trafikant overholde sin vigepligt og vente på et acceptabelt gap. I figuren til højre forekommer der ingen køretøjer indenfor det angivne kritiske gap, men derimod har køretøjet i den overordnede strøm ikke forladt konfliktområdet, og der kan derfor ikke foretages indsvingning.

Opgivelsen af kritisk gap eller gap-time i Vissim er, som illustreret, en angivelse af afstanden fra køretøjets front og til den bagerste del af konfliktområdet. Dertil skal køretøjet i den overordnede strøm forlade konfliktområdet, inden indsvingning foretages. Dette betyder, at det egentlige kritiske interval, der anvendes i de danske vejregler til bestemmelse af kapacitet, vil være en sum af "gap-time" og den tid det tager et køretøj at forlade konfliktområdet i Vissim simuleringen, i det følgende kaldet headway-time. Det kan også beskrives som tidsafstanden fra bagenden af et køretøj til forenden af det følgende køretøj, hvor det i de danske vejregler er fra det samme punkt på de to køretøjer, eksempelvis forreste kofanger. [Vejreglerådet, 2010; Lahrmann & Leleur, 1994; PTV, 2008]

I figur 5.9 er kritisk interval fra de danske vejregler sammenlignet med den tilsvarende udmåling i Vissim ved hjælp af en illustration.



Figur 5.9: Det kritiske interval, der anvendes i de danske vejregler, vil i Vissim svare til en sum af den angivne gap-time og den tid det tager for et køretøj at passere konfliktmarkøren.

Der er dermed ikke en direkte værdi fra de danske vejregler, der kan anvendes i Vissim, dog er der i vejregelforslaget for mikrosimuleringer opgivet nogle anbefalede værdier for indstillingerne til gap-time i Vissim. Der er forslag til indstillinger for henholdsvis prioriteret kryds, rundkørsler og signalregulerede, hvoraf kapaciteten i prioriteret kryds er sammenlignet ved simulering i Vissim og beregninger ud fra vejreglen for kapacitet og serviceniveau. Resultaterne viser, at der er bedst lighed imellem kapaciteterne ved store trafikintensiteter i primærstrømmen, nærmere bestemt cirka 1500 pe/time for begge retninger tilsammen ved venstresving fra sekundærvejen. Ligeledes opnås sammenlignelige kapaciteter ved cirka 700 pe/time i den overordnede strøm ved højresving fra sekundærvejen og cirka 1100 pe/time i modkørende strøm ved venstresving fra primærvejen. Ved lavere trafikmængder kræves der en højere gap-time for at opnå tilsvarende resultater som ved beregninger ud fra vejreglen for kapacitet og serviceniveau. [Vejregelrådet, 2010]

De anbefalede værdier for gap-time i Vissim for prioriteret kryds er angivet i tabel 5.4. Til sammenligning er værdierne for kritisk interval fra de danske vejregler angivet i tabel 5.5.

5.5. Opbygning af vigepligt

Personbiler:				
Trafikstrøm ► Overfor trafik ▼	Primærvej: Venstresvingende	Sekundærvej: Venstresvingende	Sekundærvej: Ligeudkørende	Sekundærvej: Højresvingende
fra højre eller modkørende	[3,0 – 5,0 sek.] 4,5 sek.	[4,0 – 6,0 sek.] 5,5 sek.	[4,0 – 5,5 sek.] 5,0 sek.	
fra venstre		[3,0 – 4,5 sek.] 4,5 sek.	[3,5 – 4,5 sek.] 4,0 sek.	[3,5 – 5,5 sek.] 5,0 sek.
Lastbiler:				
Trafikstrøm ► Overfor trafik ▼	Primærvej: Venstresvingende	Sekundærvej: Venstresvingende	Sekundærvej: Ligeudkørende	Sekundærvej: Højresvingende
fra højre eller modkørende	[3,5 – 5,5 sek.] 5,0 sek.	[4,5 – 6,5 sek.] 6,0 sek.	[4,0 – 6,0 sek.] 5,5 sek.	
fra venstre		[3,5 – 5,5 sek.] 5,0 sek.	[3,5 – 5,0 sek.] 4,5 sek.	[4,0 – 6,0 sek.] 5,5 sek.

Tabel 5.4: Foreslået indstillinger af gap-time for prioriteret kryds i Vissim. [Vejreglerådet, 2010]

Sving-bevægelse	Kritisk interval τ overfor :			Passage-tiden δ
	Personbiler		Cykler/ikke-reg. pligtige knallerter	
	Kryds med ubetinget vigepligt	Kryds med fuldt stop		
Højresving fra primærvej			2,5 sekunder	3,0 sekunder
Venstresving fra primærvej	5,5 (6,0) sekunder	5,5 (6,0) sekunder	2,5 sekunder	3,0 sekunder
Højresving fra sekundærvej	5,5 (5,5) sekunder	6,5 (6,5) sekunder	2,5 sekunder	3,0 sekunder
Krydsning af primærvej	6,0 (7,0) sekunder	7,0 (8,0) sekunder	2,5 sekunder	3,0 sekunder
Venstresving fra sekundærvej	7,0 (8,0) sekunder	8,0 (9,0) sekunder	2,5 sekunder	3,0 sekunder

Tabel 5.5: Kritisk interval for prioriteret kryds til beregninger af kapacitet og serviceniveau. I tabellen er der ligeledes opgivet passagetiden for de enkelte svingbevægelser. [Vejreglerådet, 2008]

Ved sammenligning af værdierne for henholdsvis gap-time og kritisk interval ses det, at værdierne fra de danske vejregler er højere end de værdier, der kan anvendes i Vissim. Som illustreret tidligere i figur 5.9 er der forskel i måden, hvorpå kritisk interval fra de danske vejregler og gap-time i Vissim angives. Der skal derfor til gap-time tillægges den tid, det tager et køretøj i den overordnede strøm at passere konfliktmarkøren i figuren. Dette tillæg vil dog være forholdsvis lille. Antages det eksempelvis, at der er tale om en personbil på 5 meter med en hastighed på 50 km/t (cirka 14 m/s), vil tillægget udgøre cirka 1/3 sekund. Forskellen kan altså ikke alene tilskrives denne forskel i definitionen af afstanden imellem to på hinanden følgende køretøjer. Forskellen kan derimod skyldes de resterende parameterindstillinger i Vissim, der har indflydelse på trafikafviklingen. Det ikke umiddelbart opgivet i vejregelforslaget, hvilke indstillingsparametre der er anvendt i testen af gap-time.

En egentlig standardværdi for gap-time er dog som oftest ikke anvendelig, da der vil være lokale omstændigheder på lokaliteten, der kan have indflydelse på den reelle

gap-time i krydset. Dette gælder specielt oversigtsforhold, hvor eksempelvis venstresvingende i en svingbane kan blokere udsynet for venstresvingende i modsat kørselsretning. De anbefalede værdier for gap-time bør derfor anvendes med forsigtighed, men kan udgøre en startindstilling, der efterfølgende kan tilpasses, hvis en simulering vurderes ikke at vise den virkelige trafikantadfærd. [Vejregelrådet, 2010]

6 KAPITEL

REGISTRERING AF PASSAGETIDER

Da Vissim blandt andet anvendes til simulering af trafikafviklingen i et eller flere sammenhængende kryds, er det vigtigt, at simuleringen afspejler den virkelige trafikafvikling. Igennem simuleringen kan signalindstillingen optimeres, og det kan bestemmes, om det er nødvendigt at anlægge svingbaner, og hvor lange disse skal være. VISSIM skal derfor afspejle den virkelige køopbygning og -afvikling, således et givent projekt ikke bliver over- eller underdimensioneret i forhold til virkelighedens trafikafvikling. Hvor det er forholdsvis simpelt at ændre i indstillingerne af grøntider, og dermed udbedre en eventuel forkert signalindstilling, er det mere problematisk, hvis et kryds bliver fejlprojekteret. Såfremt udformningen af et kryds underdimensioneres, vil trafikken bryde sammen, hvilket kan nødvendiggøre en ombygning af et måske nyanlagt kryds. Er krydet derimod overdimensioneret, vil der være en merudgift til anlæggelsen i forhold til, hvad der er nødvendigt. Begge scenarier resulterer i en merudgift i forhold til, hvis simuleringen giver det virkelige billede af trafikafviklingen. Det vil derfor være interessant at undersøge, om netop køopbygning og -afvikling simuleres tilfredsstillende i VISSIM.

Køafviklingen og den nødvendige grøntid hænger sammen med, hvor tæt køretøjerne i en given kø passerer stopstreger, samt hvor kraftigt der accelereres af køretøjerne i køen. Accelerationen af det enkelte køretøj er en indstillingsmulighed i Vissim, og kan derfor reguleres ud fra den virkelige trafikafvikling. Ydermere har indstillingerne i car-following modellen indflydelse på den indbyrdes afstand køretøjerne imellem, både i venteposition i køen samt i den egentlige igangsættelse og forfølgelse gennem krydset.

I dette afsnit vil passagetiden fra markobservationer, foretaget i signalregulerede kryds, blive sammenlignet med passagetiderne fra de danske vejregler og med passagetiderne målt i Vissim. Passagetiderne, også ofte kaldet følgetid, vil i Vissim blive målt i en simulering med standardindstillingerne samt med indstillingerne fra vejregelforslaget. Sammenligningen giver et billede af, hvorledes Vissim bør indstilles for at simulere den virkelige passagetid, og om der er behov for kalibreringer i parameterindstillinger.

Følgetiden, der undersøges, er for ligeudkørende trafikanter, da der ved afvikling af kø i ligeudsporet i et signalanlæg vil forekomme meget få eller ingen påvirkninger fra andre trafikstrømme. Sammenligningen imellem den virkelige trafikafvikling og simuleringerne i Vissim kan dermed foretages under kontrollerede forhold, hvor det vil være et forholdsvist begrænset antal parametre, der har indflydelse på trafikafviklingen.

6.1 Passagetid i DanKap

Kapacitetsberegninger i programmet DanKap er en implementering af beregningsmetoderne fra vejreglen for kapacitet og serviceniveau. Beregningerne foretages som gennemsnitsbetragtninger over beregningsperioden, hvilket kommer til udtryk både i værdierne, der anvendes i programmet, og i resultaterne af beregningerne. I vejreglen for kapacitet og serviceniveau er der opgivet en generel passagetiden for hvert køretøj i den enkelte trafikstrøm i et signalanlæg, hvilket er gengivet i tabel 6.1. Passagetiderne anvendes til beregningerne af kapaciteten for det enkelte kørespor, i enheden personbilækvivalenter per tidsenhed (pe/T), og er deraf en passagetid per personbilækvivalent(s/pe).

Venstresving	Venstresving med vigepligt, δ_v	Lige ud	Højresv uden vigepligt	Højresv med vigepligt
2,2 sek	3,0 sek	1,8 sek	2,2 sek	3,2 sek

Tabel 6.1: Passagetider for de enkelte trafikstrømme i et signalreguleret kryds opgivet i sekunder per personbilækvivalenter. [Vejregelrådet, 2008]

Hvert køretøj i kapacitetsberegningerne skal dermed vægtes ud fra en inddeling af køretøjsklasser og dertilhørende fastsættelse af pe. Vægtningen i form af personbilækvivalenter for de enkelte køretøjsklasser, kan ses i tabel 6.2, således som de er angivet i vejreglen.

Køretøjskategori			
Reg.pl.knallerter og motorcykler	Person- og varebiler	Lastbiler og busser	Sætte- og påhængsvogntog
0,5	1,0	1,5	2,0

Tabel 6.2: De fastsatte personbilækvivalenter opdelt på køretøjskategorier. [Vejregelrådet, 2008]

Den gennemsnitlige passagetid for køretøjerne i en given trafikstrøm, kan bestemmes ved at vægte passagetiden fra tabel 6.1 med andelen af de enkelte køretøjsgrupper fra tabel 6.2. Dermed fås en passagetid, der kan sammenlignes med resultaterne fra henholdsvis markobservationer og fra simuleringerne i Vissim. Den generelle passagetid for en trafikstrøm bestemmes af følgende formel:

$$\delta_{\text{vægtet}} = \frac{k_{\text{bil}} * \delta_{\text{ligeud}} * \mathcal{A}_{\text{pe-bil}} + k_{\text{last}} * \delta_{\text{ligeud}} * \mathcal{A}_{\text{pe-last}}}{k_{\text{samlet}}}$$

Hvor:

$\delta_{v\ddot{a}g\text{tet}}$ er den teoretiske passagetid i det enkelte kryds forudsat en given lastbilandel.

k_{bil} er antallet af personbiler registreret i krydset.

k_{last} er antallet af lastbiler registreret i krydset.

k_{samlet} er det samlede antal køretøjer registreret i krydset.

δ_{ligeud} er passagetiden for ligeudkørende trafikstrøm i et signalanlæg på 1,8 sekunder.

$\bar{A}_{pe-bil}$ er personbilækvivalenten for personbiler på 1,0.

$\bar{A}_{pe-last}$ er personbilækvivalenten for lastbiler på 1,5.

Da der i markobservationerne er registreret forholdsvis lave lastbilandele, er der i tabel 6.3 beregnet nogle passagetider for forskellige lastbilandele til sammenligning med de observerede passagetiderne og passagetiderne fra Vissim simuleringerne.

DanKap passagetider	
Lastbilandel	Gennemsnitlig passagetid
3%	1,827 sktj
5%	1,845 sktj
7%	1,863 sktj
10%	1,89 sktj

Tabel 6.3: Den gennemsnitlige passagetid for køretøjerne i en given kø med en given lastbilandel. Følgetiderne er beregnet ud fra værdierne, der anvendes til kapacitetsberegninger i vejreglen for kapacitet og serviceniveau.

6.2 Markobservationer af passagetider

Passagetiderne for de enkelte køretøjer i køafviklingen er registreret ved hjælp af videoovervågning af flere kryds i Aalborgområdet. Det er registreret, hvornår det enkelte køretøj passerer stopstregen i forbindelse med køafviklingen i grøntiden. Målingen af passagetiderne er igangsat i det øjeblik, det første køretøj sætter igang. Der er derfor ikke registreret en passagetid fra grøntidens start, og indtil det første køretøj passerer stopstregen. Dette skyldes, at der i nogle af opstillingerne ikke har været udsyn til et signalanlæg for den observerede trafikstrøm. Der er ligeledes forekommet en del observationer, hvor det første køretøj i køen holder foran stopstregen.

Registreringen af passagetiderne er på baggrund af ovenstående foretaget ved det forreste punkt af køen, uagtet om dette er foran stopstregen, lige på eller umiddelbart bag denne. Det vil således være forenden af det første køretøj, der anvendes som en fiktiv stopstreg til registreringen af passagetiderne for de efterfølgende køretøjer. Registreringen af passagetider er foretaget alene for køretøjer, der når til fuldt stop i køen, og er ligeledes ophørt i det tilfælde, at et køretøj bryder ud af den afviklende kø til en eventuel svingbane. I figur 6.1 kan der ses et eksempel på en videoregistrering, hvor der er registreret en passage af stopstregen for et køretøj cirka midt i den afviklende kø.



Figur 6.1: Screenshot af videoregistreringen fra Th. Sauers Vej i Aalborg.

Der er foretaget observationer af passagetider på tre lokaliteter, henholdsvis krydsene Th. Sauers Vej - Sohngårdsholmsvej, Humlebakken - Hadsundvej og Hjørringvej - Forbindelsesvejen. I de tre kryds er der foretaget videoregistrering af køafviklingen i ligeudsporet i tilfarter med en hastighedsbegrænsning på 60 km/t. Data fra observationerne kan ses på bilags-cden under (Trafikdata\Passagetider\Mark observationer), inddelt i regneark for det enkelte ben.

Passagetiden imellem de enkelte køretøjer er beregnet således, at der findes en passagetid imellem de på hinanden følgende køretøjer ned igennem køen. Passagetiderne er tidsafstanden fra eksempelvis køretøj nummer to passerer stopstregen til køretøj nummer tre passerer. I dette tilfælde vil den målte tidsafstand være passagetiden for køretøj nummer tre. På baggrund af de registrerede tidsafstande imellem køretøjerne bestemmes en gennemsnitlig følgetid, både for køretøjerne i køen enkeltvis og en værdi for dem samlet.

I appendiks ?? kan passagetiden for de målte kryds ses. I appendikset er passagetiderne i det første omløb samt de to sidste opstillet, og den gennemsnitlige passagetid for de enkelte køretøjer i køen er beregnet. Endelig er der angivet antallet af køretøjer, der er repræsenteret i den gennemsnitlige passagetid. Det vil sige, hvilket datagrundlag der er for den enkelte beregning. Endelig er standardafvigelsen imellem de målinger, der ligger til grund for den gennemsnitlige passagetid, angivet.

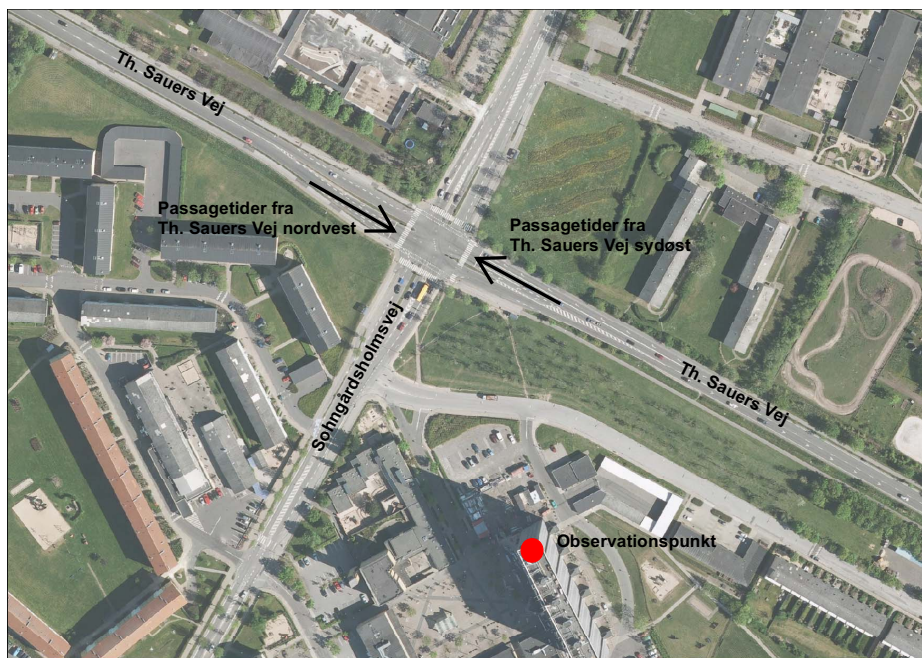
Standardafvigelsen for markobservationerne er et mål for, hvor stor spredning der er i passagetiderne. En høj standardafvigelse angiver, at passagetiderne ligger i et bredt spektrum omkring gennemsnittet. Det vil derfor antyde, at der er stor forskel på, hvor tæt trafikanterne kører på det forankørende køretøj. Standardafvigelsen for passagetiderne kan afhænge af to ting, dels hvor aggressivt der køres, i form af en høj eller lav sikkerhedsafstanden, dels reaktionstiden der også kan variere imellem de enkelte

trafikanter.

