Fodgængersimulering

i signalregulerede kryds i Vissim

Kandidatspeciale 2014
Line Degn Andersen & Morten Andersen
Vej- og trafikteknik
Aalborg Universitet
Institut for Byggeri og Anlæg

Det Teknisk-Naturvidenskabelige Fakultet
Institut for Byggeri og Anlæg
Sohngårdsholmsvej 57
9000 Aalborg
Telefon 9940 8375
http://www.trafik.aau.dk/

Titel: Fodgængersimulering i signalregulerede kryds i Vissim

Title: Pedestrian simulation in signalised intersections in Vissim

Projektperiode:
Afgangsprojekt
Februar 2014 - Juni 2014

Udarbejdet af:

Line Degn Andersen

Morten Andersen

Vejleder:
Jonas Hammershøj Olesen

- Oplagstal: 4
- Sidetal: 90
- Bilagsantal: 4 + CD-bilag
- Afsluttet den: 10.06.2014

Synopsis:

Trafiksimuleringer i Vissim er blevet et ofte anvendt værktøj i trafikplanlægningen, særligt til at vurdere konsekvenserne af fremtidige ændringer. Disse simuleringer har derfor ofte stor betydning for den politiske beslutningsproces. Hidtil har fokus primært været på at sikre, at biltrafikken simuleres korrekt, men i de seneste år har der været øget fokus på simulering af bløde trafikanter.

Dette projekt har to formål, hvoraf det ene er at bestemme, hvilken betydning simulering af fodgængere har for kapaciteten i et signalreguleret kryds. Det andet er at fastlægge, hvilken betydning anvendelse af fodgængermodulet Viswalk har for simulering af fodgængere i signalregulerede kryds. Til at undersøge dette udvælges to kryds med forskellige mængder fodgængere og biltrafik.

Det konstateres, at hvis der ligesom i krydset Vesterbro/Urbansgade er meget svingende trafik og mange fodgængere, har fodgængere stor betydning for kapaciteten i krydset. Hvis der derimod er en mindre mængde svingende trafik og færre fodgængere, har fodgængere kun en mindre betydning for kapaciteten (baseret på Dannebrogsgade/Kastetvej).
Resultaterne af dette projekt viser desuden, at anvendelse af fodgængermodulet, Viswalk kun har en lille betydning for kapaciteten i begge kryds, selvom der er tale om to kryds med meget forskellige mængder fodgængere og biltrafik.

Rapportens indhold er frit tilgængeligt. Citation fra rapporten må kun ske med kildeangivelse.

FORORD

Dette afgangsprojekt er udarbejdet på 10. semester på uddannelsen i vej- og trafikteknik ved Aalborg Universitet. Det overordnede emne for projektet er simulering af fodgængere i signalregulerede kryds i Vissim. Projektet er påbegyndt d. 1. februar 2014 og afsluttet d. 10. juni 2014. Der rettes tak til Jonas Hammershøj Olesen, som har været vejleder på projektet, samt Brian Jeppesen og Rolf Sode-Carlsen fra Rambøll Århus for vejledning i Vissim og Anne Christine Vingaard Olesen for sparring til de statistiske undersøgelser.
Der rettes desuden en tak til PTV Group, Karlsruhe, Tyskland for udlevering af licenser til Vissim og Viswalk til brug i projektet.

Læsevejledning
Der vil igennem rapporten forekomme kildehenvisninger, som er samlet i en kildeliste bagerst i rapporten. Der anvendes i rapporten kildehenvisninger efter Harvardmetoden, hvor kilderne angives med efternavn og årstal på følgende måde: [Efternavn, År]. Såfremt der forekommer to forfattere på en kilde anvises dette med [Efternavn 1 og Efternavn 2, År]. Kilder med flere forfattere end to anvises som følgende: [Efternavn 1 et al., År]. Disse henviser til litteraturlisten, hvor bøger er angivet med forfatter, titel, udgave, forlag og udgivelsesår, mens internetsider er angivet efter forfatter, titel, internetkilde, årstal for revision samt dato for download.

Kildehenvisninger, der er placeret før et punktum, henviser til kilden for den aktuelle sætning, hvorimod kildehenvisning efter punktum er til hele afsnittet. Ved henvisninger til kilder på figurer, billeder, tabeller og lignende opstilles henvisningen efter eller under figurens forklarende tekst. Såfremt dette ikke er påført, er figuren udarbejdet af projektgruppen selv.

Figurer og tabeller er nummereret i henhold til det aktuelle kapitel, dvs. den første figur i kapitel 3 har nummer 3.1, den anden, nummer 3.2 osv. Kildehenvisninger til figurer vil forekomme i billedteksten efter samme metode som beskrevet ovenfor.

CD-bilag er vedlagt bagerst i rapporten. På CD-bilaget findes data, modeller og beregninger, som ikke kan indgå i den fysiske rapport.

ABSTRACT

For several years simulation of traffic has been a popular tool to predict consequences of future changes in the road network. In Denmark Vissim is the most commonly used program for this. Vissim is frequently used to visualize future changes in the road network, and these visualizations are an important part of the political decision-making. Until recently the focus has primarily been on making sure that motorized vehicles are simulated correctly, but now focus has increased on being able to simulate other transportation forms as well.

This report aims to determine how involving pedestrians in simulations in Vissim influences the description of the capacity of a signalized intersection. The report also seeks to answer how the use of the new pedestrian module, Viswalk, in Vissim affects the description of the capacity of a signalized intersection.

This is done by selecting two intersections with different amounts of pedestrians and vehicle traffic and creating three different scenarios for each intersection. The first intersection chosen is the intersection between Dannebrogsgade and Kasetvej in Aalborg which has a fairly normal amount of pedestrians and vehicles. The second intersection is the intersection between Vesterbro and Urbansgade in Aalborg, which has a high volume of both pedestrians and vehicles making left or right turns. For each intersection video cameras have been placed to film the traffic in the intersection in order to do a count of vehicles, pedestrians and cyclist, and also to be able to build two separate models for the intersections in Vissim. After this, three scenarios are made for both intersections:

- **Scenario 1**: A simulation of the intersection without any pedestrians.
- **Scenario 2**: A simulation of the intersection with pedestrians but without the use of Viswalk.
- **Scenario 3**: A simulation of the intersection with pedestrians and with the use of Viswalk.

It is important to point out that the model for each intersection is exactly the same in all scenarios apart from the way pedestrians are simulated. To compare these three scenarios, data for travel times for all possible routes and queue lengths at every stop mark are collected in Vissim for each intersection. These are then compared and statistical tests are performed to determine whether there is a statistically significant difference between the medians of the travel times (data are not normally distributed) for the three scenarios.

The conclusion is that it does influence the capacity of the intersections whether pedestrians are included or not. The difference is smallest in Dannebrogsgade/Kastetvej where travel times in average are 10% lower if pedestrians are not included. The biggest difference is in Vesterbro/Urbansgade where travel times in average are 27% lower if pedestrians are not included and on some routes the difference is as high as 56%. This means that including pedestrians in intersections with a high volume of pedestrians combined with a large amount of vehicles making left or right turns makes a big difference.

The other conclusion is that it does not influence the capacity of the intersection whether Viswalk is used to simulate pedestrians or not. The travel times differ only 3% in average in Dannebrogsgade/Kastetvej and 6% in Vesterbro/Urbansgade. This means that regardless of the amount of pedestrians and vehicles in these two intersections, there is no remarkable difference in travel times between simulating pedestrians with or without Viswalk.

INDHOLDSFORTEGNELSE

Kapitel 1 Indledning **1**
1.1 Trafikmodeller og -simulering . . . 2
1.2 Vissim . . . 2
1.3 Problembeskrivelse . . . 3
1.3.1 Problemformulering . . . 5

Kapitel 2 Metode **7**
2.1 Valg af projektlokaliteter . . . 7
2.2 Dataindsamling . . . 8
2.3 Opstilling af scenarier . . . 8

Kapitel 3 Baggrund **9**
3.1 Kapacitet i signalregulerede kryds . . . 9
3.2 Signalregulerede kryds og fodgængere . . . 9
3.3 Vissim . . . 11
3.4 Simulering af fodgængertrafik . . . 12
3.4.1 No interaction . . . 13
3.4.2 Wiedemann . . . 13
3.4.3 The Social Force Model . . . 13

Kapitel 4 Beskrivelse af projektlokalitet **15**
4.1 Dannebrogsgade/Kastetvej . . . 16
4.1.1 Krydsets omkringliggende vejnet og omgivelser . . . 16
4.1.2 Trafikmængder i krydset . . . 17
4.1.3 Krydsets udformning . . . 18
4.2 Vesterbro/Urbansgade . . . 19
4.2.1 Trafikmængder i krydset . . . 20
4.2.2 Krydsets udformning . . . 21

Kapitel 5 Dataindsamling og -behandling **23**
5.1 Dataindsamling . . . 23
5.1.1 Dannebrogsgade/Kastetvej . . . 24
5.1.2 Vesterbro/Urbansgade . . . 26
5.2 Databehandling . . . 26
5.2.1 Trafikantgrupper . . . 27

Kapitel 6 Praktiske forudsætninger **31**
6.1 Dannebrogsgade/Kastetvej . . . 31
6.1.1 Simuleringsperiode . . . 31
6.1.2 Trafikmængder . . . 33
6.1.3 Signalgruppeplan . . . 35
6.2 Vesterbro/Urbansgade . . . 36
6.2.1 Simuleringsperiode . . . 36

6.2.2 Trafikmængder . . . 37
6.2.3 Signalgruppeplan . . . 39
6.3 Hastigheder . . . 41
6.3.1 Biler og busser . . . 42
6.3.2 Cykler . . . 42
6.3.3 Ganghastigheder . . . 43

Kapitel 7 Tekniske forudsætninger **49**
7.1 Varighed af simuleringerne . . . 49
7.2 Stokastisk model . . . 50
7.3 Kørselsadfærd . . . 51
7.4 Vigepligter . . . 51
7.5 Reduceret hastighed . . . 52
7.6 Acceleration og deceleration . . . 53

Kapitel 8 Kalibrering **55**
8.1 Dannebrogsgade/Kastetvej . . . 56
8.2 Vesterbro/Urbansgade . . . 57

Kapitel 9 Metode til opgørelse af Vissim-output **59**
9.1 Dannebrogsgade/Kastetvej . . . 60
9.2 Vesterbro/Urbansgade . . . 63

Kapitel 10 Vissim-output **65**
10.1 Scenarier . . . 65
10.2 Dannebrogsgade/Kastetvej . . . 66
10.2.1 Scenarie 1 . . . 66
10.2.2 Scenarie 2 . . . 68
10.2.3 Scenarie 3 . . . 69
10.3 Vesterbro/Urbansgade . . . 70
10.3.1 Scenarie 1 . . . 70
10.3.2 Scenarie 2 . . . 71
10.3.3 Scenarie 3 . . . 73

Kapitel 11 Resultater **75**
11.1 Dannebrogsgade/Kastetvej . . . 76
11.1.1 Rejsetider . . . 76
11.1.2 Kølængder . . . 78
11.2 Vesterbro/Urbansgade . . . 79
11.2.1 Rejsetider . . . 79
11.2.2 Kølængder . . . 82

Kapitel 12 Diskussion **85**

Kapitel 13 Konklusion **87**

Litteratur **89**

Bilag A Acceleretion og deceleration **91**
A.1 Acceleration for biler . . . 91
A.2 Deceleration for biler . . . 92
A.3 Acceleration for cykler . . . 93

A.4 Deceleration for cykler 94

Bilag B Oversigtsplaner **95**
B.1 Dannebrogsgade/Kastetvej 95
B.2 Vesterbro/Urbansgade 96

Bilag C Signalgruppeplaner **97**
C.1 Dannebrogsgade/Kastetvej 97
C.2 Vesterbro/Urbansgade 98

Bilag D Hastigheder for cykler og fodgængere **99**
D.1 Hastigheder for cykler 99
D.2 Ganghastigheder 99

INDLEDNING 1.

Biltrafikken på de danske veje er på relativt få år steget meget kraftigt. I perioden fra 1950 til 1990 blev bestanddelen af landets personbiler mere en trettendoblet [Danmarks Statistik, 1991], og ved udgangen af 2012 var der 2,2 mio. personbiler i Danmark. Den stigende mængde biltrafik har medført tilsvarende større efterspørgsel på kapacitet i vejnettet til afvikling af trafikken.

Figur 1.1. Massiv kødannelse og tilbagestuvning i kryds på Vesterbro i Aalborg. [Eget foto]

Traditionelt set er behovet efterkommet ved at anlægge ny infrastruktur samt ved at udvide den eksisterende, og denne metode har i mange år fungeret efter hensigten. Der er dog i de senere år kommet en erkendelse af, at ikke alle kapacitetsproblemer kan løses ved flere og større vejanlæg. Særligt i byerne opstår stadig mere trængsel på trods af, at vejnettet ofte er udbygget så meget, som de fysiske rammer tillader. Der ses derfor en stigende tendens til i højere grad at optimere den eksisterende infrastruktur for at opnå maksimalt udbytte af dennes kapacitet frem for at anlægge ny.

Tendensen ses blandt andet ved den store satsning på intelligente transportsystemer (ITS), som netop har det formål at effektivisere transporten. Med ITS bliver det i højere grad muligt intelligent at styre trafikafviklingen, således denne forløber optimalt i forhold til den aktuelle trafiksituation. Det gøres ligeledes muligt at forudsige eventuelle kødannelser samt at forebygge disse f.eks. ved ændring af hastighedsgrænser og omdirigering af trafik vha. variable hastighedstavler.

1.1 Trafikmodeller og -simulering

Da infrastrukturen ikke kan udvides ubegrænset, opleves et stadig større behov for trafikplanlægning, som har til formål at sikre et velfungerende trafiksystem, hvori trafikken afvikles effektivt og sikkert, og hvor gener for miljøet og omgivelserne minimeres. For at kunne mindske de negative konsekvenser som følge af en ændring i vejnettet, er det altafgørende at kunne forudsige disse konsekvenser, og her er trafikmodeller et vigtigt værktøj. Trafikmodeller anvendes til at belyse de trafikafhængige konsekvenser af en fremtidig ændring, hvad enten denne ændring er i vejnettet, trafiksammensætningen, byplanlægningen eller placeringen af arbejdspladser osv. Trafikmodeller anvendes stadig i højere grad som en væsentlig del af beslutningsgrundlaget til store transportpolitiske spørgsmål. Eksempelvis indgår resultater fra trafikmodeller i høj grad i beslutningstagningen omkring en eventuel Kattegatforbindelse.

Trafikmodellering giver et billede af trafiksituationen fra et meget overordnet perspektiv og estimerer størrelsen af de enkelte trafikstrømme. De øgede trafikmængder og den stigende trængsel i de danske byer har dog medført, at trafikmodellering ikke i sig selv bidrager med en fyldestgørende konsekvensvurdering i trafikplanlægningen. Det bliver fortsat mere udbredt at belyse og vurdere konsekvenserne af selv meget små ændringer i infrastrukturen. Til at gøre dette anvendes trafiksimulering, som i takt med de senere års udvikling indenfor computere og stadigt stigende processorkraft kan udføres både hurtigt og effektivt selv med meget store datamængder. Fokus på at finde uudnyttet kapacitet i infrastrukturen er som nævnt stigende, og trafiksimulering er velegnet til at belyse potentialet ved et givent tiltag. Optimering af infrastruktur er i høj grad et spørgsmål om at opnå størst mulig forbedring med mindst mulige omkostninger. Her er trafiksimulering et vigtigt værktøj til eksempelvis at analysere og konsekvensvurdere forskellige ITS-tiltag, for derigennem at kunne udpege den mest fordelagtige løsning.

1.2 Vissim

Et af de mest udbredte trafiksimuleringsprogrammer er mikrosimuleringsprogrammet, Vissim. Vissim giver foruden muligheden for at analysere flere sammenhængende vejanlæg samtidigt også mulighed for visuelt at præsentere trafikafviklingen på en given projektlokalitet. Denne visualisering af resultaterne adskiller Vissim væsentligt fra traditionelle kapacitetsberegninger. På figur 1.2 ses et eksempel på, hvordan en model i Vissim visuelt kan præsentere resultater og dermed give et mere håndgribeligt indblik i, hvordan trafiksituationen kan forventes at se ud.

Figur 1.2. Eksempel på trafiksimulering af et signalreguleret kryds i Vissim. [PTV Group, 2014b]

Sådanne visualiseringer kan virke meget overbevisende for politikere og andre beslutningstagere, selv i tilfælde hvor modellen reelt ligger langt fra virkeligheden. Det er derfor afgørende, at disse simuleringer, så realistisk som muligt, repræsenterer den virkelige trafiksituation, så vigtige beslutninger ikke træffes på et forkert grundlag. Derfor er der også foretaget adskillige undersøgelser, som forsøger at belyse Vissims evne til at repræsentere virkeligheden. Fælles for langt de fleste af disse undersøgelser er dog, at der udelukkende fokuseres på biltrafik og kun i meget begrænset omfang på bløde trafikanter. Dette kommer også til udtryk i vejreglen for *Anvendelse af mikrosimuleringsmodeller* [Vejdirektoratet, 2010c], som har til formål at sikre vellykkede trafikale analyser ved hjælp af mikrosimuleringsmodeller (baseret på Vissim). Vejreglen indeholder udelukkende anvisninger og vejledninger til simuleringer af motortrafik og altså ikke eksempelvis cyklister og fodgængere.

1.3 Problembeskrivelse

Inden for trafiksimulering har det primære fokus hidtil været rettet mod at sikre realistisk simulering af biltrafikken, men det betyder ikke, at behovet for at kunne simulere bløde trafikanter ikke er til stede.
Københavns Kommune har en vision om at blive verdens bedste cykelby, og i den forbindelse har kommunen efterspurgt et simuleringsværktøj, hvor cyklister ikke som hidtil blot repræsenterer en forsinkelse for øvrige trafikantgrupper. Der efterspørges et værktøj, som kan simulere cyklister realistisk, og som tager højde for cyklisters unikke adfærd. På baggrund af dette har rådgivningsvirksomheden COWI i samarbejde med PTV, som står bag programmet Vissim, foretaget en række undersøgelser af cyklisters køreegenskaber og adfærdsmønstre. Resultaterne fra undersøgelserne viser, at en række parametre bør ændres for at kunne simulere cykeltrafik mere realistisk end hidtil. [PTV Group, 2014a]

Der er således i løbet af de seneste år kommet øget fokus på at kunne simulere bløde trafikanter med mikrosimuleringsprogrammer som f.eks. Vissim. Der findes foruden ovennævnte undersøgelse udført af COWI og PTV flere nye og omfattende undersøgelser, som ligeledes beskæftiger sig med cykeltrafik. Hvad angår undersøgelser som beskæftiger sig med fodgængertrafik, findes sådanne imidlertid i langt mindre omfang. Dette skyldes, at det ofte er kapaciteten for biltrafikken, som anses som afgørende for udformningen af et vejanlæg. Dette betyder, at fodgængere ikke altid indgår i en trafiksimulering af f.eks. et signalreguleret kryds i tilfælde, hvor

fodgængere ikke vurderes at påvirke krydsets kapacitet væsentligt. Men idet især store mængder fodgængere kan have betydning for kapaciteten for biltrafikken, bør fodgængere i disse tilfælde indgå i simuleringen. Et eksempel på dette er Vesterbro i Aalborg, hvor store fodgængerstrømme blokerer for venstresvingende biler, se figur 1.3.

Figur 1.3. Venstresvingende biler forsinkes af krydsende fodgængere på Vesterbro i Aalborg. [Eget foto]

Store mængder fodgængere kombineret med mange svingende bilister kan således have stor betydning for kapaciteten i et kryds.

Det er umiddelbart endnu ikke blevet undersøgt, hvilken betydning inddragelse af fodgængere i en simulering har for kapaciteten i signalregulerede kryds, og om de i visse tilfælde helt kan udelades uden, at dette påvirker simuleringens evne til realistisk at repræsentere virkeligheden.

Der er for nylig udkommet et fodgængermodul, kaldet Viswalk, i trafiksimuleringsprogrammet Vissim, som giver bedre mulighed for simulering af fodgængere. Det er dog ikke blevet klarlagt, hvorvidt anvendelse af dette fodgængermodul har en afgørende betydning for resultaterne af en simulering.

Det forventes, at fodgængeres betydning for kapaciteten i signalregulerede kryds primært afhænger af mængden af fodgængere og mængden af svingende bilister. Det forventes dermed, at trafiksimuleringer af kryds med mange fodgængere og meget svingende trafik bør inkludere fodgængere, og at fodgængere ikke har nogen signifikant betydning for simulering af mindre kryds.

Dette danner således baggrunden for dette projekt og leder til følgende problemformulering:

1.3.1 Problemformulering

Fodgængertrafik i signalanlæg i Vissim

- Hvilken betydning har det for beskrivelsen af kapaciteten i et signalreguleret kryds, at fodgængertrafikken inkluderes i trafiksimuleringer i Vissim?

- Hvilken betydning har det for beskrivelsen af kapaciteten i et signalreguleret kryds, hvorvidt fodgængermodulet, Viswalk, anvendes i trafiksimuleringer i Vissim?

METODE 2

Til at besvare problemformuleringen, fremsat i afsnit 1.3.1, besluttes det primært at anvende empiri. Dette skyldes, at der ikke tidligere er gennemført danske offentligt tilgængelige studier, som beskæftiger sig med simulering af fodgængere i signalregulerede kryds. Dette gælder både i forhold til at kortlægge fodgængeres betydning for kapaciteten i et signalreguleret kryds og i forhold til at vurdere, hvilken betydning det har for kapaciteten at anvende Viswalk til at simulere fodgængere.

Der findes desuden heller ikke udenlandske studier, som beskæftiger sig med problemstillingen i dette projekt.

Der er udført undersøgelser, som beskæftiger sig med fodgængersimulering på lokaliteter med meget store koncentrationer af fodgængere som eksempelvis stadions og metrostationer. Fælles for disse undersøgelser er, at fodgængere behandles som en isoleret trafikantgruppe, som ikke interagerer med og færdes blandt biltrafikken. Disse undersøgelser kan derfor ikke anvendes i indeværende projekt. På baggrund af dette er empiri således den eneste mulighed for at besvare problemformuleringen.

2.1 Valg af projektlokaliteter

De kryds, som udvælges til at danne grundlag for den empiriske undersøgelse, skal som det vigtigste have forskellige mængder fodgængere. Derudover tilstræbes det at udvælge en krydstype, som har en forholdsvis almindelig krydsudformning uden for mange specielle detaljer, som kun eksisterer i det ene kryds. Dette giver dermed mulighed for at overføre resultaterne til lignende kryds.

Valget af kryds afhænger desuden også af krydsenes geometri. Hvis der f.eks. er højre- og venstresvingsbaner i krydset, vil fodgængere påvirke kapaciteten i krydset mindre, idet bilister, som venter på at svinge, ikke blokerer for ligeudkørende bilister. I store kryds er der desuden ofte separatregulering af svingende bilister, især venstresvingende, hvilket betyder, at disse ikke afvikles samtidig med fodgængere. De kryds, der udvælges, skal derfor ikke være så store, at al svingende trafik afvikles separat, idet simulering af fodgængere i dette tilfælde ikke vil have nogen betydning for kapaciteten i krydset. Det kan desuden også påvirke fodgængernes hastighed, hvis der udvælges et meget stort kryds, idet fodgængere her ofte ikke kan nå at krydse en vej helt i en grønfase. Dette kan medføre at fodgængere, som er bevidste om dette, går hurtigere end normalt for at undgå at skulle standse ved en støttehelle. Dette vil derfor kunne give et indtryk af, at fodgængere går hurtigere, end de normalt ville gøre.

I dette projekt besluttes det at simulere to signalregulerede kryds, fordi det er meget tidskrævende at indsamle data og opbygge en Vissim-model for flere kryds. Dette betyder, at datagrundlaget er forholdsvis lille, men idet fodgængeradfærden generelt forventes at være nogenlunde ens i signalregulerede kryds, vurderes det, at resultaterne stadig kan anvendes. Det vurderes, at det primært er antallet af fodgængere og mængden af biltrafik, som er afgørende

for kapaciteten i et signalreguleret kryds, og at krydsets lokale forhold er mindre betydende. På den baggrund vurderes udvælgelsen af to kryds med forskellige bil- og fodgængermængder at være tilstrækkelig til at give en indikation af, hvilken betydning det har for kapaciteten i et signalreguleret kryds, hvorvidt fodgængere inkluderes eller udelades i trafiksimuleringer.

2.2 Dataindsamling

I de to signalregulerede kryds, som udvælges, videofilmes der både med henblik på at fastlægge trafikmængder og for at observere fodgængeradfærd. Der videofilmes i stedet for at anvende eventuelle eksisterende trafiktællinger, idet der sjældent foreligger nye og detaljerede tællinger, som samtidig involverer fodgængere. Derudover giver videofilm også mulighed for at gense intense trafiksituationer og dermed sikre en høj kvalitet af tællingen. Det bliver samtidig også muligt at lave en meget fin inddeling af tid for tællingen, hvilket er en fordel, når trafikken skal simuleres i Vissim. Desuden er det en fordel i forhold til kalibrering, at trafiksimuleringerne i Vissim kan sammenlignes med en faktisk video af virkeligheden.

Endelig anvendes videofilmene til at måle ganghastigheder på fodgængere for at sikre, at afviklingen af fodgængere i modellen stemmer overens med virkeligheden. Disse målte ganghastigheder sammenlignes desuden med de anbefalede ganghastigheder i Vejregler.

2.3 Opstilling af scenarier

Begge signalregulerede kryds opbygges i trafiksimuleringsprogrammet Vissim, og de indsatte trafikmængder baseres på videooptagelser for krydsene. Herefter opstilles for hvert kryds tre forskellige scenarier:

- **Scenarie 1**: Simulering af krydset helt uden fodgængere.
- **Scenarie 2**: Simulering af krydset med fodgængere men uden brug af Viswalk (No interaction).
- **Scenarie 3**: Simulering af krydset med fodgængere med brug af Viswalk.

Det er vigtigt at understrege, at opbygningen af de to modeller for begge kryds er helt ens i de tre scenarier kun med undtagelse af, hvordan fodgængertrafik simuleres. Dette betyder, at de tre scenarier for hvert kryds er direkte sammenlignelige. *No interaction*, som nævnes i forbindelse med Scenarie 2, beskriver den adfærdsmodel, som fodgængere simuleres med, når Viswalk ikke anvendes. No interaction anvendes i dette projekt, da dette er praksis i flere danske ingeniørvirksomheder. Adfærdsmodellen beskrives yderligere i afsnit 3.4.1 på side 13.

De forskellige scenarier sammenholdes ved at sammenligne kapaciteten for biltrafikken i krydset, målt på forskellige udvalgte parametre i Vissim. Herefter afgøres det via statistiske tests, hvorvidt der er signifikant forskel på kapaciteten i krydset i de forskellige scenarier. Den nærmere definition af begrebet kapacitet kan ses i afsnit 3.1 på næste side. De parametre, som udvælges til at beskrive kapaciteten, er beskrevet senere i kapitel 9: Metode til opgørelse af Vissim-output, på side 59.

BAGGRUND 3

I dette kapitel beskrives den teoretiske baggrund for projektet. I kapitlet forklares først, hvorledes selve begrebet kapacitet defineres i forhold til signalregulerede kryds i dette projekt. Dernæst beskrives signalregulerede kryds helt overordnet og derefter fodgængeres betydning i signalregulerede kryds.
Til sidst indgår en generel beskrivelse af trafiksimuleringsprogrammet Vissim samt programmets håndtering af fodgængere.

3.1 Kapacitet i signalregulerede kryds

Kapacitet i signalregulerede kryds kan beskrives på mange forskellige måder. Det er derfor nødvendigt at klarlægge, hvordan kapacitet i signalregulerede kryds defineres i forbindelse med dette projekt.