Generelt for alle markobservationerne ligger standardafvigelsen for passagetiderne imellem 0,5 sekund og 1,0 sekund. Afvigelsen er størst for de første køretøjer, for derefter at falde ned igennem køen. En større spredning for de første køretøjer kan skyldes en stor variation i reaktionstiden for de første bilister i en kø. Bilisterne længere tilbage i køen kan se, at køen afvikles foran dem, og er derfor klar til igangssætning. Dette resulterer i lavere reaktionstid.

6.2.1 Passagetider Th. Sauers Vej - Sohngårdsholmsvej

Observationerne for krydset er foretaget fra 15. etage i en bygning på Grønlands Torv sydøst for krydset, hvor det har været muligt at observere passagetiderne i begge de ønskede retninger. En del af det filmede område kan ses i figur 6.1, hvor fokus er på det sydøstlige ben af Th. Sauers vej. På figur 6.2 ses placeringen af kameraet samt de observerede trafikstrømme.

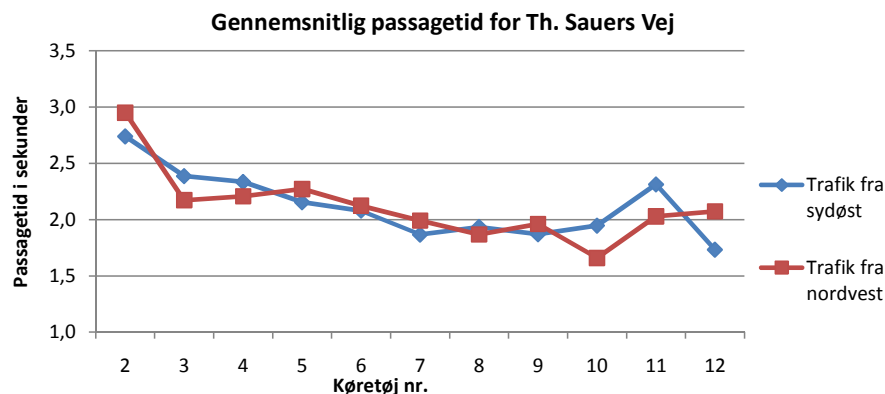


Figur 6.2: I krydset Th. Sauers Vej - Sohngårdsholmsvej er observationen foretaget fra et højt punkt sydøst for krydset. De to observerede trafikstrømme er henholdsvis fra Th. Sauers Vejs sydøstlige del og fra den nordvestlige del.

Der er foretaget målinger i tidsrummet fra 6.45 til 10.00 på ialt 118 omløb i krydset, hvor kølængden i ligeudsporet har været på 5 køretøjer eller flere. Der er målt 59 omløb med i alt 505 køretøjer fra krydset sydøstlige ben og ligeledes 59 omløb med i alt 460 køretøjer fra det nordvestlige ben. Det maksimale antal køretøjer, der er registreret i et omløb, er 13 for trafikstrømmen fra sydvest og 14 køretøjer fra nordøst. Disse er dog ikke repræsenteret i omløbende i appendiks ??, men kan ses på vedlagt bilagscd.

Sammenlignes den gennemsnitlige passagetid i køafviklingen for de to ben, er der tilnærmelsesvis sammenfald imellem tiderne. Der forekommer dog lidt udsving i størrelsesordenen 1-2 tiendedele sekund imellem de første 3 køretøjer, hvilket også kan ses i figur 6.3. Ud over de tre første køretøjer, hvor passagetiden er lavest fra sydøst for køretøj to, og fra nordvest for køretøj tre og fire, er der tilnærmelsesvis sammenfald indtil køretøj nummer ni i køafviklingen. Efter køretøj nummer ni forekommer der nogen variation imellem passagetiderne for de to ben. Dette er sammenfaldende med, at der er et forholdsvis spinkelt antal registreringer til beregning af den gennemsnitlige passagetid for køretøj nummer ti og længere tilbage i køen.

Ud fra figur 6.3 kan det ses, at den gennemsnitlige passagetid for køretøjerne igennem køen er faldende fra cirka 2,8 sekund for den første målte passagetid og til 1,9 for køretøj nummer ni. Dette er forventeligt, da køretøjerne passerer stopstregen med højere hastighed jo længere nede i køen, de starter. Tidsafstanden imellem køretøjerne bliver dermed kortere, resulterende i en lavere passagetid.



Figur 6.3: Den gennemsnitlige passagetid for det enkelte køretøj i køafviklingen, for henholdsvis det sydøstlige og det nordvestlige ben i krydset Th. Sauers Vej - Sohngårdsholmsvej.

På baggrund af de registrerede passagetider, og den deraf beregnede gennemsnitlige passagetid for det enkelte køretøj, kan en generel passagetid bestemmes for det enkelte ben. Denne passagetid vil være et gennemsnit for alle køretøjer, uagtet positionen i køen. I tabel 6.4 kan værdierne for de to retninger ses, hvor der ligeledes er angivet den generelle standardafvigelse for passagetiderne.

	Trafik fra	
	Sydøst	Nordvest
Generel passagetid for alle køretøjer	2,214	2,226
Generel std. afv. for alle køretøjer	0,601	0,559
Antal køretøjer	505	460
Antal lastbiler	25	21
Lastbilandel	0,050	0,046

Tabel 6.4: Den generelle passagetid og standardafvigelse for køretøjer i de to ben i krydset. I beregningen er der kun medtaget data, hvor mere end 25 køretøjer er repræsenteret i begge ben.

Den generelle passagetid for det enkelte ben er beregnet som middelværdi af de gennemsnitlige passagetider i henholdsvis tabel ?? og tabel ?? i appendiks ?. Der er i beregningen af den generelle passagetid for de to ben kun anvendt de gennemsnitlige tider, hvor minimum 25 køretøjer er registreret i køafviklingen. Hvilket vil sige til og med køretøj nummer ni for det sydvestlige ben og køretøj nummer otte i det nordvestlige ben. For at kunne sammenligne de to gennemsnitlige passagetider anvendes der dog det samme antal køretøjer fra de to retninger, det vil sige indtil køretøj nummer otte. Ud fra de generelle passagetider for de to ben, kan det ses, at der er en meget lille forskel imellem tiderne. Dette er dog ikke sikkerhed for, at trafikafviklingen i de to ben er ens.

For at sikre at følgetiden, og dermed også trafikafviklingen, i de to ben kan sammenlignes, testes det i MatLab, hvorvidt de gennemsnitlige passagetid for de enkelte køretøjer er ens. Den statistiske test er en Wilcoxon rank-sum test, der er udført på tilsvarende vis som for hastighedsdata i afsnit 5.3. Det er testet, om den gennemsnitlige passagetid for de enkelte køretøjer imellem er forskellig for de to retninger. Ved testen er det fundet, at passagetiderne er signifikant ens for de to retninger ved et signifikansniveau på 0,05, med undtagelse af køretøj nummer tre. Resultatet af middelværditesten på den gennemsnitlige passagetid kan ses i tabel 6.5. Det ses desuden, at der for køretøj nummer to er en p-værdi på 0,0661. Dette betyder, at der alene er tendens til en sammenhæng i den gennemsnitlige passagetider for køretøj nummer to i begge retninger.

Køretøj nr.	Gennemsnitlig passagetider fra		
	Sydøst	Nordvest	P-værdi
2	2,740	2,950	0,0661
3	2,387	2,173	0,0406
4	2,335	2,207	0,1666
5	2,155	2,272	0,2353
6	2,079	2,123	0,4053
7	1,867	1,992	0,2938
8	1,935	1,869	0,9277

Tabel 6.5: Resultat af middelværditesten for de gennemsnitlige passagetider for de enkelte køretøjer ned igennem køen.

I krydset forekommer der en svag gradient, der kunne antages at ville resultere i en forskel imellem passagetiderne i de to retninger. Vejen stiger svagt mod sydøst igennem krydset, hvilket kunne give højere passagetider i det nordvestlige ben, da accelerationsevnen af køretøjerne bliver nedsat. Det er dog kun passagetiden for køretøj nummer to, der antyder denne sammenhæng, og køretøj nummer tre og fire har en lavere passagetid for retningen, hvor der sættes igang op af bakke.

I forbindelse med vurderingen af om en hældning på vejen har en effekt på passagetiden, skal det nævnes, at der i vejreglen for kapacitet og serviceniveau ikke tages højde for gradienter i følgetiderne i et signalanlæg.

Sammenlignes passageværdier fra vejreglen, der blev bestemt i afsnit 6.1, med de værdier der er registreret i marken fra tabel 6.4, ses det, at de registrerede passageværdier er noget højere end de teoretiske. Markobservationerne ligger henholdsvis 17% og 20% over de værdier, der kan beregnes ud fra vejreglens passagetid med en lastbilandel på 5%. Denne forskel på følgetiden fra vejreglen og værdierne fra markobservationerne vil resultere i, at der i løbet af 30 sekunders grøntid kan afvikles 16 køretøjer ved vejreglens følgetid. På samme tid kan der kun afvikles 13 køretøjer i virkeligheden, hvilket er en stor forskel i en dimensioneringssituation.

6.2.2 Passagetider Hjørringvej - Forbindelsesvejen

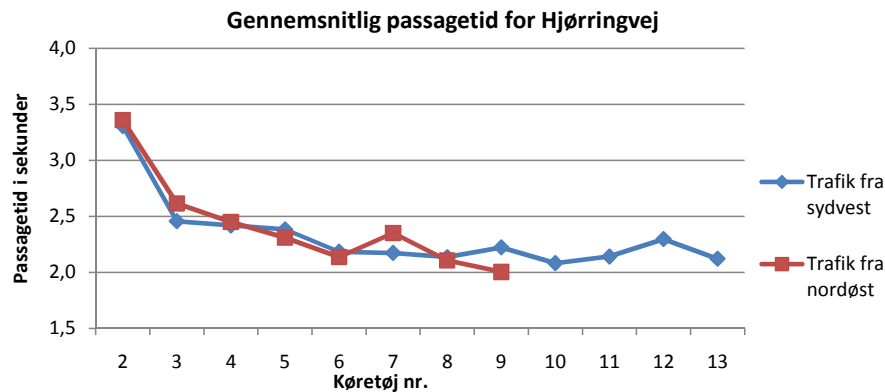
I krydset Hjørringvej - Forbindelsesvejen er der foretaget registreringer af trafikstrømmen fra Hjørringvejs sydvestlige og nordøstlige del. Placeringen af kameraopstillingerne og hvilke trafikstrømme, der er observeret, kan ses af figur 6.4. Figuren viser ligeledes, at der er placeret et kryds i forholdsvis kort afstand nedstrøms i det sydvestlige ben. Der er derfor ofte tilbagestuvning til dette kryds i det sydvestlig ben samtidig med, at der kan være afviklingsproblemer fra det nordøstlige ben i tilfælde af tilbagestuvning mod Forbindelsesvejen.



Figur 6.4: Registreringen i krydset Hjørringvej - Forbindelsesvejen er foretaget i henholdsvis sydvestlig og nordøstlig retning. Kameraet var placeret på en lygtepæl til registreringen i nordvestlig retning, mens det var placeret på en signalstander ved registreringen i sydøstlig retning.

Observationerne i krydset er foretaget over to dage i tidsrummet 14.30 til 18.00, inden for hvilket der er registreret 1011 køretøjer. Køretøjerne er fordelt på 609 køretøjer i 69 omløb fra sydvestlig retning og 402 køretøjer i 60 omløb fra nordøstlig retning. Sammenlignes de gennemsnitlige passagetider for de to trafikstrømme, er der god sammenfald imellem disse indtil køretøj nummer syv. Herefter er der lidt udsving i passagetiderne for køretøjerne fra nordvest, hvilket kan skyldes, at der er få data til

beregning af den gennemsnitlige passagetid. I figur 6.5 er passagetiderne vist, hvor passagetiden til og med køretøj nummer ni er medtaget for strømmen fra nordøst og køretøj nummer 13 fra sydvest.



Figur 6.5: Den gennemsnitlige passagetid for det enkelte køretøj i køafviklingen, for henholdsvis det sydvestlige og det nordøstlige ben, i krydset Hjørringvej - Forbindelsesvejen.

Til bestemmelse af den generelle passagetid for de to trafikstrømme, anvendes de gennemsnitlige passagetider, der er bestemt på baggrund af minimum 25 køretøjer i begge retninger. Passagetiderne, der er angivet i tabel 6.6, er lidt højere end de generelle passagetider fundet i krydset Th. Sauers Vej - Sohngårdsholmsvej. Passagetiderne er dermed også en del højere end passagetiden fra de danske vejregler. Den lille forskel imellem de to trafikstrømme kan skyldes, at der er en lidt højere lastbilandel fra det nordvestlige ben. Forskellen er dog så lille, at også passagetiderne i dette kryds kan antages at være ens.

	Trafik fra	
	Sydvest	Nordøst
Generel passagetid for alle køretøjer	2,487	2,537
Generel std. afv. for alle køretøjer	0,681	0,652
Antal køretøjer	609	402
Antal lastbiler	28	22
Lastbilandel	0,046	0,055

Tabel 6.6: Den generelle passagetid og standardafvigelse for køretøjer i de to trafikstrømme i krydset. I beregningen er der igen kun medtaget data, hvor mere end 25 køretøjer er repræsenteret i begge retninger.

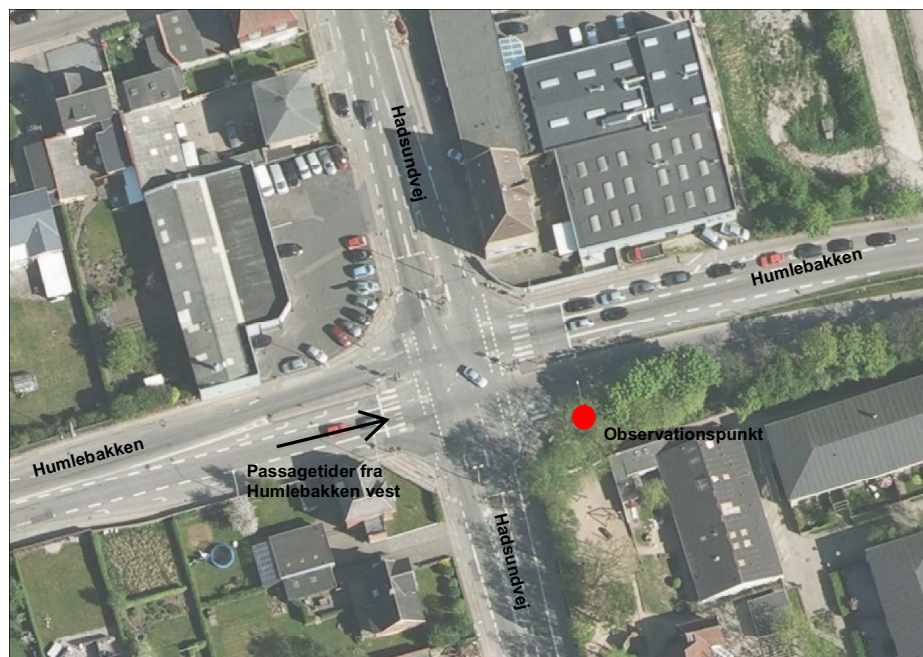
Foretages en middelværditest på køretøjernes gennemsnitlige passagetider for de to retninger, findes det, at de to retninger er statistisk ens ved anvendelse af et signifikansniveau på 0,05. Resultaterne af testen kan ses af tabel 6.7.

Køretøj nr.	Gennemsnitlig passagetid fra		P-værdi
	Sydvest	Nordøst	
2	3,306	3,359	0,6167
3	2,457	2,615	0,2032
4	2,420	2,449	0,8687
5	2,383	2,310	0,6639
6	2,185	2,138	0,9329
7	2,174	2,352	0,3026

Tabel 6.7: Resultat af middelværditesten for de gennemsnitlige passagetider for de enkelte køretøjer ned igennem køen.

6.2.3 Passagetider Humlebakken - Hadsundvej

Observationerne i krydset Humlebakken - Hadsundvej er foretaget på samme måde som for krydset Hjørringvej - Forbindelsesvejen. Det er dog kun foretaget registreringer i den ene retning, da der ikke har været muligt at placere kameraet med udsyn til hele køen i ligeudsporet i begge retninger. Passagetiderne er målt i ligeudsporet fra vestlig retning på Humlebakken. I figur 6.6 er placeringen af kameraet og den registrerede trafikstrøm illustreret. Kameraet er i observationen placeret på en lygtepæl ved frafarten af krydset. Ved denne placering har det været muligt at observere køopbygningen samt køretøjer, der bryder ud af køen for at skifte til en af svingbanerne.



Figur 6.6: Der er foretaget observationer af passagetiderne for krydset Humlebakken - Hadsundvej. Den observerede trafikstrøm er de ligeudkørende fra den vestlige del af Humlebakken.

Krydset er observeret i tidsrummet 15.00 til 17.30, og der er registreret i alt 414 køretøjer fordelt på 64 omløb. Der er foretaget de tilsvarende beregninger som for de andre kryds og i tabel 6.8 ses det, at den generelle passagetid for trafikstrømmen er på 2,35

sekunder. Som for de resterende observationer er passagetiden for denne trafikstrøm noget højere end værdien, der anvendes i de danske vejregler. I beregningen er der medtaget observationer til og med køretøj nummer syv.

I appendiks ?? kan det ses, at der er et forholdsvist stort spring i antallet af observationer med fem køretøjer i et omløb til observationer med henholdsvis seks og syv køretøjer. Dette skyldes, at krydset tilsyneladende er samordnet med det foregående kryds på strækningen. Derfor var der i observationsperioden få omløb med en forholdsvis stor køopbygning. Derimod var der mange observationer, hvor køen kun var på fem køretøjer eller færre. Der er i krydset en andel af store køretøjer på 3,6 %, i forhold til de øvrige observationer, hvor andelen er omkring 5 %.

	Trafik fra Vest
Generel passagetid for alle køretøjer	2,352
Generel std. afv. for alle køretøjer	0,543
Antal køretøjer	414
Antal lastbiler	15
Lastbilandel	0,036

Tabel 6.8: Hovedtallene for observationen i det vestlig ben i krydset Humlebakken - Hadsundvej.

6.2.4 Sammenfatning af passagetider for markobservationerne

Det blev i det foregående vist, at de gennemsnitlige passagetider for køretøjerne i en køafvikling er ens i begge retninger for hvert af de observerede kryds. Passagetiderne for de to strømme kan derfor samles til en trafikstrøm, hvorved der fås et større datagrundlag for de gennemsnitlige passagetider i det enkelte kryds. Ved at beregne de gennemsnitlige passagetider for køretøjerne i hvert kryds samlet, fås værdierne i tabel 6.9. I tabellen er der kun medtaget passagetider, hvor der er mere end 25 registreringer til beregningen. I tabel ?? i appendiks ?? kan den samlede tabel ses.

For at bestemme om der er sammenhæng i passagetiderne imellem de tre kryds, udføres der en middelværditest på passagetiderne. Det testes, om passagetiden, for eksempelvis køretøj nummer tre, er den samme for alle tre kryds igennem en Kruskal-Wallis middelværditest. Resultatet af testen kan ses i tabel 6.9, i form af p-værdierne beregnet i MatLab. Ud fra testen er der ikke fundet sammenhæng imellem passagetiden for alle køretøjerne i de tre kryds. For enkelte af køretøjerne er passagetiden ens, mens der for andre er signifikant forskel. Dette kan skyldes, at der i de data, der ligger til grund for de gennemsnitlige passagetider, er en afvigelse i lastbilandelen.

Lastbilandelen gør sig muligvis også gældende for passagetiderne i det enkelte kryds, hvor det ville forventes, at den gennemsnitlige passagetid burde falde ned igennem køen. Dette er da også det generelle billede, men der forekommer nogle udsving, hvor passagetiden pludselig stiger for et køretøj midt i køen for derefter igen at falde. Dette kan skyldes, at der, som nævnt, er en forskel i lastbilandelen, og dermed vil passagetiden af disse have indvirkning på den gennemsnitlige passagetid. Således resulterer en større lastbilandel i en højere gennemsnitlig passagetid.

Usikkerheden i passagetiderne i form af de varierende lastbilandele, både for det enkelte kryds og de tre kryds imellem, må tilskrives, at der ikke er tilstrækkeligt med data. Ved flere data til beregningen af passagetiderne ville der forekomme den samme lastbilandel i de gennemsnitlige passagetiderne således, at der ville være et mere klart billede af udviklingen i passagetiderne. Det vurderes dog, at usikkerheden ved varierende lastbilandel udlignes ved at samle data fra de enkelte kryds til en samlet passagetid og sammenligne disse.

Køretøj nr.	Th. Sauers Vej - Sohngårdsholmsvej	Hjørringvej - Forbindelsesvejen	Humlebakken - Hadsundvej	P-værdi for middelværditest
1	0,000	0,000	0,000	
2	2,845	3,331	3,422	$4,7 \cdot 10^{10}$
3	2,280	2,530	2,335	0,0033
4	2,271	2,434	2,275	0,1067
5	2,213	2,349	2,071	0,0024
6	2,100	2,164	1,988	0,1665
7	1,922	2,238	2,017	0,0015
8	1,906	2,129		0,0454
9	1,907	2,191		0,0052
10	1,817	2,075		0,1077

Tabel 6.9: Den gennemsnitlige passagetid for de tre kryds, hvor trafikstrømmene i begge retninger betragtes som én for det enkelte kryds.

For at få et billede af, hvorvidt passagetiderne er ens imellem de observerede kryds, foretages der en middelværditest af de generelle passagetider på tværs af de enkelte kryds. Testen foretages for at sikre, at der er en sammenhæng imellem de enkelte kryds, og at der derfor kan beregnes en generel passagetid. Denne passagetid skal være gældende uanset køretøjets placering i køen, og uagtet hvilket kryds der er tale om.

Der udføres en Kruskal-Wallis middelværditest for at teste om, de generelle passagetider for de tre kryds er signifikant ens, hvor disse er beregnet ud fra de angivne gennemsnitlige passagetider i tabel 6.9. Der anvendes værdierne indtil køretøj nummer syv, således der fortsat alene anvendes data, hvor der er foretaget minimum 25 målinger.

Den statistiske test udført i MatLab viser, at passagetiderne for de tre kryds er signifikant ens med et 95 % konfidensinterval. De generelle passageværdier for de tre kryds kan ses af tabel 6.10, hvor også p-værdien for Kruskal-Wallis testen er angivet.

	Th. Sauers Vej - Sohngårdsholmsvej	Hjørringvej - Forbindelsesvejen	Humlebakken - Hadsundvej	P-værdi for middelværditest
Generel passagetid	2,272	2,508	2,352	0,3254

Tabel 6.10: De generelle passagetider for de tre observerede kryds samt p-værdien fra middelværditesten. Passagetiderne er fundet til at være signifikant ens.

Foretages middelværditesten alene imellem krydsene Th. Sauers Vej - Sohngårdsholmsvej og Hjørringvej - Forbindelsesvejen, kan der medtages passagetider indtil køre-

tøj nummer 10 i sammenligningen. Ved denne test findes en generel passagetid for Th. Sauers Vej på 2,14 sekunder og på 2,38 sekunder for Hjørringvej, hvilket er signifikant ens. Ved at medtage flere data i beregningen af den generelle passagetid, bliver denne lavere. Dette skyldes, at de yderligere data, der medtages, er for køretøjer med forholdsvis lave passagetider.

Eftersom den statistiske test for de tre kryds viser, at de generelle passagetider er ens, kan der på baggrund af markobservationerne bestemmes en generel passagetid. Denne vil afspejle adfærden for trafikanterne i de tre kryds som en passagetid, uagtet hvilket kryds der er tale om eller placering i køen. Ved at samle alle observationer til en trafikstrøm, ud fra betragtningen om at passagetiden er ens for de tre kryds, findes de gennemsnitlige passagetider angivet i tabel 6.11.

Køretøj nr.	Gennemsnitlig passagetid	Antal observationer	Standardafvigelse
1	0,000	311	0,000
2	3,165	311	0,865
3	2,395	311	0,637
4	2,339	311	0,589
5	2,240	310	0,604
6	2,112	253	0,551
7	2,068	190	0,578
8	1,993	148	0,589
9	2,044	94	0,575
10	1,928	64	0,609
11	2,169	37	0,761
12	2,076	28	0,659
13	1,955	18	0,584
14	1,658	4	0,368

Tabel 6.11: Samles alle markobservationer, således at disse betragtes som en samlet trafikstrøm, kan de gennemsnitlige passagetider for hvert køretøj i køen beregnes. Afviklingen af en kø i form af de respektive passagetider for køretøjerne kan sammenlignes med køafviklingen i Vissim. Ligeledes kan standardafvigelsen for passagetiderne sammenlignes med simulering af trafikafviklingen.

Hvis forudsætningen om minimum 25 observationer til bestemmelse af den gennemsnitlige passagetid for et givent køretøj, skal opfyldes, kan denne bestemmes tilfredsstillende til og med køretøj nummer 12. Der kan samtidig bestemmes en generel passagetid på 2,23 sekunder, hvis disse data anvendes. Der er dog enkelte af de observerede ben, hvor der ikke er foretaget registreringer på op til 12 køretøjer. Det må derfor være en antagelse, at passagetiderne i tabellen ligeledes er repræsentative for disse trafikstrømme.

Antages det, at markobservationerne i nærværende rapport afspejler den generelle passagetid i et ligeudsporet, kan de 2,23 sekunder sammenlignes med passagetiden fra vejreglen for kapacitet og serviceniveau. Passagetiden fra vejreglen er cirka 1,85 sekunder og er signifikant mindre end den målte i markobservationerne.

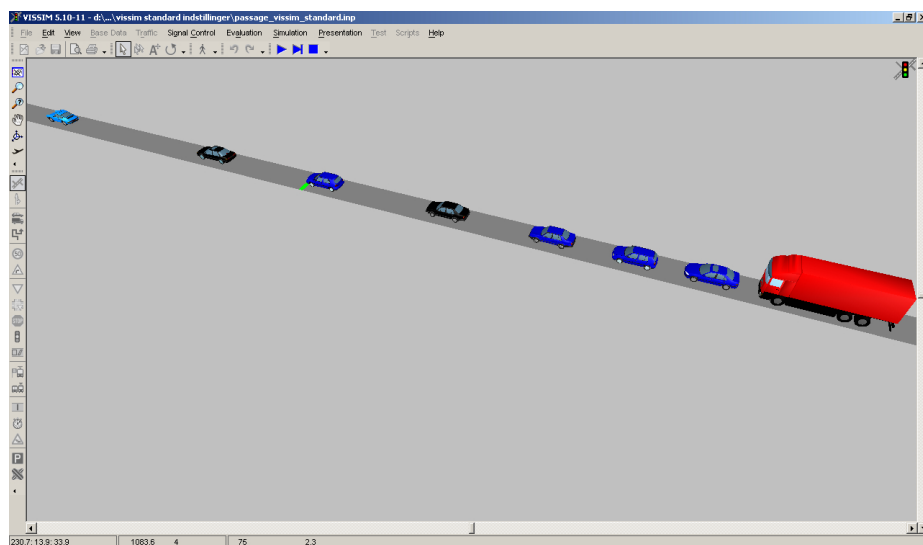
De beregnede passagetider vil senere blive sammenlignet med køafviklingen i Vissim for derved at undersøge, om programmet kan simulere den virkelige trafikafvikling. I tabel 6.12 ses data fra markobservationerne, som Vissim skal sammenlignes med, når der testes på passagetiderne.

Data fra markobservationerne	
Generel passagetid for markobservationer	2,230
Generel std. afv. for markobservationer	0,622
Antal køretøjer	2390
Antal lastbiler	112
Lastbilandel	0,047

Tabel 6.12: Resultaterne af markobservationerne i form af en generel følgetid og en standardafvigelse imellem disse samt lastbilandel fra i markobservationerne. Værdierne skal anvendes til sammenligning med Vissim simuleringerne.

6.3 Passagetid i Vissim

For at kunne registrere passagetiderne i Vissim opbygges en simpel teststrækning med et enkelt stop. Ved stopstregen registreres passagen af det enkelte køretøj, samt hvilket køretøjstype der er tale om. Køretøjstypen skal anvendes til beregning af lastbilandelen i simuleringen og sammenligning med passagetiden fra de danske vejregler. Opbygningen af teststrækning kan ses i figur 6.7, og er opbygget meget simpelt med et enkelt spor og et signalanlæg.



Figur 6.7: Opbygning af teststrækning til registrering af passagetider i Vissim, hvor det her er køretøj nummer tre i omløbet, der registreres ved krydsning af målepunktet.

Det vil blive undersøgt, hvilken passagetid der kan registreres, når såvel Vissim standardindstillinger anvendes som passagetiden med indstillinger foreslået i vejregelforslaget for mikrosimuleringer. Der foretages test på begge parameterindstillinger for at vurdere, hvorvidt der er en egentlig forskel i passagetiderne, og hvor stor en eventuel forskel er. Passagetiderne i Vissim vil blive sammenlignet med passagetiderne registreret i marken, hvorved det kan vurderes, hvilke parameterindstillinger der bedst

simulerer dansk adfærd. Hvis ingen af de to parameterindstillinger vurderes at kunne simulere den registrerede passagetid fra markobservationerne, kalibreres parameterindstillingerne således, der bliver en sammenhæng.

Indstillingerne i de to testsimuleringer kan ses i bilag ??, hvor der er opstillet en tabel med de enkelte indstillinger, således at disse kan sammenlignes. Der er i testsimuleringerne anvendt en lastbilandel på 5 %, hvilket dog ikke behøver være den resulterende lastbilandel qua den stokastiske sammensætning i Vissim. Lastbilandelen i simuleringerne svarer dog forholdsmæssigt til den registrerede andel i markobservationerne.

Der indsættes ligeledes en så stor trafikmængde, at der altid vil være kø hen imod stopstregen, og signalanlægget indstilles til et omløb på 120 sekunder med en grøntid på 40 sekunder. Dermed vil der kunne registreres flere passager af stopstregen, end det var tilfældet i markobservationerne, samt at der efter hver omløb vil der være frit foran det første køretøj ved stopstregen.

6.3.1 Registrering af passagetid i Vissim

Da der i markobservationerne er foretaget målinger fra igangsættelse af det første køretøj i køen, er det også denne opstillingen, der forsøges at skabe i Vissim. I markobservationerne forekom der enkelte køretøjer, der overskred stopstregen, og målingerne blev derfor foretaget med en fiktiv stopstreg fra fronten af disse køretøjer. I Vissim vil der ikke forekomme køretøjer, der overskrider stopstregen. Derimod observerer køretøjerne i Vissim stopstregen som et køretøj, og vil derfor holde en sikkerhedsafstand til denne. Dette svarer ikke til virkelighedens trafikafvikling, hvor størstedelen af køretøjerne holder umiddelbart bag stopstregen. For at undgå denne ekstra afstand imellem første køretøj i køen og stopstregen, er målepunktet i Vissim placeret så langt bag stopstregen, som det har været muligt. Igennem flere testkørsler er den mindste afstand imellem stopstregen og første køretøj fundet, og målepunktet er placeret i denne position.

Ud over forskellen i de enkelte parameterindstillinger, der er angivet i bilag ??, vil der være forskel i placeringen af målepunktet i de to test. Dette skyldes, at sikkerhedsafstanden er mindre i testen med Vissim standardindstillingerne, og derfor holder det første køretøj tættere på stopstregen i denne test. Af de parameterindstillinger der er ændret imellem de to opstillinger, vurderes det særligt at være indstillingerne for acceleration af det enkelte køretøj samt sikkerhedsafstanden imellem de enkelte køretøjer, der har effekt på passagetiderne.

Vissim standardindstillingen for acceleration er generelt noget højere end vejregelforslagets indstillinger, hvilket der blev gjort rede for i afsnit 5.4. Forskellen imellem Vissim standardindstillingen og målingen af dansk adfærd udgør minimum 1 m/s^2 , og ved igangsættelse fra fuldt stop er forskellen på omkring $1,9 \text{ m/s}^2$. Denne forskel bør resultere i en højere gennemsnitlig passagetid, da køretøjerne i testen med Vissim standardindstillinger vil komme hurtigere op i fart. Køretøjerne passerer dermed

stopstregen med højere hastighed end et tilsvarende køretøj i testen med Vejregelforslagets indstillinger.

Sammenholdes ovenstående med, at sikkerhedsafstanden, imellem de enkelte holdende køretøjer i køen, forøges fra 2,0 meter for Vissim standardindstillingerne til 2,5 meter i vejregelindstillingerne, bør forskellen i passagetid forøges yderligere. Denne ændring i afstanden imellem holdende køretøjer har også effekt på sikkerhedsafstanden, når køretøjerne er i bevægelse. I beregning af sikkerhedsafstanden, hvilket er gennemgået i afsnit 4.2.1 og gengivet følgende, ses det, at afstanden imellem de enkelte køretøjer forøges med 0,5 meter, forudsat at alle øvrige parameter i beregningen fastholdes.

$$d = ax + bx \quad (6.1)$$

Hvor:

d er køretøjets sikkerhedsafstand til forankørende.

ax er den indsatte afstand imellem holdende køretøjer, der i testen med Vissim standardindstillinger er sat til 2,0 m og 2,5 m i testen med vejregelforslagets indstillinger.

bx beregnes af

$$bx = (bx_{add} + bx_{mult} * z) * \sqrt{v} \quad (6.2)$$

Hvor:

v er køretøjets hastighed.

z er en tilfældig værdi mellem 0 og 1. Udvælgelsen af denne værdi er normalfordelt omkring 0,5 med en standardafvigelse på 0,15.

6.3.2 Passagetid ved Vissim standardindstillinger

Passagetider i Vissim måles i løbet af en simuleringstime, hvilket resulterer i 30 omløb med den signalindstilling, der er valgt. Der foretages 10 kørsler med en random seed på otte for den første kørsel og en forøgelse af random seed på 17 for hver kørsel. Derfor vil den gennemsnitlige passagetid, der beregnes på samme vis som for mark-observationerne, blive beregnet af de 30 omløb, der er i hver af de 10 kørsler.

I simuleringen med Vissim standardindstillingerne afvikles der til og med køretøj nummer 22. Efter køretøj nummer 22 varierer det i kørslerne, hvor mange køretøjer, der når med i hvert omløb. Den beregnede gennemsnitlige passagetid for de enkelte køretøjer kan ses i tabel 6.13, hvor det ligeledes ses, at det maksimale antal køretøjer der er registreret i et enkelt omløb er på 27. Den gennemsnitlige passagetid for det enkelte køretøj starter ved omkring 2,8 sekund for køretøj nummer to, for derefter af falde til omkring 1,5 sekund ned igennem køen. Efter afvikling af omkring 10 køretøjer begynder passagetiden at stige igen, hvilket skyldes, at køretøjerne har opnået en hastighed, hvor acceleration er aftagende.

Forskellen i den hastighed som køretøjerne passerer stopstregen med, bliver dermed også mindre, indtil køretøjerne passerer med tilnærmelsesvis samme hastighed. Når køretøjerne passerer stopstregen med samme hastighed, vil passagetiden være næsten ens imellem de enkelte køretøjer, svarende til sikkerhedsafstanden.