Af vejreglen for Kapacitet og serviceniveau fremgår, at kapacitetsberegninger for signalregulerede kryds normalt indeholder beregning af kapacitet, middelforsinkelse og kødannelse i de enkelte kørespor [Vejdirektoratet, 2010b]. I vejreglen findes der desuden en række formler til at beregne de tre parametre.
Kapaciteten for hvert kørespor et udtryk for det maksimale antal køretøjer, der kan afvikles pr. tidsenhed og opgøres som køretøjer/sekund. Kapaciteten anvendes ofte til at fastlægge en såkaldt *belastningsgrad* for hvert kørespor. Belastningsgraden er udtryk for, hvor meget et kørespor er belastet med trafik i forhold til køresporets kapacitet.
Middelforsinkelsen for hvert kørespor er et udtryk for den gennemsnitlige forsinkelse for hver trafikant og opgøres som antal sekunders forsinkelse pr. køretøj.
Kødannelse vurderes ved at beregne kølængder i alle kørespor og sammenholde disse med køresporets længde og evt. afstand til omkringliggende kryds. [Vejdirektoratet, 2010b]

Disse tre parametre er således forskellige metoder til at foretage vurderinger af kapaciteten i et signalreguleret kryds. Det er her vigtigt at bemærke, at kapacitetsberegninger i denne sammenhæng ikke kun dækker over det maksimale antal køretøjer, der kan afvikles pr. tidsenhed (køresporets kapacitet), men også dækker over middelforsinkelse og kølængde.

I dette projekt bruges ordet kapacitet om den samlede vurdering af den trafikale belastning i et kryds. Det omfatter således både køresporets kapacitet, middelforsinkelse og kølængde. I afsnit 9 beskrives det nærmere præcis hvilke parametre, som indgår i beskrivelsen af kapaciteten i et signalreguleret kryds i dette projekt.

3.2 Signalregulerede kryds og fodgængere

Signalregulerede kryds etableres ofte af to primære årsager: For at kunne afvikle store trafikmængder og for at sikre en bedre trafiksikkerhed [Vejdirektoratet, 2010a]. I tilfældet med

store trafikmængder sikrer et signalreguleret kryds, at alle strømme får en vis mængde grøntid, og dermed undgås urimeligt lange ventetider for især de sekundære vejgrene.

I forhold til trafiksikkerhed sikrer signalregulerede kryds, at de primære konflikter tidsseparere. Der er dog stadig sekundære konflikter i signalregulerede kryds, idet nogle trafikstrømme afvikles samtidigt. Dette er f.eks. gældende for fodgængere, som ofte følger samme grønfase som biltrafikken i samme retning. Dette betyder, at bilister, som ønsker at svinge enten til højre eller venstre i et signalreguleret kryds, skal standse for eventuelle fodgængere. Derfor kan fodgængere få forholdsvis stor betydning for kapaciteten i et signalreguleret kryds, særligt hvis der er mange fodgængere, og hvis der ikke er separate svingbaner for biltrafikken, hvilket bevirker, at venstresvingende biler kan blokere for alle de bagvedliggende trafikanter. Det har desuden betydning for kapaciteten, hvorvidt store fodgængerstrømme afvikles på en gang samlet eller om de "strømmer" gennem krydset kontinuerligt. Derudover har fodgængernes ganghastigheder selvfølgelig også en betydning for krydsets kapacitet, idet en hurtig ganghastighed betyder en hurtigere afvikling af fodgængere, hvilket også medfører en hurtigere afvikling af biltrafikken.

I vejreglen for Vejsignaler indgår forskellige anbefalinger til håndtering af fodgængere i signalregulerede kryds [Vejdirektoratet, 2013]. Her omtales bl.a. anbefalede dimensionerende ganghastigheder til fastlæggelse af sikkerhedstider og mellemtider (se tabel 3.1).

Gangtype	**Anbefalet ganghastighed**
Særlig langsom ganghastighed	0,7 m/s
Langsom ganghastighed	1,0 m/s
Normal ganghastighed	1,2-1,5 m/s

Tabel 3.1. Anbefalede ganghastigheder til dimensionering af signalanlæg. [Vejdirektoratet, 2013]

Disse ganghastigheder er fremkommet på baggrund af en undersøgelse foretaget af Trafitec i 2009. I undersøgelsen indgår seks kryds, som alle videofilmes i mellem 12 og 16 timer. Ganghastighederne baseres udelukkende på målinger af "fritgående" fodgængere, hvilket betyder, at fodgængernes hastighed ikke er påvirket af andre fodgængere eller f.eks. holdende biler i et kryds. [Trafitec, 2009b]

Valget af ganghastighed afhænger af sammensætningen af fodgængere i det pågældende kryds. Hvis der f.eks. er mange børn og ældre, bør der tages hensyn til dette [Vejdirektoratet, 2013]. Disse ganghastigheder er dog kun vejledende, men der findes et centralt lovkrav om fodgængerafvikling i signalregulerede kryds, som baseres på langsom ganghastighed:

"Den samlede grøntid og mellemtid i et fodgængersignal skal som minimum være så lang, at en fodgænger, der træder ud på kørebanen 2,0 sek. efter, at der tændes grønt lys, og går med en hastighed af 1,0 m/sek., kan nå over det pågældende fodgængerfelt eller delfodgængerfelt." [Transportministeriet, 2013]

Dette krav kan være svært at overholde, især i store signalanlæg, hvor der dermed også er store gangafstande. Hvis der eksempelvis er stor gangafstand over primærvejen, og hvis trafikmængden fra sekundærvejen samtidig er meget lille, vil det være gangafstanden over primærvejen, som bliver dimensionsgivende for grøntiden for sekundærstrømmen. Dette er et problem, idet grøntiden for sekundærstrømmen således bliver for lang i forhold til de forekommende trafikmængder, og kapaciteten for primærstrømmen reduceres unødigt. Problemet kan dog delvis afhjælpes, hvis signalanlægget er trafikstyret, og fodgængerfasen kun indgår, hvis den bliver anmeldt.

Udover dette krav til fodgængersignalers varighed findes der også krav om forskellig afmærkning og udformning af fodgængerafvikling i et signalreguleret kryds. Men idet dette ikke umiddelbart har betydning for kapaciteten i et signalreguleret kryds, behandles dette ikke yderligere i rapporten. I forhold til vejregler fokuseres der i denne rapport således kun på at undersøge ganghastigheder i signalregulerede kryds.

3.3 Vissim

Trafikmodeller er i dag et ofte anvendt værktøj til at beregne trafikale og miljømæssige konsekvenser af nye større trafikprojekter [COWI, 2014]. I dag er det oftest det tyskproducerede mikrosimuleringsprogram Vissim, som anvendes. Anvendelsen af Vissim i trafikplanlægning i Danmark er blevet så udbredt, at der er udkommet en vejregel i Anvendelse af mikrosimuleringsmodeller. Her findes bl.a. anbefalinger til god praksis inden for opbygning og anvendelse af mikrosimulering samt forslag til ændring af udvalgte parametre i Vissim. [Vejdirektoratet, 2010c]

Inden for trafiksimulering skelnes ofte mellem makro- og mikrosimulering. Ved makrosimulering betragtes trafikken på trafikstrømsniveau, og altså ikke som individuelle køretøjer. Makroskopisk kapacitetsanalyse kan udføres for større netværk men også for enkeltstående vejanlæg, f.eks. et signalreguleret kryds. Trafikken antages at være kontinuerlig, altså med en konstant trafikmængde og en jævn ankomstfordeling over den betragtede tidsperiode. Desuden antages det, at alle køretøjer indenfor samme køretøjsgruppe (personbiler, lastbiler etc.) har samme køreegenskaber og -adfærd herunder bl.a. hastigheder og bremseevne og afstand til forankørende.

Programmet DanKap er et af de mest kendte og udbredte programmer til trafiksimulering på makroniveau i Danmark. Programmet anvendes til kapacitetsberegninger for blandt andet vigepligtsregulerede kryds, enkeltstående signalanlæg og rundkørsler. Resultaterne af en simulering i DanKap opgøres i belastningsgrader, middelforsinkelser og kølængder, hvilket altså understreger, at trafikken betragtes på trafikstrømsniveau. Men i DanKap forudsættes fri trafikafvikling, hvilket bl.a. indebærer uendeligt lange svingbaner, som f.eks. betyder, at et venstresvingsspor ikke kan blive blokeret af den ligeudkørende trafik [Olesen, 2005]. Dette er et problem, idet denne situation ofte opstår som følge af de stigende trængselsproblemer. Derudover er det et problem i kryds med mange fodgængere, som blokerer for svingende bilister, at en lang kø af f.eks. højresvingende bilister i egen svingbane heller ikke kan blokere for ligeudkørende bilister. Dette er især et problem i forhold til at besvare problemstillingen i dette projekt, idet fodgængere i så fald kun kan medføre forsinkelse for svingende bilister og ikke for ligeudkørende. Anvendelse af DanKap kan således resultere i, at fodgængeres betydning i signalregulerede kryds underestimeres.

Et makrosimuleringsprogram som DanKap kan give resultater i form af belastningsgrader, middelforsinkelse og kølængder. Mikrosimuleringsprogrammet Vissim kan også beregne middelforsinkelse og kølængde men ikke belastningsgrad. Hvis kapaciteten skal fastlægges i Vissim, anbefales det at ændre trafikintensiteten, indtil kapacitetsgrænsen optræder. Men ofte er det tilstrækkeligt blot at beregne middelforsinkelse og kølængde.

Vissim er et mikrosimuleringsprogram, hvilket betyder, at hvert enkelt køretøj simuleres i modsætning til DanKap, som blot regner med totale trafikmængder. Det er desuden muligt i Vissim at indsætte trafikmængderne med et deltidsinterval, hvilket giver mulighed for at tage højde for, at trafikintensiteten kan variere i løbet af f.eks. en spidstime. Dette betyder, at eventuelle små "peaks" inkluderes i Vissim, mens trafikken i DanKap blot fordeles jævnt ud over f.eks. en spidstime.

I Vissim er det endvidere muligt at opbygge en model, som indeholder flere signalanlæg, rundkørsler mm., hvorved tilbagestuvning medregnes. Vissim kan desuden simulere forskellige trafikanttyper, herunder lastbiler, personbiler, cyklister og fodgængere, hvilket giver mulighed for en mere realistisk estimering af trafikafviklingen (se figur 3.1 og 3.2).

Figur 3.1. Eksempel på trafiksimulering i Vissim. [PTV Group, 2013]

Figur 3.2. Eksempel på trafiksimulering i Vissim. [PTV Group, 2013]

En del af resultatet i Vissim består således af traditionelle rejsetidsmålinger, kølængder og forsinkelse. Vissim er ikke i stand til at beregne det maksimale antal køretøjer, der kan afvikles pr. sekund (køresporets kapacitet), som DanKap f.eks. kan, men Vissim giver til gengæld mulighed for at give en visuel vurdering af trafiksituationen. Denne visuelle vurdering er en særdeles effektiv måde at præsentere resultater på. I vejreglen for Vejsignaler står: *"Simuleringsprogrammer har endvidere mulighed for at give en visuel visning af trafikafviklingen, hvilket ofte kan være nyttigt for beslutningstagere."* [Vejdirektoratet, 2013] Disse små videooptagelser af fremtidige trafiksituationer bliver således anvendt til præsentationer for politikere og er dermed en del af det politiske beslutningsgrundlag.

Dette kan dog være problematisk, idet der oftest foretages mange simuleringer med mange forskellige ankomstscenarier (beskrives yderligere i afsnit 7.2 på side 50), og resultaterne af disse forskellige ankomstscenarier kan være vidt forskellige. Da der ofte kun vises ét visuelt resultat af en trafiksimulering, og dermed kun et enkelt ankomstscenarie og et begrænset tidsinterval, giver dette mulighed for at udvælge det ankomstscenarie og det tidsinterval, som viser den trafiksituation, man ønsker at præsentere som resultatet.

Det er desuden også vigtigt at bemærke, at resultaterne fra Vissim ikke er bedre end de input, der indsættes i modellen. Disse input har derfor også stor betydning for resultatet og skal derfor overvejes grundigt.

3.4 Simulering af fodgængertrafik

Som tidligere nævnt, er der i løbet af de seneste år kommet øget fokus på trafiksimulering af bløde trafikanter, herunder fodgængere. Der anvendes tre metoder til simulering af fodgængertrafik i Vissim, og disse defineres ud fra såkaldte adfærdsmodeller, som beskrives i de følgende tre afsnit.

3.4.1 No interaction

Som overskriften også antyder, afvikles fodgængertrafik i adfærdsmodellen *No interaction* uden interaktion imellem de enkelte fodgængere. Denne metode er den mest simple metode til simulering af fodgængere i Vissim. Ved simulering uden interaktion vil fodgængernes adfærds- og bevægelsesmønstre være uafhængige af øvrige fodgængere. Densiteten og flowet af fodgængertrafik vil altså ikke påvirke den enkelte fodgængers hastighedsvalg, og fodgængere vil derfor altid kunne færdes med deres ønskede hastighed. [Ishaque, 2005]
Det er naturligvis ikke realistisk at fodgængere slet ikke påvirker hinandens færden, men ikke desto mindre kan fodgængersimulering med No interaction hurtigt og simpelt sørge for, at den effekt, fodgængere har på den gennerelle trafikafvikling i vejnettet, mere eller mindre præcist implementeres i simuleringen.

3.4.2 Wiedemann

Metoden til simulering af fodgængere som beskrives i det følgende forsøger at sikre en mere realistisk repræsentation af fodgængere. Dette gøres ved at lade fodgængerne i Vissim interagere. Fodgængerne simuleres ved denne metode som en køretøjstype tilsvarende biler, busser, cykler osv. Interaktionen mellem trafikanter internt og på tværs af trafikantgrupper bestemmes ud fra adfærdsmodellen Wiedemann [Wiedemann, 1974]. I Wiedemann beskrives køretøjer og deres færden ud fra fire forskellige situationer:

- ***Fri kørsel***. Trafikanten påvirkes ikke af øvrige køretøjer, og køretøjets hastighed varierer omkring trafikantens ønskede hastighed.

- ***Nærmer sig forankørende trafikant***. Trafikanten decelererer og tilpasser sin fart til forankørende trafikant ved en given sikkerhedsafstand.

- ***Følger forankørende trafikant***. Trafikanten decelererer og accelererer tilsvarende den forankørende for at holde en given sikkerhedsafstand.

- ***Opbremsning***. Trafikanten decelerer, idet afstanden til den forankørende pludselig bliver mindre end den ønskede sikkerhedsafstand. Dette beskriver også tilfælde, hvor et køretøj fletter ind foran trafikanten og dermed er indenfor sikkerhedsafstanden.
  [Wiedemann, 1974]

Trafikantens reelle adfærd bestemmes af en række parametre, som fastsættes således de ovenstående situationer simuleres så realistisk som muligt. Wiedemann har vist sig anvendelig til at simulere motortrafik, såfremt modellen kalibreres til den enkelte projektlokalitet.
Det er dog mere usikkert, om denne model også giver en retvisende simulering af bløde trafikanter. Med fodgængersimulering efter Wiedemann optræder den enkelte fodgænger som nævnt som et køretøj, som ud fra nogle forudbestemte fysiske forudsætninger bevæger sig blandt andre fodgængere og øvrige trafikantgrupper. Dette betyder, at fodgængerens ellers frie og impulsive færden, bliver mindre dynamisk og mere fastlåst, hvilket måske ikke repræsenterer fodgængerens adfærd realistisk.

3.4.3 The Social Force Model

For at imødekomme ovenstående problematik, er der udviklet et tilføjelsesmodul til Vissim, Viswalk, som netop forsøger at tage højde for fodgængeres større bevægelsesfrihed. Fodgængerens adfærd i Viswalk er bestemt ud fra *the Social Force Model* [Helbing og Molnár, 1995], som

er en adfærdsmodel udelukkende for fodgængere. I modellen antages fodgængerens færden og bevægelser bestemt af påvirkning fra såkaldte *sociale kræfter*, som motiverer fodgængeren til at foretage bestemte handlinger. Der skelnes mellem tre overordnede kræfter:

- Fodgængeren vil forsøge at nå en given destination så bekvemt som muligt. Dette indebærer, at fodgængeren så vidt muligt undgår omveje. Fodgængeren går desuden med en given ønsket hastighed, og afviger den aktuelle hastighed fra den ønskede som følge af en forhindring eller lignende, vil fodgængeren igen accelerere til den ønskede hastighed, idet forhindringen er forceret.

- Fodgængerens færden påvirkes af øvrige fodgængere, således fodgængere holder en indbyrdes afstand. I udgangspunktet antages fodgængerens ubehag at stige, i takt med at afstanden til øvrige fodgængere bliver mindre. Fodgængere har altså en frastødende effekt på hinanden, hvilket påvirker deres færden. Derudover holder fodgængere også afstand til bl.a. bygninger, veje og forhindringer.

- Fodgængere tiltrækkes af andre personer (venner, gademusikanter m.m.) eller objekter (butiksvinduer, attraktioner m.m.). Tiltrækningen medfører stedsvis lavere ganghastighed end den ønskede, og dermed øget rejsetid.
  [Helbing og Molnár, 1995]

Ved anvendelse af Viswalk og the Social Force Model opnås altså en mere fleksibel, detaljeret og realistisk simulering af fodgængertrafik end ved No interaction og Wiedemann. Dette er dog ikke ensbetydende med, at Viswalk nødvendigvis giver et mere korrekt simuleringsresultat i alle tilfælde. Hvis fodgængeren eksempelvis kun har til opgave at være en forhindring for øvrige trafikantgruppers færden, er det ikke givet, at resultaterne ændres ved anvendelse af Viswalk.

BESKRIVELSE AF PROJEKTLOKALITET 4

Til at undersøge fodgængeres betydning for beskrivelsen af kapaciteten i signalregulerede kryds i Vissim udvælges, som tidligere nævnt, to kryds. Valget af de to kryds afhænger primært af mængden af fodgængere.

I det ene kryds ønskes både mængden af fodgængere og biltrafik at kunne beskrives som normal for signalregulerede kryds. Desuden tilstræbes det, at udformningen af dette kryds er relativt simpel for på den måde at minimere antallet af variable. Dette indebærer f.eks., at der udvælges et kryds med få svingbaner. På den måde bliver det nemmere at isolere fodgængernes effekt på kapaciteten, og de effekter, som en eventuel svingbane måtte have, udelades. Derudover giver valget af et kryds med en simpel udformning mulighed for at overføre resultaterne til lignende kryds.

I det andet kryds ønskes forekomsten af fodgængere at være meget høj. Her er krydsets udformning mindre væsentlig. Det ønskes at undersøge fodgængeres betydning i en (efter danske forhold) ekstrem situation, idet eventuelle unøjagtigheder i en simulering under sådanne forhold må forventes at have større indvirkning på simuleringens evne til realistisk at repræsentere virkeligheden end med mere normale trafikforekomster.

Af praktiske årsager er udpegningen af egnede kryds begrænset til kun at omfatte kryds i Aalborg. Dette vurderes dog ikke at have en væsentlig betydning for kvaliteten af undersøgelsen, da der i Aalborg findes relativt mange signalregulerede kryds med stor variation i både trafikmængder og fysisk udformning. På figur 4.1 ses placeringen af de to kryds, som er udvalgt til at danne grundlaget for undersøgelsen i dette projekt.

Figur 4.1. Placering af de to udvalgte kryds.

I de følgende afsnit beskrives de to udvalgte kryds yderligere.

4.1 Dannebrogsgade/Kastetvej

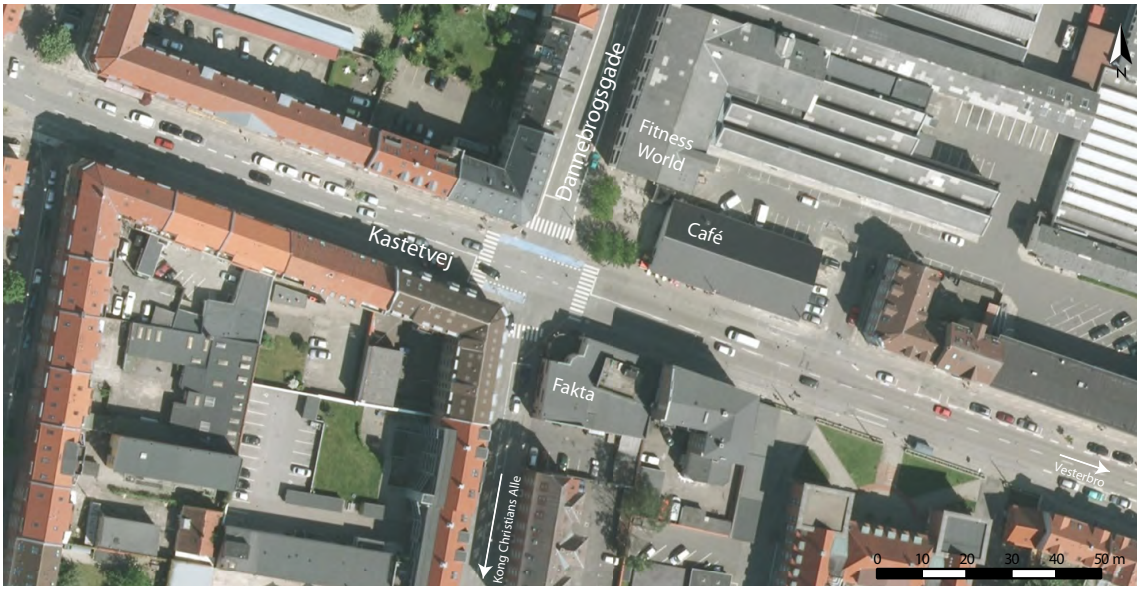
Til at repræsentere de kryds, som har normale forekomster af fodgængertrafik og er af relativt simpel udformning, udvælges krydset Dannebrogsgade/Kastetvej, som er vist på figur 4.2 på næste side. I det følgende beskrives blandt andet krydsets placering, omgivelser, udformning samt krydsets trafikale funktion.

4.1.1 Krydsets omkringliggende vejnet og omgivelser

Krydset Dannebrogsgade/Kastetvej ligger i Aalborg Vestby, og dets placering er afbilledet med en gul firkant på figur 4.1. På figuren ses ligeledes, at Dannebrogsgade ligger i forlængelse af vejene Østre Alle og Kong Christians Alle, som begge er vigtige vejstrækninger i Aalborg. Særligt Østre Alle er afgørende, idet denne forbinder den øst-vestgående trafik omkring Aalborg midtby med flere store indfaldsveje, herunder E45.

Kong Christians Alle ligger i forlængelse af den vestlige ende af Østre Alle ved krydsningen med en anden hovedfærdselsåre i Aalborg, Hobrovej/Vesterbro, som betjener nord-sydgående trafik i Aalborg samt trafik over Limfjorden. Kong Christians Alle fordeler trafikken i Aalborgs vestlige bydele, Hasseris og Aalborg Vestby.

Kastetvej er en vigtig færdselsåre for den øst-vestgående trafik internt i Aalborg Vestby og forbinder blandt andet bydelen med førnævnte Vesterbro. Vejen fungerer ligeledes som fordelingsvej for boligområder i bydelen. Randbebyggelsen langs Kastetvej, består primært af etagebyggerier, hovedsagligt lejligheder samt en del restaurationer og butikker i stueetagen.



Figur 4.2. Ortofoto af krydset Dannebrogsgade/Kastetvej.

På figur 4.2 ses et ortofoto af krydset Dannebrogsgade/Kastetvej. Den omkringliggende randbebyggelse består både af lejligheder og øvrige funktioner. Bygningerne ved det nordvestlige og sydvestlige hjørne består næsten udelukkende af boliger. Ved det nordøstlige hjørne ligger et fitnesscenter (Fitness World), en café og erhvervslokaler, og på det sydøstlige hjørne ligger en Fakta.

4.1.2 Trafikmængder i krydset

Trafikken på både Kastetvej og Dannebrogsgade er i kraft af deres placering i det overordnede vejnet, i høj grad befærdet af bolig-/arbejdsstedstrafik og bytrafik. På tabel 4.1 ses årsdøgntrafikken for de to veje.

Vejnavn	**ÅDT**
Kastetvej	4.440 (2014)
Dannebrogsgade	7.598 (2011)

Tabel 4.1. Årsdøgntrafikken for Kastetvej og Dannebrogsgade (tal fra Mastra). Parentesen angiver hvilket år tællingen er foretaget.

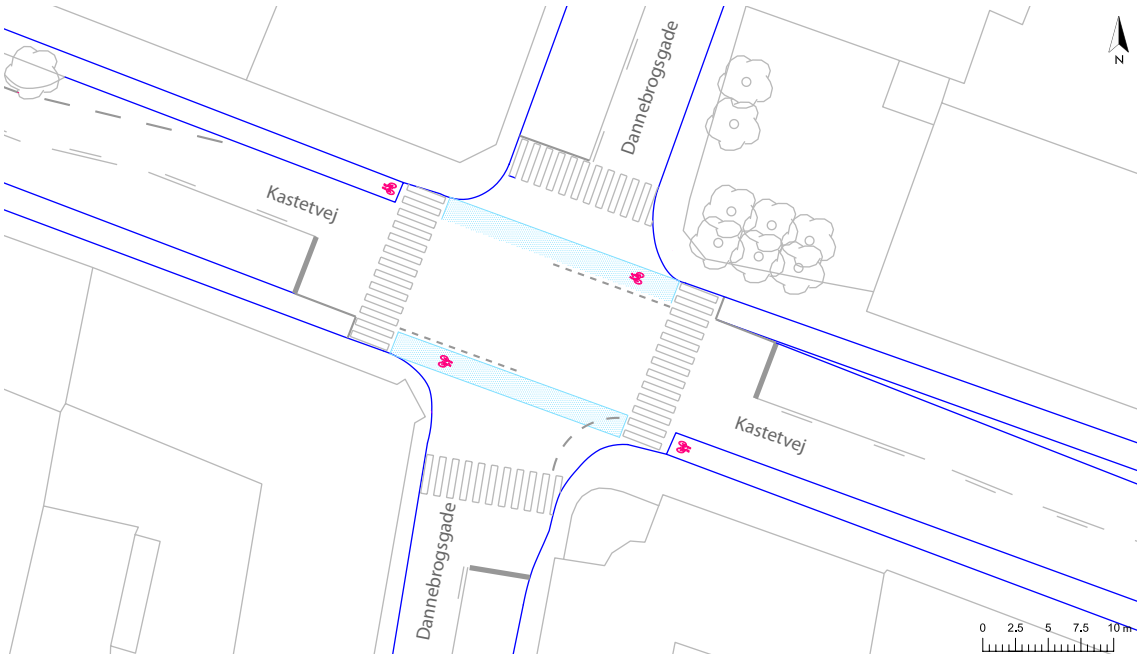
ÅDT'en for Kastetvej er opgjort ved en tælling af 119 dages varighed ved krydset Kastetvej/Absalonsgade, hvilket er ca. 200 meter øst for krydset ved Dannebrogsgade. Trafikken på Dannebrogsgade er

talt ved krydset Dannebrogsgade/Helgolandsgade, 125 meter syd fra krydset ved Kastetvej. Her er trafikken talt over ca. 9 dage.

Der færdes både cyklister og fodgængere i krydset, hvilket der dog ikke foreligger tællinger for. Cyklister, som kører mellem Aalborg Vestby og midtbyen, vil ofte gøre dette langs Kastetvej. Desuden vil studerende, som er bosat i vestbyen ofte køre langs Kastetvej til og fra Universitetet. Også langs Dannebrogsgade færdes cyklister, dog nok i mindre omfang end på Kastetvej. Det er, ligesom via Kastetvej, muligt at køre til Universitetet ad Dannebrogsgade. Destinationer i den sydlige del af Aalborg kan ligeledes nås ad denne rute. Det må også formodes, at bebyggelsen ved krydset, nok især Fitness World, i sig selv attraherer cykeltrafik. Hvad angår fodgængertrafik genereres størstedelen sandsynligvis af Fakta og Fitness World samt øvrig forbipasserende trafik. Krydsets placering i det overordnede vejnet samt krydsets omkringliggende funktioner gør, at mængden af blød trafik, både cyklister og fodgængere, er relativt høj taget i betragtning af, at krydset ligger lidt uden for Aalborg midtby.

4.1.3 Krydsets udformning

På figur 4.3 ses en simpel oversigtsplan for krydset.



Figur 4.3. Oversigtsplan for krydset Dannebrogsgade/Kastetvej.

Krydset er et simpelt firbenet signalreguleret kryds. Der er et kørespor i hver tilfart, og krydset er dermed helt uden svingbaner. Langs Kastetvej er der cykelsti, som er hævet over kørebanen i begge retninger. Cykelstien afsluttes før fodgængerovergangen, og markeres derefter med blåt cykelfelt i selve krydsningen med Dannebrogsgade. På Dannebrogsgade er der en cykelbane på den nordlige strækning efter krydset men ikke før. Der er fortov på begge sider af vejen på både Dannebrogsgade og Kastetvej. Som det også ses på figur 4.3, er der etableret fodgængerfelt på alle krydsets fire ben.