	Omløb nr.			Gennemsnitlig passagetid	Registrerede køretøjer	Standard- afvigelse
Køretøj nr.	1	29	30			
1	0,0	0,0	0,0	0,0	300	0,0
2	2,77	2,855	2,949	2,866	300	0,104
3	2,119	2,018	1,958	2,033	300	0,100
4	1,737	1,877	1,719	1,858	300	0,083
5	1,81	1,623	2,061	1,759	300	0,102
6	1,775	1,719	1,579	1,748	300	0,121
7	1,513	1,556	1,571	1,593	300	0,150
8	1,688	1,632	1,726	1,631	300	0,141
9	1,594	1,465	1,347	1,542	300	0,146
10	1,569	1,491	1,453	1,466	300	0,123
11	1,511	1,443	1,455	1,498	300	0,127
12	1,547	1,579	1,784	1,501	300	0,164
13	1,451	1,461	1,738	1,511	300	0,166
14	1,565	1,541	1,309	1,556	300	0,184
15	1,751	1,520	1,638	1,642	300	0,142
16	2,051	1,767	1,881	1,805	300	0,271
17	1,926	2,043	1,744	1,891	300	0,172
18	1,828	1,858	2,109	1,866	300	0,208
19	1,65	1,871	1,814	1,863	300	0,191
20	1,555	2,030	1,614	1,826	300	0,201
21	1,908	1,930	1,694	1,885	300	0,218
22	1,934	1,837	1,718	1,832	300	0,167
23	1,517	1,816	1,630	1,882	299	0,233
24	1,878	2,235	2,452	1,920	281	0,222
25	2,20125	2,361	2,090	1,928	237	0,215
26	2,2575	1,270	1,947	2,233	111	0,483
27				2,958	13	0,624
28					0	

Tabel 6.13: Passagetiden målt i Vissim for simulering med Vissim standardindstillinger. Der er gengivet passagetiden for køretøjerne i det første samt de to sidste omløb i simuleringen. Passagetiden for det enkelte køretøj i hvert omløb, er beregnet som gennemsnittet af i alt ti kørsler i Vissim med forskellig random seed. Den gennemsnitlige passagetid for det enkelte køretøj i køen er derfor beregnet ud fra op til 300 registrerede passagetider. Antallet af passagetider der ligger til grund for den gennemsnitlige passagetid, kan ses af kolonnen *Registrerede køretøjer*.

Den generelle passagetid for simulering med Vissim standardindstillingerne bliver på 1,77 sekund, hvis denne beregnes for de 12 første køretøjer, som det var tilfældet for markobservationerne. Idet det er samme antal køretøjer i beregningen af den generelle passagetid, kan denne sammenlignes mellem markobservationerne og de to simuleringer. I tabel 6.14 kan en generel passagetid og standardafvigelse for simuleringen med Vissim standardindstillingerne ses. Ligeledes er lastbilandelen for simuleringen angivet.

Simulering med Vissim standardindstillinger	
Generel passagetid for alle køretøjer	1,772
Generel std. afv. for alle køretøjer	0,124
Antal køretøjer	7541
Antal lastbiler	412
Lastbilandel	0,055

Tabel 6.14: Den generelle passagetid samt standardafvigelse ved simulering med Vissim standardindstillingerne.

I simuleringen med standardindstillinger er lastbilandelen på 5,5 %, hvilket resulterer i en vægtet DanKap passagetid på cirka 1,85 sekund. Denne passagetid er dermed højere end den, der registreres i Vissim. Det vil sige, at Vissim med standardindstillinger resulterer i en lille overestimering af kapaciteten af ligeudsporet i forhold til DanKap.

Forskellen svarer dog kun til cirka 5 %, og der er først forskel imellem kapaciteten af et omløb, hvis grøntiden er på 37 sekunder. Der vil ved denne grøntid kunne afvikles en kø på 20 køretøjer med DanKap følgetiden, imens Vissim vil afvikle 21 køretøjer. Det vurderes derfor, at der ikke er forskel på beregning af kapaciteten i DanKap eller hvis kapacitet bestemmes ved en simulering i Vissim. Begrundelsen er, at forskellen kun vil have en effekt, hvis der simuleres en trafikafvikling, hvor køen i ligeudsporet aldrig bliver afviklet i hele simuleringsperioden, samt at der som nævnt er en grøntid på 37 sekunder eller mere.

6.3.3 Passagetid ved vejregelforslagets indstillinger

Testsimuleringen med vejregelforslagets indstillinger er udført på tilsvarende vis som testen med Vissim standardindstillingerne. Der er derfor registreret 30 omløb i hver kørsel i simuleringen, men i modsætning til simuleringen med Vissim standardindstillingerne er det kun 11 køretøjer, der afvikles i alle omløb. Dette skyldes, at indstillingerne i simuleringen indbefatter en lavere acceleration samt en større sikkerhedsafstand end standardindstillingerne i Vissim.

De gennemsnitlige passagetider imellem køretøjerne for simuleringen med vejregelforslagets indstillinger er generelt højere end passagetiden i simuleringen med standardindstillingerne. I tabel 6.15, hvor den gennemsnitlige passagetid for det enkelte køretøj er angivet, ses det, at disse kun lige kommer under to sekunder for de laveste. Passagetiderne for køretøj nummer to i køen er på cirka 3,6 sekund, og falder for de efterfølgende køretøjer. Det maksimale antal køretøjer der afvikles i grøntiden er på 22 køretøjer, hvilket er noget lavere end de 27 køretøjer, der afvikles i simuleringen med standardindstillingerne.

Køretøj nr.	Omløb nr.			Gennemsnitlig passagetid	Registrerede køretøjer	Standardafvigelse
	1	29	30			
1	0,000	0,000	0,000	0,000	300	0,000
2	3,720	3,408	3,663	3,588	300	0,112
3	2,317	2,533	2,343	2,521	300	0,144
4	2,324	2,313	2,228	2,280	300	0,101
5	2,132	2,172	2,101	2,240	300	0,176
6	2,188	2,020	2,208	2,191	300	0,219
7	2,110	2,043	2,102	2,125	300	0,262
8	2,047	1,994	2,215	2,098	300	0,197
9	2,231	2,194	2,038	2,073	300	0,219
10	1,986	2,237	1,701	1,983	300	0,278
11	1,778	1,990	2,940	2,016	300	0,347
12	2,076	1,884	1,940	1,979	299	0,271
13	2,078	1,955	1,574	1,947	296	0,315
14	2,586	2,115	2,168	2,020	294	0,247
15	2,012	2,145	1,812	2,146	291	0,307
16	2,174	1,927	2,472	2,225	281	0,355
17	2,310	2,321	1,940	2,177	274	0,297
18	2,167	2,161	2,257	2,193	264	0,365
19	2,079	1,833	2,192	2,192	254	0,254
20	1,890	2,370	2,633	2,170	226	0,307
21		1,795	1,710	2,000	116	0,329
22				1,773	14	0,250
23					0	

Tabel 6.15: Passagetiden målt i Vissim for simulering med vejregelforslagets indstillinger. Der er, som for simuleringen med standardindstillingerne, gengivet passagetiden for køretøjerne i det første samt de to sidste omløb. Den gennemsnitlige passagetid og antallet af køretøjer er ligeledes beregnet som for den anden simulering.

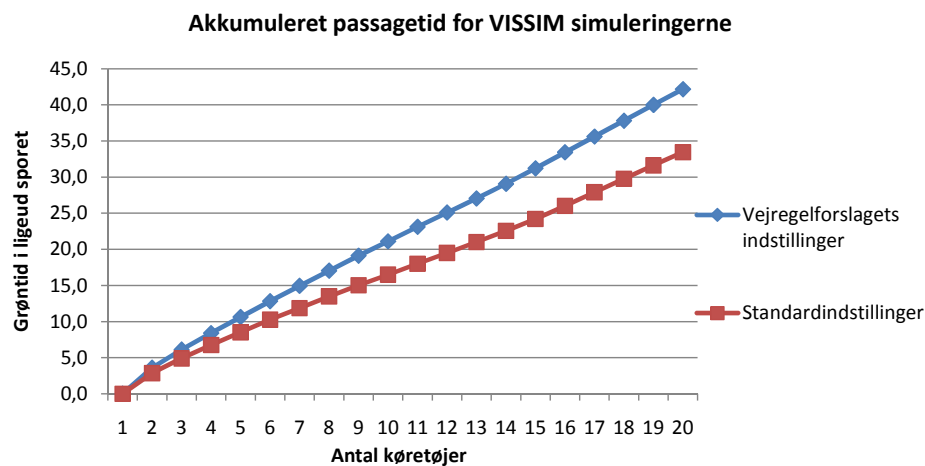
Den generelle passagetid for simuleringen er på 2,28 sekunder, hvilket som ventet er højere end simuleringen med standardindstillingerne. Der er anvendt de 12 første køretøjer til beregning af den generelle passagetid og standardafvigelse for simuleringen med vejregelforslagets indstillinger. I simuleringen er der registreret en lastbilandel på 5,6 %, hvilket er nogenlunde den samme som for simuleringen med standardindstillinger.

Simulering med vejregelforslagets indstillinger	
Generel passagetid for alle køretøjer	2,281
Generel std. afv. for alle køretøjer	0,211
Antal køretøjer	5909
Antal lastbiler	329
Lastbilandel	0,056

Tabel 6.16: Den generelle passagetid samt standardafvigelse ved simulering med vejregelforslagets indstillinger.

6.4 Sammenligning af Vissim passagetiderne og markobservationer

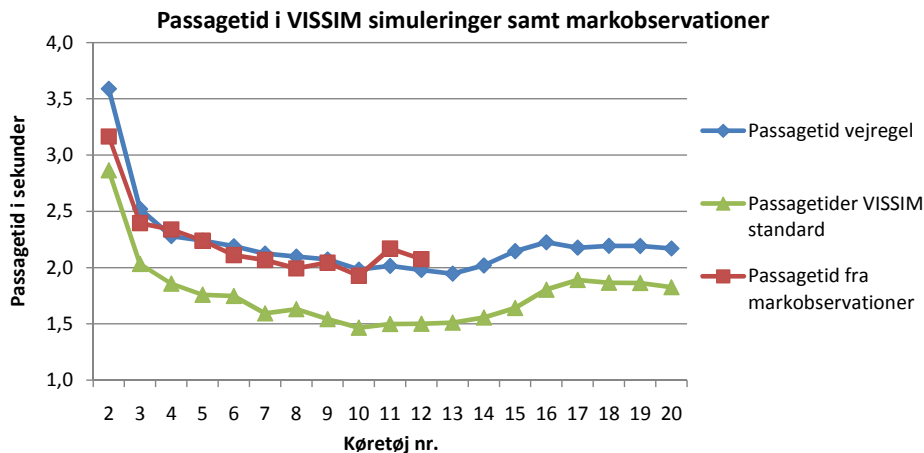
Der er en forholdsvis stor forskel i passagetiderne fundet i de to simuleringer foretaget i Vissim. Hvor passagetiden i simuleringen med standardindstillingerne er på 1,77 sekunder, er den 2,28 sekunder i simuleringen med vejregelforslaget. Passagetiden på 2,22 sekunder er cirka 29 % højere, end ved simulering med standardindstillingerne, og der vil derfor være stor forskel på trafikafviklingen afhængig af, hvilke indstillinger der anvendes. I figur 6.8 er passagetiderne fra Vissim simuleringerne akkumuleret, således at de to simuleringerne kan sammenlignes. Det kan eksempelvis aflæses, at der ved en grøntid på 30 sekunder, kan afvikles 12 køretøjer med standardindstillingerne men kun 9 ved simulering med vejregelforslagets indstillinger. Dette må siges at være en stor forskel, når kapaciteten af et kryds skal vurderes ud fra en Vissim simulering.



Figur 6.8: Akkumuleret passagetid for henholdsvis simulering med vejregelforslagets indstillinger og Vissim standardindstillinger.

Sammenlignes de to simuleringer fra Vissim med passagetiderne målt i marken, kan det ses af figur 6.9, at simuleringen med vejregelforslagets indstillinger afspejler markobservationerne forholdsvis tilfredsstillende. Anvendes standardindstillingerne derimod, er der en noget lavere passagetider for køretøjerne i forhold til den virkelige køafvikling. Kapaciteten af ligeudsporet vil derfor blive overvurderet, da der med standardindstillingerne afvikles flere køretøjer per omløb, end det reelt vil være tilfældet.

6.4. Sammenligning af Vissim passagetiderne og markobservationer



Figur 6.9: Sammenligning af passagetiderne fra markobservationerne og de to simuleringer i Vissim med henholdsvis standardindstillinger og vejregelforslagets indstillinger.

Ud fra grafen over de gennemsnitlige passagetider er der dog nogen difference for køretøj nummer to imellem de to passagetider. Dette kan skyldes, at der forekommer en større sikkerhedsafstand i Vissim i forhold til virkeligheden. Sikkerhedsafstanden vil have større indvirkning på passagetiderne for de første køretøjer, hvor hastigheden er lav.

Foretages der en middelværditest imellem passagetiderne for det enkelte køretøj i køen, viser denne dog, at der forekommer en del variation imellem værdierne. I tabel 6.17 kan det ud fra resultatet af de enkelte middelværditest ses, at en del af de gennemsnitlige passagetider er signifikant forskellige, mellem markobservationerne og simulering med vejregelforlagets indstillinger, ved signifikansniveau på 0,05.

Køretøj nr.	Passagetid vejregelindstillinger	Passagetid Markobservationer	P-værdi for Middelværditest
2	3,588	3,165	$3,3 \cdot 10^{-5}$
3	2,521	2,395	0,0082
4	2,280	2,339	0,6556
5	2,240	2,240	0,1495
6	2,191	2,112	0,0367
7	2,125	2,068	0,0850
8	2,098	1,993	0,0149
9	2,073	2,044	0,2294
10	1,983	1,928	0,1303
11	2,016	2,169	0,6912
12	1,979	2,076	0,5968

Tabel 6.17: Passagetiderne for henholdsvis simulering med vejregelforslagets indstillinger i Vissim og for markobservationerne. Den opgivne p-værdi er fra middelværditest imellem de gennemsnitlige passagetiden for det enkelte køretøj i simuleringen og markobservationerne.

Det kan give et forkert billede af trafikafviklingen i en simulering, at der er forskel i den gennemsnitlige passagetiderne for det enkelte køretøj imellem Vissim og mark-

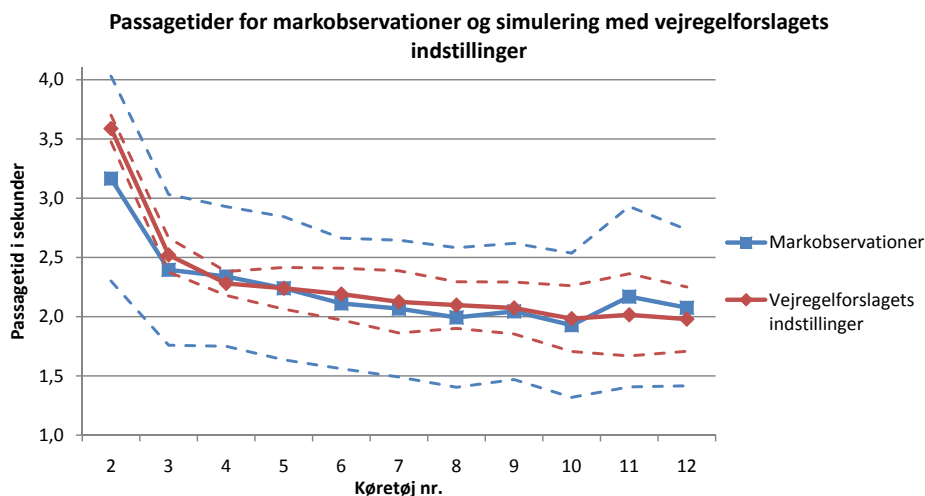
observationerne. Det er imidlertid køafviklingen som helhed, der er mere interessant i forhold til at bestemme kapaciteten for et givent kryds. Derfor vil det også være den generelle passagetid for hele køen, der kan give et billede af, om der afvikles det samme antal køretøjer i Vissim, som i den virkelige trafikafvikling. I tabel 6.18 er de generelle passagetider for simuleringen med vejregelforslagets indstillinger og fra markobservationerne opstillet. Passagetiderne er beregnet på baggrund af køretøj nummer to til og med 12 i begge tilfælde. Foretages der en middelværditest på de to datasæt, findes det, at de er signifikant ens. Det vil sige, at der ved en køafvikling med 12 køretøjer, ikke vil være forskel i den generelle passagetid for hele køen. Det vil dermed også betyde, at der burde afvikles det rigtige antal køretøjer i et givent omløb i Vissim.

	Simulering med Vejregelindstillinger	Mark- observationer	P-værdi for middelværditest
Generel passagetid	2,281	2,230	0,9215

Tabel 6.18: De generelle passagetider for Vissim simulering med vejregelforslagets indstillinger og for markobservationerne samlet. Der er i beregningen medtaget køretøj nummer to til tolv i begge datasæt. Ved en middelværditest imellem de to datasæt er der fundet en p-værdi på 0,92, hvilket angiver, at de to passagetider er ens

Ud over passagetiden kan spredningen af denne have indflydelse på køafviklingen i et givent kryds. Da den beregnede passagetid i tabel 6.18 kun er et gennemsnit af målingerne, vil der både kunne forekomme køretøjer med en lavere og højere passagetid. Variationen i passagetiden kan have indflydelse på, hvor mange køretøjer der afvikles i hvert omløb. Det vil også betyde, at des større spredning der er i passagetiderne, des større variation vil der være i antallet af afviklede køretøjer, og dermed i kølængderne i ligeudsporet. Spredningen i passagetiderne for Vissim simuleringerne og markobservationerne er angivet tidligere og anvendt i figur 6.10 nedenfor. I figuren er passagetiderne for de enkelte køretøjer angivet for henholdsvis simuleringen med vejregelindstillingerne og fra markobservationerne. Der er samtidig angivet passagetiden $\pm$ en standardafvigelse af denne, hvoraf det kan ses, at der er en større spredning i markobservationerne end i Vissim.

6.4. Sammenligning af Vissim passagetiderne og markobservationer



Figur 6.10: I grafen er de gennemsnitlige passagetider for køretøjerne i simuleringen med vejregelforslagets indstillinger og fra markobservationerne angivet. Der er ligeledes angivet passagetiderne $\pm$ en standardafvigelse, for dermed at give et billede af spredningen i målingerne.

Da der forekommer meget større udsving i passagetiderne i den virkelige køafviklingen end i Vissim, vil køafviklingen også kunne variere mere. Dette kan muligvis resultere i, at køretøjer med en lang passagetid er årsag til, at nogle køretøjer ikke når med i et omløb. Dermed vil der afvikles færre køretøjer resulterende i en længere kø i det/de næste omløb.

Den forholdsvis lille spredning, der er i passagetiderne i Vissim, vil derimod give en jævn trafikafvikling i simuleringen, og givetvis ikke resultere i de udsving i køafviklingen, som i det førnævnte eksempel. Dette vil medføre, at der ved simulering af trafikbelastninger tæt på kapacitetsgrænsen, hvor der vil være en kraftig køopbygning, kan ske en underestimering af kølængderne.

Ud fra figuren kan det også ses, at der ved Vissim simuleringen, er en meget lille spredning af passagetiden for de første køretøjer, hvorefter der forekommer en større spredningen i de følgende køretøjer. Dette billede er modsat for markobservationerne, hvor der er størst spredning i starten af køen og mindre spredning i målingerne for køretøjerne længere tilbage i køen.

Markobservationerne antyder, at parametre som reaktionstid, acceleration og sikkerhedsafstand varierer meget ved igangsættelsen, hvor køretøjerne i Vissim opfører sig meget ens i denne del af køen. Spredningen for markobservationerne falder ned igen gennem køen, hvilket skyldes den øgede hastighed, som køretøjerne passerer stopstrengen med. Dette reducerer effekten af en eventuel variation i den indbyrdes afstand. Det forekommer derfor som et retvisende billede, at spredningen er størst imellem målingerne af de første køretøjer i køen.

Spredningen af de foretagne målinger i Vissim virker umiddelbart ikke troværdige i forhold til en virkelig trafikafvikling. Den meget lave spredning i passagetiderne for

køretøj nummer to og til dels også køretøj nummer tre og fire forudsætter, at den virkelige bilist altid er klar til at sætte igang, og at der reageres ens af bilisterne i hvert omløb. Ud over at bilisterne skal have samme reaktionstid i forhold til igangsætningen, forudsætter den lave spredning også, at hastighedensforskellen og den indbyrdes afstand imellem de enkelte køretøjer skal være meget homogene fra omløb til omløb.

Generelt afspejler den meget lave spredning i målingerne fra Vissim, at der ikke er indbygget menneskelige variation i programmet. Derimod viser målingerne af passagetiderne, at der i en simulering med vejregelforslagets indstillinger, genskabes de passagetider, der er observeret i marken. Der vil derfor blive foretaget en registrering af de virkelige kølængder over en spidstime, og efterfølgende vil denne spidstime blive simuleret, hvor kølængderne ligeledes registreres. Det vil derefter blive bestemt, om Vissim også genererer de samme kølængder som i virkeligheden. Det kan dermed vurderes, om det er tilstrækkeligt, at Vissim genskaber de samme gennemsnitsværdier som i markobservationerne, eller om der skal foretages kalibreringer for at simulere de udsving, der forekommer i den virkelige trafikafvikling.

7

KAPITEL

SIMULERING AF VIRKELIG TRAFIKAFVIKLING

Ud fra test af forskellige parametre i Vissim er det tidligere vist, at simulering med vejregelforslagets indstillinger resulterer i følgetiderne, der afspejler den virkelige trafikafvikling forholdsvis tilfredsstillende. Der er ligeledes vist, at fordelingen af hastighederne i Vissim svarer til det input, der bliver angivet af brugeren. Derimod forekommer gennemsnitshastighed på ensporede strækninger som alt for lav i forhold til de virkelige gennemsnitshastigheder, hvis der anvendes de hastighedsfordelinger, der er udarbejdet fra virkelige målinger. Der vil derfor kunne forekomme en højere rejsetid og forkert trafikafvikling i simuleringen og dermed et forkert beslutningsgrundlag.

I det følgende vil den virkelige trafikafvikling i krydset Th. Sauers Vej - Sohngårds-
holmsvej blive sammenlignet med trafikafviklingen i Vissim for at vurdere, om der kan findes egentlige afvigelser imellem simulering og virkelighed. Der vil blive simuleret med standardindstillingerne samt vejregelforslagets indstillinger suppleret med hastighedsfordeling fra mastradata. Det vurderes, at der vil være stor forskel imellem de to simuleringer, da indstillinger afviger en del imellem de to. Der vil derfor blive foretaget en vurdering af, hvilke indstillinger der er bedst anvendelige.

Grundlaget for sammenligningen vil være videoobservationerne fra krydset, der ligeledes blev anvendt i målingerne af passagetider. Der er ud over trafiktællinger i de fire ben, foretaget registrering af antallet af stop i det enkelte kørespor, der skal sammenlignes med en tilsvarende måling i Vissim. I det følgende vil målingerne fra markobservationerne og opbygningen af Vissim modellerne blive beskrevet, hvorefter der vil blive foretaget en sammenligning og vurdering af resultaterne.

For at sammenligne Vissim og markobservationerne er det valgt at registrere antallet af stop, der foretages i det enkelte kørespor. Begrundelsen for dette valg er en kombination af, hvorledes der registreres kø i Vissim og hvilke målinger, der kan udarbejdes ud fra videomaterialet. Da videoobservationen er foretaget på forholdsvis stor afstand af krydset, har det været vanskeligt at bestemme, hvor lang en given kø er i meter.

7.1 Registreringer i marken

Videoptagelserne af krydset der ligger til grund for simuleringen, er som tidligere nævnt foretaget fra et højt punkt. Derved har det været muligt at observere hele krydset og en del af tilfarterne i en og samme optagelse. Ud fra optagelserne er trafikmængden, der passerer stopstregen, registreret i intervaller af fem minutter, startende fra klokken 6.45. Igennem trafiktællingerne er spidstimen fundet til at være i tidsrummet 7.30 til 8.30, hvilket kan ses på vedlagte bilagscd, hvor der under mappen "Trafikdata" forefindes et exceldokument med tællingerne. Der er i regnearket opgivet trafikmængderne for personbiler, cykler/knallerter og lastbiler/busser, der anvendes til indsættelse i Vissim modellerne. Tællingerne findes også i appendiks ??, hvor kun tidsrummet der anvendes i simuleringerne er medtaget.

Til registrering af kølængder anvendes antallet af holdende køretøjer i det enkelte kørespor i krydset. Registreringen er foretaget fra det første køretøj bag stopstregen holder stille og bagud i sporet, indtil det sidste køretøj sætter igang. Herefter betragtes køen som opløst, og den næste kø kan registreres. Der kan på denne måde være flere køopbygninger i samme omløb, hvor køen bevæger sig frem ved grønt, for derefter at holde tilbage på grund af vigepligt. Selve registreringen er foretaget på denne måde, da det er vurderet, at dette kan bestemmes på tilsvarende vis i en simulering i Vissim. Selve registreringen illustreres og forklares nærmere i afsnit 7.2.1, hvor der er medtaget screenshots fra Vissim, der viser, hvorledes der tælles op.

Der er igennem registrering foretaget målinger, således at det samlede antal stop i det enkelte spor i hvert fem minutters interval er bestemt. Antallet af stop vil være summen af det antal køretøjer, der registreres i hver køopbygning. Det samme køretøj kan derfor registreres som holdende i flere forskellige køer. Ud fra observationerne af de enkelte køopbygninger kan den længste kø samtidig bestemmes.

7.2 Opbygning af Vissim model

Simuleringsmodellen af krydset Th. Sauersvej - Sohngårdsholmsvej er forsøgt opbygget således, at den afspejler den observerede situation fra videoregistreringen. I det følgende vil opbygningen af modellen blive gennemgået med de observationer, der er foretaget i marken, og hvordan disse er forsøgt genskabt i simuleringen. De tre modeller kan findes på bilagscden under fanen "Vissim simuleringer", hvor der forfindes en mappe for hver simulering.

Vejnettets opbygning i modellen

Vissim modellen af krydset er foretaget på baggrund af et ortofoto, hvorpå vejnettet er opbygget. Det har dog været nødvendigt at afvige fra, hvordan enkelte af svingbanerne er udformet i marken. Dette skyldes, at det igennem markobservationer er registreret, at køen i venstresvingssporet fra Th. Sauersvej Vej er længere end det udformede venstresvingsspor. Venstresvingssporet er udformet til at begynde cirka 60 meter fra stopstregen, hvor det er registreret, at køen strækker sig 80-100 meter tilbage uden

at blokkere for ligeudsporet. Dette er også tilfældet i højresvingssporet fra Sohngårds-holmsvej nord, hvor bilisterne anvender en cykelbane som højresvingsspor. Dette skal naturligvis ikke simuleres i en almindelig Vissim simulering, men i denne simulering, hvor det er kølængder og trafikafviklingen fra markobservationer, der skal sammenlignes med Vissim, vurderet det at være nødvendigt at foretage disse ændringer for at simulere bilisternes adfærd.

Den ydre kant af simuleringsnetværket varierer imellem de tre simuleringer, da rejse-tiden fra kanten af netværket og ind til krydset ligeledes varierer. Dette skyldes, at der er ændringer i parametersætningen for blandt andet den ønskede hastighed imellem de to simuleringer. Det har derfor været nødvendigt at ændre i længden af de link, der udgør starten af de enkelte ben i krydset. Ved at tilpasse længden af de enkelte link, hvor trafikken i modellen genereres, og dermed variere afstanden indtil krydset, er det forsøgt tilpasset, således at de første køretøjer ankommer til krydset i det 120 simuleringssekund. Tilpasningen er foretaget for at simulere starten af den markob-servationsperiode, der anvendes til sammenligning imellem Vissim og den virkelige trafikafviklingen.

Indsættelse af trafikmængder og rutevalg

Trafikmængderne der er indsat i modellen, er spidstimen observeret i markobserva-tionerne samt henholdsvis 10 minutter før og 5 minutter efter denne. Der vil der-med være trafik i netværket, inden observationen af spidstimen foretages, hvilket også kaldes indsvingningstid og anbefales anvendt i vejreglen for mikrosimulering [Vejreg-elrådet, 2010]. Trafikmængderne, der er indsat i modellen, kan ses i tabel ?? og tabel ?? i appendiks ??, der angiver antallet af personbiler og store køretøjer. Trafikmængderne i tabellerne er fordelt efter svingbevægelse for det enkelte ben i krydset.

Der er ligeledes indsat den observerede mængde cyklister og fodgængere i den simu-lerede periode. Der er ikke indsat ruter for de to grupper af trafikanter, og af den grund er cyklisterne sat til at køre ligeud igennem krydset. En cyklist der i markobservatio-nen har foretaget et venstresving, er derfor indsat i to trafikstrømme, således de stadig har indvirkning på trafikafviklingen for to ben i simuleringen. Fordelingen af cyklister kan ligeledes ses af appendiks ??.

Eftersom der i vejregelforslaget er forskel på indstillingsparametrene for acceleration for henholdsvis højre- og venstresvingende samt ligeudkørende igennem krydset, har det været nødvendigt at opdele trafikinputtet i modellen yderligere. Trafikmængderne for personbiler er opdelt efter, hvilken rute de skal foretage igennem krydset. Dermed er det muligt at tilskrive forskellige indstillinger for den ønskede acceleration og der-med opnå forskellig adfærd i de enkelte kørespor. Indstillingerne for acceleration ved de tre kørselsretninger kan ses af appendiks ??, hvor det også ses, at indstillingerne er ens for de resterende parametre.

Da acceleration er en parameter, der tilskrives det enkelte køretøj, når det indsættes ved afgrænsningen af netværket, er det en fast værdi, der ikke kan ændres igennem netværket. Et køretøj kan derfor kun have en accelerationsværdi, uagtet svingbevæg-

elsen. Det vil af samme grund være overflødigt at anvende forskellige accelerationsværdier i et større netværk, da køretøjerne foretager forskellige svingbevægelser, men stadig har samme parameterindstilling.

Indstilling af signalanlæg

I de registrerede trafikmængder fra markobservationerne er der også inkluderet kollektiv trafik i kategorien store køretøjer. Disse er indlagt i modellen med køreplanen for den enkelte bus. Dette skyldes, at signalanlægget i krydset ud fra signalgruppeplanen, der kan ses i bilag ??, er opsat til busprioritering [Aalborg Kommune, 2010]. Det har dog ikke været muligt at registrere denne busprioritering gennem markobservationerne. Det har igennem samtaler med NT og Aalborg Kommunes kollektiv trafikafdeling ikke været muligt at få oplyst, om busprioriteringen i krydset er ude af drift. Dette undersøges i skrivende stund stadig af de respektive afdelinger [Thomsen, 2010; Jensen, 2010]. Af denne grund er det valgt at slå busprioriteringen fra i signalanlægget, der dermed kun er opbygget med detektorer til anmeldelse af trafik i venstresvingssporet fra Sohngårdsholmsvej nord og syd. Signalanlægget er programmeret i VisVap og kan ses på bilagscd'en under de enkelte simuleringsmodeller [PTV, 2007].

I det trafiktekniske notat for signalanlægget, der også forefindes i bilag ??, angives det, at anlægget er et samordnet signal. Dette er dog ikke tilfældet, da anlægget kører lokal trafikstyring, ifølge oplysninger fra Teknisk forvaltning ved Aalborg Kommune [Clausen, 2010].

Med de trafikmængder der forekommer i spidstimen, vil der grundet ovenstående derfor være tale om, at signalanlægget kører med fast omløbstid, da der er anmeldelse i de bundne venstresving i hvert omløb, hvilket også svarer til det observerede i videoregistreringen.

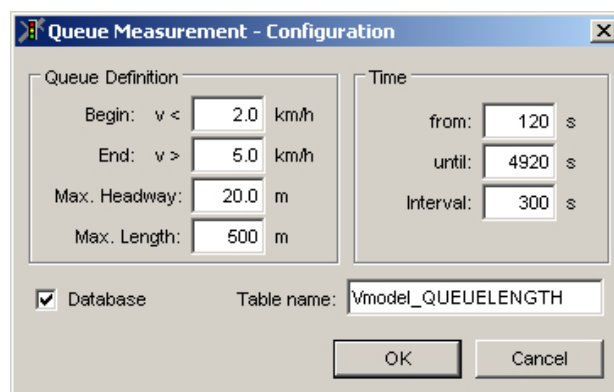
Indstilling af vigepligt

I vejregelforslaget er der kun indstillinger for personbiler og lastbiler overfor modkørende, i forhold til vigepligt. Af den grund er de resterende vigepligter i modellen indstillet ud fra visuel kontrol af adfærden. Vigepligten er opbygget ved hjælp af vigelinier og konfliktmarkører, som beskrevet tidligere i nærværende rapport. Da indstillingerne af disse ofte bestemmes ud fra brugerens tidligere erfaringer med programmet, er det muligt, at indstillingerne i modellen giver små afvigelser fra den egentlige trafikafvikling. Det vurderes dog, at adfærden fra de vigepligtige køretøjer i modellen, afspejler den adfærd, der er observeret i markobservationerne af krydset.

7.2.1 Køtæller i Vissim

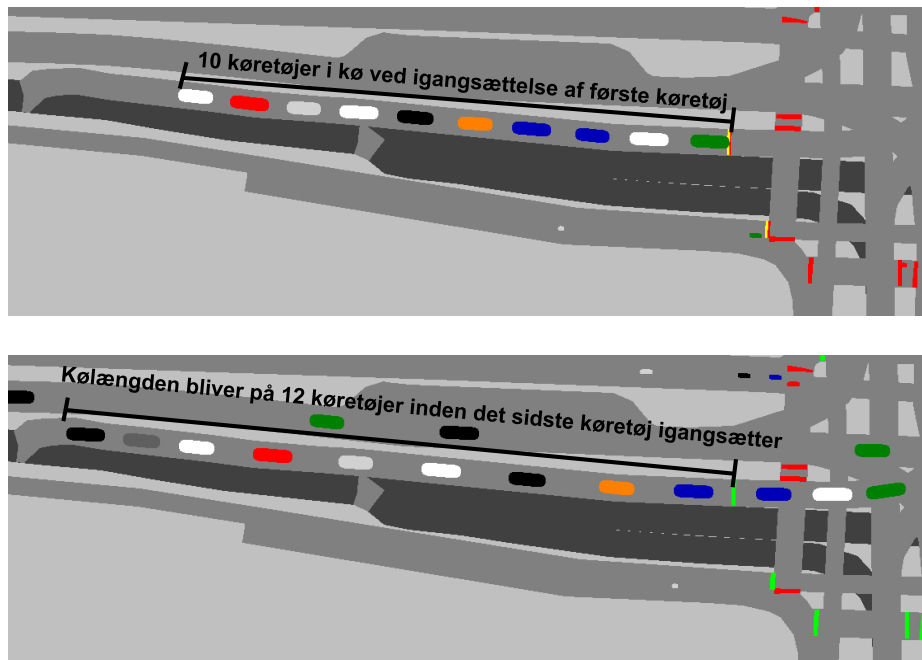
I Vissim findes der en funktion, som kan foretage køtællinger ud fra indstillinger af, hvad der skal betragtes som køkørsel. Ved at indstille ved hvilken hastighed Vissim skal betragte et køretøj som værende i kø, og ved hvilken hastighed køen ophører, kan det måles, hvor lang en given kø er i meter. Målingen af køen foretages ved at indsætte et målepunkt, hvorfra der for hvert tidsstep måles en kølængde bagud i netværket. Der er i figur 7.1 angivet de parametre, der skal indstilles i angivelsen af kømåling. Der

skal, som det ses, angives en maksimal længde for den kø, der skal måles. Denne indstilling kan anvendes, hvis køen eksempelvis er så lang, at det vælges kun at fokusere på den første del. Ud fra de registreringer der foretages af kølængderne, bestemmer Vissim en maksimal kølængde indenfor hvert af de angivne intervaller samt en gennemsnitlig kølængde, ligeledes indenfor det enkelte tidsinterval. Endelig fås et output for hvert interval, hvor det registreres, hvorvidt et køretøj foretager stop indenfor den givne køopmåling.