4.2 Vesterbro/Urbansgade

På figur 4.4 ses det kryds, som er udpeget til at repræsentere kryds med stor forekomst af fodgængertrafik. I det følgende beskrives krydset på tilsvarende måde som krydset Dannebrogsgade/Kastetvej.

Krydset Vesterbro/Urbansgade ligger i Aalborg Midtby, og dets placering ses markeret med en rød firkant på figur 4.1 på side 16. Vesterbro er som tidligere nævnt en hovedfærdselsåre i Aalborg og er blandt de mest trafikbelastede veje. Vesterbro er helt central i Aalborgs overordnede vejnet, idet al fjordkrydsende trafik, som ikke afvikles i Limfjordstunnelen, afvikles her. Vesterbro ligger i forlængelse af Hobrovej, som ligeledes er en central nord-sydgående forbindelse i Aalborg, som betjener både Aalborg Sygehus Syd og shoppingcentret City Syd. Vesterbro er desuden fordelingsvej for trafik med udgangspunkt eller slutdestination i Aalborg Midtby, og Vesterbro er ligeledes adgangsvej til flere af midtbyens store parkeringsanlæg. Endelig attraherer Vesterbro i sig selv en del trafik, idet der langs vejen findes mange forskellige shopping- og indkøbsmuligheder, restaurationer og erhverv m.m.

Urbansgade er en relativt lille gade, som dog alligevel har en vigtig betydning, idet vejen fungerer som adgangsvej for Aalborg Sygehus Nord. Langs Urbansgade (og Reberbansgade, som ligger i umiddelbar forlængelse af Urbansgade mod vest) findes en række mindre restaurationer og butikker, som skaber en del liv på den ellers meget snævre vej. Urbansgade betjener desuden boligområder i Aalborg Vestby.

Figur 4.4. Ortofoto af krydset Vesterbro/Urbansgade.

På figur 4.4 ses et ortofoto af krydset Vesterbro/Urbansgade. Det ses, at krydset ligger ved et af Aalborgs vartegn, den karakteristiske skulptur, Cimbrertyren eller blot Tyren. Den omkringliggende bebyggelse ved krydset består af butikker, restaurationer og erhverv i stueetagen og boliger på de øvrige etager. Bispensgade, som ligeledes ses på figuren, er en af Aalborgs strøggader med shoppingmuligheder, og vejen er desuden lukket for motoriseret trafik med undtagelse af varekørsel.

4.2.1 Trafikmængder i krydset

Krydset Vesterbro/Urbansgade har altså en meget central beliggenhed i Aalborg Midtby, og de mange forskellige typer funktioner og bygningerne i og i umiddelbar nærhed af krydset, afspejles i trafikken i området, som foruden at være stor i mængde ligeledes i høj grad er sammensat af forskellige trafikantgrupper, herunder biltrafik, cykeltrafik og fodgængertrafik. Tabel 4.2 viser ÅDT'er for de to veje.

Vejnavn	**ÅDT**
Vesterbro	19.662 (2012*)
Urbansgade	1.847** (2007)

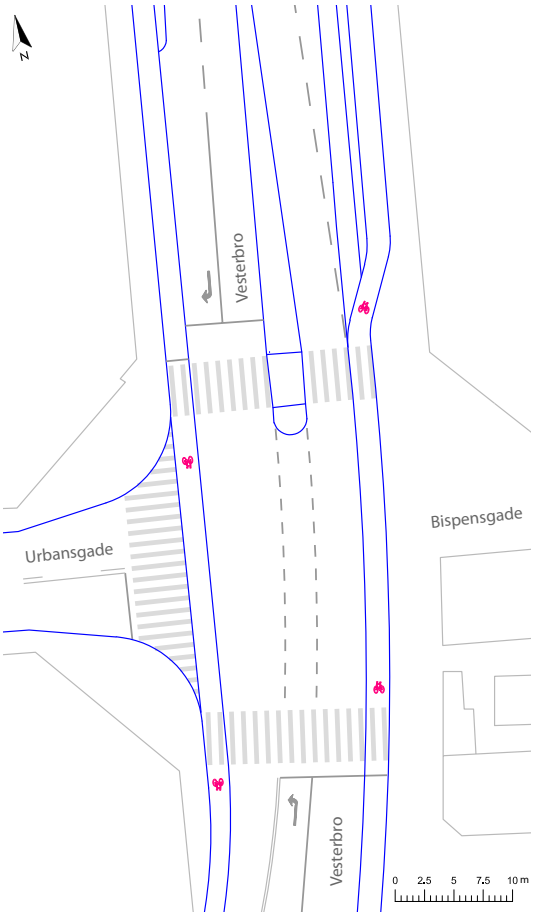
Tabel 4.2. Årsdøgntrafikken for Vesterbro (fra Vejman.dk) og Urbansgade (fra Mastra). Parentesen angiver hvilket år tællingen er foretaget. *Opregnet trafiktal for tælling fra 2008. **Tællingen er udført på Reberbansgade ca. 200 meter vest for Urbansgade.

Årsdøgntrafikken på Vesterbro er opgjort for strækningen fra Vesterbros krydsning med jernbanen (se figur 4.1 på side 16) til Limfjordsbroen, men et mere præcist snit for tællingen er ikke angivet. ÅDT'en på Vesterbro ved krydsningen med Urbansgade forventes dog ikke at afvige markant fra de ca. 19.000. En ÅDT på mere end 19.000 må betragtes som høj for en strækning med mange signalregulerede kryds inden for en kort distance, og som flere steder kun har ét kørespor i hver retning. Dette kommer også dagligt til udtryk på Vesterbro, hvor der i myldretiden opleves stangkørsel med relativt store forsinkelser for biltrafikken til følge.

ÅDT'en på Urbansgade, som jo reelt er talt på Reberbansgade, er imidlertid nok mindre retvisende end ÅDT'en på Vesterbro. Årsagen til dette er, at den trafik, som færdes på den sydlige del af Urbansgade, ikke indgår i opgørelsen. Dette må betragtes som en væsentlig mangel i forhold til at beskrive den trafik, som færdes på Urbansgade ved krydsningen med Vesterbro. Den sydlige del af Urbansgade har blandt andet til formål at betjene parkeringstrafik til og fra Aalborg Sygehus Nord, hvilket forventes at være ret store trafikmængder. Det forventes derfor, at ÅDT'en på Urbansgade reelt er på over 2000.

4.2.2 Krydsets udformning

På figur 4.5 ses en oversigtsplan for krydset Vesterbro/Urbansgade.



Figur 4.5. Oversigtsplan for krydset Vesterbro/Urbansgade.

Krydset er et signalreguleret trebenet kryds, med en højresvingsbane i sydgående kørselsretning på Vesterbro samt en venstresvingsbane i nordgående kørselsretning på Vestrebro. Svingende trafik fra Vesterbro ad Urbansgade afvikles altså uden nogen direkte indvirkning på den ligeudkørende trafik på Vesterbro, forudsat at svingbanerne ikke er fyldt op. Tilfartssporet på Urbansgade er uden svingbaner. Langs Vesterbro er der cykelsti, som også her er hævet over vejbanen i begge retninger. Der findes ingen cykelsti eller -bane langs Urbansgade. Der er fortov på begge sider af vejen på både Vesterbro og Urbansgade. Der er ligeledes etableret fodgængerfelt på alle krydsets tre ben.

DATAINDSAMLING OG -BEHANDLING 5

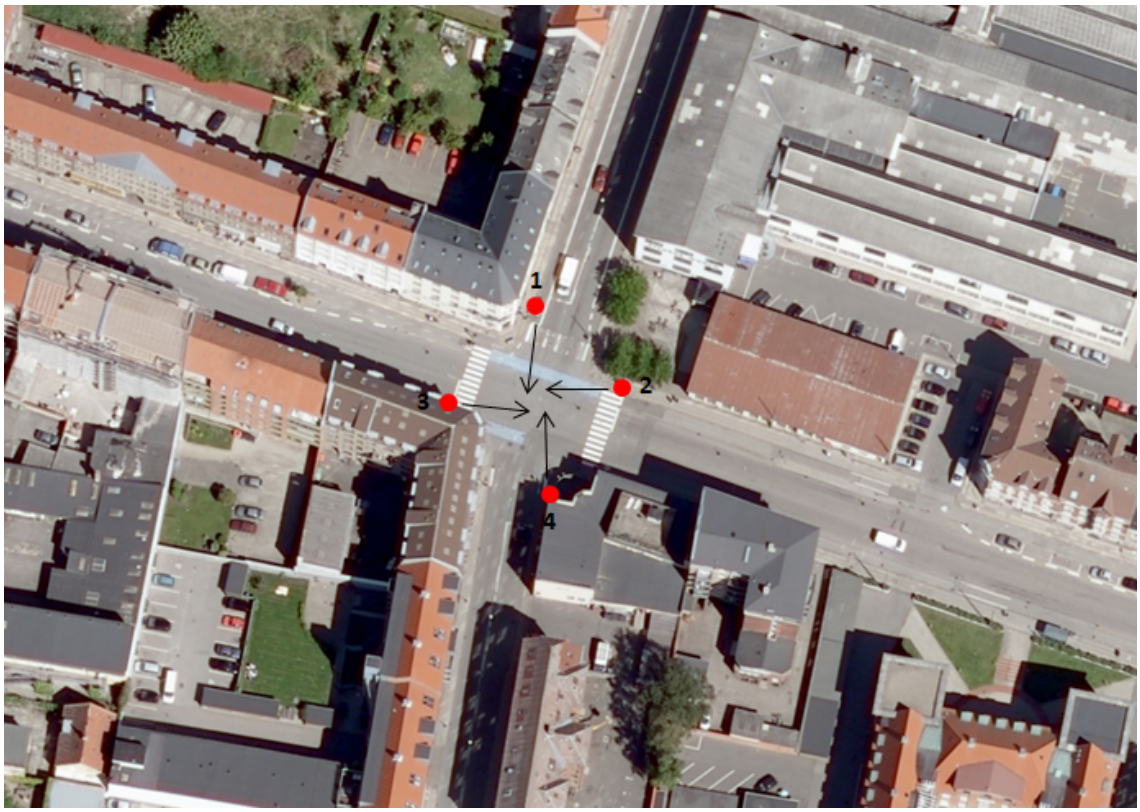
I dette kapitel beskrives først dataindsamlingen i projektet, herunder praktiske oplysninger om placering af videokameraer, kameravinkler mm.
Dernæst beskrives selve databehandlingen, som primært omfatter hvilke trafikstrømme og trafikantgrupper, der indgår i tællingerne for de to kryds.

5.1 Dataindsamling

Som det står beskrevet i metodeafsnittet (se evt. kapitel 2 på side 7) er dataindsamlingen i dette projekt foregået med videofilmning. Der videofilmes både i krydset Vesterbro/Urbansgade og i krydset Dannebrogsgade/Kastetvej. Videofilmene anvendes både til tælling af biltrafikken, cykeltrafikken og fodgængertrafikken samt til at fastlægge ganghastigheder for fodgængere. Disse tællinger danner således grundlaget for de indsatte trafikmængder i modellerne i Vissim. I begge kryds videofilmes der i tidsrummet 14.00-17.00, idet der i dette interval forventes at være flest fodgængere kombineret med meget biltrafik. I det følgende beskrives og illustreres, hvordan videofilmningen fandt sted i de to udvalgte signalregulerede kryds.

5.1.1 Dannebrogsgade/Kastetvej

I krydset Dannebrogsgade/Kastetvej fandt videofilmningen sted onsdag d. 23. april. Vejret var på denne dag skyfrit, hvilket sikrede flest mulige fodgængere. I krydset blev fire kameraer placeret som vist på figur 5.1.



Figur 5.1. Placering af kameraer (de fire nummererede røde prikker). Pilene angiver hvilken retning de enkelte kameraer filmer.

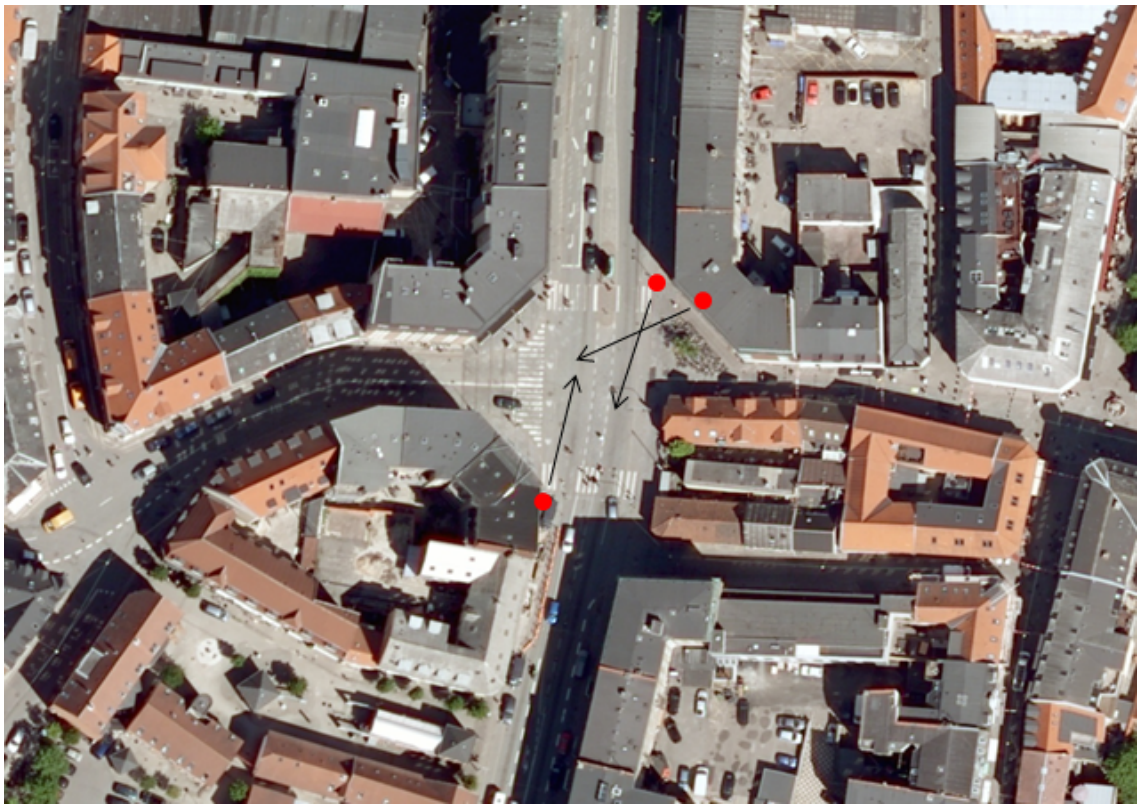
Som det fremgår af figur 5.1, er de fire kameraer placeret, så hvert ben i krydset filmes af ét kamera. På figur 5.2 ses desuden fire billeder, som viser de fire kameravinkler i krydset. Billederne er alle taget på samme tidspunkt.

Figur 5.2. De fire kameravinkler i krydset Dannebrogsgade/Kastetvej. Nummereringen af kameraerne henviser til figur 5.1.

Som det fremgår af billederne på figur 5.2 er det på disse videoer enkelt at foretage detaljerede tællinger af både biler, cykler og fodgængere på hvert ben i krydset.

5.1.2 Vesterbro/Urbansgade

I krydset Vesterbro/Urbansgade fandt videofilmningen sted torsdag d. 3. april. Vejret på denne dag var ligeledes skyfrit. I krydset blev tre kameraer placeret som vist på figur 5.3.



Figur 5.3. Placering af kameraer (de tre røde prikker). Pilene angiver hvilken retning de enkelte kameraer filmer.

Som det fremgår af figur 5.3, er de tre kameraer placeret, så hvert ben i krydset filmes af ét kamera.

5.2 Databehandling

Databehandlingen i dette projekt består som tidligere nævnt primært i at foretage trafiktællinger i de to udvalgte signalregulerede kryds. Dette gøres ved at gennemse videofilm fra de to kryds.

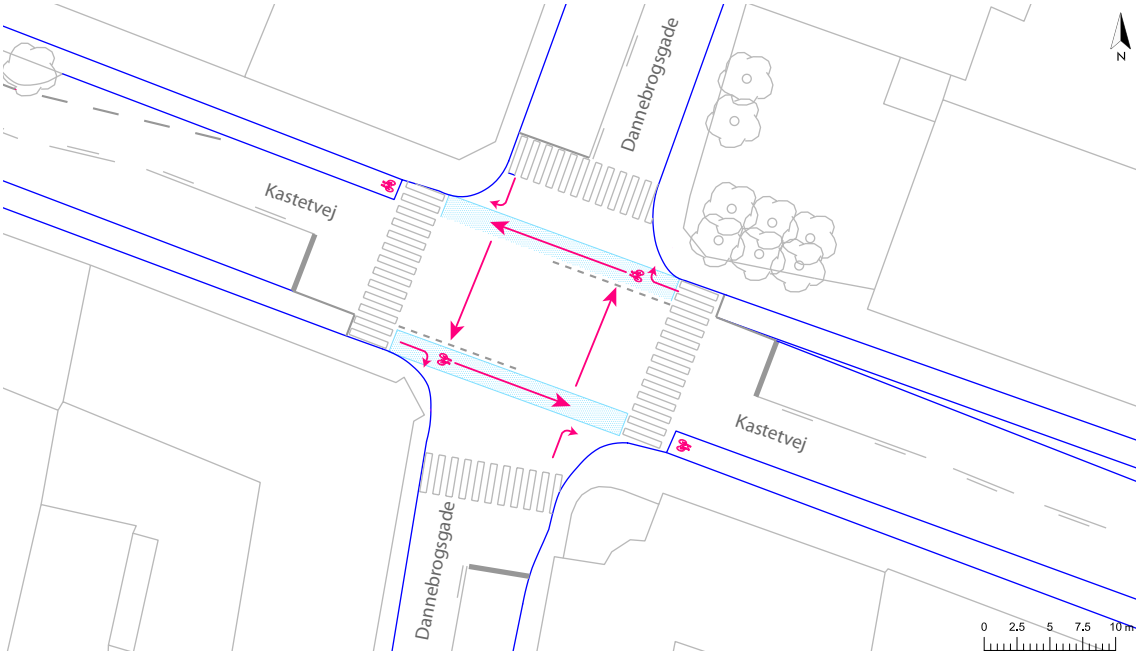
Trafiktællingerne opgøres i intervaller af 10 minutter for at undersøge, hvorvidt trafikmønstret ændrer sig markant over den filmede periode. Ved opgørelse i større intervaller, eksempelvis på timeniveau, vil eventuelle små "peaks" ikke fremstå så tydeligt. Ved at foretage en tælling med et interval på 10 minutter sikres det, at trafiksimuleringen bliver så virkelighedstro som muligt.

5.2.1 Trafikantgrupper

I forhold til registrering af de forskellige trafikantgrupper indgår kun de, som har betydning for kapaciteten i det pågældende kryds. Dette betyder, at både alle bilister og fodgængere indgår i begge kryds. Dog medtages fodgængere, som krydser vejen ulovligt, ikke i tællingen. Disse fodgængere vurderes ikke at påvirke kapaciteten i krydset, idet de kun krydser vejen, når der ikke er biler, og der er desuden kun tale om et mindre antal.

I forhold til cyklister håndteres denne trafikantgruppe forskelligt i de to kryds. Fælles for de to kryds er dog, at cyklister, som krydser vejen ulovligt, heller ikke medtages i tællingen af samme årsag som fodgængere, der krydser vejen ulovligt. Der gøres dog en undtagelse i krydset Vesterbro/Urbansgade, hvor en "ulovlig" strøm af cyklister tælles med. Dette beskrives yderligere senere i dette afsnit.

I krydset ved Dannebrogsgade/Kastetvej tælles alle cyklister, som enten krydser et af benene i krydset eller svinger til højre (se figur 5.4).



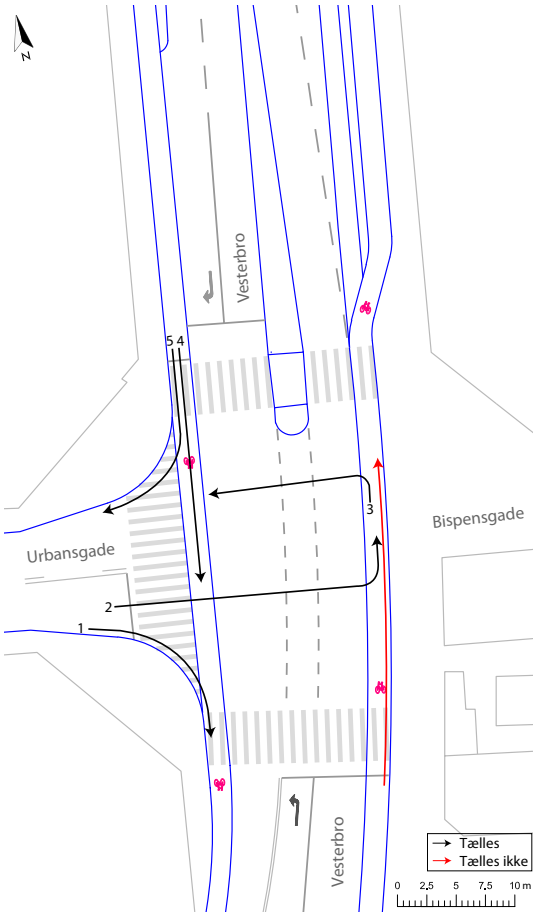
Figur 5.4. Talte cykelstrømme (de lyserøde pile) i krydset Dannebrogsgade/Kastetvej.

Som det fremgår af figur 5.4 indgår både cyklister, som krydser hvert af benene og cyklister, som svinger til højre. Cyklister, som krydser et ben, har en betydning for bilister, som enten kommer fra samme retning eller modsatte retning og ønsker at svinge enten til venstre eller højre.
Cyklister, som svinger til højre, kan også have en betydning, dels fordi cyklister ikke altid markerer, hvilken vej de kører, og dels fordi bilister, som også ønsker at svinge til højre, ofte vil sagtne farten og sikre sig, at cyklisten rent faktisk svinger.

Der tages ikke højde for, hvor cyklisten kommer fra, og hvor cyklisten skal hen. Dette betyder, at det ikke noteres, hvorvidt en cyklist foretager et venstresving ved først at krydse et ben og i næste fase krydse et andet ben. Der tælles blot hvilket ben en cyklist krydser, og hvis cyklisten i næste omløb krydser et andet ben, tælles cyklisten igen på det pågældende ben. Denne cyklist vil således optræde som to ligeudkørende cyklister på de to pågældende ben. Hvis cyklisten svinger til venstre i samme fase, tælles cyklisten blot som en cyklist kørende i hovedretningen. Denne situation opstår desuden yderst sjældent, idet der er for meget trafik i krydset til, at det

kan lade sig gøre.
Cyklister, som krydser vejen længere nede af et ben uden for det signalregulerede kryds tælles ikke.

I krydset Vesterbro/Urbansgade har cyklister ikke så stor betydning for kapaciteten i krydset. Dette skyldes, at de fleste cykelstrømme ikke er i direkte konflikt med bilstrømmene. På nedenstående figur illustreres hvilke cykelstrømme, som indgår i tællingen samt den ene, der ikke indgår i tællingen.



Figur 5.5. Cykelstrømme i krydset Vesterbro/Urbansgade.

Som det fremgår af figur 5.5, er den ene cykelstrøm, som ikke indgår i tællingen (markeret med rød) ikke på noget tidspunkt i konflikt med biltrafikken. Hvis cyklister fra denne trafikstrøm ønsker at svinge til venstre ad Urbansgade (cykelstrøm 3), bør de stå af cyklen og trække over fodgængerfeltet. Det kan selvfølgelig forekomme, at cyklister alligevel svinger til venstre ad Urbansgade mens fodgængerne har grønt, og i dette tilfælde vil venstresvingende biler fra Urbansgade også skulle vige for denne strøm. For at fastlægge omfanget af cyklister, som krydser Vesterbro på denne måde, tælles også denne cykelstrøm.

De andre cykelstrømme kan også have betydning for kapaciteten i krydset. Dette gør sig især gældende for cykelstrøm 4, som blokerer for al svingende trafik fra Vesterbro.
Cykelstrøm 1 kan også have betydning for kapaciteten i krydset, idet højresvingende bilister fra Urbansgade sandsynligvis vil vente og sikre sig, at cyklisten rent faktisk svinger til højre frem for at køre ligeud. Derudover er der heller ikke meget plads til, at en højresvingende bilist kan overhale en højresvingende cyklist. Det samme er gældende for cykelstrøm 5.

Cykelstrøm 2 har ikke umiddelbart nogen betydning for kapaciteten, hvis cyklisterne placerer sig i midten af vejbanen, når de ønsker at svinge til venstre. Men hvis de i stedet placerer sig til højre i vejbanen, vil de blokere for højresvingende biler fra Urbansgade. For at fastlægge hvorledes cyklister placerer sig, når de ønsker at svinge til venstre fra Urbansgade, tælles denne strøm derfor også.

PRAKTISKE FORUDSÆTNINGER 6

I dette kapitel gennemgås de praktiske forudsætninger for opbygning af to separate modeller for de to udvalgte signalregulerede kryds.

Til at opbygge vejnettet i Vissim anvendes et ortofoto som baggrund i begge kryds. Bredden på veje, cykelstier, fodgængerovergange, eventuelle svingbaner mm. opmåles og indtegnes i Vissim oven på ortofotoet. Dette ortofoto danner samtidig den visuelle baggrund for trafiksimuleringer i begge kryds.

Først beskrives alle praktiske forudsætninger for opbygning af en model for krydset Dannebrogsgade/Kastetvej og dernæst for krydset Vesterbro/Urbansgade.

6.1 Dannebrogsgade/Kastetvej

I det følgende beskrives de praktiske forudsætninger for opbygning af en trafikmodel for krydset Dannebrogsgade/Kastetvej. Dette inkluderer en beskrivelse af den valgte simuleringsperiode, de indsatte trafikmængder og den anvendte signalgruppeplan.

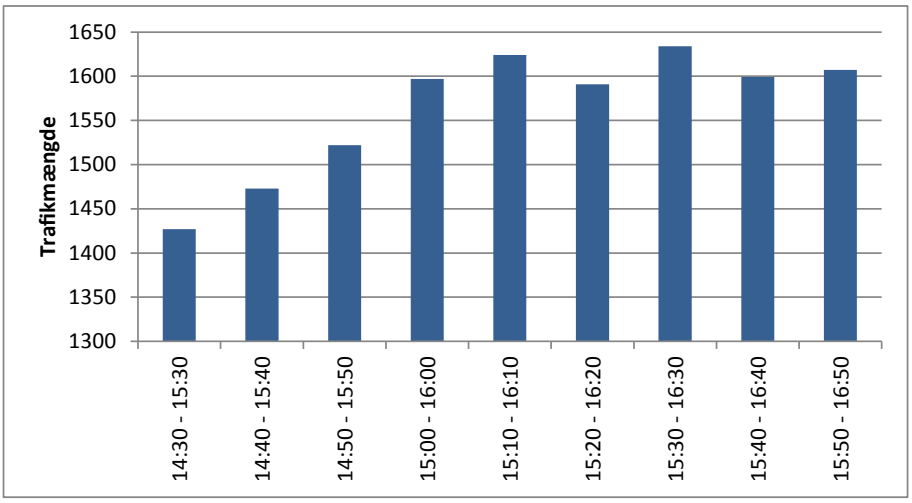
6.1.1 Simuleringsperiode

I dette afsnit beskrives dels valg af simuleringsperiode og dels valg af deltidsintervaller i Vissim. Det besluttes at simulere spidstimen, idet vejreglen for Anvendelse af mikrosimuleringsmodeller anbefaler at simulere perioden med mest trafik [Vejdirektoratet, 2010c]. Varigheden af simuleringsperioden er desuden ikke så afgørende, idet simuleringsperioden blot danner rammen for sammenligning af forskellige scenarier. Det vigtigste er dermed blot, at det er den samme tidsramme, som anvendes i alle scenarier.