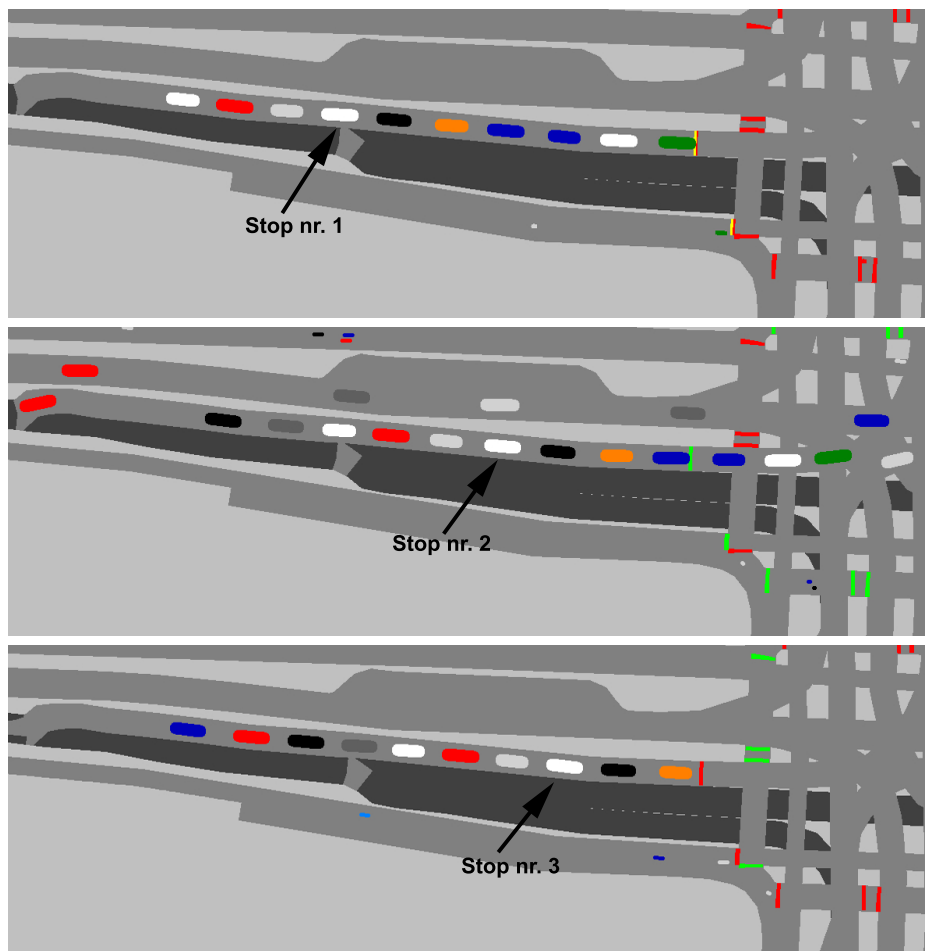
Figur 7.1: Indstillingsparametrene til køregistrering i Vissim. Det defineres af brugeren, hvad der skal betragtes som en egentlig kø, samt hvornår denne kø er opløst igen. Samtidig kan der angives en maksimal længde på den kø, der skal tages med i registreringen.

Da det er valgt at sammenligne antallet af stop foretaget i det enkelte kørespor, anvendes indstillingen til at bestemme, hvornår det sidste køretøj i køen sætter igang, og køtællingen dermed skal ophøre. Kølængden, eller antallet af standsede køretøjer i en kø, skal fortsat registreres, selvom det første køretøj i den givne kø er igangsat. Dermed kan der stadig ankomme køretøjer og forlænge køen, selvom denne begynder at blive afviklet ved stopstregen. Dette er illustreret i figuren nedenfor, hvor der er 10 køretøjer i køen ved grøntidens start, men i alt 12 køretøjer når til standsning i køen. Det er dermed en kølængde på 12 køretøjer, der registreres og anvendes til sammenligningen med den virkelige trafikafvikling.



Figur 7.2: Illustration af hvorledes optællingen af antal køretøjer i en given kø fortsætter, selvom de første køretøjer er igangsat.

Et køretøj kan registreres som standset flere gange i samme omløb, eftersom det er antallet af stop, der anvendes til sammenligningen med den virkelige trafikafvikling. Dette forekommer dog kun i svingsporene, hvor et køretøj eksempelvis er registreret som standset, når der ventes for rød, hvorefter der sættes igang ved grøn. Der vil blive registreret endnu et stop, eftersom køen bevæger sig frem og standser igen, hvis det første køretøj skal overholde en vigepligt. Dette kan forekomme flere gange for hver køafvikling, og der tælles op for hver gang, hvor mange køretøjer der standser bag stopstregen i den givne kø. I figur 7.3 kan der ses et eksempel på et køretøj, der foretager 3 stop i den samme køafvikling. Dermed tælles køretøjet med i tre beregninger af antallet af standsede køretøjer i den enkelte kø, der beregnes hver gang det sidste køretøj igangsætter.



Figur 7.3: Eksempel på et køretøj der stopper tre gange i samme kørspej ved køafvikling. Køretøjet tælles deraf med i tre forskellige køregistreringer.

De antal stop der fås som output af Vissim kørslerne, vil af ovenstående afspejle, hvor mange køretøjer der når til standsning, når det første køretøj bag stopstregen holder stille. Dette antal af køretøjer er derfor udtrukket af Vissim for hvert simuleringssekund og inddelt i intervaller for hver 5 minutters periode. Dette svarer til den inddeling, der er foretaget i markobservationerne. I beregningen af antallet af stop i hvert kørspej er der, som for de resterende simuleringer i nærværende rapport, foretaget 10 kørsler af simuleringen med start random seed på 8 og en forøgelse på 17 for hver kørsel.

Det har i markobservationerne ikke været muligt at foretage registrering af hele kølængden i alle kørspej, hvorfor målingerne i Vissim er lavet tilsvarende observationerne i marken. Dermed er det eksempelvis ikke hele svingbanens længde, der registreres i krydets sydøstlige ben, hvor der kun er foretaget målinger ud til 70 meter bag stopstregen. Dette har også været tilfældet i det sydlige ben, hvor der kun er registreret 36 meter bag stopstregen og i ligeudsporet fra nordvest, hvor der er registreret ud til 100 meter bag stopstregen. I de resterende spor er registreringen foretaget i svingbanernes fulde længde og så langt tilbage i ligeudsporet, at hele køen registreres.

Det er problematisk, at der ikke er foretaget målinger i den fulde kølængdes udstrækning i markobservationerne, når denne skal sammenlignes med Vissim simuleringen. Det vurderes dog, at der kan foretages en sammenligning, trods de lange køer ikke er registreret. Begrundelsen for dette er, at der i de tilfælde, hvor køen er længere end der registreres, returneres den samme længde som er registreret i markobservationerne. Antages det samtidig, at trafikafviklingen simuleres korrekt i Vissim, vil der i slutningen af simuleringsperioden blive registreret et antal holdende køretøjer, der er mindre end den maksimale længde. Dette er registreret i markobservationerne og bør være sammenfaldende med simuleringen i Vissim.

7.3 Sammenligning af afviklet trafik og observerede kølængder

På baggrund af målingerne foretaget i Vissim og observationerne fra marken kan Vissim indstillingerne vurderes ud fra, om trafikafviklingen simuleres korrekt. I appendiks ?? er trafikmængderne for krydset fra henholdsvis markobservationerne og Vissim simuleringerne angivet. Desuden er kølængderne, der er registreret i henholdsvis marken og i Vissim, angivet i appendiks ?. Data fra registreringerne kan ligeledes findes på vedlagte bilagscd under mappen "Trafikdata". I mappen findes der Excel regneark for de forskellige dataindsamlinger. Hovedtallene og tabeller med resultaterne er samlet i dokumentet "Sammenligning af trafikmængder".

Det er først testet, hvorvidt der genereres den korrekte trafikmængde ved afgrænsningen af netværket, hvilket der gøres i størstedelen af simuleringerne. Der er dog enkelte udsving i simuleringen med vejregelforslagets indstillinger, hvor der i en 15 minutters periode, fra simuleringssekund 3000, genereres for lidt trafik fra Th. Sauers Vej nordvest. Dette skyldes hastighedsfordelingen i modellen, hvor enkelte køretøjer tildeles en så lav hastighed, at der genereres køkørsel, der strækker sig ud over netværkets afgrænsning. Dermed kan køretøjerne ikke sendes ind i netværket og annulleres efter, at det enkelte interval er afsluttet. Dette er ikke tilfældet ved anvendelse af standardindstillingerne for hastighedsfordeling, hvor spredningen af køretøjernes hastighed er noget lavere.

Køretøjer der ikke kan afvikles ved netværkets afgrænsning, resulterer ligeledes i, at disse køretøjer ikke afvikles i krydset og dermed ikke bidrager til vurderingen af trafikafviklingen. Der vil derfor "mangle" køretøjer i simuleringen fra det nordvestlige ben, hvilket givet vil have indflydelse på køopbygningen i modellen.

Betragtes trafikafviklingen igennem krydset, kan denne vurderes ved hjælp af beregning af en såkaldt GEH-værdi, der er et mål for forholdet imellem den simulerede og den observerede trafikintensitet. GEH-værdien beregnes som følger. [Vejregelrådet, 2010]

7.3. Sammenligning af afviklet trafik og observerede kølængder

$$GEH = \sqrt{\frac{2 * (x^{sim} - x^{obs})^2}{x^{sim} + x^{obs}}} \quad (7.1)$$

Hvor:

x^{sim} og x^{obs} angiver henholdsvis trafikmængden i simuleringen og fra observationer.

Beregnes GEH-værdien for spidstimeperioden i tidsrummet 7.30 til 8.30 findes værdierne angivet i tabellen nedenfor.

		Mark observationer	Standard indstillinger		Vejregel indstillinger	
		Antal ktj	Antal ktj	GEH værdi	Antal ktj	GEH værdi
Sohngårds- holmsvej N	Venstre	128	127,8	0,025	127,8	0,035
	Ligeud	133	134	0,122	133,4	0,069
	Højre	161	159,9	0,123	159,6	0,222
Th. Sauers Vej SØ	Venstre	85	87,3	0,35	91,5	1,36
	Ligeud	434	436,4	0,16	440,6	0,63
	Højre	194	193,6	0,04	194,3	0,04
Sohngårds- holmsvej S	Venstre	115	114,8	0,03	114,4	0,11
	Ligeud	211	210,8	0,02	210	0,14
	Højre	108	108,2	0,03	107,1	0,17
Th. Sauers Vej NV	Venstre	194	194,2	0,02	180,3	2,04
	Ligeud	413	411,7	0,09	395,3	1,78
	Højre	41	40,6	0,09	38,9	0,67
Sum		2217	2219,2	0,07	2192,9	1,03
			Afvigelse i %	0,1%	Afvigelse i %	-1,1%

Tabel 7.1: Beregnede GEH-værdi for trafikafviklingen i det enkelte ben indenfor spidstimen, der er bestemt til tidsrummet 7.30 - 8.30.

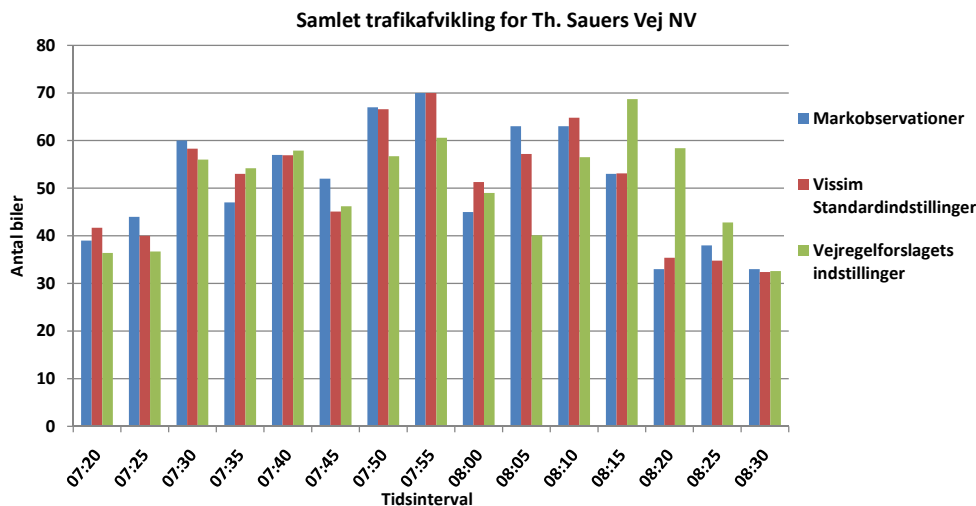
Ud fra kriterierne angivet i tabel 7.4 er de afviklede trafikmængder tilfredstillende for begge simuleringer. Dette virker som et noget modstridende resultat i forhold til, at Vissim i simuleringen med vejregelforslagets indstillinger ikke kunne indsætte alt trafikken i modellen. Forklaringen på at der stadig afvikles den korrekte mængde trafik igennem krydset må være, at der for hver tidsperiode overtages langsomkørende trafik fra forgående interval. Det er dog stadig overraskende, at kriterierne bliver opfyldt i alle ben i krydset.

Kriterier og målte data Trafik pr. time, model kontra registreret	Opfyldt
<u>Individuelle links:</u> Indenfor 100 ktj/t for strøm < 700 ktj/t Indenfor 15 % for 700 ktj/t < strøm < 2700 ktj/t Indenfor 400 ktj/t for strøm > 2700 ktj/t og $GEH < 5$ for linkstrømmen	> 85 % af tilfældene
<u>Sum af strømme for alle links:</u> Indenfor 5 % og $GEH < 4$ for summen for alle links	For alle links samlet

Figur 7.4: Ud fra timetrafikken fra markobservationer og simuleringen af den virkelige trafikafvikling kan der beregnes en GEH-værdi, der bør overholde kravene i denne tabel.

En beregning af GEH-værdien for en simuleringstime behøver dog ikke nødvendigvis at afspejle, at der forekommer den korrekte variation i trafikafviklingen over simuleringstimen. Derimod viser værdien blot, at der forekommer de korrekte trafikmængder i modellen. Det er naturligvis også den første forudsætning, der skal opfyldes for en tilfredsstillende simulering, men skal kølængder, belastningsgrad og lignende bestemmes ud fra Vissim, bør trafikafviklingen i de enkelte ben variere som i den virkelige trafikafvikling. I det følgende vil trafikken fra Th. Sauers Vej nordvest blive behandlet, da der igennem simuleringerne er fundet store afviklingsproblemer gennem krydset.

For at danne et billede af variationen over den simulerede spidstime, sammenlignes trafikmængderne dannet ved stopstregen i hvert 5 minutters interval. I figur 7.5 nedenfor er trafikmængderne, der afvikles igennem krydset illustreret for henholdsvis de to simuleringer og markobservationerne.

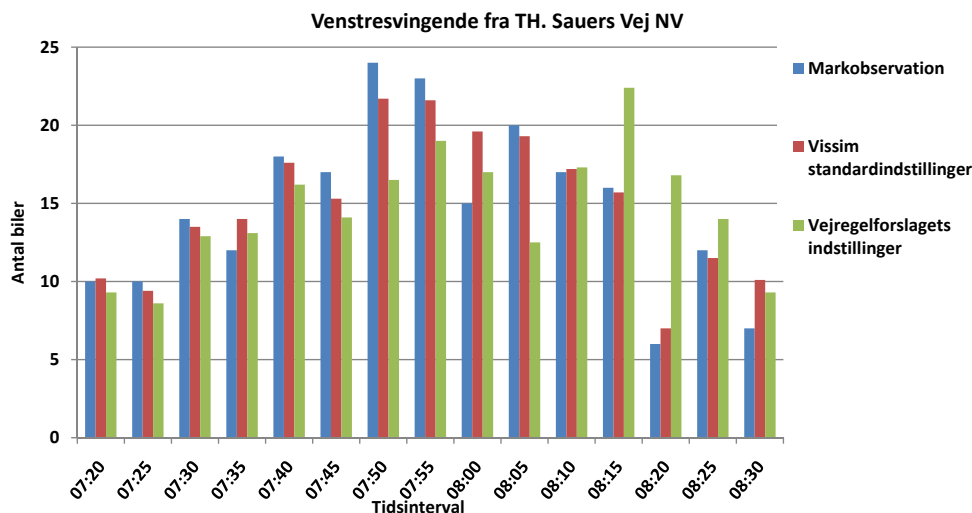


Figur 7.5: Den samlede trafikafvikling i hvert tidsinterval for de to simuleringer samt markobservationerne. Der er forholdsvis god sammenhæng imellem simuleringerne og den virkelige trafik afvikling i starten af simuleringssperioden, hvorefter variationen øges i takt med, at trafikintensiteten også øges.

Af ovenstående figur ses det, at der er forholdsvis god sammenhæng mellem simuleringerne og markobservationerne i starten af simuleringssperioden. Dette billede ændres i takt med, at trafikintensiteten stiger, hvor simuleringen med vejregelforslagets indstillinger ikke afvikler det ønskede antal biler. At der sker et fald i antallet af afviklede biler i vejregelforslagssimuleringen i forhold til markobservationerne, kan muligvis tilskrives det førnævnte afviklingsproblem ved afgrænsningen af netværket. Dette problem hænger sammen med den forholdsmæssige lave hastighed, enkelte af køretøjerne i simuleringen er tilskrevet. Dette kan ligeledes være grunden til, at der i slutningen af simuleringssperioden afvikles en del flere biler i vejregelsimuleringen, da der skal afvikles den trafik, der er ophobet på grund af den langsomme hastighed.

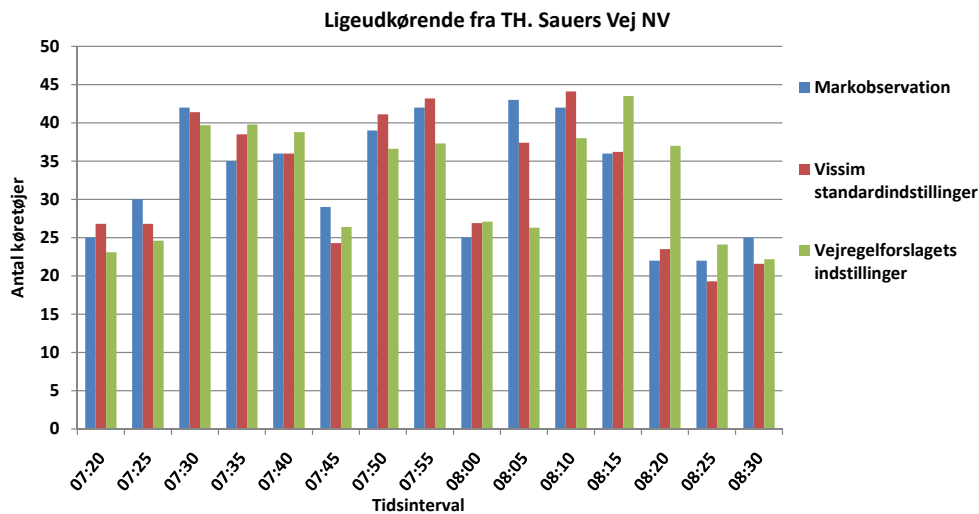
Afviklingsproblemerne i vejregelsimuleringen kan desuden skyldes, at der i venstresvingssporet ikke afvikles det ønskede antal køretøjer. Dermed sker der tilbagestuv-

ing, der muligvis kan resultere i blokering af det gennemgående spor. Dette er ikke forekommet som et problem i videomaterialet fra markobservationerne. Sammenlignes trafikmængderne fra venstresvingssporet i benet, antydes det da også, at der er problemer med at få afviklet trafikken, hvis vejregelforslagets indstillinger anvendes i simuleringen. I figuren nedenfor, der illustrerer den afviklede trafik i venstresvingssporet, ses det, at der forekommer den samme variation imellem vejregelsimuleringen og markobservationen som i figur 7.5.



Figur 7.6: Antallet af afviklede biler i venstresvingssporet fra Th. Sauers Vej nordvest. Der forekommer den samme variation i dette spor, som hvis den samlede trafik fra retningen betragtes.

Det generelle billede for trafikken fra denne retning i krydset er, at der er nogenlunde overensstemmelse mellem simuleringerne og markobservationerne i starten af simuleringen. Herefter forekommer der lavere trafikmængder i simuleringen med vejregelforslagets indstillinger. Denne tendens er gældende i venstresvingssporet, men er også gældende i ligeudsporet, hvilket kan ses nedenfor. Dette antyder, at der er noget i simuleringen, der påvirker begge spor. Dette kan som tidligere nævnt være enkelte langsomme køretøjer eller problemer med afvikling af de venstresvingende.



Figur 7.7: Som det er tilfældet for venstresvingende fra Th. Sauers Vej nordvest, er der for de ligeudkørende en god sammenhæng imellem simuleret og observerede trafikmængder i starten af simuleringen. Herefter er der fortsat nogenlunde sammenhæng imellem markobservationerne og simulering med standardindstillingerne. Simuleres der derimod med vejregelforslagets indstillinger forekommer der nogen afvigelse imellem Vissim resultaterne og markobservationerne.

Det er tidligere i nærværende rapport blevet vist, at passagetiderne i ligeudsporet blev simuleret tilfredsstillende med vejregelforslagets indstillinger. Dermed må det konkluderes, at der er noget, der påvirker trafikstrømmen i negativ retning i simuleringen. For at klarlægge om det er hastighedsfordelingen i vejregelforslaget, eller om det er afvikling af venstresvingende, der ligger til grund for afvigelserne imellem simulering og markobservationer, undersøges kølængderne. Kølængderne i det enkelte kørespor kan, som trafikmængderne, anvendes til vurdering af, hvorvidt den enkelte simuleringen er en tilfredsstillende gengivelse af virkeligheden. Her beskrives ofte 95 % fraktilen af kølængderne som et vurderingsgrundlag til bestemmelse af krydsudformningen. Der vil deraf være tale om den kølængde, der overskrides i 5 % af tilfældene over spidstimen. Ud fra dette kan det i planlægningsfasen besluttes, om denne kølængde er acceptabel, eller om en anden krydsudformning skal vælges.[Vejreglerådet, 2008]

Beregnes denne 5 % kølængde ud fra markobservationerne og igennem Vissim simuleringerne, fås kølængderne angivet i tabellen nedenfor. I tabellen ses det, at der er en tendens til, at simulering med standardindstillingerne resulterer i kortere kølængder, end der er observeret i marken. Kølængderne fra simuleringen med vejregelforslagets indstillinger er ikke entydigt længere eller kortere end det observerede. Dette er dog med undtagelse af venstresvingssporet fra Th. Sauers Vej nordvest, hvor der forekommer en meget længere kødannelse end den observerede. I tabellen er kølængderne fra en DanKap beregning af krydset ligeledes angivet. Resultaterne af denne beregning kan ses i appendiks ??, hvor det ligeledes kan ses, at der for venstresvingssporet fra nordvest, er en belastningsgrad på 0,92.

7.3. Sammenligning af afviklet trafik og observerede kølængder

		Mark observation	Standard indstilling	Vejregel indstilling	DanKap beregning
Sohngårds- holmsvej N	Venstre (9)	8	6	8	7
	Ligeud	6	5	6	6
	Højre (13)	9	6	8	8
Th. Sauers Vej SØ	Venstre	4	3	3	4
	Ligeud (13)	10	11	10	15
	Højre	6	6	9	7
Sohngårds- holmsvej S	Venstre (6)	5	5	5	6
	Ligeud (6)	6	5	5	8
	Højre (6)	4	4	5	6
Th. Sauers Vej NV	Venstre	10	9	22	8
	Ligeud (14)	12	11	12	14
	Højre	3	2	3	1

Tabel 7.2: Kølængden der overskrides i 5 % af tilfældene for markobservationen og i Vissim simuleringerne. Der er ligeledes foretaget en DanKap beregning af krydset med de observerede trafikmængder. Angivelserne i parentes i tabellen er det maksimale antal køretøjer i en kø, der er observeret i marken. Denne er anført i de tilfælde, hvor den bagerste del af en kø ikke kunne observeres, eller hvor et svingspor har været fuldt belagt.

I beregningerne af 5 % kølængderne er der kun medtaget det antal køretøjer, der kunne registreres i markobservationerne. Således er tallet i parentes det maksimale antal køretøjer, der er registreret i en kø som strækker sig ud af billedet i videoregistreringen, eller det maksimale antal køretøjer i en svingbane. Er der ikke anført et tal, betyder det, at den længste kø kunne registreres af videomaterialet.

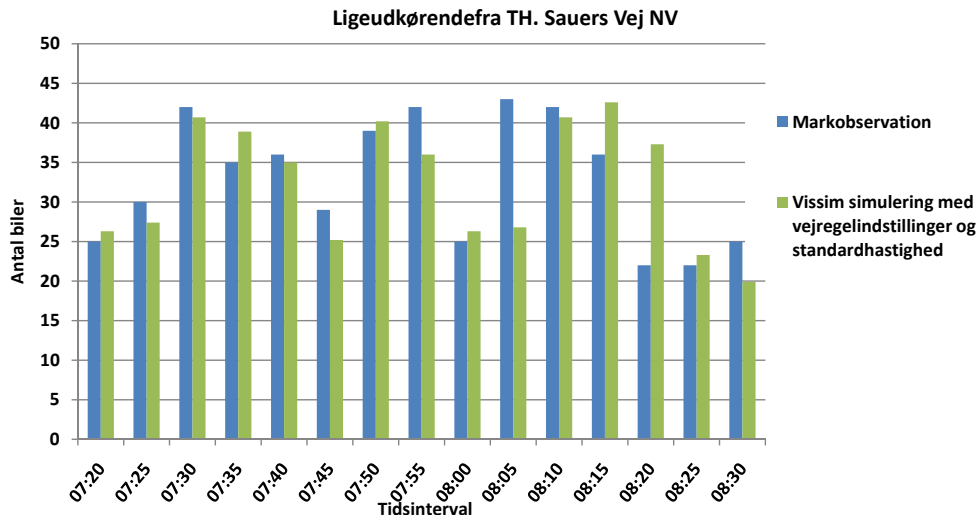
Det udgør en fejlkilde i beregningen, at det ikke har været muligt at observere den fulde udstrækning af kølængderne. Det vurderes dog, at eftersom denne afgrænsning er foretaget både i Vissim og i markobservationerne, bør det resultere i de samme kølængder, hvis trafikken afvikles ens.

I simuleringen med vejregelindstillingerne forekommer der både afvigelser i trafikmængderne og i kølængderne i forhold til markobservationerne. Dette skyldes muligvis, at hastighedsfordelingerne, der stammer fra virkelige målinger, ikke er anvendelige. Grunden til at hastighedsfordelinger fra den virkelige trafikafvikling resulterer i forkerte resultater er, at der i Vissim ikke kan overhales på 2 sporet strækninger. Der er ikke en funktion, der tillader at passere køretøjer, der kører unaturligt langsomt. Dermed opstår denne ophobning af køretøjerne, der giver en forkert ankomstfordeling mod krydset.

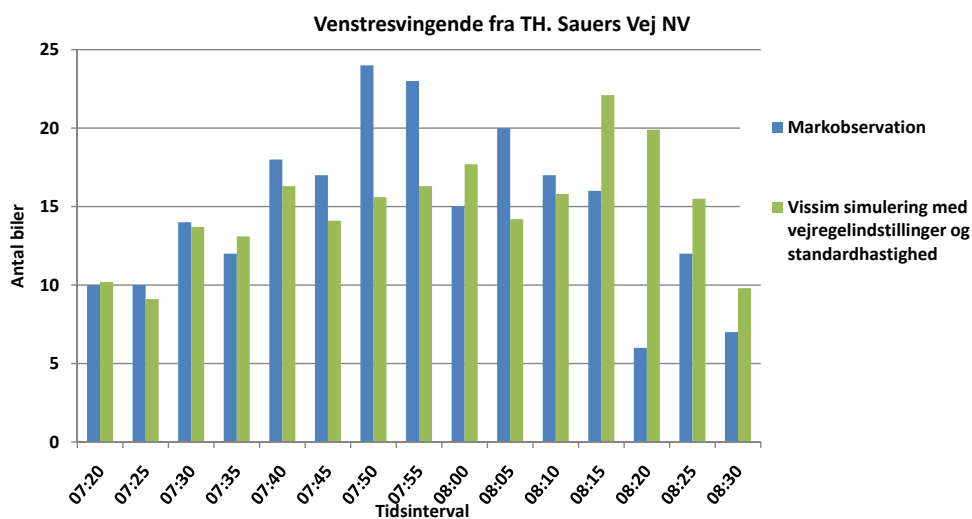
For at klarlægge hvorvidt hastighedsfordelingen er årsagen til den forkerte trafikafvikling i krydsets nordvestlige ben, foretages en simulering med indstillingerne fra vejregelforslaget kombineret med standard hastighedsfordelingen fra Vissim. Disse fordelinger gav de korrekte trafikmængder i de indledende simuleringer. Det vurderes derfor, at der i simuleringen vil ankomme den rette mængde trafik til krydset i forhold til markobservationerne. Det vil derfor være muligt at undersøge, hvorledes vejregelforslagets indstillinger simulerer de venstresvingende fra nordvest.

Kapitel 7. Simulering af virkelig trafikafvikling

I figur 7.8 ses trafikmængderne der afvikles i ligeudsporet fra nordvest, og i figur 7.9 er trafikmængden afviklet i venstresvingssporet angivet.



Figur 7.8: Afviklede trafikmængder i ligeudsporet ved simulering med vejregelforslagets indstillinger, hvor hastighedsfordelingerne er ændret til standardindstillinger.



Figur 7.9: Trafikmængderne der afvikles i venstresvingssporet i simuleringen med vejregelforslagets indstillinger suppleret med hastighedsfordelingerne fra Vissim standardindstillinger.

Som det ses, er der stadig problemer med trafikafviklingen fra det nordvestlige ben i krydset. Problemet med trafikafviklingen kan derfor ikke alene tilskrives, at hastighedsfordelingerne fra målinger på danske strækninger skaber en unaturlig trafikafvikling i simuleringen. Bestemmes kølængderne i Vissim simuleringen, fås værdierne i tabellen nedenfor. Værdierne viser, at der med anvendelse af standardhastighederne i simuleringen, ikke opnås kortere kølængder i venstresvingssporet fra Th. Sauers Vej nordvest. Ændringen i hastighedsindstillingen og dermed ankomstfordelingen til krydset

7.3. Sammenligning af afviklet trafik og observerede kølængder

resulterer dog i ændret kølængder i de resterende spor i krydset, men ikke ændringer der giver store afvigelser fra markobservationerne.

		Mark observation	Vejregelindstillinger med standard hastighedsfordeling
Sohngårds- holmsvej N	Venstre	8	8
	Ligeud	5	6
	Højre	9	7
Th. Sauers Vej SØ	Venstre	4	3
	Ligeud	10	10
	Højre	6	7
Sohngårds- holmsvej S	Venstre	4	5
	Ligeud	6	5
	Højre	4	4
Th. Sauers Vej NV	Venstre	10	22
	Ligeud	12	12
	Højre	3	3

Tabel 7.3: 5 % kølængderne i krydset fra simulering med vejregelforslagets indstillinger suppleret med standard hastighedsfordelingerne.

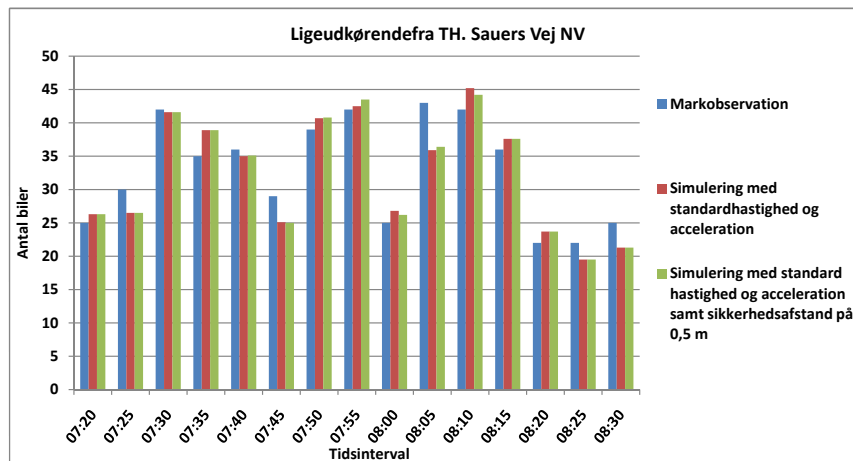
Da der stadig er stor forskel mellem simulering og markobservationer i det betragtede venstresvingsspor, vurderes det, at vejreglens indstillinger for de venstresvingende ikke er tilpasset til at kunne afvikle trafikken tilfredsstillende. I tabel 7.2 kunne det ses, at simuleringen med standardindstillingerne gav kølængder, der svarede bedre til markobservationerne. Grunden til at disse indstillinger gav kortere kølængder, hænger givetvis sammen med de højere accelerationsværdier og de kortere sikkerhedsafstande imellem køretøjerne i svingbanen.

Desuden er der stor forskel i indstillingerne for de ligeudkørende imellem de to simuleringer, hvilket tidligere har vist at have stor effekt på passagetiderne. Dermed vil trafikken i ligeudsporet fra Th. Sauers Vej sydøst afvikles langsommere i simuleringen med vejregelforslagets indstillinger. Denne langsommere trafikafvikling resulterer i, at de venstresvingende, der har vigepligt, vil have mindre grøntid til rådighed, hvori der er frit til passage.

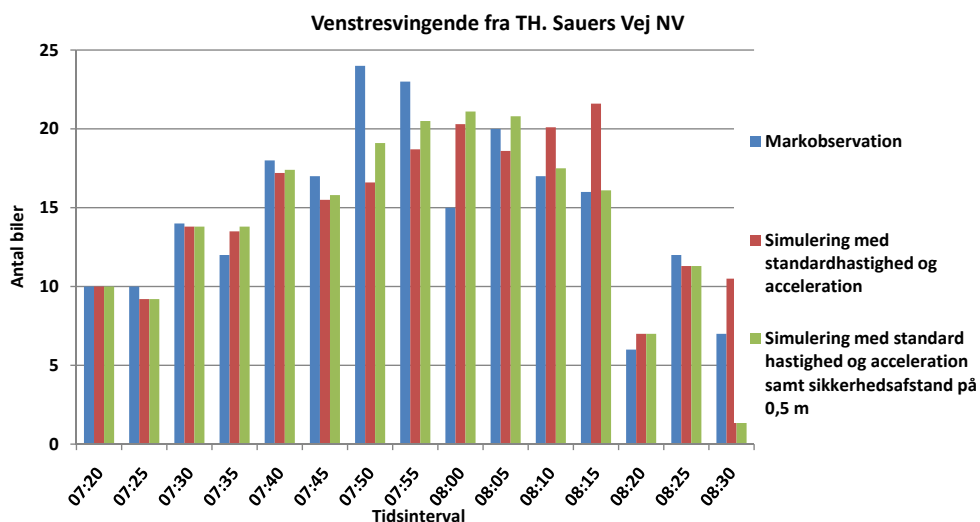
Eftersom det tidligere blev vist, at passagetiderne for de ligeudkørende er ens imellem simulering med vejregelforslagets indstillinger og markobservationerne, er det ikke i denne strøm, der bør foretages tilpasninger i simuleringen. Det må derimod være de venstresvingende, der skal indstilles til at køre mere aggressivt og bedre udnytte de gaps, der er til rådighed.

En mulighed for at opnå ovenstående, at øge accelerationsværdien for de venstresvingende. Der er foretaget to simuleringer med indstillinger, der giver mere aggressive venstresvingende. En simulering hvor vejregelindstillingerne er anvendt kombineret med acceleration fra standardindstillingerne. Denne acceleration er noget højere end målingerne fra Trafitec angiver og bør resultere i, at Vissim køretøjerne kan udnytte mindre gaps i den modkørende trafikstrøm. Der er ligeledes foretaget simulering med de netop opgivne indstillinger, hvor sikkerhedsafstanden ligeledes er reduceret i venstresving-

sporet. Resultaterne af de to simuleringer sammenlignet med markobservationerne kan ses af figurene nedenfor.



Figur 7.10: Afviklede trafikmængder i ligeudsporet ved simulering med vejregelforslagets indstillinger, hvor hastighedsfordelingerne er ændret til standardindstillinger og sikkerhedsafstanden er reduceret til 0,5 meter.



Figur 7.11: Trafikmængderne der afvikles over stopstregen i simuleringen med vejregelforslagets indstillinger suppleret med hastighedsfordelingerne fra Vissim standardindstillinger og en sikkerhedsafstand på 0,5 meter.

7.4. Opsamling på virkelig trafikafvikling i Vissim

		Mark- observation	Vejregelindstillinger med standard hastigheds- og accelerationsfordeling	Vejregelindstillinger med standard hastighed og acceleration samt sikker- hedsafstand på 0,5 meter
Sohngårds- holmsvej N	Venstre	8	8	8
	Ligeud	5	6	6
	Højre	9	7	7
Th. Sauers Vej SØ	Venstre	4	3	3
	Ligeud	10	10	10
	Højre	6	7	7
Sohngårds- holmsvej S	Venstre	4	5	5
	Ligeud	6	5	5
	Højre	4	4	4
Th. Sauers Vej NV	Venstre	10	18	11
	Ligeud	12	12	12
	Højre	3	3	3

Tabel 7.4: 5 % kølængderne i krydset fra simulering med vejregelforslagets indstillinger suppleret med standard hastigheds- og accelerationsfordelingerne.