Valget af deltidsintervaller i Vissim træffes på baggrund af, hvor detaljeret trafikmængderne ønskes afbilledet. I princippet kan trafikmængderne indsættes med et interval på kun et minut, som kombineret med en lige så detaljeret tælling bør resultere i en trafiksimulering, som i meget høj grad ligner det, der er optaget på videofilmene. Det vil dog være yderst tidskrævende, og det kan samtidig diskuteres, hvorvidt det er ønskværdigt at genskabe præcis den samme trafiksituation, som er optaget på video.

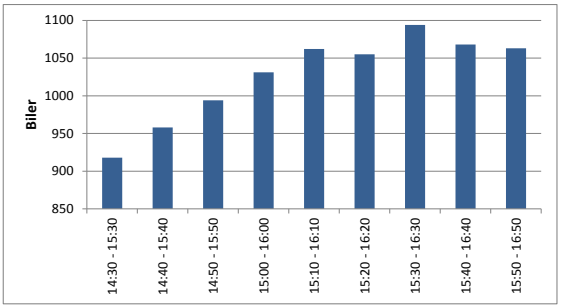
På baggrund af dette, vil det ikke være fordelagtigt at indsætte trafikmængderne med et interval på kun et minut. I stedet besluttes det at anvende et deltidsinterval på 10 minutter for at sikre, at eventuelle lokale "peaks" registreres. Disse registreringer anvendes dels til at fastsætte spidstimen og dels til at vurdere, om der er markante udsving i trafikmængderne i spidstimen.

Til at bestemme spidstimen inkluderes al bil- og fodgængertrafik. Cykler indgår ikke i denne opgørelse til fastsættelse af spidstimen, idet fodgængere og biler har størst betydning for denne undersøgelse. Resultatet af dette kan ses på figur 6.1.

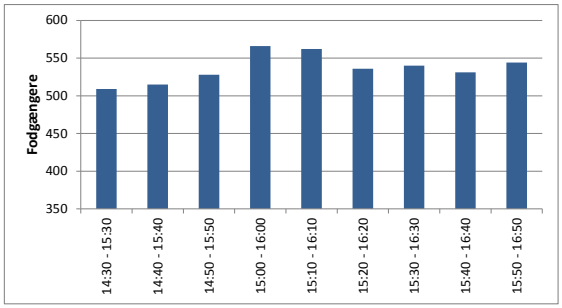


Figur 6.1. Samlede trafikmængder (biler og fodgængere) i krydset Dannebrogsgade/Kastetvej.

Som det fremgår af figur 6.1, er spidstimen mellem kl. 15:30 og 16:30. Det er derfor denne periode, som simuleres i Vissim.
På figur 6.8 og 6.9 ses de samme trafikmængder og de samme tidsintervaller delt op på biler og fodgængere.



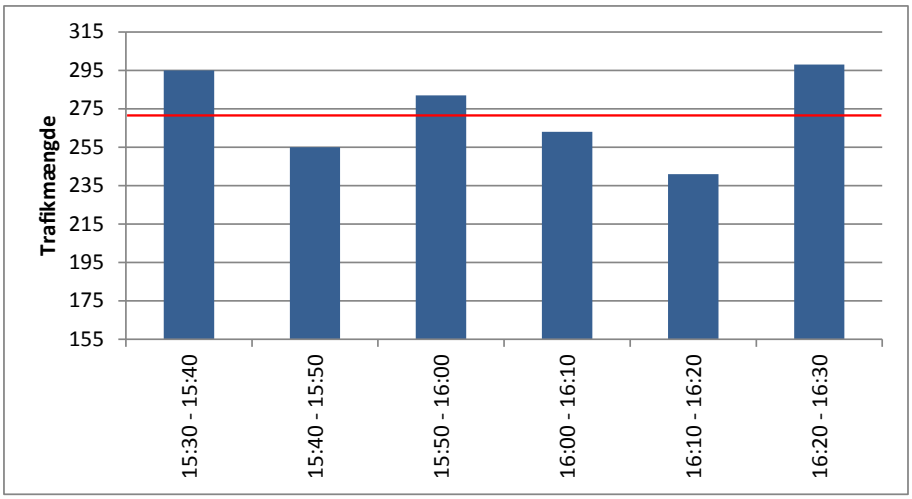
Figur 6.2. Bilmængder i krydset Dannebrogsgade/Kastetvej.



Figur 6.3. Fodgængermængder i krydset Dannebrogsgade/Kastetvej.

Det ses, at mængden af fodgængere er nogenlunde konstant over hele perioden, mens mængden af biler varierer betydeligt mere. Det er derfor primært mængden af biler, som er afgørende for fastsættelse af spidstimen (15:30-16:30).

På figur 6.4 ses de seks 10-minutters intervaller i spidstimen. Trafikmængderne inkluderer igen kun fodgængere og biler.

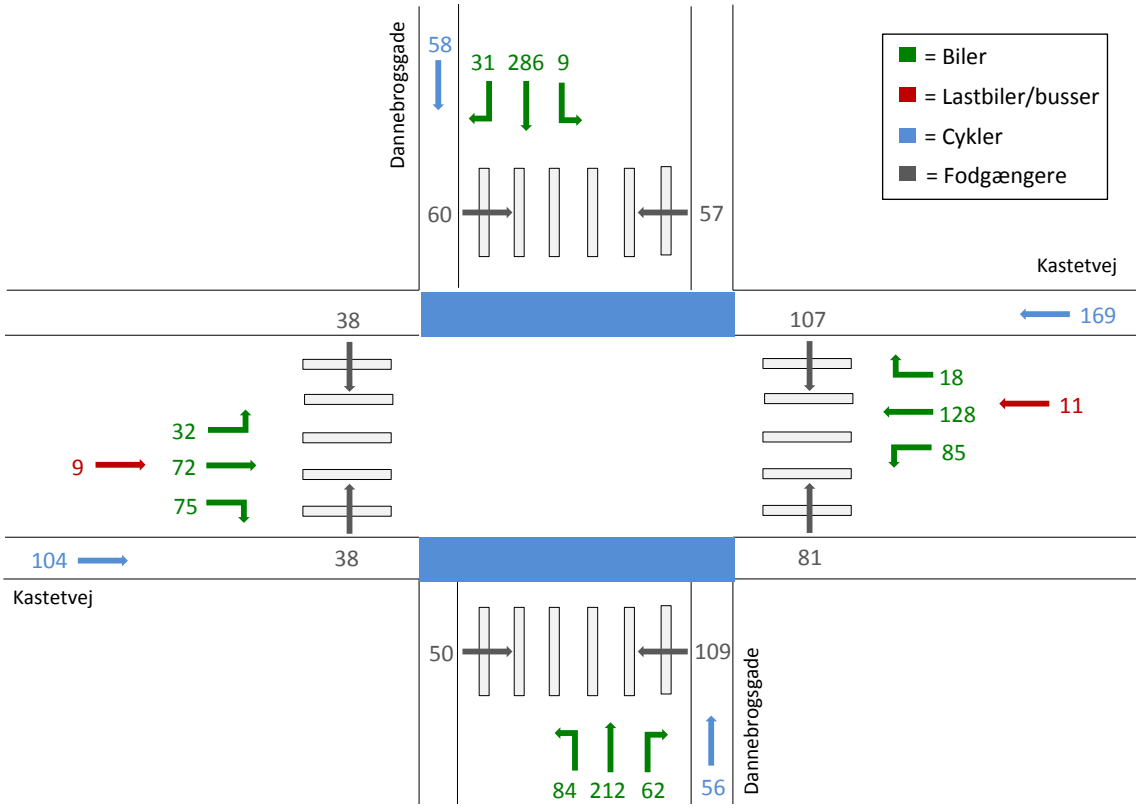


Figur 6.4. Samlede trafikmængder (biler og fodgængere) i spidstimen i krydset Dannebrogsgade/Kastetvej. Den røde linje viser gennemsnittet (272) for de seks perioder.

Som det fremgår af figuren, er der et ret tydeligt peak til sidst i perioden, hvor trafikmængderne stiger fra 241 biler og fodgængere pr. 10. min til 298 biler og fodgængere pr. 10. min. Dette svarer til en stigning på 24 %, hvilket må betragtes som en betydelig stigning, som dermed understøtter beslutningen om at indsætte trafikmængderne i Vissim som deltidsintervaller på 10 minutter.
Ved indsættelse af totale trafikmængder for hele spidstimen ville dette lokale peak ikke fremgå.

6.1.2 Trafikmængder

I dette afsnit beskrives, hvilke trafikmængder, som medtages i simulering af krydset Dannebrogsgade/Kastetvej. På figur 6.5 ses de strømme, som medtages i trafiksimulering af krydset. De angivne trafikmængder er samlede mængder for spidstimen, 15.30-16.30.



Figur 6.5. Skitse af de samlede trafikmængder i spidstimen for krydset Dannebrogsgade/Kastetvej.

Det er vigtigt at bemærke, at de trafikmængder, som er angivet på figur 6.5, er samlede trafikmængder for spidstimen. I modellen indsættes trafikmængderne i seks delintervaller af 10 minutter, der tilsammen giver de trafikmængder, som er angivet på figur 6.5.

Som det fremgår af figur 6.5, indgår al biltrafik og fodgængertrafik i simuleringen. I forhold til cyklister medtages kun de cyklister, som har en betydning for kapaciteten i krydset. Som beskrevet i afsnit 5.2.1, omfatter dette både ligeudkørende cyklister samt cyklister, der foretager et venstresving ved først at krydse et ben og derefter et andet.
Der medtages ikke højresvingende cyklister, idet der maksimalt kun er 20 højresvingende cyklister på et ben på en time. Gennemgang af videooptagelserne viser desuden, at disse cyklister ikke har nogen markant betydning for kapaciteten i krydset.

Der medtages generelt ikke knallerter i simuleringen, idet tællingen viser, at der kun er tale om et ubetydeligt antal knallerter i spidstimen. Det kræver desuden en del arbejde med modellen at inkludere knallerttrafik, og idet mængden anses som ubetydelig, medtages knallerter derfor ikke.

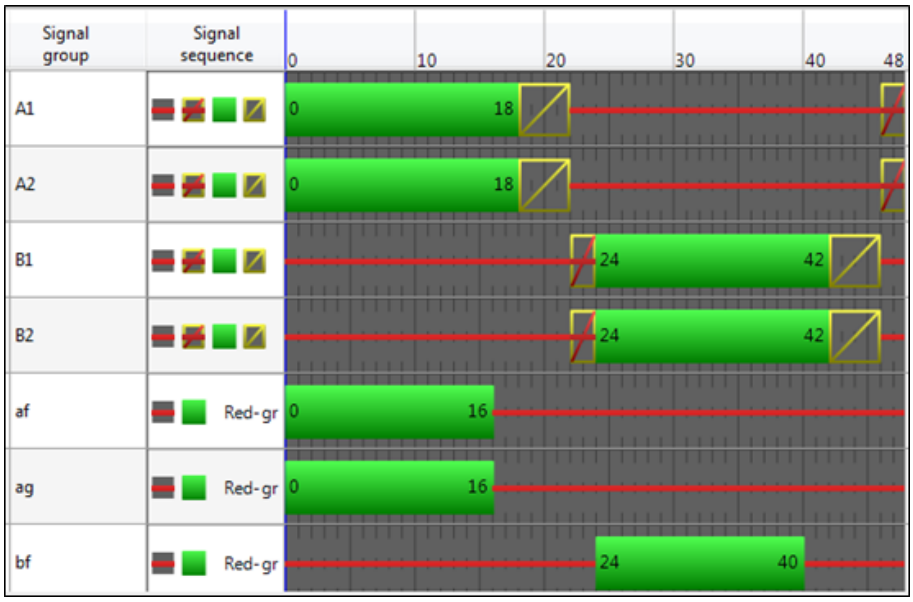
I forhold til tung trafik, medtages kun ligeudkørende tung trafik på Kastetvej, idet langt det meste tunge trafik i krydset kører her. Dette skyldes især, at det primært er busser, som kører i krydset. I spidstimen er der sammenlagt kun to tunge køretøjer på Dannebrogsgade, hvilket anses som en ubetydelig mængde. Derudover er der i spidstimen kun ét tungt køretøj, som svinger fra Kastetvej. Disse har derfor ingen betydning for kapaciteten i krydset, og de indgår derfor ikke i trafiksimuleringen.

6.1.3 Signalgruppeplan

Signalreguleringen i krydset Dannebrogsgade/Kastetvej er primært tidsstyret, men med mulighed for busprioritering. Dette betyder, at visse faser enten kan forkortes eller forlænges, hvis der detekteres en bus. Selve signalgruppeplanen samt tilhørende oversigtsplan kan ses i bilag B.1 på side 95 og C.1 på side 97.

Videooptagelser fra krydset viser, at der ikke særlig ofte forekommer busprioritering. Signalanlægget kører for det meste af tiden således blot som et almindeligt tidsstyret kryds. Det besluttes derfor at simulere signalanlægget som et almindeligt tidsstyret kryds. Det er desuden vigtigt at bemærke, at projektets primære formål er at sammenligne forskellige scenarier, og så længe signalreguleringen styres ens i alle scenarier, har det umiddelbart ingen betydning for resultaterne af sammenligningen, hvorvidt busprioriteringen medtages eller ej.

Signalgruppeplanen, som indgår i modellen, har en omløbstid på 48 sekunder og er illustreret på figur 6.6



Figur 6.6. Signalgruppeplan for Dannebrogsgade/Kastetvej. **A**-retninger: Kastetvej, **B**-retninger: Dannebrogsgade, **af** og **ag**: Fodgængere som krydser Dannebrogsgade, **bf**: Fodgængere som krydser Kastetvej (se evt. oversigtsplan i bilag B.1 på side 95).

Som det fremgår af figur 6.6, er der 18 sekunders grøntid for biler både på Kastetvej (A1 og A2) og på Dannebrogsgade (B1 og B2). Dette betyder samtidig, at der er 16 sekunders grøntid for fodgængere på alle fodgængerovergange (af, gf og bf). Derudover er der naturligvis også de lovpligtige 2 sekunders rød/gul og 4 sekunders gult [Transportministeriet, 2012].

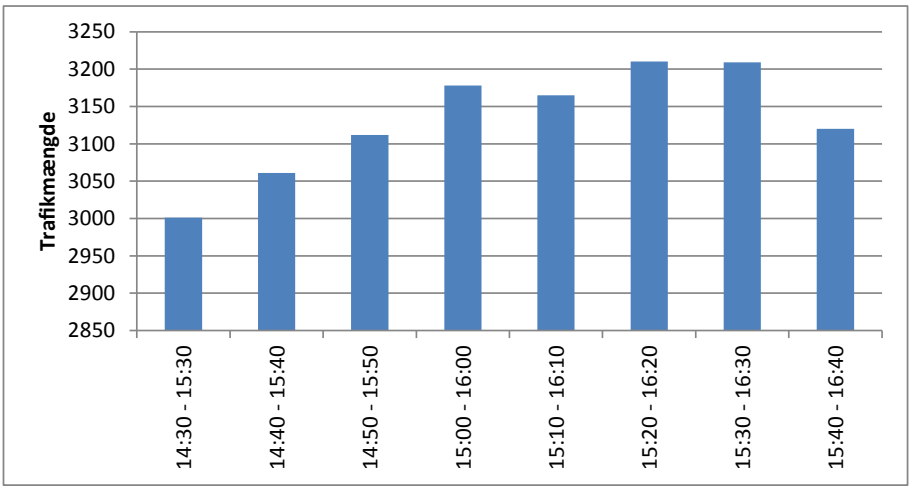
6.2 Vesterbro/Urbansgade

I det følgende beskrives på tilsvarende måde de praktiske forudsætninger for opbygning af en trafikmodel for krydset Vesterbro/Urbansgade.

6.2.1 Simuleringsperiode

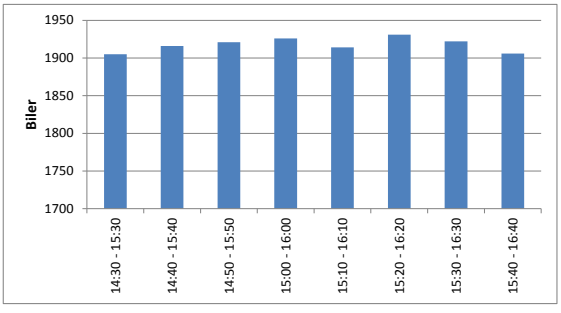
Til valg af simuleringsperiode indgår de samme overvejelser, som er beskrevet i afsnit 6.1.1 for Dannebrogsgade/Kastetvej. Det er derfor også spidstimen, som simuleres for krydset Vesterbro/Urbansgade.

Til at fastlægge spidstimen inkluderes igen al bil- og fodgængertrafik. Resultatet af dette kan ses på figur 6.7.

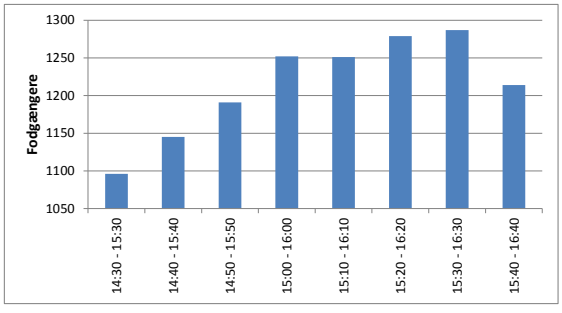


Figur 6.7. Samlede trafikmængder (biler og fodgængere) i krydset Vesterbro/Urbansgade.

Som det anes på figur 6.7 er spidstimen i krydset Vesterbro/Urbansgade mellem kl. 15:20 og 16:20. Det er derfor denne periode, som simuleres i Vissim. Det fremgår desuden, at de samlede trafikmængder varierer meget gennem perioden fra 14:30-16:40. På figur 6.8 og 6.9 ses de samme trafikmængder delt op på biler og fodgængere.



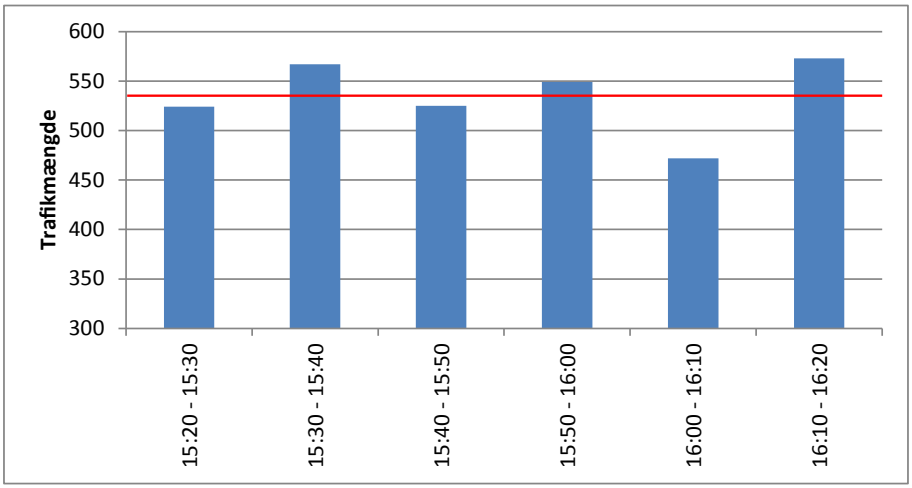
Figur 6.8. Bilmængder i krydset Vesterbro/Urbansgade.



Figur 6.9. Fodgængermængder i krydset Vesterbro/Urbansgade.

Det ses tydeligt, at mængden af biler er nogenlunde konstant over perioden, mens mængden af fodgængere varierer markant mere. Det er i dette tilfælde derfor i højere grad mængden af fodgængere, som er afgørende for fastsættelse af spidstimen (15:20-16:20).

På figur 6.10 ses de seks 10-minutters intervaller i spidstimen. Trafikmængderne inkluderer igen kun fodgængere og biler.

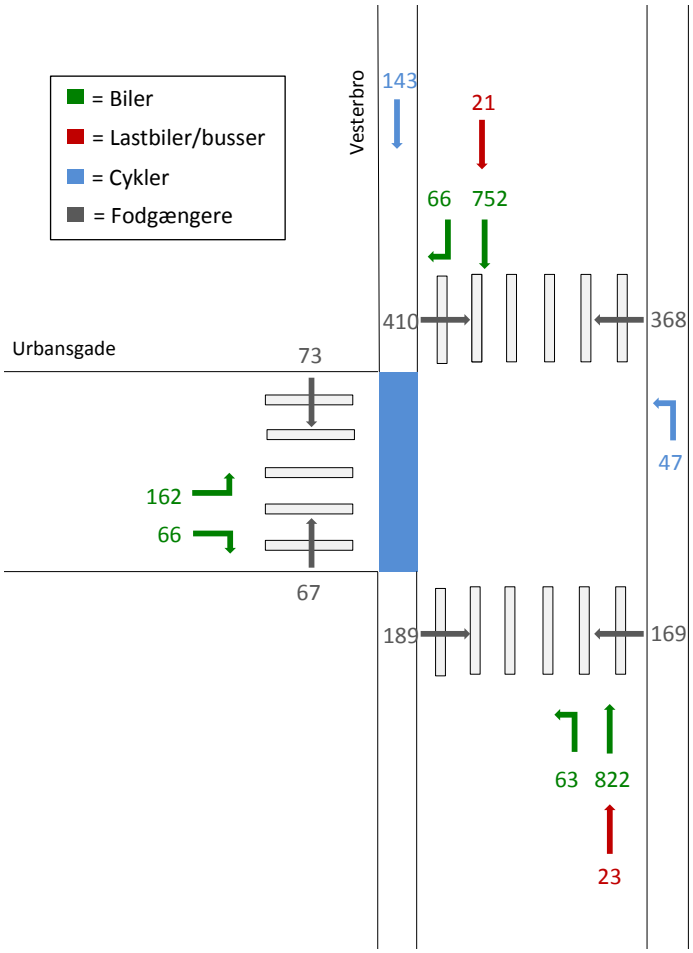


Figur 6.10. Samlede trafikmængder (biler og fodgængere) i spidstimen i krydset Vesterbro/Urbansgade. Den røde linje viser gennemsnittet (535) for de seks perioder.

Som det fremgår af figuren, er der også i dette kryds et ret tydeligt peak til sidst i perioden, hvor trafikmængderne stiger fra 472 biler og fodgængere pr. 10. min til 573 biler og fodgængere pr. 10. min. Dette svarer til en stigning på 21 %, hvilket også betragtes som en markant stigning, og det besluttes derfor at indsætte trafikmængderne i Vissim i deltidsintervaller af 10 minutter.

6.2.2 Trafikmængder

I dette afsnit beskrives, hvilke trafikmængder som medtages i simulering af krydset Vesterbro/Urbansgade. På figur 6.11 ses de trafikstrømme, som inkluderes i trafiksimulering af krydset. De angivne trafikmængder er samlede mængder for spidstimen, 15.20-16.20 (se evt. afsnit 6.2.1).



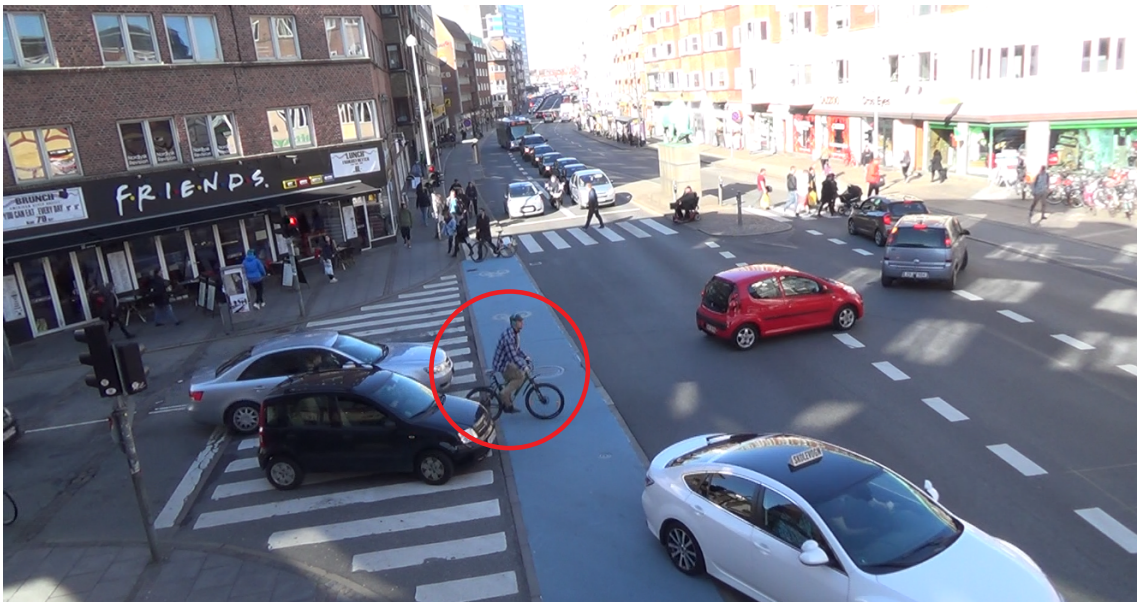
Figur 6.11. Skitse af de samlede trafikmængder i spidstimen for krydset Vesterbro/Urbansgade.

Det er igen vigtigt at bemærke, at de trafikmængder, som er angivet på figur 6.11, er samlede trafikmængder for spidstimen. I modellen indsættes trafikmængderne som seks intervaller af 10 minutter, hvilket sammenlagt giver de trafikmængder, som er angivet på figur 6.11.

Som det fremgår af figur 6.11, indgår også i dette kryds al biltrafik og fodgængertrafik. I forhold til cyklister medtages igen kun de cyklister, som vurderes at have en betydning for kapaciteten i krydset.
Dette betyder, at ligeudkørende cyklister, som kører mod syd på Vesterbro og krydser Urbansgade, indgår, idet de har betydning for kapaciteten for bilister med samme retning, som svinger til højre ad Urbansgade.
Derudover inkluderes cyklister, som kører mod nord på Vesterbro og ureglementeret svinger til venstre ad Urbansgade. Disse cyklister har en betydning for bilister, som kommer fra Urbansgade og ønsker at svinge til venstre ad Vesterbro.

Der medtages generelt ikke højresvingende cyklister, idet der maksimalt kun er 10 højresvingende cyklister på både Vesterbro og Urbansgade.

Der medtages ej heller cyklister fra Urbansgade, som ønsker at svinge til venstre ad Vesterbro (se evt. cykelstrøm 2 på figur 5.5 på side 28). Dette skyldes, at det vurderes, at de ikke har nogen markant betydning for kapaciteten i krydset, idet langt de fleste cyklister (i spidstimen: 58 af 72) placerer sig midt i køresporet, når de ønsker at svinge til venstre. Dette kørselsmønster fremgår eksempelvis af figur 6.12



Figur 6.12. Afvikling af venstresvingede cykler fra Urbansgade. [Eget foto]

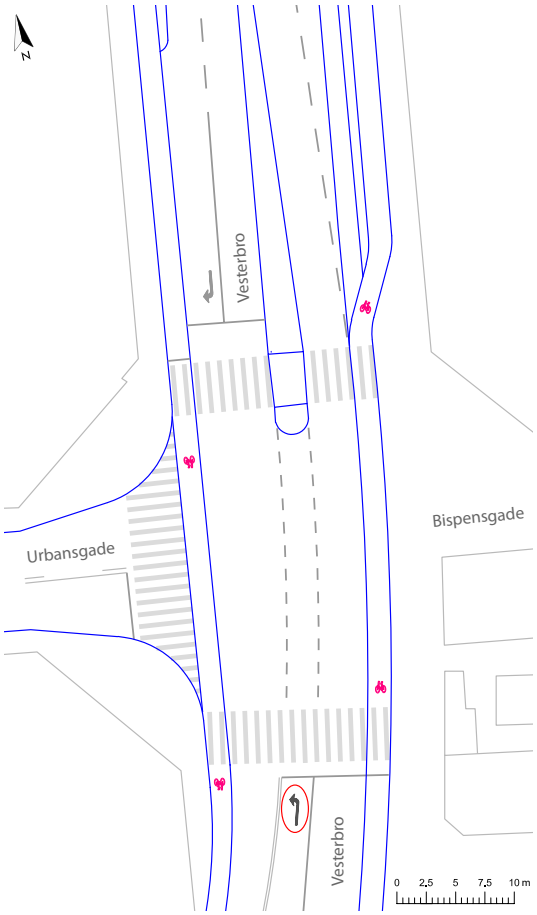
På billedet ses et eksempel på, hvorledes venstresvingende cyklister fra Urbansgade afvikles i krydset. I dette tilfælde er der en cyklist (markeret med rød cirkel), som skal svinge til venstre, og som tydeligt placerer sig mellem de svingende biler. Idet de fleste cyklister placerer sig på samme måde, vurderes de ikke at have nogen markant betydning for kapaciteten i krydset, og de medtages derfor ikke i simuleringen.

Der medtages igen ikke knallerter i simuleringen, idet det konstateres, at der kun er et ubetydeligt antal knallerter i spidstimen.

I forhold til tung trafik, medtages kun ligeudkørende tung trafik på Vesterbro, idet langt det meste tunge trafik i krydset kører ligeud på Vesterbro. Dette skyldes især, at det primært er busser, som kører i krydset. I spidstimen er der ingen lastbiler fra Urbansgade og kun en lastbil, som svinger til venstre fra Vesterbro til Urbansgade.

6.2.3 Signalgruppeplan

Signalreguleringen i krydset Vesterbro/Urbansgade kører forskellige programmer afhængigt af tidpunktet på dagen. Idet videofilmingen er foregået om eftermiddagen benyttes også programmet for signalregulering om eftermiddagen. Der findes to signalgruppeplaner for krydset om eftermiddagen. Det ene inkluderer en venstresvingspil for venstresvingende bilister, som kører i nordgående retning på Vesterbro, og det andet er uden denne venstresvingspil. Denne trafikstrøm med venstresvingspil er markeret på figur 6.13.

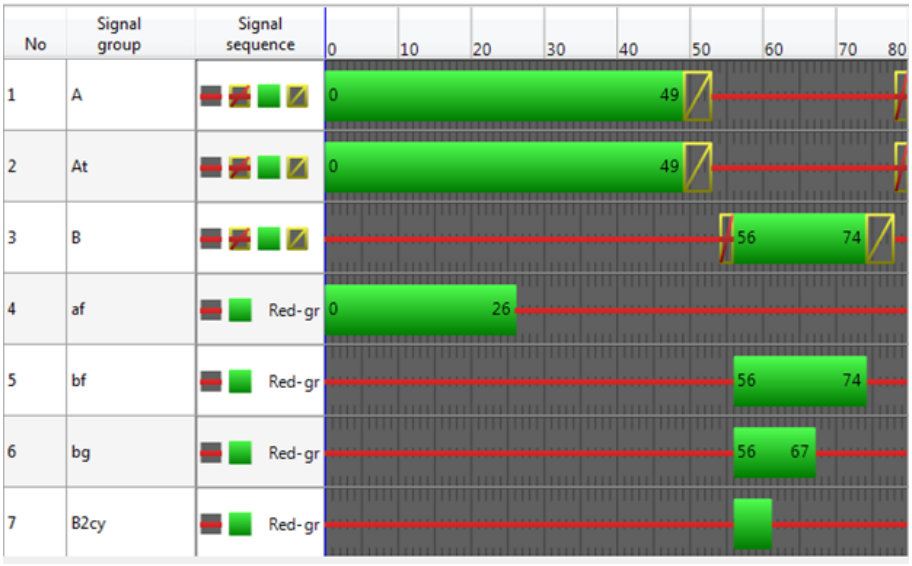


Figur 6.13. Oversigtsplan for krydset Vesterbro/Urbansgade. Det omtalte venstresvingsspor er markeret med en rød ring.

Videooptagelser fra krydset viser, at der i simuleringsperioden oftest ikke er en venstresvingspil. Dette skyldes, at kriteriet er, at den markerede venstresvingspil er og har været belagt i de seneste fem sekunder. Denne situation opstår således kun, hvis der er en kø af venstresvingende biler.
Det besluttes derfor at simulere programmet om eftermiddagen for signalregulering uden venstresvingspil. Dette betyder, at den venstresvingende trafik fra denne strøm altid afvikles samtidig med modkørende trafik og fodgængere, som krydser Urbansgade. Det kan betyde, at fodgængeres betydning overestimeres en smule, idet al venstresvingende trafik skal vige for fodgængere. Det vurderes dog, at den ligeudkørende trafik på Vesterbro, har langt større betydning for de venstresvingende end de få fodgængere, som krydser Urbansgade. Det vurderes derfor ikke at have nogen væsentlig betydning for resultaterne.
Sluttelig kan det igen bemærkes, at projektets primære formål er at sammenligne forskellige scenarier, og så længe signalreguleringen styres ens i alle scenarier, har det ingen betydning for resultaterne af sammenligningen, hvorvidt venstresvingspilen medtages eller ej.

Selve signalgruppeplanen samt tilhørende oversigtsplan kan ses i bilag B.2 på side 96 og C.2 på side 98.

Signalgruppeplanen, som indgår i modellen, har en omløbstid på 80 sekunder og kan ses på figur 6.14



Figur 6.14. Signalgruppeplan for Vesterbro/Urbansgade. **A**-retninger: Vesterbro, **B**-retning: Urbansgade, **af**: Fodgængere som krydser Urbansgade, **bf**: Fodgængere som krydser Vesterbro på nordlig fodgængerovergang, **bg**: Fodgængere som krydser Vesterbro på sydlig fodgængerovergang, **B2cy**: Cykler som krydser Vesterbro. Se evt. oversigtsplan i bilag B.2 på side 96.

Der er 49 sekunders grøntid for biler på Vesterbro, da en gennemgang af videooptagelser fra krydset viser, at der oftest er 49 sekunders grøntid for Vesterbro. Derudover er der 18 sekunders grøntid for biler fra Urbansgade. Der er ligeledes 18 sekunders grøntid for fodgængere, som krydser Vesterbros nordlige fodgængerovergang (signalgruppe *bf*). Fodgængere, som krydser Vesterbros sydlige fodgængerovergang (signalgruppe *bg*), har kun 11 sekunders grøntid, hvilket sandsynligvis skyldes, at der ikke er nogen støttehelle på denne overgang. Fodgængere, som krydser Urbansgade, (signalgruppe *af*) har 26 sekunders grøntid.

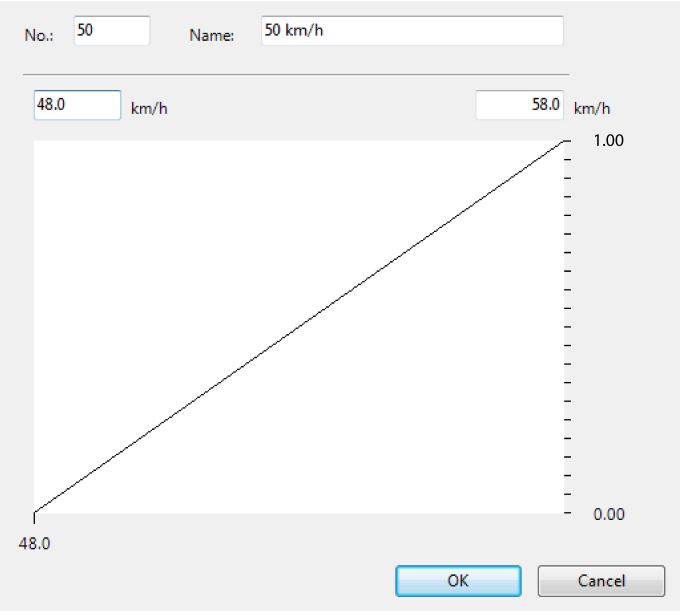
Derudover er der givet 5 sekunders grøntid til cyklister, som cykler mod nord på Vesterbro og svinger til venstre ad Urbansgade (signalgruppe *B2cy*). Denne cykelstrøm (nr. 3) kan evt. ses på figur 5.5 på side 28. Denne signalgruppe for cyklister eksisterer ikke i virkeligheden, idet cykler ikke må krydse vejen på denne måde. Men da en gennemgang af videofilmene viser, at en del cyklister gør det alligevel, er denne fiktive fase etableret. Videofilmene viser desuden, at cyklister krydser Vesterbro først i fodgængernes grønfase, inden de når at komme i konflikt med trafikken fra Urbansgade. Det vurderes derfor, at kun 5 sekunders grøntid passer med den virkelige trafikafvikling.
Endelig er der naturligvis også her de lovpligtige 2 sekunders rød/gul og 4 sekunders gult [Transportministeriet, 2012].

6.3 Hastigheder

I de følgende afsnit beskrives de hastigheder, som anvendes for de enkelte trafikantgrupper i simuleringerne i Vissim. Hastigheden er en helt grundlæggende og meget væsentlig parameter, og fastsættes denne ikke, således den afspejler den virkelige trafikafvikling, vil simuleringen give misvisende resultater. I Vissim angives den *ønskede hastighed* for hver køretøjstype. Den ønskede hastighed beskriver køretøjets hastighed ved free flow, dvs. tilfælde hvor trafikantens hastighedsvalg ikke påvirkes af øvrige trafikanter.

6.3.1 Biler og busser

Hastighederne for biler og busser i de to Vissim-modeller ændres ikke i forhold standardindstillingerne i Vissim. Det betyder, at biler og busser følger den hastighedsfordeling, som i Vissim hedder 50 km/t, hvilket indebærer, at trafikanters ønskede hastighed spænder fra 48 til 58 km/t. På figur 6.15 ses, at hastigheden for biler og busser varierer lineært mellem 48 og 58 km/t, hvilket betyder, at hastighederne altså ikke er normalfordelte, som hastighedsmålinger ellers normalt antages at være.



Figur 6.15. Standard hastighedsfordeling for biler og busser, som kører 50 km/t i Vissim. X-aksen er km/t og y-aksen er kummuleret hyppighed.

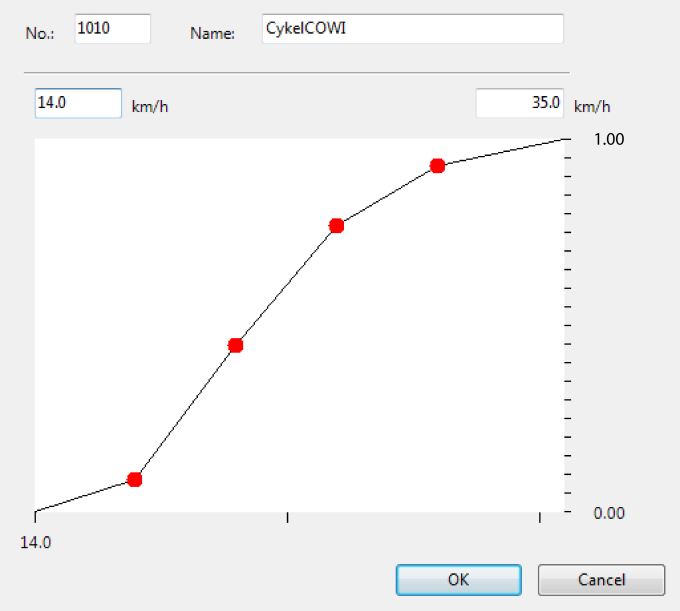
I vejreglen for Anvendelse af mikrosimuleringsmodeller er udført en mindre undersøgelse af køretøjers hastighedsvalg på fem forskellige strækninger i landet med en hastighedsgrænse på 50 km/t. Idet datagrundlaget synes meget spinkelt, indgår undersøgelsen blot som information i vejreglen, men uden en decideret anbefaling om at ændre hastighedsfordelingen. [Vejdirektoratet, 2010c] Det kan desuden bemærkes, at der kun er en meget lille forskel på resultaterne af undersøgelsen i Vejreglen og standardindstillingerne i Vissim. Derfor anvendes blot Vissims standard hastighedsfordeling for biler, der kører 50 km/t.

Den mest retvisende hastighedsfordeling opnås altid ved at udføre hastighedsmålinger ved den givne projektlokalitet, såfremt der ikke allerede findes anvendelige hastighedsmålinger for lokaliteten. For de to udvalgte kryds i dette projekt, foreligger imidlertid ikke tilstrækkeligt detaljerede hastighedsmålinger, og af tidsmæssige årsager er der ikke udført hastighedsmålinger i de to kryds. Derfor anvendes som nævnt de hastighedsfordelinger, som allerede er defineret i Vissim.

6.3.2 Cykler

Som nævnt i afsnit 1.3 udførte COWI i samarbejde med PTV en undersøgelse af, hvordan cyklister kan simuleres mere realistisk i Vissim. Analyser fra denne undersøgelse viser, at spredningen i cyklisters hastigheder er større end dem, som er angivet i Vissim, hvor der arbejdes med intervaller af 5 km/t (20-25 km/t er angivet som standard). COWI indsamlede

hastighedsdata for cyklister i en periode, hvor vejr og vind ikke påvirkede cyklisterne betydeligt. På den baggrund er der udarbejdet en hastighedsfordeling, som således kan repræsentere en generaliseret situation, og denne fordeling anvendes til simulering af cyklister i dette projekt. På figur 6.16 ses denne hastighedsfordeling. Værdierne for henholdsvis hastighed samt kumuleret hyppighed for hver enkelt rød markering på figuren er angivet i tabel D.1 i Bilag D på side 99.



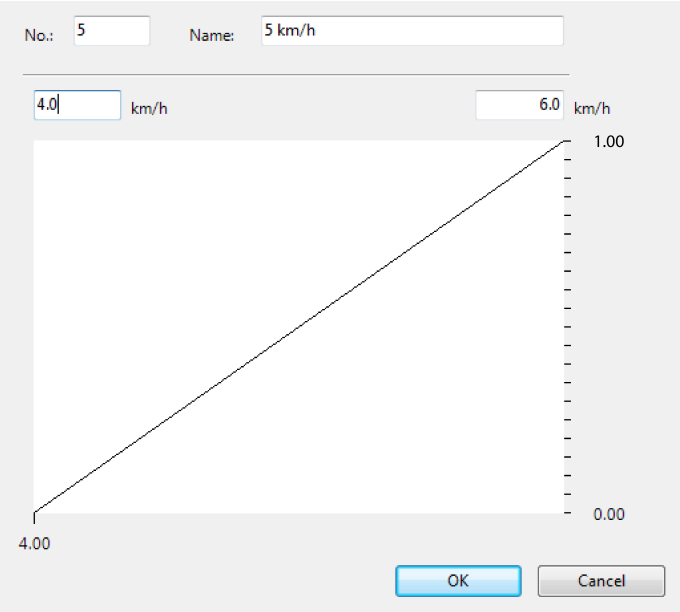
Figur 6.16. Hastighedsfordeling for cykler ifølge vejledningen udarbejdet af COWI. X-aksen er km/t og y-aksen er kummuleret hyppighed. [COWI, 2012]

6.3.3 Ganghastigheder

Som beskrevet i afsnit 3.2 på side 9 kan fodgængeres ganghastigheder have betydning for kapaciteten i et signalreguleret kryds. Det er derfor væsentligt, at de ganghastigheder, som anvendes i en simulering i Vissim, svarer til de virkelige ganghastigheder på den givne lokalitet. I det følgende beskrives de ganghastigheder, som anvendes til simulering i Vissim for henholdsvis "fritgående" og "ikke fritgående" fodgængere.

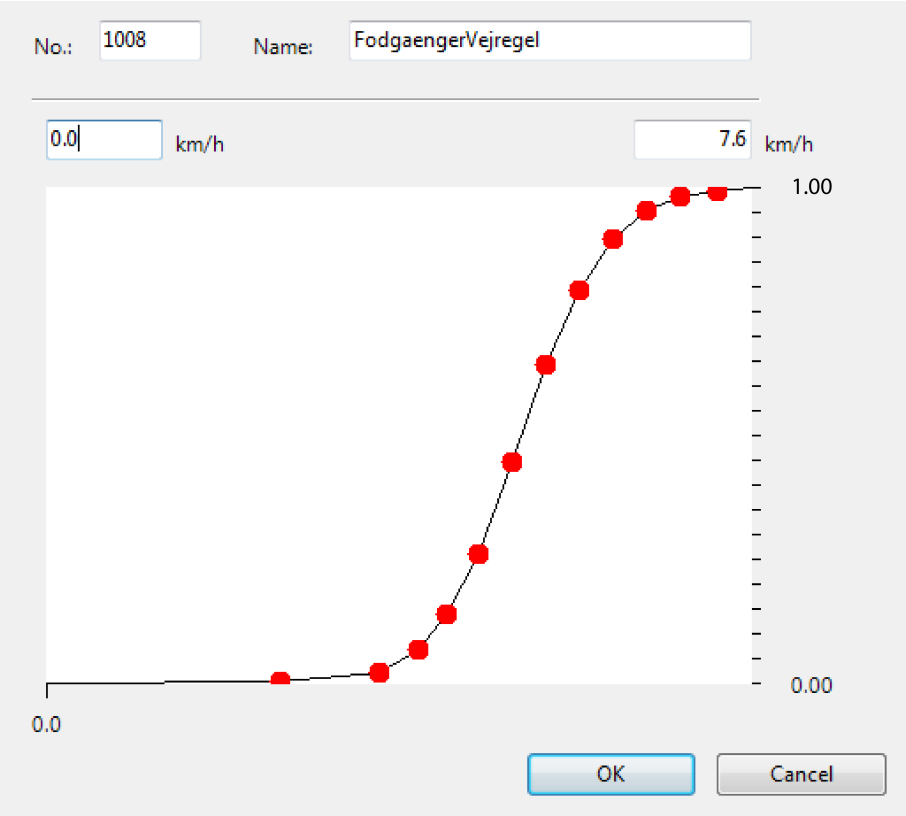
Ganghastighed for fritgående fodgængere

I Vissim er fodgængeres hastigheder som standard defineret meget simpelt som værende fordelt lineært fra 4 til 6 km/t. På figur 6.17 er denne fordeling illustreret med et skærmbillede fra Vissim.



Figur 6.17. Hastighedsfordeling for fodgængere angivet som standard i Vissim. X-aksen er km/t og y-aksen er kummuleret hyppighed.

De ganghastigheder, som anvendes i Vissim, er imidlertid ikke nær så nuancerede, som tilfældet er i en rapport udarbejdet af Trafitec (se evt. 3.2 på side 9), som danner grundlag for ganghastighederne angivet i vejreglen for Vejsignaler [Vejdirektoratet, 2013]. Heri ses det, at ganghastigheder i signalregulerede kryds i Danmark er normalfordelte omkring en given middelværdi, og at ganghastigheder altså ikke kan beskrives vha. en lineær funktion som den i Vissim. Med udgangspunkt i dette ændres fodgængernes hastighed i Vissim, således de i stedet følger fordelingen, som ses på figur 6.18 på næste side.



Figur 6.18. Hastighedsfordeling for fodgængere efter vejregelen for Vejsignaler [Vejdirektoratet, 2013]. X-aksen er km/t og y-aksen er kummuleret hyppighed.

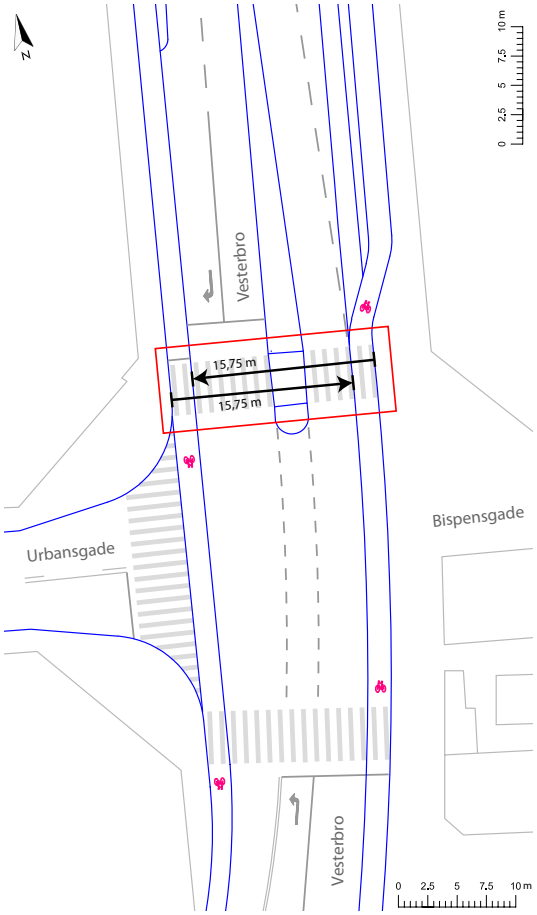
Figur 6.18 viser den kumulerede hyppighed for hastighedsfordelingen for fodgængere i aldersgruppen 17-64 år. Værdier for henholdsvis hastighed samt kumuleret hyppighed for hver enkelt rød markering kan ses i tabel D.2 i Bilag D på side 99.
Ganghastigheder for netop denne aldersgruppe er valgt til simulering, da denne gruppe repræsenterer langt størstedelen af de fodgængere, som færdes på de to valgte projektlokaliteter. Middelværdien er 1,48 m/s (5,3 km/t), hvilket er en anelse højere end 1,39 m/s (5 km/t), som er angivet som standardværdi i Vissim. Begge hastigheder falder dog stadig under kategorien "normal ganghastighed" i vejreglen for Vejsignaler (se evt. tabel 3.1 på side 10).

Som tidligere nævnt er de ganghastigheder, som fremgår af rapporten fra Trafitec, målt for fritgående fodgængere, som beskriver fodgængere, hvis hastighed ikke påvirkes af øvrige fodgængere mm. [Trafitec, 2009b]. Observationer fra de videooptagelser, der er udført for de to kryds viser, at fodgængertrafikken kan betragtes som fritgående for seks af de i alt syv fodgængerfelter. Kun ved den nordlige overgang på Vesterbro synes fodgængerne at påvirke hinandens ganghastigheder. For de seks øvrige fodgængerfelter anvendes derfor hastighedsfordelingen angivet på figur 6.18.

Ganghastighed for ikke fritgående fodgængere

Idet videoobservationer indikerer, at fodgængere påvirker hinandens ganghastigheder i den nordlige fodgængerovergang på Vesterbro i krydset Vesterbro/Urbansgade, undersøges det i det følgende, hvilken hastighed fodgængerne reelt færdes med her. I rapporten fra Trafitec er der foretaget en opgørelse over ganghastigheder for ikke fritgående fodgængere i to fodgængerfelter, men idet datagrundlaget er relativt spinkelt, og fordi de to lokaliteter ikke nødvendigvis

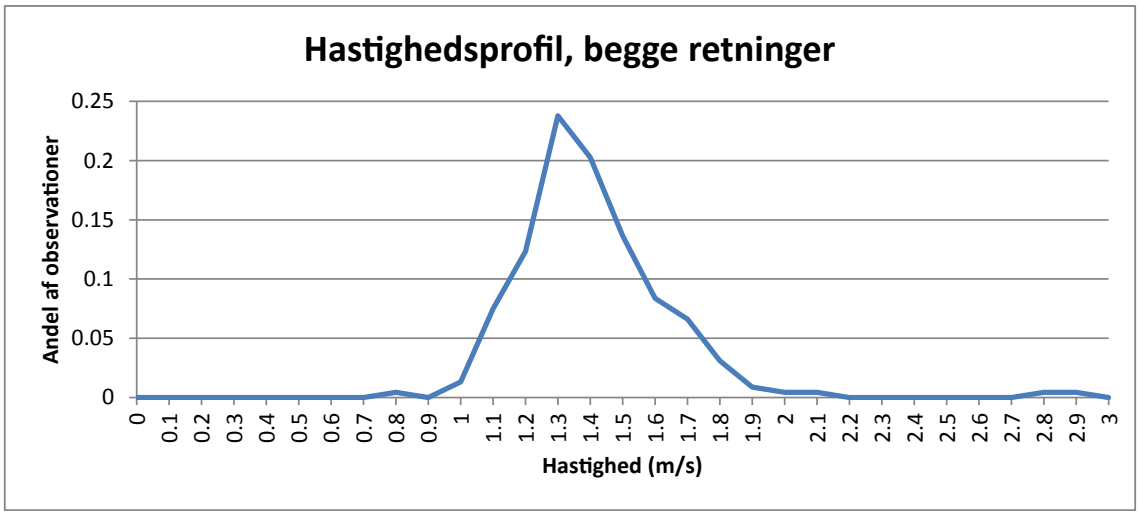
er sammenlignelige med krydset Vesterbro/Urbansgade, udføres en undersøgelse specifikt for dette kryds. På figur 6.19 ses det nordlige fodgængerfelt markeret.



Figur 6.19. Målte gangafstande i det nordlige fodgængerfelt.

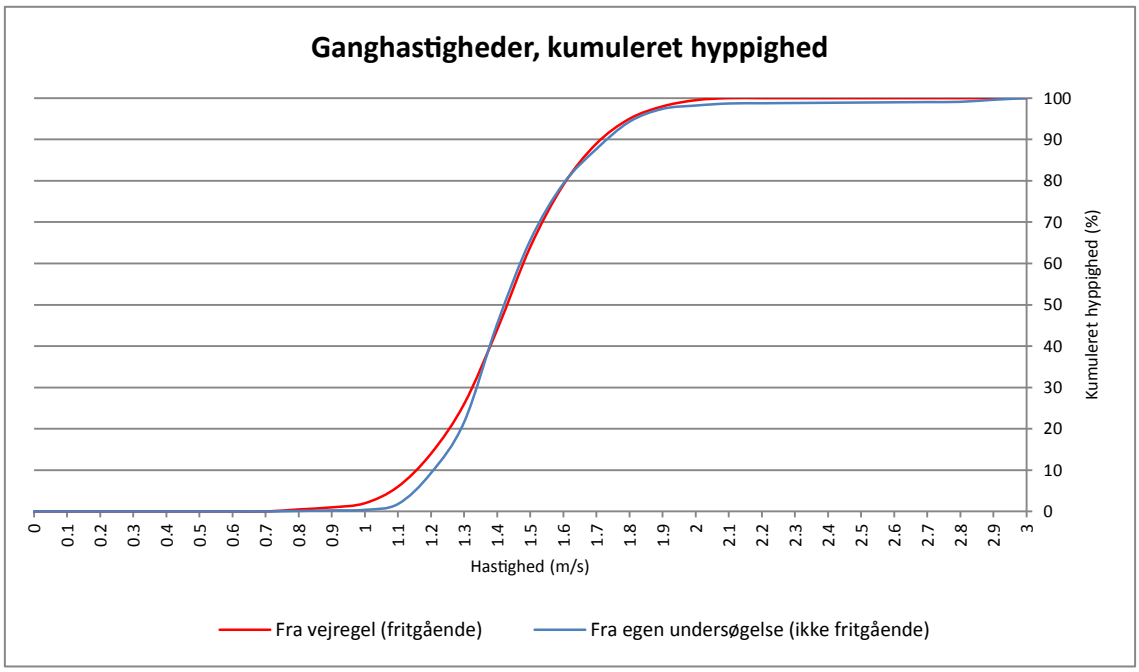
Undersøgelsen af ganghastigheder for ikke fritgående fodgængere er udført ved at måle den tid, det tager for den enkelte fodgænger at passere distancen fra fodgængerfeltets start og til, at fodgængerfeltet krydser cykelstien på den modsatte side af Vesterbro, i alt 15,75 meter (illustreret med pile på figur 6.19). Den målte distance afkortes ved krydsningen med cykelstien, idet mange fodgængere har tendens til at skråne over cykelstien, hvilket gør det vanskeligt at måle den tilbagelagte distance for den enkelte fodgænger.

Der er målt passagetider for i alt 227 fodgængere, 119 østgående og 108 vestgående. De observerede fodgængere er udvalgt over hele den videofilmede periode for ikke at opnå en ganghastighed, som kun gør sig gældende for den allermest trafikbelastede periode. Forskellen i hastigheder for de to retninger er meget lille, og alle data behandles derfor samlet. På figur 6.20 ses et samlet hastighedsprofil for de to retninger.



Figur 6.20. Hastighedsprofil for fodgængere i det nordlige fodfængerfelt på Vesterbro.

Hastighedsmålingerne er normalfordelte (testet vha. qq-plot) og med en middelværdi på 1,41 m/s (5,1 km/t). Hastigheden for ikke fritgående fodgængere er altså en anelse lavere end for de fritgående (1,48 m/s), men reelt er denne forskel så lille, jævnfør figur 6.21, at den næppe vil have en markant betydning.



Figur 6.21. Kumuleret hastighedsfordeling for ganghastigheder henholdsvis fra vejreglen for vejsignaler [Vejdirektoratet, 2013] og fra egen undersøgelse af ganghastighed for ikke fritgående fodgængere.