Som det kan ses, har det ikke den ønskede effekt kun at ændre accelerationsindstillingerne i venstresvingssporet. Der afvikles stadig ikke den korrekte mængde trafik, og 5 % kølængderne er på 18 køretøjer. Dette er lavere end simulering med vejregelforslagets indstillinger, men stadig noget længere, end hvad der er observeret i marken. Den reducerede kølængde i venstresvingssporet har dog medført, at der er god sammenhæng i trafikafviklingen i ligeudsporet imellem simuleringer og markobservationer.

I simuleringen, hvor der ligeledes reduceres i sikkerhedsafstanden i svingbanen, er reduktionen sat til 80 % imod vejregelforslagets 40 %. Dermed er sikkerhedsafstanden på cirka 0,5 meter i svingbanen, hvilket vurderes at være for lille sikkerhedsafstand i forhold til den sikkerhedsafstand, der holdes i en virkelig kø. Resultatet af simuleringen, i form af afviklet trafik og kølængde i sporet, er bedre end hvis sikkerhedsafstanden ikke reduceres. Der er dog fortsat ikke den korrekte trafikafvikling, og kølængderne er lidt længere end det observerede. Det må derfor vurderes, at Vissim, selv med meget aggressive indstillinger for adfærden af de venstresvingende, ikke kan afvikle den trafik, som observeret i marken.

7.4 Opsamling på virkelig trafikafvikling i Vissim

Grunden til at det, selv med de testede indstillinger, ikke er muligt at simulere virkelighedens trafikafvikling i krydset Th. Sauers Vej - Sohngårdsholmsvej, må tilskrives, at Vissim gør, som det er indstillet til. Trafikanterne i venstresvingssporet overholder dermed den vigepligt, der er indstillet. Dette resulterer i, at der holdes tilbage for modkørende, selv efter disse har fået gult og til dels også rødt. Da vigepligten er indstillet efter gap-time, beregner programmet, at det modkørende køretøj kan ankomme til konfliktområdet selv efter, at køretøjet har fået rødt lys. Først i det simuleringssekund hvor den modkørende har foretaget en kraftig hastighedsreduktion, eller helt standset for rødt, sættes der igang fra vigelinien.

De venstresvingende i markobservationerne vurderes ofte at sætte igang inden dette, da de forudser, hvorvidt den modkørende standser. Der er altså tale om, at Vissim ikke kan simulere den virkelige adfærd. I den virkelige situation giver elementer som intuition og erfaring trafikanterne mulighed for at tage nogle valg, der ikke bliver foretaget igennem formelberegninger. Denne adfærd resulterer i, at der afvikles 1-2 køretøjer mindre per omløb i simuleringen i forhold til den virkelige trafikafvikling.

Som det kan ses af kølængderne i de resterende ben i krydset, er dette kun et problem i det behandlede venstresving. Dette skyldes givet, at der er en stor trafikintensitet både af venstresvingende og modkørende trafikstrøm. I de resterende ben i krydset bliver den opbyggede kø afviklet i det enkelte omløb, og er dette ikke tilfældet, vil det ske i næste omløb. Da trafikintensiteten er så høj i venstresvingssporet over en større del af simuleringen, vil køen vokse fra omløb til omløb, indtil trafikintensiteten falder i slutningen af simuleringsperioden.

Det må ud fra simuleringerne, der er sammenlignet med markobservationerne, konstateres, at Vissim ikke kan simulere trafikken tilfredsstillende. Simuleringen med standardindstillingerne resulterede i de rigtige resultater, hvilket dog skyldes, at indstillingerne genererer lave passagetider, der giver bedre trafikafvikling i krydset. Simuleringen med vejregelforslaget indstillinger resulterede derimod i en meget dårlig trafikafvikling, også dårligere end den observerede. Dette kan dels tilskrives de anvendte hastighedsfordelinger, der giver forkerte ankomstfordelinger til krydset, dels at trafikanterne i det undersøgte venstresvingsspor ikke agerer som i den virkelige trafikafvikling. Det skal dertil bemærkes, at indstillingerne for vigepligt i Vissim er indstillet efter vejregelforslagets indstillinger, men fortsat kan være udformet fejlagtigt i opbygningen. Dette er dog ikke vurderingen ud fra visuel kontrol af de enkelte simuleringer.

Igennem flere simuleringsforsøg med højere hastigheder og større aggresivitet af trafikanterne, er det stadig ikke muligt at afvikle tilsvarende trafikmængder som i markobservationerne. Det er deraf heller ikke muligt at registrere de samme kølængder, som der er registreret i virkeligheden. Det vurderes derfor ikke at være muligt at afvikle trafikken i Vissim, sådan som det er observeret i marken.

Ud fra resultaterne af de enkelte simuleringer må det konstateres, at Vissim ikke simulerer virkeligheden tilfredsstillende, når der er tale om trafikintensiteter tæt på kapacitetsgrænsen. I trafikstrømmende i krydset, hvor der er observeret en god trafikafvikling, er dette også resultatet i Vissim. Trafikken fra det nordvestlige ben, hvor der forekommer en stor del venstresvingende, simuleres derimod ikke korrekt, da trafikmængder og kølængder ikke svarer til markobservationerne.

Dermed vil beslutninger om, hvorledes et kryds, såsom det observerede, skal udformes blive foretaget på et forkert grundlag. Ofte er Vissim dog ikke det eneste beslutningsgrundlag, men der vil stadig kunne blive foretaget fejlskøn og fejlprojekteringer, hvis simuleringerne antages at vise den virkelige trafikafvikling. Der skal dertil nævnes, at simuleringen med standardindstillingerne resulterede i de mest tilfredsstillende målinger, hvor kølængderne dog generelt var lidt for lave. Det vurderes imidlertid,

7.4. Opsamling på virkelig trafikafvikling i Vissim

at disse indstillinger ikke afspejler dansk adfærd, hvilket det også tidligere er vist i målingerne på passagetider for ligeudkørende.

8

KAPITEL

KONKLUSION

Udgangspunktet for nærværende rapport har været at teste, hvorvidt Vissim er i stand til at simulere danske forhold og dansk trafikantadfærd. Der er taget udgangspunkt i et vejregelforslag for anvendelse af mikrosimuleringer, der angiver forslag til, hvorledes særligt Vissim skal indstilles. Parameterindstillingerne der er foreslået, er fundet ud fra danske undersøgelser og erfaringer fra brugere af programmet.

Igennem test på forskellige parameterindstillinger i Vissim er der fundet god sammenhæng imellem det af brugeren angivne input, og det der simuleres i Vissim. Således er det fundet, at hastighedsfordelinger, der indsættes af brugeren, også er den resulterende hastighedsfordeling i programmet. Det er derimod samtidig fundet, at målinger af hastighederne på virkelige trafikanter ikke er anvendelige i programmet. Dette skyldes, at der, når der forekommer hastighedsfordelinger med lave hastigheder, vil dannes en unaturlig trafikafvikling i Vissim. Problemet er i nærværende rapport alene undersøgt på strækninger med et spor i hver retning, hvorved der ikke er mulighed for overhaling i programmet. Dermed vil køretøjer tilskrevet hastigheder fra den lave ende af fordelingen skabe store kødannelser og give forkerte ankomstfordelinger til signalanlæg. Ligeledes resulterer kødannelsen i unaturligt langsomme gennemsnitshastigheder, hvilket vil resultere i, at eventuelle samordninger af signalanlæg udføres forkert. Hastighedsfordelingen fra vejregelforslaget ved en hastighedsbegrænsning på 50 km/t og den tilsvarende for 60 km/t udarbejdet i denne rapport, bør derfor ikke anvendes til simulering af trafikken, hvor der kun forekommer et kørespor i hver retning. Hastighedsfordelingerne er ikke testet på strækninger med to eller flere kørespor, hvor det er muligt, at de kan anvendes.

Igennem simulering med vejregelforslaget indstillinger, er der fundet god sammenhæng imellem passagetider i Vissim og passagetider målt ved virkelige trafikafviklinger. Målingerne er foretaget for ligeudkørende, hvor det er fundet, at der ved anvendelse af standardindstillingerne i Vissim opnåes, en for lav passagetid. Dermed resulterer simulering med disse indstillinger i, at kapaciteten af ligeudsporet overestimeres ud fra simuleringen. Dette er også tilfældet, hvis der anvendes DanKap værdierne for passagetid til en kapacitetsberegning. Indstillingerne der dermed vurderes at give korrekte passagetider, er indstillingerne for car-following og acceleration i signalanlæg.

Det er dog igennem test af passagetiderne fundet, at Vissim genererer de korrekte passagetider, men at der er en noget mindre spredning af disse end i markobservationerne. Dermed simuleres det menneskelige aspekt i en køafvikling ikke i Vissim, og der vil blive afviklet det samme antal køretøjer i en given tidsperiode, hver gang Vissim simulerer denne. Derimod vil der i den virkelige trafikafvikling forekomme udsving og uopmærksomme bilister, der resulterer i, at trafikken ikke afvikles ens for hvert omløb. Vissim vurderes dog at simulere køafviklingen korrekt i ligeudsporet, og resultater fra simuleringen i form af tilbagestuvning og blokering af svingspor kan bestemmes ud fra simuleringer med vejregelforslagets indstillinger.

Ved simulering af krydset Th. Sauers Vej - Sohngårdsholmsvej er parameterindstillingerne i vejregelforslaget testet på baggrund af en virkelig trafikafvikling. Igennem denne simulering er det fundet, at anvendelsen af hastighedsfordelingerne, der er udarbejdet fra hastighedsmålinger på danske veje, resulterer i en forkert trafikafvikling. Kødannelse og den deraf unaturlige ankomstfordeling til krydset medfører, at kødannelse og den afviklede trafikmængde i krydset afviger en del fra det observerede.

Derimod giver simulering med vejregelforslagets indstillinger suppleret med hastighedsfordelingerne fra Vissim standardindstillinger resultater, der er sammenlignelige med den observerede virkelighed. Dette er dog fundet kun at være tilfældet i situationer med trafikbelastninger, der ligger noget under kapacitetsgrænsen. I krydsets nordvestlige tilfart forekommer der en høj belastningsgrad, især i venstresvingssporet, hvilket resulterer i store afviklingsproblemer i Vissim. Ved anvendelse af vejregelforslagets indstilling i simuleringen, opstår der store køproblemer, og der sker tilbageblokering til ligeudsporet. Dette hænger ikke sammen med observationerne foretaget af svingbanen, og det er derfor undersøgt, hvilke parameterindstillinger der kan simulere en virkelighedstro trafikafvikling. Igennem simulering først med accelerationsindstillingerne ændret til standardindstilling og siden suppleret med en reduktion i sikkerhedsafstanden til 0,5 meter i svingsporet, er det fundet, at Vissim ikke er i stand til at simulere trafikafviklingen korrekt. Ændringerne i parameterindstillingerne svarer til, at trafikanterne skal agere meget aggressivt for at afspejle simuleringen. Dette anses ikke for at være troværdigt.

Det er igennem simuleringerne observeret at en mulig grund til, at trafikken ikke afvikles korrekt ved høj trafikintensitet er, at trafikanterne i en virkelig trafikafvikling foretager vurderinger af medtrafikanternes adfærd. Ved forudsigelse af de modkørende adfærd, når der lukkes ned for denne strøm i signalprogrammet, er de virkelige trafikanter i stand til at udnytte en større del af omløbstiden til at rømme sporet. Dermed afvikles der flere køretøjer, end Vissim kan simulere, når indstillingerne for vi-gepligt skal overholdes. Disse indstillinger medfører, at der først sættes igang, når de modkørende næsten når til fuldt stop for rødt.

9

KAPITEL

PERSPEKTIVERING

Hastighedsfordelingerne udarbejdet fra virkelige hastighedsmålinger er i nærværende rapport fundet ikke at kunne anvendes i simulering af virkelig trafikafvikling. Der bør derfor udarbejdes hastighedsfordelinger til Vissim, der afspejler danske hastigheder bedre. Der vil her være tale om, at disse hastighedsfordelinger skal resultere i den rigtige gennemsnitshastighed og dermed den korrekte rejsehastighed på strækningerne i simuleringen. Disse hastighedsfordelinger vil givet ikke afspejle spredningen i den virkelige hastighedsfordeling, men vil derimod give en bedre simulering, der gengiver den gennemsnitlige adfærd fra virkeligheden, der simuleres.

Hastighedsfordelingerne bør udarbejdes for forskellige vejudformninger og selvsagt ved forskellige hastighedsbegrænsninger. Det vil deraf være muligt for brugeren at finde den hastighedsfordeling, der vurderes at være bedst tilpasset til situationen, der skal simuleres. Eftersom der givetvis vil være variation i den resulterende hastighed i Vissim, i forhold til trafikafviklingen, bør det ligeledes angives, hvilken gennemsnitshastighed den enkelte fordeling giver ved forskellige trafikintensiteter.

I nærværende rapport er der fundet store problemer med at afvikle venstresvingende trafik i simulering af et signalanlæg i forhold til den virkelige trafikafvikling. Det vurderes derfor, at det kan være anvendeligt at udarbejde retningslinier for, hvorledes vigepligt og signalanlæg udføres bedst i Vissim. Hvad angår vigepligtsindstillingerne i Vissim, angives det i vejregelforslaget, at disse kan variere fra situation til situation. Det vurderes dog, at dette også kan være tilfældet fra bruger til bruger, og at der derfor bør udarbejdes retningslinier for udformning af vigepligter i Vissim. Disse retningslinier kan angiveligvis suppleres med vejledende indstillinger til gap-time og headway ved forskellige vejudformninger. Der kan dermed opnås en form for homogenitet i, hvorledes simuleringer opbygges, så resultaterne af en Vissim simulering i mindre grad afhænger af modelbyggeren og mere af, hvordan den virkelige verden er udformet.

Endelig skal det foreslås, at vejregelforslaget suppleres med et afsnit med gode råd til, hvorledes specifikke situationer kan løses i Vissim. I nærværende rapport er det eksempelvis beskrevet, at køretøjerne i et venstresvingsspor ikke udnytter grøntiden kor-

rekt ved eftergrøn. Der kunne være brugere, enten i vejregelgruppen eller andre, der kender mulige løsninger på dette problem. Denne erfaringsopsamling kunne eventuelt også samles i et brugerforum oprettet af vejregelrådet. Dette forefindes allerede administreret af PTV i blandt andet Tyskland og USA, hvor emnerne dels omhandler udformning af modeller, men også hvordan parameterindstillingerne tilpasses henholdsvis tysk og amerikansk adfærd. En sådan erfaringsopsamling vil givet resultere i, at de respektive Vissim brugere får flere og bredere kompetencer, og at Vissim simulationerne dermed bliver udført så korrekt og ens som muligt.

LITTERATUR

- Aalborg Kommune (2010). Elektronisk signalarkiv for Aalborg Kommune. <http://www.aalborg-trafikinfo.dk/signalanlaeg/signalarkiv.asp>. Set d. 4. maj 2010.
- Alexiadis, V., Jeannotte, K., Chandra, A., & Skabardonis, A. (2004). *Traffic Analysis Toolbox Volume II : Decision Support Methodology for Selecting Traffic Analysis Tools*. Number July. Federal Highway Administration.
- Clausen, N. U. (2010). *Uddybning af trafikteknisk notat vedr. signalanlæg i krydset Th. Sauers Vej - Sohngårdsholmsvej*. Trafik og Veje ved Aalborg Kommune.
- DTU (2009). Model Center. <http://www.trm.dk/sw53682.asp>. Set d. 10. marts 2010.
- Greibe, P. (2009). *Accelations- og decelerationsværdier for personbiler*. Trafitec.
- Jensen, M. (2010). *Information vedr. driftsstatus af busprioritering i signalanlæg i krydset Th. Sauers Vej - Sohngårdsholmsvej*. Sundhed og Bæredygtig Udvikling ved Aalborg Kommune.
- Justitsministeriet (2007). Bekendtgørelse af færdselsloven. <http://kortlink.dk/retsinfomation/7mby>. Set d. 12. marts 2010.
- Lahrman, H., Agerholm, N., Tradisauskas, N., Juhl, J., & Harms, L. (2007). Spar på farten - et forsøg med Intelligent Farttilpasning baseret på incitament (forsikringsrabat). <http://www.trafikdage.dk/td/papers/papers07/tdpaper27.pdf>. Set d. 28. april 2010.
- Lahrman, H. & Leleur, S. (1994). *Vejtrafik - Trafikteknisk & Trafikplanlægning*, Volume ISBN: 87-5. Polyteknisk Forlag.
- Larsen, T. & Filges, D. (1996). *Landstrafikmodel for persontrafik i Danmark*. Aalborg Universitet.
- Madsen, J. C. O. (2006). *Forelæsninger i Trafikteknisk*. Byggeri og anlæg, 3. semester. Aalborg Universitet.
- Madsen, J. C. O. (2008). *Forelæsninger i Trafikmodeller*. Vej- og trafikteknisk, 7. semester. Aalborg Universitet.
- Myrup, H. (2010). *Udlevering af trafiktællinger for Aalborg kommune*. Trafik og Veje, Aalborg Kommune.
- PTV (2004). *VISSIM Overview*. PTV AG.
- PTV (2007). *VAP 2.16 Interface User Manual*. Planung Transport Verkehr AG.
- PTV (2008). *VISSIM 5.10 User Manual*. Planung Transport Verkehr AG.
- PTV (2010). Trafikmodellering.

Litteratur

- Sund & bælt (2009). Bil nr. 100 million over Storebæltsbroen. <http://kortlink.dk/sundogbaelt/7mc3>. Set d. 10. marts 2010.
- Thomsen, L. (2010). *Udleveret rapporter vedr. busprioritering i krydset Th. Sauers Vej - Sohngårdsholmsvej*. Nordjyllands Trafikselskab.
- Vejdirektoratet (1970). *Projekteringsregler for motorveje, bind 1*. Vejdirektoratet.
- Vejdirektoratet (2006). *Trafiktællinger - Planlægning, udførelse og efterbehandling*. Vejdirektoratet.
- Vejregelrådet (2005). *Toplanskryds*. Vejdirektoratet.
- Vejregelrådet (2008). *Kapacitet og serviceniveau*. Vejdirektoratet.
- Vejregelrådet (2010). *Anvendelse af mikrosimuleringsmodeller - Vejregelforslag (11. udkast)*. Vejdirektoratet.