På figur 6.21 ses den kumulerede hyppighed for henholdsvis ganghastigheder fra vejreglen og for målingerne fra det nordlige fodgængerfelt på Vesterbro. Det ses, at de to kurver ligger meget tæt på hinanden, hvilket også understreger, at en absolut forskel på 0,07 m/s mellem de to middelværdier er tilnærmelsesvis ubetydelig. Ydermere indikerer figuren, at der på den

nordlige overgang på Vesterbro faktisk optræder en mindre andel af fodgængere med lav ganghastighed, end tilfældet er for vejreglens opgørelse.

Til trods for den meget lille afvigelse imellem ganghastighederne besluttes det at anvende den hastighedsfordeling, som er lavet på baggrund af projektgruppens egen undersøgelse, da denne forventes bedst at kunne repræsentere fodgængertrafikken på Vesterbros nordlige fodgængerovergang. Denne hastighedsfordeling er indsat i Vissim og kan ses på figur D.1.

TEKNISKE FORUDSÆTNINGER 7.

I dette kapitel gennemgås de tekniske forudsætninger for opbygningen af de to modeller i Vissim. Der tages her primært udgangspunkt i Vejreglen for Anvendelse af mikrosimuleringsmodeller [Vejdirektoratet, 2010c]. Alle tekniske forudsætninger beskrevet i dette kapitel er gældende for modellerne for begge projektlokaliteter.

7.1 Varighed af simuleringerne

Som tidligere nævnt besluttes det at simulere spidstimen for begge kryds. Dette betyder imidlertid ikke, at den samlede simuleringstid også er en time. Dette skyldes, at der i Vissim findes en såkaldt *indsvingningstid*, som er den tid modellen bruger på at opbygge starten på den trafiksituation, som ønskes analyseret [Vejdirektoratet, 2010c]. Indsvingningstiden er altså en form for "indkørselsperiode". Når simuleringen påbegyndes, er der ingen trafik i modellen, hvilket er unaturligt, idet en spidstime ikke starter helt uden trafik i netværket. Derfor bør der i starten af simuleringen være en indsvingningstid. Ifølge vejreglen for Anvendelse af mikrosimuleringsmodeller anbefales det, at indsvingstiden fastsættes til 15 eller 30 minutter [Vejdirektoratet, 2010c].
Idet der i dette projekt i begge trafikmodeller kun simuleres et kryds ad gangen uden omkringliggende kryds, vurderes 15 minutter at være passende som indsvingningstid. Trafikmængderne i disse 15 minutter fastsættes som gennemsnittet af spidstimen for de enkelte trafikantgrupper, og rutevalget for trafikmængderne sættes ligeledes til gennemsnittet af spidstimen.

Foruden indsvingningstiden er det ligeledes nødvendigt at fastsætte en såkaldt *sluttid*, som skal sørge for, at alle biler når igennem modellen [Vejdirektoratet, 2010c]. Hvis der f.eks. er opbygget en kø et sted i modellen, vil forsinkelsen for disse biler ikke blive medregnet, hvis ikke de når at køre igennem modellen. Sluttiden er altså en periode uden nye trafikinput, som blot sikrer, at netværket rømmes, inden simuleringen afsluttes. Sluttiden i dette projekt fastsættes derfor til 15 minutter, hvilket sikrer, at alle biler når at gennemkøre modellen. Dette betyder, at den samlede simuleringstid bliver 1 time og 30 minutter for hvert kryds.

Derudover skal det fastlægges, hvor ofte modellen skal beregne det enkelte køretøjs aktuelle position. Det gøres ved at indstille størrelsen af de såkaldte *tidsskridt*, som er et udtryk for nøjagtigheden af modellen. Hvis tidsskridtet er lille, beregner modellen hyppigt placeringen af alle biler, hvilket sikrer en stor nøjagtighed, men det medfører til gengæld også en længere beregningstid. Tidsskridtet kan sættes til mellem 1 og 10 opdateringer i sekundet. I vejreglen for mikrosimuleringsmodeller anbefales det, at tidsskridtet sættes til mindst tre opdateringer i sekundet, men det tilføjes, at det sjældent giver problemer at sætte tidsskridtet til 10. I dette projekt sættes tidsskridtet i Vissim derfor til 10 opdateringer i sekundet.

7.2 Stokastisk model

Trafiksimuleringer i Vissim bygger på en stokastisk model, som skal tage højde for, at trafiksituationen kan variere, og at de inputs, som indtastes i modellen, ikke skal opfattes som endegyldige værdier. Den stokastiske model genererer således tilfældige outputs af forskellige udvalgte parametre. Dette gælder f.eks. både i forhold til hastighed, acceleration og deceleration, trafikmængder og ankomstfordeling. Selvom gennemsnitshastigheden på en strækning er 50 km/t, vil der stadig være nogle biler som kører 40 km/t, og nogle biler som kører 60 km/t. Dette er indbygget i den stokastiske model i Vissim, som sikrer, at alle biler ikke kører præcis 50 km/t, men at hastigheden varierer omkring de 50 km/t. Se evt. afsnit 6.3 på side 41 om hastighedsfordelingerne i dette projekt.
Derudover er også ankomstfordelingen baseret på en stokastisk model, som sikrer, at trafikken ankommer tilfældigt i modellen. Denne tilfældige trafikankomst er umiddelbart retvisende for trafikken i krydset Dannebrogsgade/Kastetvej. Men dette er ikke helt tilfældet for krydset Vesterbro/Urbansgade, hvor ankomstfordelingen i store dele af døgnet i høj grad afhænger af de omkringliggende signalregulerede kryds, hvilket betyder, at trafikken ankommer i klynger. I spidsbelastningsperioder er trafikken dog meget præget af stangkørsel, hvilket medfører et næsten konstant flow af biler, og de omkringliggende signalanlægs indflydelse på ankomstfordelingen reduceres. Idet krydset Vesterbro/Urbansgade netop simuleres i spidstimen i dette projekt, og trafikken dermed ankommer kontinuerligt, vurderes den stokastiske ankomstfordeling i Vissim derfor godt at kunne anvendes. Det bør desuden bemærkes, at formålet med dette projekt er at sammenholde forskellige scenarier, og det vigtigste er derfor blot, at det er den samme ankomstfordeling, som anvendes i alle scenarier.

Trafikmængderne i dette projekt er ikke gjort stokastiske, idet det er uvist hvor meget Vissim i så fald varierer trafikmængderne. Som tidligere nævnt indsættes trafikmængderne i dette projekt i intervaller af 10 minutter, således eventuelle små peaks fremstår tydeligere (se evt. afsnit 6.1.1 på side 31). En stokastisk indsættelse af trafikmængderne vil kunne medføre, at disse peaks enten undervurderes eller gøres unaturligt store. Derfor indsættes trafikmængderne i Vissim som eksakte værdier. Det er desuden nemmere at opdage eventuelle fejl ved indtastning, når eksakte trafikmængder anvendes i stedet for stokastiske.

Denne stokastiske model styres af såkaldte *random seeds*, som hver især har én bestemt tilfældig fordeling af f.eks. hastighed, trafikmængder og ankomstfordeling. Der simuleres derfor med en række forskellige random seeds, som sikrer, at modellen ikke blot kører præcis den samme trafiksituation, som er indtastet. Idet hvert random seed kun har én bestemt tilfældig fordeling af hastighed og én bestemt ankomstfordeling mv., vil anvendelse af det samme random seed give præcis samme resultat, uanset hvor mange gange det køres.
I vejreglen for Anvendelse af mikrosimuleringsmodeller anbefales det mindst at anvende mellem 10 og 15 random seeds. Det fremgår endvidere, at det er blevet normal praksis at anvende mellem 10 og 20 random seeds. [Vejdirektoratet, 2010c]

Idet formålet med dette projekt er at sammenligne forskellige scenarier, er det vigtigste, at de samme random seeds anvendes i hvert scenarie. Det besluttes at følge normal praksis og simulere 20 random seeds. Det er herefter de samme 20 random seeds, som anvendes for alle scenarier og for begge kryds.

Det er ligegyldigt hvilke 20 random seeds, som udvælges til simuleringerne. Det besluttes derfor at anvende hjemmesiden http://random.org, som kan generere en tilfældig værdi inden for et udvalgt interval, til at udvælge de 20 random seeds. I Vissim skal det både angives hvilket random seed, som er "startseedet", samt hvor stort springet mellem de 20 random seeds skal være. I begge tilfælde anvendes en tilfældig værdi mellem 1 og 100. Resultatet fra

http://random.org er, at det første random seed bliver 8, og at springet mellem hvert random seed er 88. De 20 random seeds, som indgår i begge modeller i alle scenarier, er således 8, 96, 184, 272 osv.

7.3 Kørselsadfærd

Vejreglen for Anvendelse af mikrosimuleringsmodeller anbefaler desuden, at kørselsadfærden i Vissim bør justeres [Vejdirektoratet, 2010c]. I dette projekt er der to parametre, som har betydning for simulering af trafikafviklingen i de to kryds.

Den ene parameter som bør ændres, er antallet af *observed vehicles*, som anbefales at sætte op fra 4 til 5. Dette betyder, at en trafikant er i stand til at tage højde for op til fem andre objekter. Det anbefales at ændre værdien, idet en vigepligt også kan opfattes som et objekt, og det er derfor ikke umuligt, at der skal tages højde for fem objekter samtidig. Dette kan især have betydning i krydset Dannebrogsgade/Kastetvej, da der her er mange vigepligter og trafikstrømme, som afvikles samtidig. Idet der er en del vigepligter mv., vurderes det at være nødvendigt at sætte antallet af observed vehicles helt op til 10 for at være sikker på, at ingen forhold overses. Dette betyder samtidig, at simuleringstiden øges, men det anses for at være en nødvendig justering.

Den anden parameter, som bør ændres ifølge vejreglen, er *average standstill distance*, som ændres fra 2 til 2,5 meter. Average standstill distance er et udtryk for den gennemsnitlige ønskede afstand mellem biler, som holder stille. Ændringen af denne parameter medfører altså, at biler, som eksempelvis holder for rødt lys, holder større indbyrdes afstand end ved standardindstillingen i Vissim, og dette afspejler bedre dansk kørselsadfærd. [Vejdirektoratet, 2010c]

7.4 Vigepligter

Selvom der kun simuleres signalregulerede kryds, er det stadig nødvendigt at indsætte vigepligter i Vissim. Disse indsættes til håndtering af alle sekundærkonflikter i krydset. Dette gælder både venstresvingende bilister, som skal holde for ligeudkørende trafik og højre- og venstresvingende bilister, som skal holde for fodgængere og cyklister.

Der findes to metoder til at indsætte vigepligter i Vissim, hvor den ene baseres på stopstreger og "konflikt markører", mens den anden benytter "konfliktområder".

I den første metode placeres usynlige stopstreger de steder, hvor bilister skal holde for enten cyklister, fodgængere eller andre biler. Dernæst specificeres det, hvilken strøm af enten cyklister, fodgængere eller andre biler, som den vigepligtige bil skal holde for. Vigepligten fungerer således ved, at biler, som ankommer til stopstregen, kun fortsætter, hvis der inden for en fastlagt afstand ikke er trafikanter i den strøm, der skal viges for. Denne afstand varierer og fastsættes ud fra den givne situation.

Det er endvidere nødvendigt at specificere såkaldte *gap times*, som svarer til kritisk interval. "*Det kritiske interval τ er det gennemsnitlige tidsinterval mellem bilerne i primærstrømmen, der netop er lang nok til, at trafikanterne i sekundærstrømmen accepterer at krydse primærstrømmen.*"[Lahrmann, 1994]
I dette projekt anvendes de anbefalede værdier i vejreglen for Anvendelse af mikrosimuleringsmodeller til fastsættelse af gap times/kritisk interval. Idet der i begge kryds ikke simuleres busser, som svinger, anvendes kun gap times for personbiler. På figur 7.1 ses de anbefalede gap times for venstresvingende i signalregulerede kryds.

Personbiler:	
Trafikstrøm ► Overfor trafik ▼	Vigepligtige venstresvingende
Modkørende	[3,0 – 4,5 sek.] 4,0 sek.
Busser:	
Trafikstrøm ► Overfor trafik ▼	Vigepligtige venstresvingende
Modkørende	[3,5 – 5,0 sek.] 4,5 sek.

Figur 7.1. Anbefalede gap time-værdier for vigepligtige venstresving i signalregulerede kryds for hhv. personbiler og busser. Værdierne i kantede parenteser angiver ofte anvendte værdier. [Vejdirektoratet, 2010c]

Gap times for de resterende konflikter i krydsene (f.eks. højresvingende bilister over for medkørende cyklister) fastsættes afhængigt af den enkelte situation. Dette betyder, at gap times fastsættes ud fra, hvad der vurderes at give den mest realistiske trafikafvikling.

Den anden metode til at indsætte vigepligter i Vissim er ved at oprette såkaldte *conflict areas*. Conflict areas er mere simple at oprette og fungerer ved blot at angive, hvilken af to krydsende trafikstrømme som har forkørselsret. Hvis vigepligten er kompliceret, fordi der skal tages hensyn til mange forskellige trafikstrømme, er det ikke muligt at anvende conflict areas. Der anvendes således kun conflict areas i forbindelse med simple vigepligter som f.eks. for at få bilister til at stoppe for fodgængere.
Der er endnu ikke angivet anbefalinger til at ændre parametre, som styrer conflict areas, så i dette projekt anvendes standardindstillingerne i Vissim. [Vejdirektoratet, 2010c]

7.5 Reduceret hastighed

Derudover anbefales det i vejreglen for Anvendelse af mikrosimuleringsmodeller, at hastigheden ved en svingmanøvre sænkes. I Vissim kører biler altid med den konstante hastighed, som bilen tildeles fra start. Det betyder, at selvom bilen f.eks. foretager et højresving, reduceres hastigheden ikke. Der er i vejreglen ikke angivet et forslag til, hvad hastigheden bør reduceres til ved en svingmanøvre.
I dette projekt tages der derfor udgangspunkt i en studenterrapport, som anvender hastighederne listet i tabel 7.1 [Brodersen et al., 2012]. Det vurderes, at disse hastigheder ser realistiske ud, når modellen kører.

Køretøjstype	Hastighed ved højresving	Hastighed ved venstresving
Bil	15 km/t	20 km/t

Tabel 7.1. Reduceret hastighed under højre- og venstresving

Som det fremgår af tabel 7.1, er der kun angivet reducerede hastigheder for biltrafik. Dette skyldes, at den tunge trafik, som indgår i simuleringerne, ikke er svingende (se evt. afsnit 6.1.2 på side 33 og afsnit 6.2.2 på side 37).

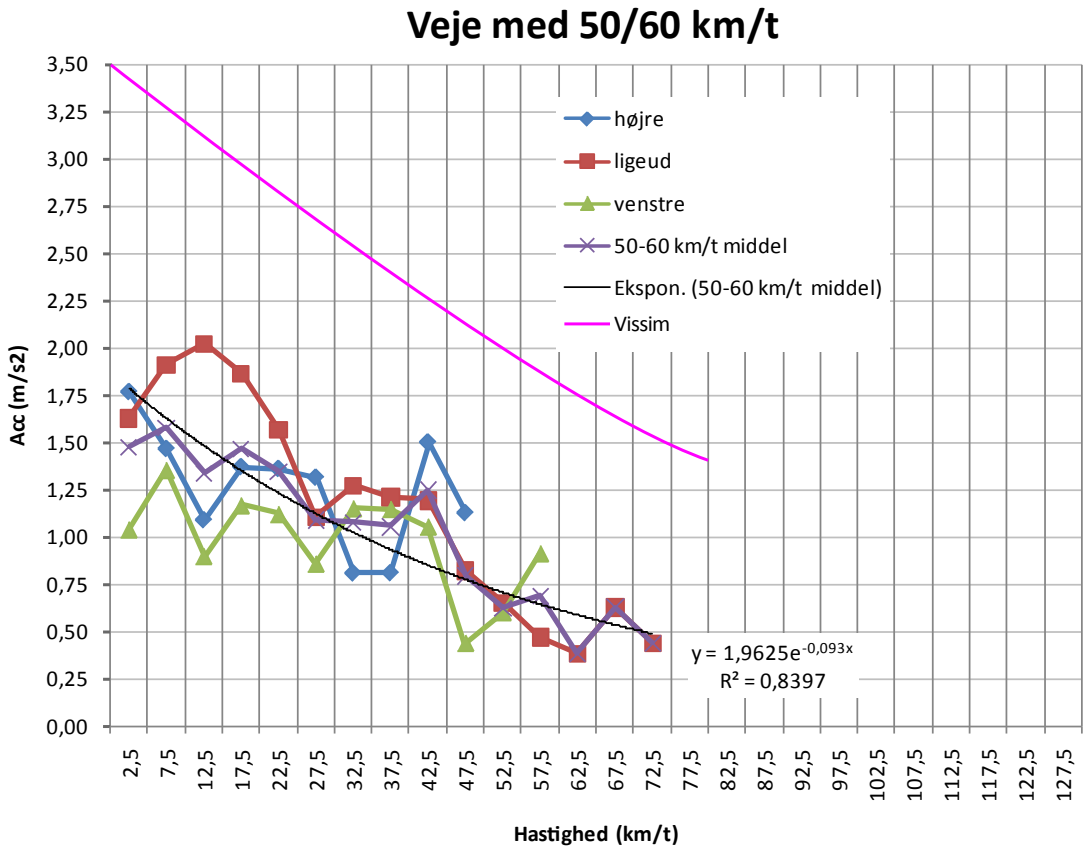
7.6 Acceleration og deceleration

Acceleration og deceleration er et udtryk for, at trafikanten tilpasser hastigheden til trafiksituationen. Størrelsen af disse to parametre kan have stor betydning for kapaciteten i et kryds. Hvis accelerationen f.eks. sættes for højt, vil kapaciteten i krydset stige, idet trafikken afvikles hurtigere. Det er derfor vigtigt at fastsætte retvisende værdier for acceleration og deceleration i Vissim.

Undersøgelser har vist, at værdierne for både acceleration og deceleration i Vissim er for høje til at simulere danske trafikforhold. Dette gælder både i forhold til biler og cyklister.

Ifølge Vejreglen for toplanskryds i åbent land bør decelerationsværdien for biler være -2 m/s^2, og derfor ændres medianen for decelerationsværdien i dette projekt fra -2,8 til -2,0 m/s^2 (se evt. bilag A.2 på side 92). [Vejdirektoratet, 2012b]

I forhold til acceleration for biler har Trafitec i forbindelse med vejreglen for Anvendelse af mikrosimuleringsmodeller foretaget en undersøgelse af bilers acceleration på danske veje [Trafitec, 2009a]. Undersøgelsen viser, at standardindstillingen i Vissim for bilers acceleration er væsentligt højere end den virkelige acceleration for biler i Danmark. På figur 7.2 ses de målte accelerationsværdier på veje med en hastighedsgrænse på 50 eller 60 km/t.



Figur 7.2. Observerede accelerationsværdier for veje med hastighedsgrænse på 50 eller 60 km/t [Trafitec, 2009a]. Accelerationskurven for standardindstillingen i Vissim er påført figuren efterfølgende.

Figuren viser tydeligt afvigelsen mellem accelerationen i Vissim og de målte accelerationsvær-

dier. En mulig forklaring på dette kan være, at standardindstillingerne i Vissim er baseret på undersøgelser foretaget i Tyskland. Da tyske biler generelt er større og derfor udstyret med kraftigere motorer end de danske, er det også naturligt, at der køres med et andet accelerationsmønster.

Idet de målte accelerationsværdier fra undersøgelsen af Trafitec forventes bedst at kunne beskrive situationen på de to lokaliteter i dette projekt, besluttes det at anvende disse i simuleringerne. Helt konkret genskabes kurven for eksponentialfunktionen (se figur 7.2), som beskriver middelværdierne for de målte accelerationer i undersøgelsen. På figur A.1 og i tabel A.1 på side 92, er denne eksponentialfunktion illustreret, som viser, hvordan bilers acceleration er defineret i Vissim for dette projekt. Det bør nævnes, at undersøgelsen udført af Trafitec er gennemført med i alt 20 testpersoner, som alle var bekendt med, at de var en del af en undersøgelse. Desuden er samtlige tests udført i en Peugeot 307. Disse to forhold gør, at undersøgelsens resultater kan afvige fra virkeligheden, men det vurderes stadig at være en bedre løsning end blot at anvende standardværdier i Vissim.

Til at beskrive accelerationen for busser og lastbiler anvendes standardværdierne fra Vissim. Da den relative forekomst af busser og lastbiler på de to projektlokaliteter er meget lav, undersøges det ikke yderligere, hvor godt accelerationsværdierne for disse repræsenterer den virkelige situation.

I forhold til acceleration og deceleration for cyklister tages der udgangspunkt i COWI's rapport fra 2012 om mikrosimulering af cyklister i myldretid [COWI, 2012]. Der er her foretaget en undersøgelse af 40 cyklisters acceleration og deceleration på baggrund af videooptagelser. Resultatet af undersøgelsen er, at værdierne for både acceleration og deceleration er for høje i Vissim. Dette skyldes, at standardindstillingerne i Vissim anvender samme acceleration og deceleration til cykler som for biler.
I dette projekt ændres værdierne for acceleration og deceleration for cykler i henhold til COWI's rapport. Værdierne kan ses i bilag A.3 på side 93.

KALIBRERING 8

Kalibrering af en model har til formål at sikre, at modellens evne til at skildre virkeligheden er af passende kvalitet. Det besluttes at kalibrere modellen, hvor Viswalk anvendes til at simulere fodgængere, fordi den vurderes at give den mest realistiske afvikling af fodgængere i krydset. Det har dog ikke så stor betydning, idet der primært kalibreres for at sikre en realistisk afvikling af biltrafikken, hvilket ikke umiddelbart har noget med fodgængertrafikken at gøre. Biltrafikken prioriteres højt, idet formålet med projektet er, at bestemme hvilken betydning det har for biltrafikken hvorvidt fodgængere inddrages i simulering af signalregulerede kryds. Det er derfor meget vigtigt, at biltrafikken simuleres retvisende.

Kalibrering af trafikmodeller omfatter desuden ofte finjustering af udvalgte parametre, som f.eks. indstilling af kørselsadfærd i gul-fasen og rød/gul-fasen, finjustering af kritisk interval mv. I dette projekt tages der, som beskrevet i kapitel 7: Tekniske forudsætninger, udgangspunkt i de retningslinjer, som er beskrevet i vejreglen for Anvendelse af mikrosimuleringsmodeller, hvilket betyder, at parametrene ændres til de anbefalede værdier. Der foretages således ikke en særskilt kalibrering af disse parametre.

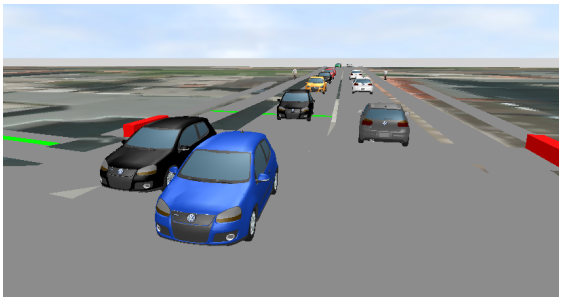
I vejreglen for Anvendelse af mikrosimuleringsmodeller står følgende om kalibrering af mindre modeller: *''Til kalibrering af mindre modeller benyttes "trial and error" metoden, hvor køregistreringer, rejsetider og andre visuelle observationer bruges til at få modellen til at afspejle virkeligheden."* [Vejdirektoratet, 2010c]. Betegnelsen mindre modeller dækker over *"modeller, der skal simulere forholdsvis små trafikale systemer. Dette kunne være få eller enkelte kryds, ramper og rampekryds ved motorvejstilslutningsanlæg, parkeringsområder, betalingsanlæg etc."* [Vejdirektoratet, 2010c]. Dette må siges at være gældende for begge modeller i dette projekt, idet de hver især kun simulerer trafikken i et enkelt signalreguleret kryds.

Kalibrering af begge modeller sker derfor primært ud fra en visuel sammenligning af modellen, og det der er observeret på videofilmene. Den primære ændring i forhold til kalibrering af modellerne er at tilpasse kørselsmønstrene i modellerne til virkeligheden. I det følgende beskrives først kalibreringen af modellen for Dannebrogsgade/Kastetvej og dernæst kalibrering af modellen for Vesterbro/Urbansgade.

8.1 Dannebrogsgade/Kastetvej

Trafikafviklingen i krydset Dannebrogsgade/Kastetvej foregår flere steder med ret ureglementerede kørselsmønstre. Et eksempel på dette kan ses på figur 8.1.

Figur 8.1. Kørselsmønster på Dannebrogsgade nordgående retning.



Figur 8.2. Kørselsmønster i Vissim i samme situation.

Som det ses på figur 8.1 kører ligeudkørende biler uden om venstresvingende biler, selvom der ikke er noget venstresvingsspor. Dette resulterede i meget lange kødannelser i Vissim, idet dette "fiktive" venstresvingsspor ikke er indtegnet men blot eksisterer i praksis. Figur 8.2 viser, hvordan kørselsmønstret i Vissim er ændret, så det nu bedre afspejler den virkelige trafikafvikling. Dette har samtidig betydet, at de meget lange kødannelser er forsvundet og nu langt bedre stemmer overens med kølængderne i virkeligheden. Derudover har det stor betydning for resultaterne, om venstresvingende bilister, som holder for fodgængere, kan blokere for ligeudkørende bilister i samme retning. Hvis ikke kørselsmønstret bliver ændret, vil fodgængeres betydning blive overestimeret, fordi fodgængere dermed både vil have en betydning for venstresvingende bilister samt bagvedliggende ligeudkørende bilister.

Der findes et lignende problem på Kastetvej, hvor bilister kører, som om der er to spor op til krydset, selvom der reelt kun er et. Dette kan ses på figur 8.3.

Figur 8.3. Kørselsmønster på Kastetvej vestgående retning.

Figur 8.4. Kørselsmønster i Vissim i samme situation.

Som det fremgår på figur 8.3, kører bilerne på Kastetvej som om, der er to kørselsspor. Denne adfærd forekommer dog kun lige op til krydset, og det er derfor kun gjort muligt for op til tre biler at holde ved siden af hinanden før de flettes sammen. Figur 8.4 viser, hvordan kørselsmønstret i Vissim er tilpasset virkeligheden. Denne ændring er medvirkende til, at de meget lange kødannelser er forsvundet, hvilket stemmer bedre overens med kølængderne i virkeligheden.

Det er derudover observeret, at svingende bilister ofte holder lige foran fodgængerfeltet i forbindelse med en svingmanøvre, i stedet for at vente ude i krydset på, at fodgængeren er passeret. Dette kan ses på figur 8.5

Figur 8.5. Venstresvingende bilist fra Dannebrogsgade til Kastetvej.

Figur 8.6. Kørselsmønster i Vissim i samme situation.

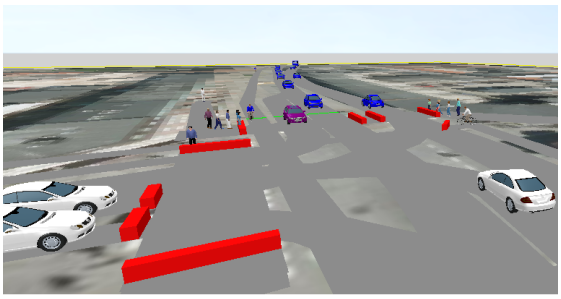
Som det fremgår af figur 8.5 og 8.6 passer simuleringen i Vissim nu med den virkelige trafikafvikling.

Der er således foretaget en del justeringer i krydset Dannebrogsgade/Kastetvej for at sikre, at trafikafviklingen i Vissim ligner virkeligheden.

8.2 Vesterbro/Urbansgade

I krydset Vesterbro/Urbansgade har der ikke være behov for at ændre kørselsmønstrene så markant som i krydset Dannebrogsgade/Kastetvej. Der er dog et tilfælde, hvor kørselsadfærden er ændret, idet bilister fra Urbansgade kører som om, der er et højre- og venstresvingsspor, selvom det reelt kun er et bredt spor. Dette kan ses på figur 8.7.

Figur 8.7. Kørselsmønster for udkørende biler fra Urbansgade.



Figur 8.8. Kørselsmønster i Vissim i samme situation.

Kørselsadfærden illustreret på figur 8.7 forekommer dog kun lige op til krydset, og det er derfor kun gjort muligt for op til to biler at holde ved siden af hinanden, før de flettes sammen til ét spor.

Derudover har det også været nødvendigt med et par småjusteringer, som ikke omhandler kørselsmønstre. Observationer viser f.eks., at bilister fra Urbansgade kører meget langsomt ud i krydset, hvis de ønsker at svinge til venstre. Dette skyldes sandsynligvis, at der ofte er mange fodgængere i krydset, og at bilisterne derfor er ekstra opmærksomme. Det besluttes derfor at reducere hastigheden i dette ene venstresving fra 20 km/t (se evt. afsnit 7.5: Reduceret

hastighed) til 15 km/t.
Endelig konstateres det, at cyklister, som kører mod nord på Vesterbro, ikke stopper for rødt lys, medmindre der er fodgængere. Derfor er der i forbindelse med fodgængerovergangen blot lavet en simpel vigepligt for cyklister, som muliggør, at de kan køre videre, selvom der er rødt.

METODE TIL OPGØRELSE AF VISSIM-OUTPUT 9

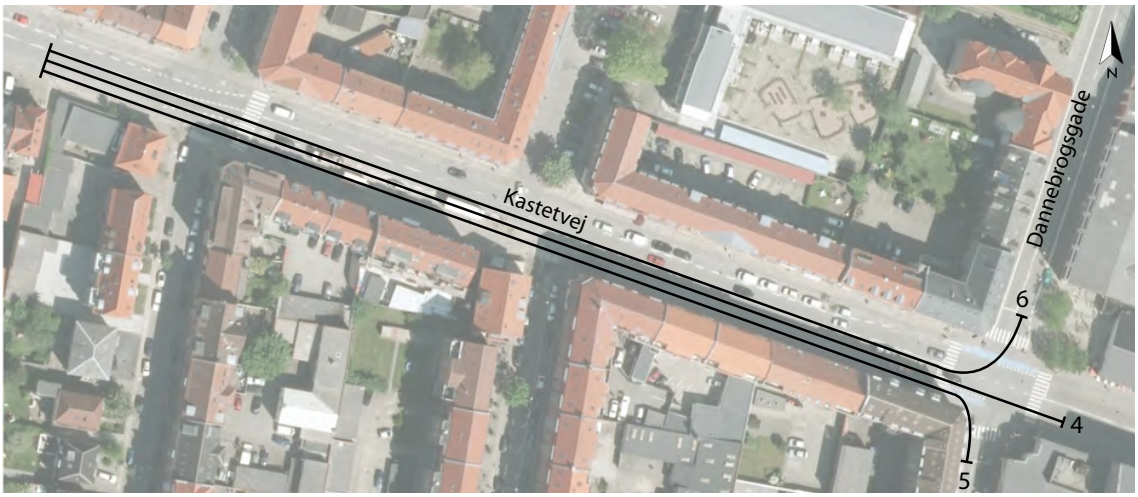
I dette kapitel beskrives hvilke parametre, som udvælges til at sammenligne kapaciteten i hvert kryds i de tre scenarier. Det besluttes at måle kapaciteten i begge kryds gennem kølængder og rejsetider, hvilket som tidligere nævnt også stemmer overens med anbefalingerne i vejreglen for Kapacitet og serviceniveau (se evt. afsnit 3.1 på side 9) [Vejdirektoratet, 2010b]. Det er desuden to parametre, som nemt kan måles pr. trafikstrøm. Det betyder, at det er nemmere at isolere hvilke strømme, der bliver påvirket af fodgængere frem for, hvis kapaciteten blev målt som en samlet størrelse for krydset. Det er desuden, som tidligere nævnt, slet ikke muligt at fastlægge en samlet belastningsgrad for et signalreguleret kryds i Vissim.

Kølængder måles for hvert tilfartsspor med start fra stopstregen i krydset. Til at måle rejsetider fastlægges forskellige ruter i begge kryds, som dækker alle kørselsstrømme i krydset. Resultaterne indsamles naturligvis kun for spidstimen og inkluderer dermed ikke *indsvingningstiden* (se evt. afsnit 7.1 på side 49). Resultatindsamlingen for rejsetider indsamles desuden helt til simuleringens afslutning, altså inklusiv *sluttiden* (se evt. afsnit 7.1 på side 49), hvorimod resultaterne for kølængder afsluttes umiddelbart efter spidstimen. Havde resultaterne for kølængder inkluderet sluttiden, ville de gennemsnitlige kølængder over simuleringsperioden blive reduceret kunstigt, idet der kun vil forekomme kø i en begrænset del af sluttiden. I dette projekt defineres kø, som når en bils hastighed er lavere end 5 km/t, og køen ophører, når hastigheden igen overstiger 10 km/t. I det følgende beskrives og illustreres, hvorledes kølængder og rejsetider måles for hvert kryds.

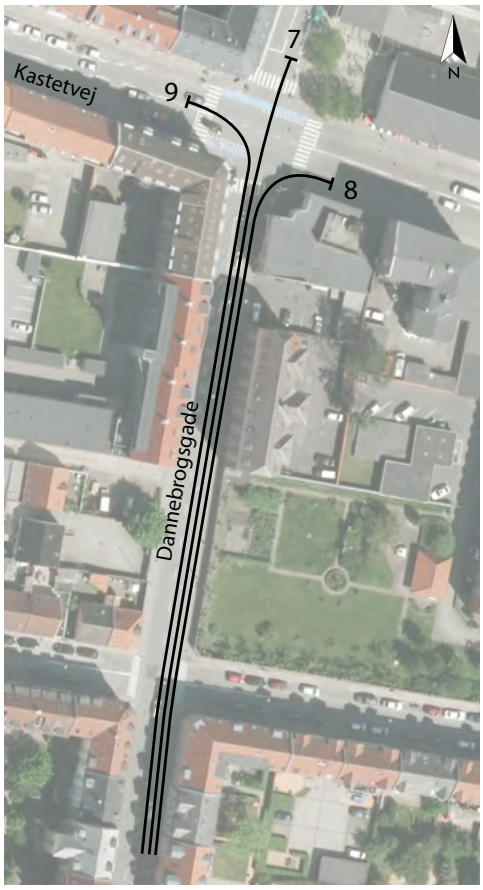
9.1 Dannebrogsgade/Kastetvej

I krydset Dannebrogsgade/Kastetvej måles rejsetider på følgende udvalgte ruter:

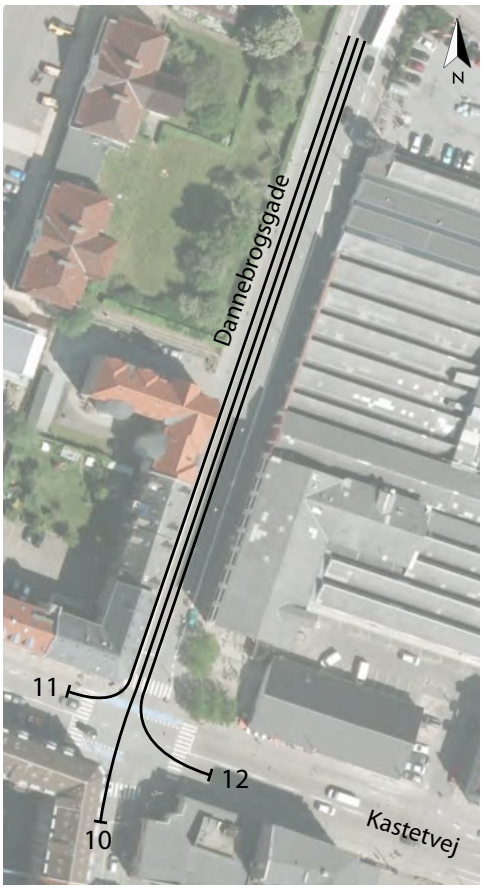
Figur 9.1. Udvalgte ruter med tilhørende nummerering til at foretage rejsetidsmålinger på Kastetvej i vestgående retning. De tre ruter strækker sig over en distance på ca. 290 meter.



Figur 9.2. Udvalgte ruter med tilhørende nummerering til at foretage rejsetidsmålinger på Kastetvej i østgående retning. De tre ruter strækker sig over en distance på ca. 260 meter.



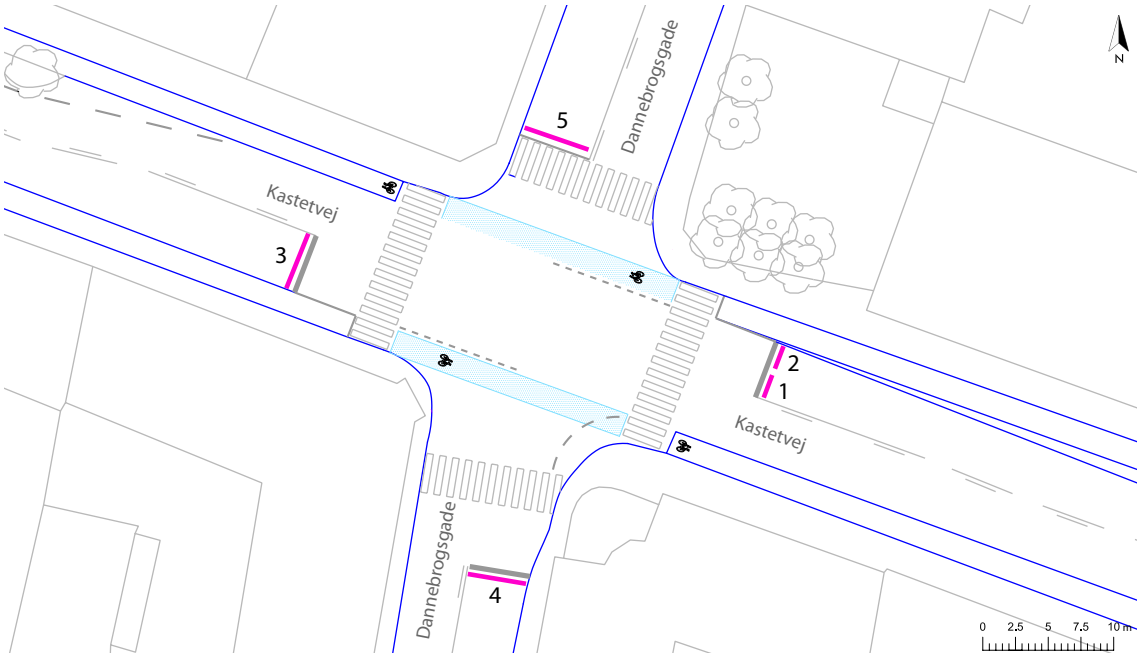
Figur 9.3. Udvalgte ruter med tilhørende nummerering til at foretage rejsetidsmålinger på Dannebrogsgade i nordgående retning. De tre ruter strækker sig over en distance på ca. 180 meter.



Figur 9.4. Udvalgte ruter med tilhørende nummerering til at foretage rejsetidsmålinger på Dannebrogsgade i sydgående retning. De tre ruter strækker sig over en distance på ca. 180 meter.

Som det fremgår af figurerne 9.1, 9.2, 9.3 og 9.4, er alle trafikstrømme i krydset dækket af en rute, og kapaciteten i krydset beskrives dermed så nuanceret som muligt. Rutenumrene anvendes senere i kapitel 10: Vissim-output, på side 65. Ruternes start er placeret så langt tilbage før krydset for at sikre, at køen op til krydset inkluderes i rejsetiden.

Kølængderne i krydset måles som tidligere nævnt for hvert tilfartsspor med start ved stopstregen. Dette er illustreret på figur 9.5.



Figur 9.5. Placering og nummerering af kømålere i krydset Dannebrogsgade/Kastetvej.

Figur 9.5 viser, at der i alt er fem kømålere i krydset. Der bemærkes desuden, at der er to kømålere for vestgående retning på Kastetvej. Dette skyldes, at videofilmene fra krydset viser, at der ofte dannes to tilfartsspor til krydset, selvom der ifølge afstribningen kun er ét (beskrives yderligere i kapitel 8: Kalibrering, på side 55).

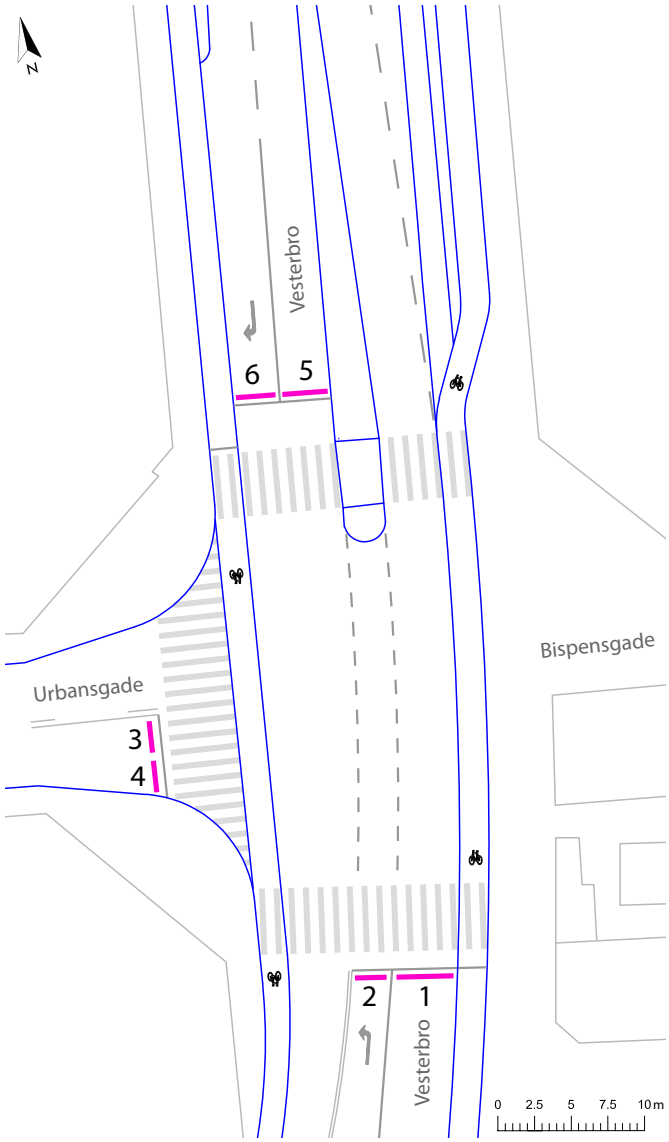
9.2 Vesterbro/Urbansgade

I krydset Vesterbro/Urbansgade måles rejsetider på følgende udvalgte ruter:

Figur 9.6. Udvalgte ruter til at foretage rejsetidsmålinger i krydset Vesterbro/Urbansgade.

Som det fremgår af figur 9.6 er alle trafikstrømme i krydset også her dækket af en rute. Ruternes start er igen placeret langt tilbage før krydset for at sikre, at køen op til krydset indgår i rejsetiden.

På figur 9.7 ses placeringen af kømålerne i krydset Vesterbro/Urbansgade.



Figur 9.7. Placering og nummerering af kømålere i krydset Vesterbro/Urbansgade.

Også i dette kryds ses på Urbansgade et eksempel på, at det er nødvendigt med to kømålere til samme tilfartsspor, idet kørselsmønstret på videofilmene viser, at der ofte dannes to tilfartsspor umiddelbart før krydset (se evt. kapitel 8: Kalibrering).

VISSIM-OUTPUT 10

I dette kapitel beskrives først de tre scenarier samt baggrunden for at opstille disse scenarier. Derefter gennemgås outputtene af de tre scenarier for de to projektlokaliteter. De tre scenarier sammenlignes senere i kapitel 11: Resultater, på side 75.

10.1 Scenarier

Som det allerede er beskrevet i metodeafsnittet (se evt. kapitel 2 på side 7), opstilles følgende tre scenarier for hvert af de to kryds:

- **Scenarie 1**: Simulering af krydset helt uden fodgængere.
- **Scenarie 2**: Simulering af krydset med fodgængere men uden brug af Viswalk (No interaction).
- **Scenarie 3**: Simulering af krydset med fodgængere med brug af Viswalk.

Disse tre scenarier er udvalgt, idet outputtene herfra (rejsetider og kølængder) både giver mulighed for helt generelt at vurdere, hvilken betydning fodgængere har for beskrivelsen af kapaciteten i et signalreguleret kryds i Vissim. Derudover giver de mulighed for at vurdere, hvorvidt det gør en forskel at simulere fodgængere med Viswalk.

Modellerne for hvert kryds er som tidligere nævnt helt ens, bortset fra metoden til at simulere fodgængere. Helt konkret er modellen for Scenarie 3 opbygget først, og modellerne for de to øvrige scenarier er derefter lavet ved blot at foretage små ændringer i den oprindelige model.
Den eneste forskel på Scenarie 1 og 3 er, at fodgængerinputtet i Scenarie 1 sættes til 0. Der er imidlertid en lidt større forskel mellem modellerne for Scenarie 2 og Scenarie 3. Helt overodnet består forskellen i, at modsatrettede fodgængerstrømme i Scenarie 3 færdes på samme link (strækning) i modellen, og at der interageres imellem disse strømme. I Scenarie 2 færdes modsatrettede fodgængerstrømme derimod på separate links.
Dette betyder, at et fodgængerfelt i simuleringer med Viswalk (Scenarie 3) opbygges som kun ét link til håndtering af fodgængere i begge retninger, hvorimod det i simuleringer uden Viswalk (Scenarie 2) opbygges af to modsatrettede links.

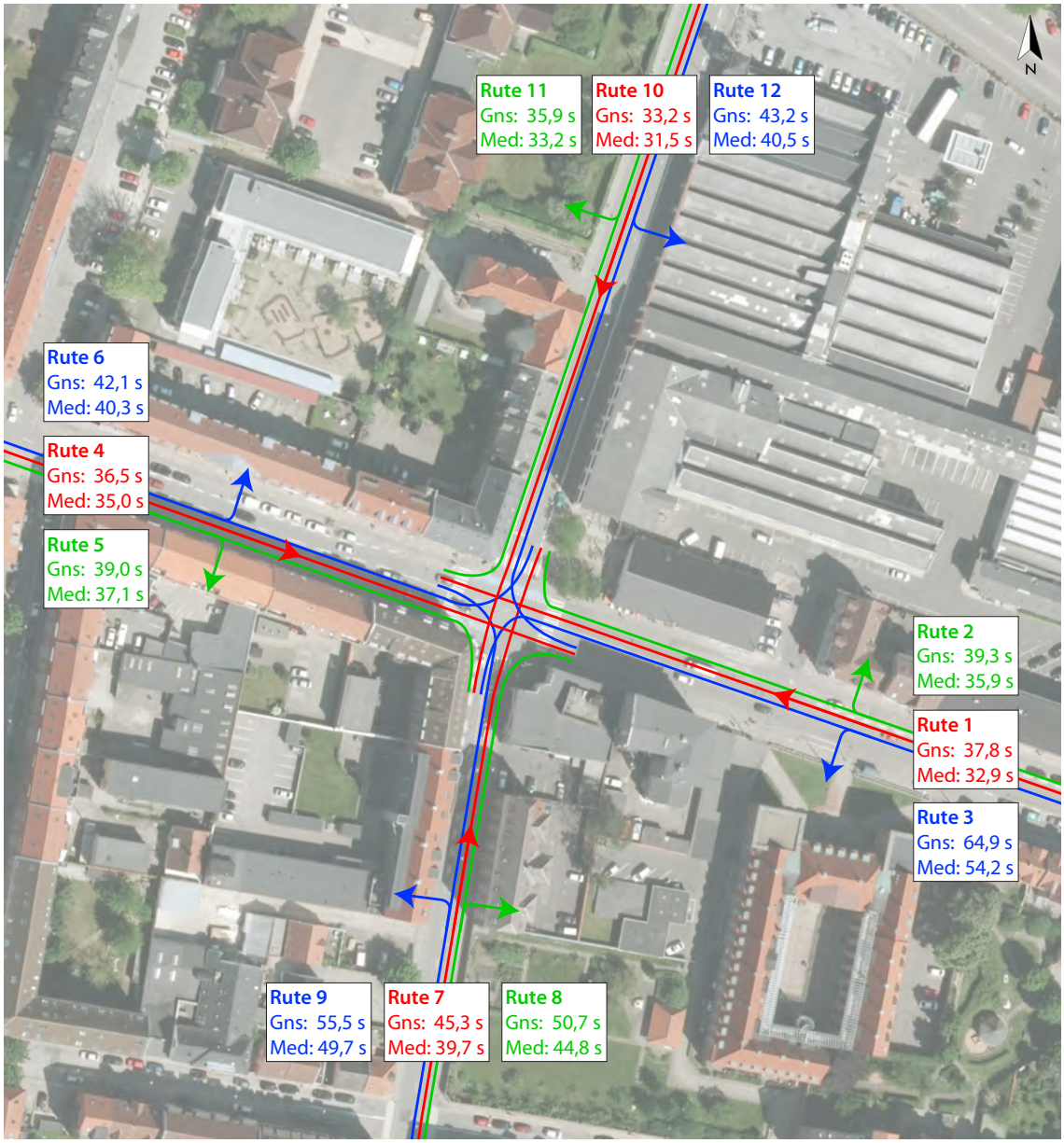
I det følgende beskrives først outputtene for de tre scenarier for krydset Dannebrogsgade/Kastetvej efterfulgt af outputtene for de tre scenarier for krydset Vesterbro/Urbansgade. I begge kryds angives rejsetiderne både som gennemsnitsværdier og medianer for de 20 random seeds. Der præsenteres ikke output for kølængder for hvert scenarie, idet disse blot viser det samme som rejsetiderne. I stedet medtages kølængder i kapitel 11: Resultater, hvor de tre scenarier sammenlignes, idet forskellen i kølængder (antal biler), kan være nemmere at forholde sig til end forskellen i rejsetider.

10.2 Dannebrogsgade/Kastetvej

I det følgende beskrives rejsetiderne fra Vissim for de tre scenarier i krydset Dannebrogsgade/Kastetvej.

10.2.1 Scenarie 1

I dette afsnit præsenteres rejsetiderne for Scenarie 1, som er scenariet helt uden fodgængere. Figur 10.1 viser henholdsvis gennemsnit og medianer for de målte rejsetider for alle ruter.



Figur 10.1. Gennemsnit og medianer for de 12 ruter i Scenarie 1. Gns = Gennemsnit, Med = Median.

Rejsetiderne på figur 10.1 siger i sig selv ikke meget om trafikafviklingen i krydset. Rejsetider er derimod meget anvendelige til sammenligning af forskellige scenarier, idet eventuelle forskelle scenarierne imellem således kan opgøres i en meget håndgribelig størrelse, nemlig sekunder. Til sammenligning af forskellige datamængder er det afgørende at fastlægge, hvilken fordeling

af data der er tale om. Datafordelingen er afgørende for hvilke typer statistiske tests, der egner sig bedst til sammenligning af de tre scenarier. Gældende for rejsetiderne målt i krydset Dannebrogsgade/Kastetvej er, at data ikke er normalfordelte. Dette indikeres desuden også af medianerne, som generelt ligger lavere end middelværdierne, hvilket tyder på en højreskæv fordeling med en høj koncentration af lavere værdier. Idet dataene ikke er normalfordelte, bør ikke-parametrisk statistik anvendes til sammenligning af scenarierne.

Værdierne på figurerne viser som forventet, at rejsetiderne generelt er højest for den nordgående trafik på Dannebrogsgade, hvor der foruden at forekomme størst trafikmængder, desuden er relativt store mængder svingende trafik. Det skal desuden bemærkes, at rejsetidsmålingen for den nordgående trafik på Dannebrogsgade kun strækker sig over en distance på 180 meter, hvilket er væsentligt kortere end målingerne på Kastetvej. Det faktum, at rejsetiden alligevel er høj på trods af den kortere distance, understøtter blot, at trafikintensiteten er høj i denne tilfart.

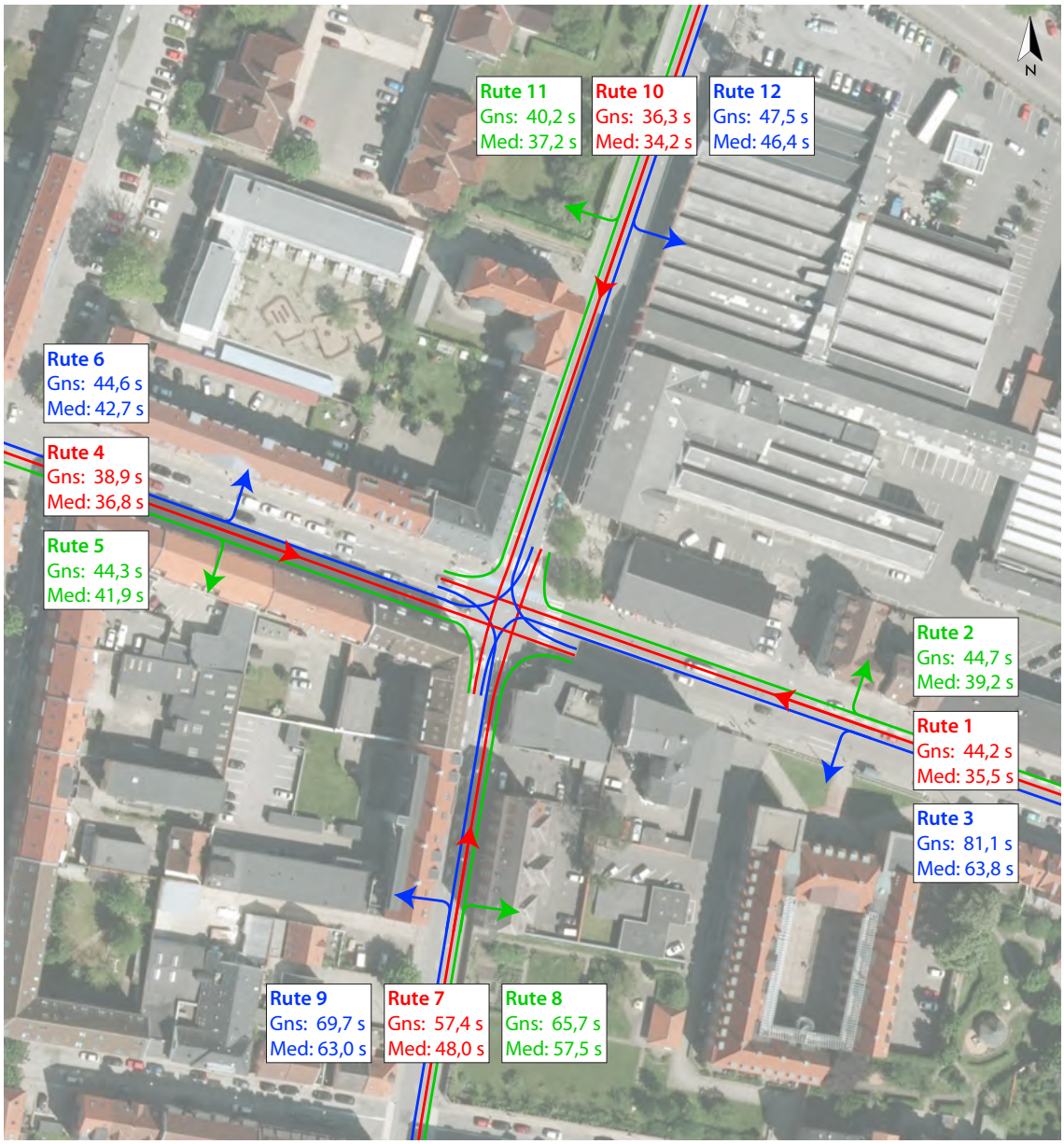
For den vestgående trafik på Kastetvej, hvor der ligeledes er relativt meget svingende trafik, er det imidlertid kun den venstresvingende trafikstrøm, som forsinkes væsentligt. Dette skyldes nok primært det lidt specielle kørselsmønster i denne tilfart, hvor ligeudkørende og højresvingende biler ofte ikke venter bagved men i stedet kører udenom de biler, som venter på at kunne gennemføre sit venstresving (se evt. kapitel 8: Kalibrering, på side 55).

Ikke overraskende er rejsetiderne for den østgående trafik på Kastetvej generelt lave. Dette skyldes dels, at trafikinputtet i denne tilfart er lavere end i de tre andre tilfarter, og dels at den svingende trafik primært svinger til højre, hvilket har mindre indflydelse på de øvrige trafikstrømme.

Hvad angår den sydgående trafik på Dannebrogsgade, er rejsetiderne som forventet lave. Selvom trafikinputtet er stort i denne tilfart, gennemkører størstedelen af bilerne krydset uden væsentlig påvirkning fra øvrige trafikanter, idet langt størstedelen af trafikken er ligeudkørende.

10.2.2 Scenarie 2

I dette afsnit præsenteres rejsetiderne for Scenarie 2, altså scenariet med fodgængere men uden brug af Viswalk. Figur 10.2 viser henholdsvis gennemsnit og medianer for rejsetiderne målt for de forudbestemte ruter.

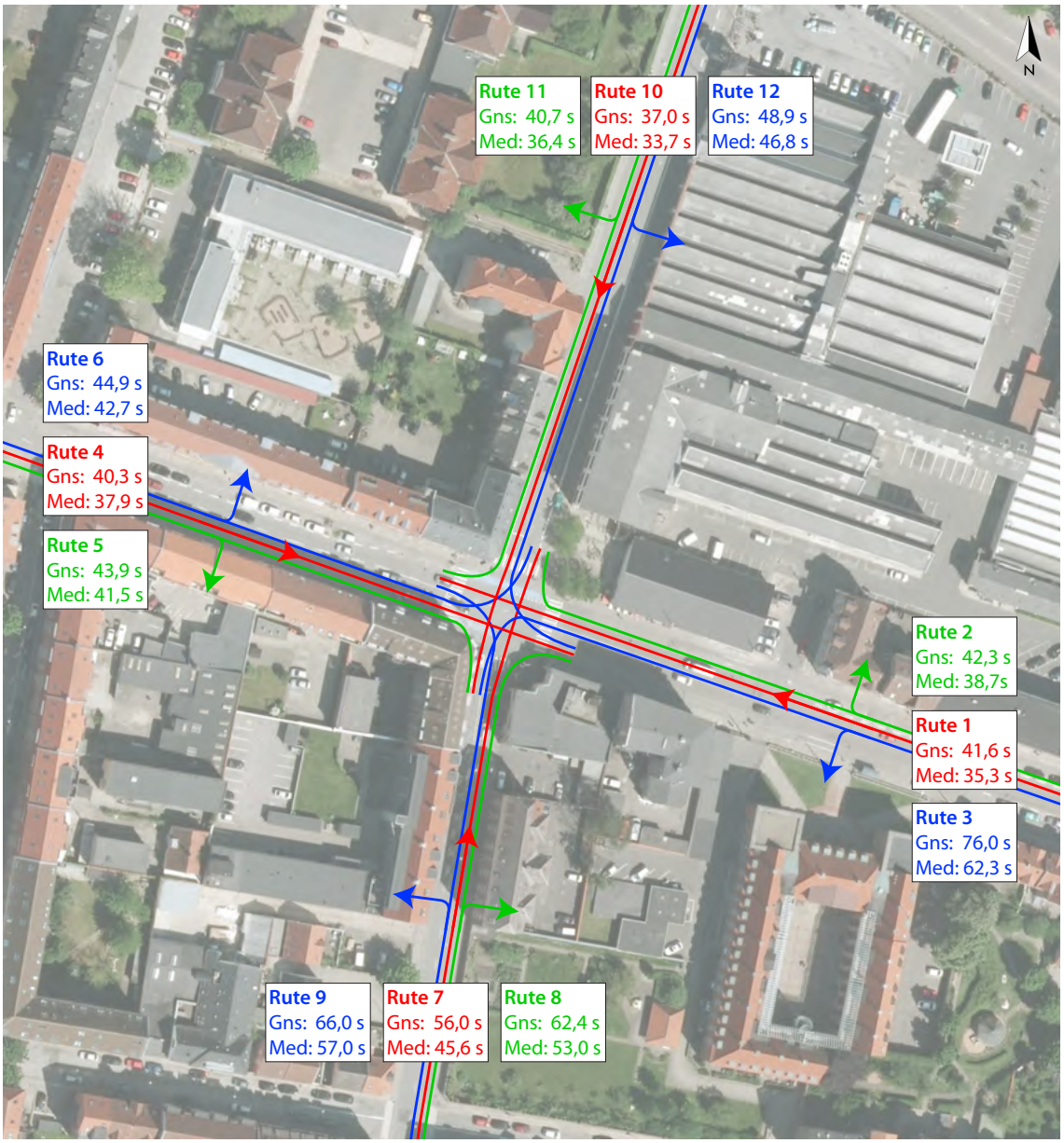


Figur 10.2. Gennemsnit og medianer for de 12 ruter i Scenarie 2. Gns = Gennemsnit, Med = Median.

Rejsetiderne i Scenarie 2 følger igen en højreskæv fordeling og er dermed ikke normalfordelte. Værdierne er generelt højere end i Scenarie 1, men tendenserne er de samme, idet det igen er den nordgående trafik på Dannebrogsgade samt den venstresvingende vestgående trafik på Kastetvej, som tegner sig for de højeste rejsetider. Det ses altså, at inkludering af fodgængere uden brug af Viswalk, som forventet, resulterer i længere rejsetider.

10.2.3 Scenarie 3

I dette afsnit beskrives rejsetiderne for Scenarie 3, som er scenariet med fodgængere og med brug af Viswalk. Figur 10.3 viser henholdsvis gennemsnit og medianer for rejsetiderne målt for de forudbestemte ruter.



Figur 10.3. Gennemsnit og medianer for de 12 ruter i Scenarie 3. Gns = Gennemsnit, Med = Median.

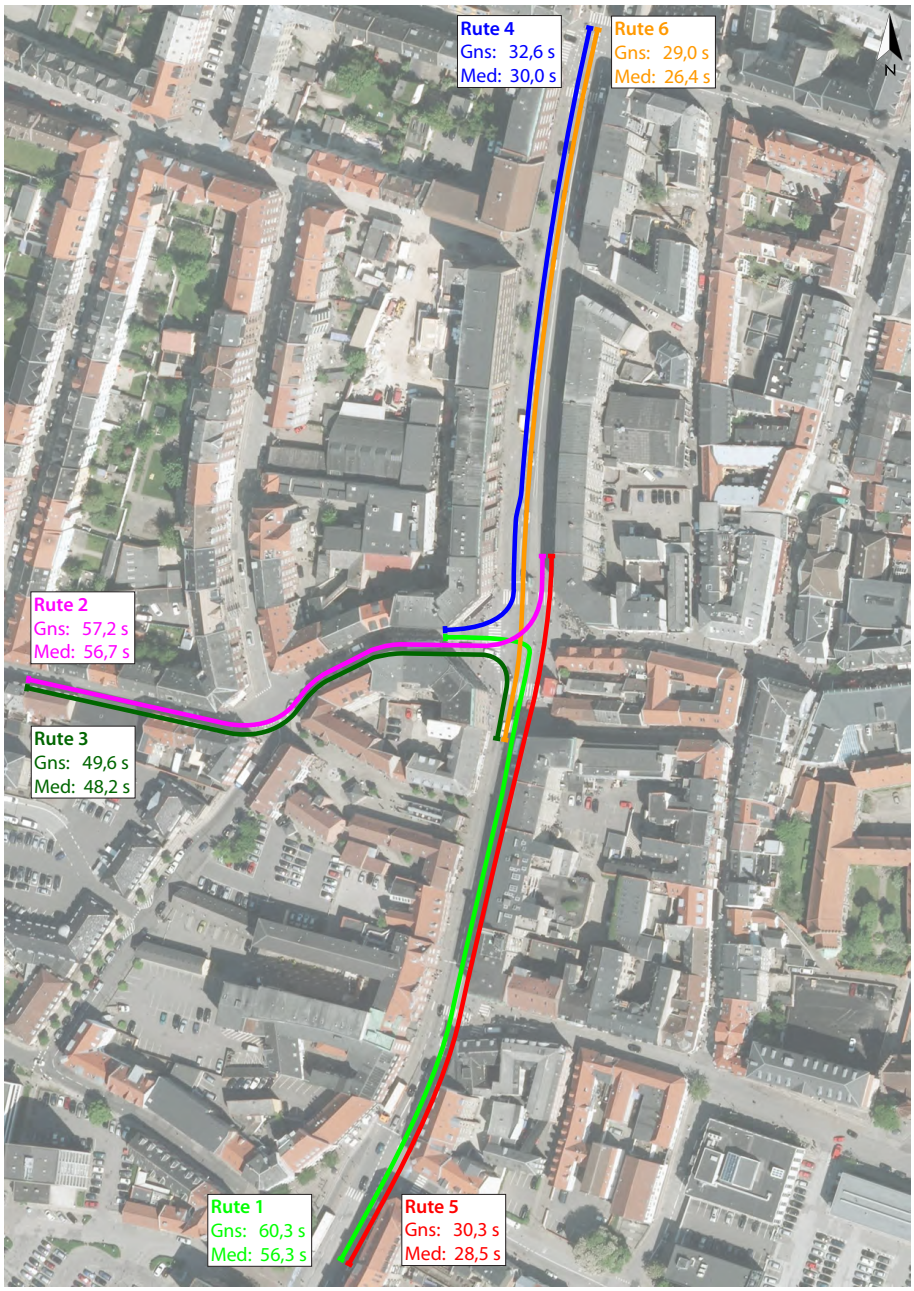
Rejsetiderne for Scenarie 3 er meget lig rejsetiderne for Scenarie 2, og igen er mønstret helt det samme som i de to foregående scenarier med de højeste rejsetider for den nordgående trafik på Dannebrogsgade og den vestgående, venstresvingende trafik på Kastetvej. Fodgængere simuleret ved brug af Viswalk har altså ligeledes en effekt på rejsetiderne i krydset.

10.3 Vesterbro/Urbansgade

I det følgende beskrives rejsetiderne fra Vissim for de tre scenarier i krydset Vesterbro/Urbansgade.

10.3.1 Scenarie 1

I dette afsnit præsenteres rejsetiderne for Scenarie 1, hvor fodgængere ikke indgår i simuleringen. På figur 10.4 ses både gennemsnit og medianer for rejsetiderne på de udvalgte ruter i krydset Vesterbro/Urbansgade for Scenarie 1.



Figur 10.4. Rejsetidsmålinger for Scenarie 1 for de udvalgte ruter i krydset Vesterbro/Urbansgade. Gns = Gennemsnit, Med = Median.

Ruterne på figuren er ikke alle lige lange, så rejsetiderne kan ikke direkte sammenlignes

indbyrdes. Dog er ruterne 2 og 3 fra Urbansgade lige lange, og længderne af de fire resterende ruter på Vesterbro afviger maksimalt 16 meter fra hinanden. Idet det ikke tager mere end godt et sekund at køre 16 meter med 50 km/t, vurderes rejsetiderne på disse strækninger også at være sammenlignelige.
Det fremgår af figuren, at rejsetiderne på Urbansgade er længst for de venstresvingende bilister. Dette skyldes sandsynligvis dels, at denne rute er en smule længere end den anden, og dels at der er et længere stykke med reduceret hastighed gennem krydset, og endelig at denne strøm skal holde for cyklister fra Vesterbro.

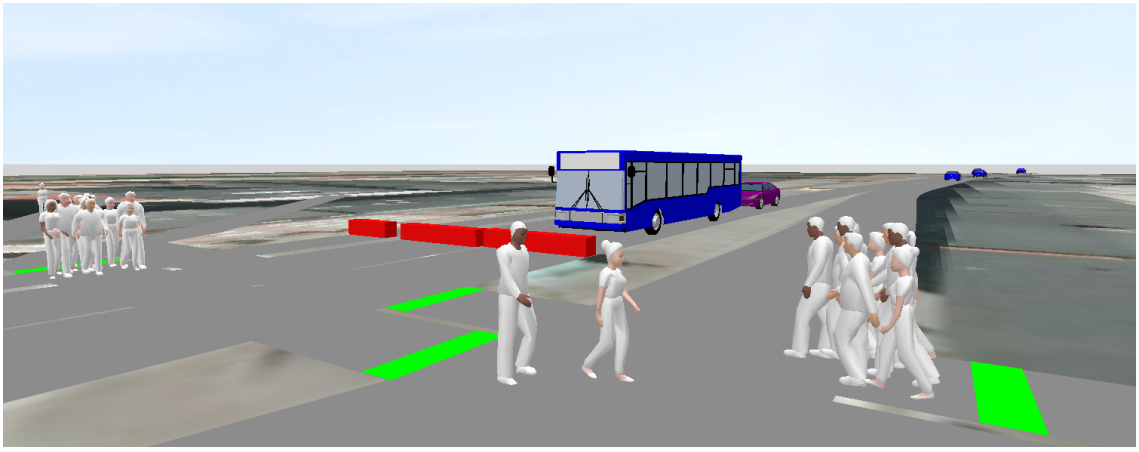
Rejsetiderne på rute 4, 5 og 6 er nogenlunde ens, mens rejsetiden på rute 1 er noget højere. Dette skyldes, at nordgående trafik på Vesterbro, som skal svinge til venstre (rute 1), skal holde for ligeudkørende trafik på Vesterbro i modsat retning.

Dataene for rejsetiderne i dette kryds er heller ikke normalfordelte, hvilket betyder, at det også her er nødvendigt at anvende ikke-parametrisk statistik til den senere sammenligning af de forskellige scenarier.

10.3.2 Scenarie 2

I dette afsnit beskrives resultaterne af trafiksimuleringen for Scenarie 2, hvor fodgængere inkluderes i simuleringen men uden brug af Viswalk.

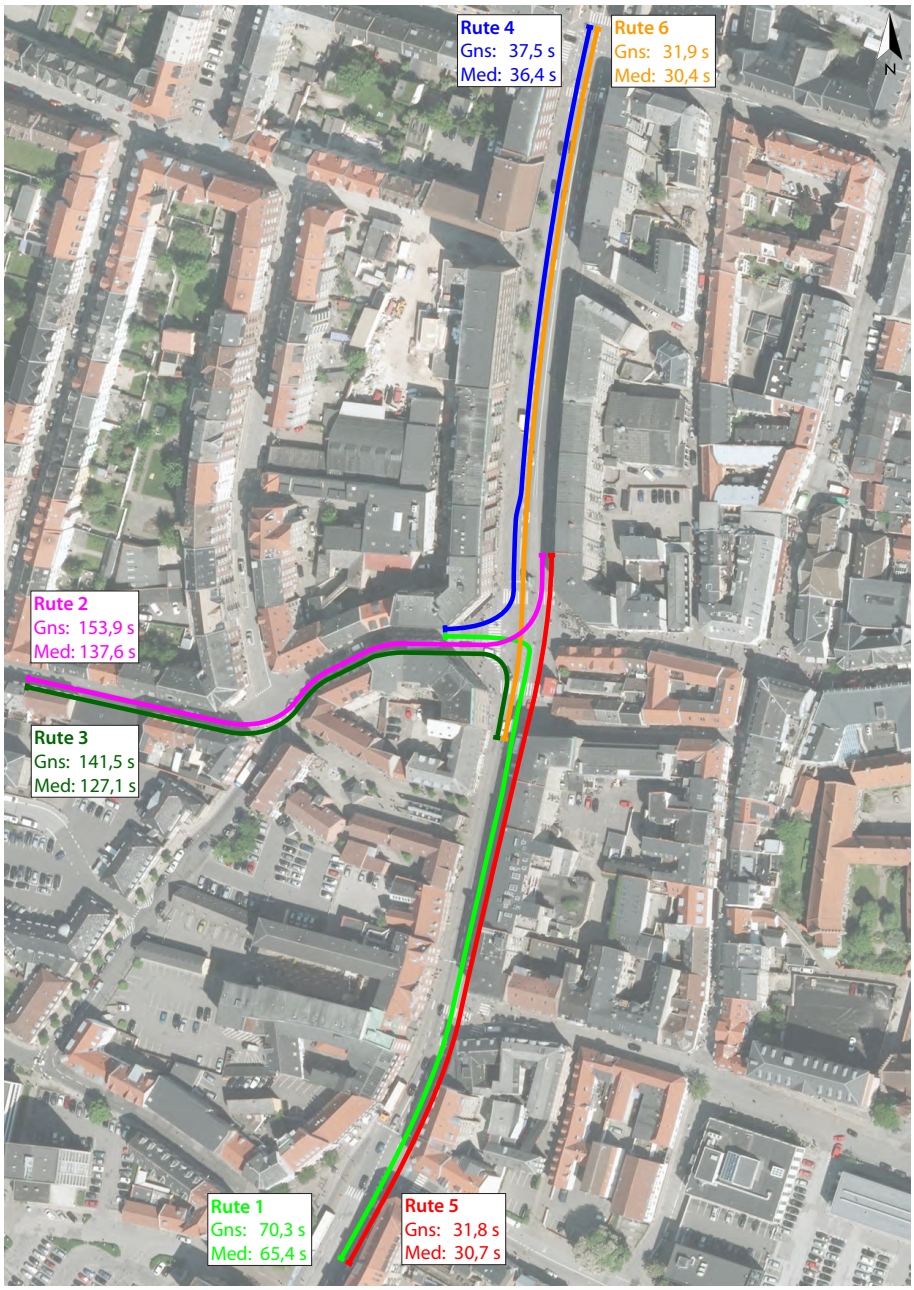
En del af resultatet i Vissim er som tidligere nævnt også den visuelle vurdering af trafiksituationen. På figur 10.5 ses et eksempel på dette.



Figur 10.5. Simulering af fodgængere på den nordlige fodgængerovergang på Vesterbro uden brug af Viswalk. Skærmbilledet er fra random seed 8 og 2958,5 sek. inde i simuleringen.

Det ses på figur 10.5, at fodgængerne går meget tæt uden brug af Viswalk. Gruppen af fodgængere længst væk i billedet består af 12 fodgængere, og gruppen af fodgængere tættest på består af 10 fodgængere. Som det også fremgår af billedet, betyder dette, at fodgængere i mange tilfælde "går oven i" hinanden, hvilket ikke stemmer overens med virkeligheden.

På figur 10.4 ses igen både gennemsnit og medianer for rejsetiderne på de udvalgte ruter i krydset Vesterbro/Urbansgade for Scenarie 2.



Figur 10.6. Rejsetidsmålinger for Scenarie 2 for de udvalgte ruter i krydset Vesterbro/Urbansgade. Gns = Gennemsnit, Med = Median.

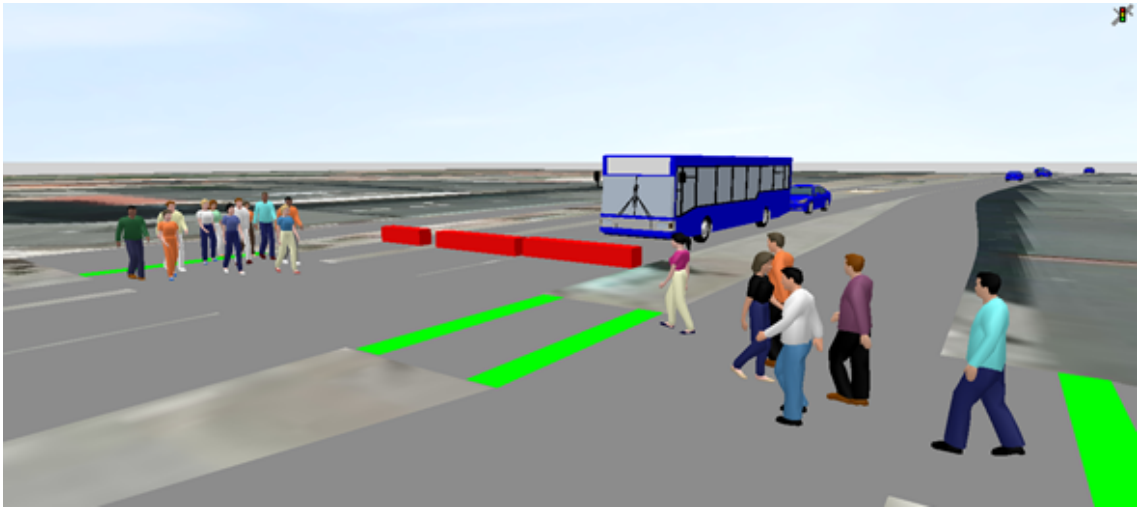
Disse rejsetider er heller ikke normalfordelte, og det er derfor nødvendigt at anvende ikke-parametrisk statistik til sammenligningen.

Af figuren ses de samme tendenser, som er beskrevet i Scenarie 1. Derudover fremgår det, at rejsetiderne generelt er steget sammenlignet med Scenarie 1. Dette gælder især rejsetiderne fra Urbansgade (og andre svingende trafikstrømme), hvilket naturligvis skyldes, at fodgængere indgår i denne simulering.

10.3.3 Scenarie 3

I dette afsnit beskrives resultaterne af trafiksimuleringen for Scenarie 3, hvor fodgængere indgår i simuleringen med brug af Viswalk.

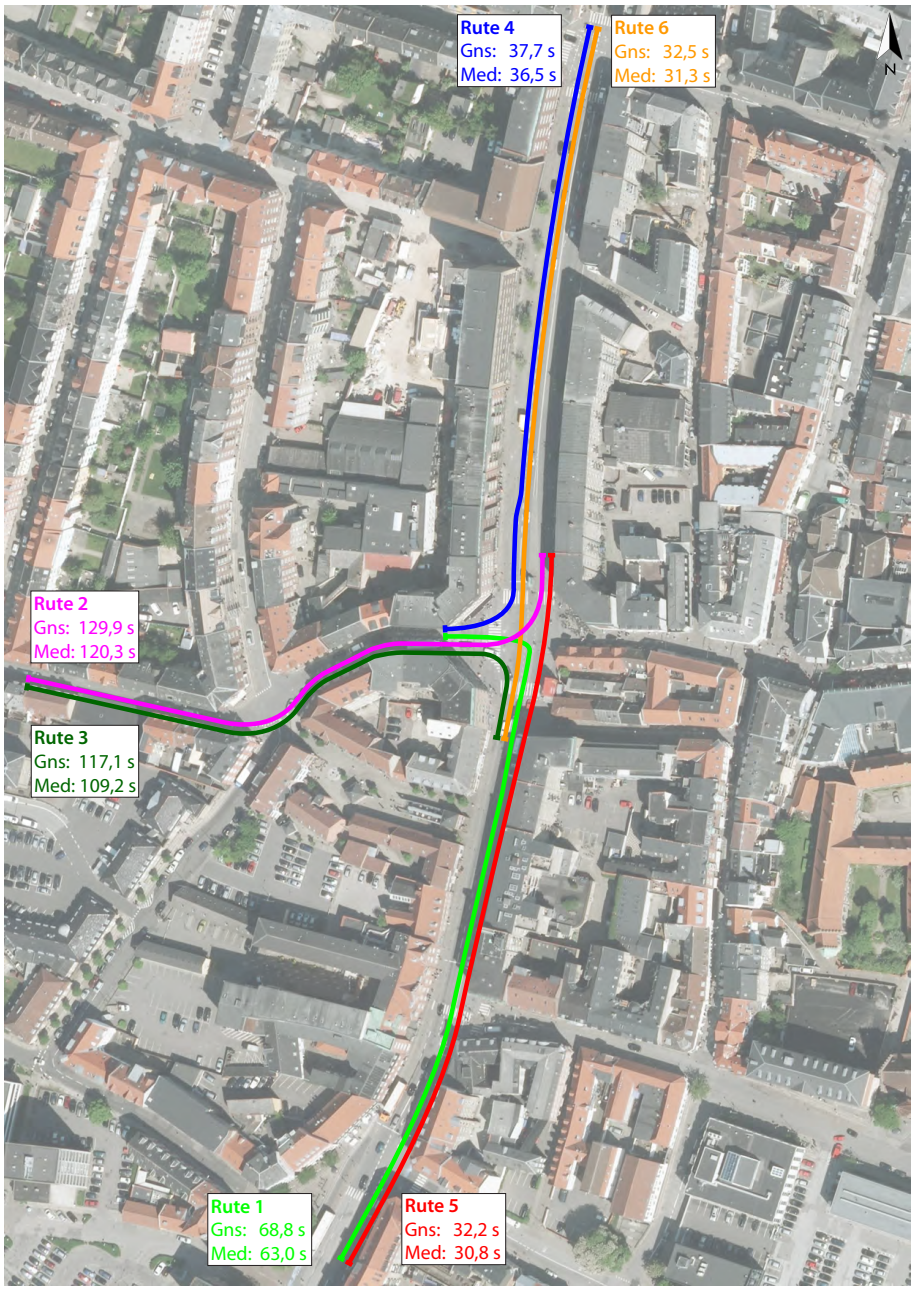
Et eksempel på et visuelt resultat af simuleringen med fodgængere og med Viswalk kan ses på figur 10.7.



Figur 10.7. Simulering af fodgængere på den nordlige fodgængerovergang på Vesterbro med brug af Viswalk. Skærmbilledet er ligesom på figur 10.5 på side 71 fra random seed 8 og 2958,5 sek. inde i simuleringen.

Som det fremgår af figur 10.7, betyder simulering af fodgængere med Viswalk, at fodgængerne går mere spredt, hvilket giver en mere realistisk simulering af fodgængere. Gruppen længst væk består af 11 fodgængere, og gruppen tættest på består af fem fodgængere, men i dette scenarie holder fodgængerne afstand til hinanden og flytter sig i forhold til hinanden.

På figur 10.8 ses igen både gennemsnit og medianer for rejsetiderne på de udvalgte ruter i krydset Vesterbro/Urbansgade for Scenarie 3.



Figur 10.8. Rejsetidsmålinger for Scenarie 3 for de udvalgte ruter i krydset Vesterbro/Urbansgade. Gns = Gennemsnit, Med = Median.

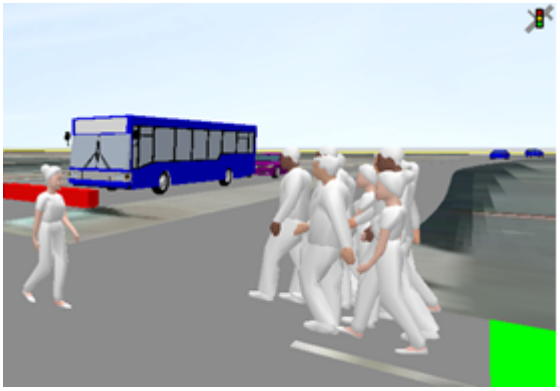
Disse rejsetider er heller ikke normalfordelte, hvilket betyder, at det igen er nødvendigt at anvende ikke-parametrisk statistik til sammenligning af alle scenarierne.

Af figuren fremgår igen de samme tendenser, som er beskrevet i Scenarie 1. Derudover bemærkes det, at rejsetiderne ikke adskiller sig voldsomt fra Scenarie 2, men at der stadig er stor forskel på rejsetiderne sammenlignet med Scenarie 1. Dette skyldes naturligvis, at fodgængere også i dette scenarie indgår i simuleringen.

RESULTATER 11

I dette kapitel sammenlignes rejsetider og kølængder for de tre scenarier for begge kryds. Alle rejsetider er angivet som medianer, idet rejsetiderne, som tidligere nævnt, ikke er normalfordelte. For at afgøre, om der er statistisk signifikant forskel på rejsetidernes medianer i de tre scenarier, anvendes ikke-parametrisk statistik. Idet det er præcis de samme biler, som kører i alle scenarier, anvendes Wilcoxon Signed-Rank Test (parret test) til sammenligningen. Testen sammenligner alle scenarier to og to.

Resultaterne fremstilles med henblik på at belyse de to spørgsmål i problemformuleringen. Til at vurdere hvilken betydning det har for beskrivelsen af kapaciteten i et signalreguleret kryds, at fodgængertrafikken inkluderes i trafiksimuleringer i Vissim, sammenlignes Scenarie 1 (uden fodgængere) med Scenarie 3 (med fodgængere og med Viswalk). Det besluttes at sammenligne med Scenarie 3, idet rejsetiderne her er lavere en i Scenarie 2, og hvis der er en signifikant forskel i rejsetiderne mellem Scenarie 1 og 3, vil der også være en signifikant forskel mellem Scenarie 1 og 2. Derudover vurderes det rent visuelt, at trafikafviklingen i Scenarie 3 virker mest realistisk, se figur 11.1 og 11.2.



Figur 11.1. Fodgængere på Vesterbro i Scenarie 2.

Figur 11.2. Fodgængere på Vesterbro i Scenarie 3.

Som det fremgår af figur 11.1, går fodgængerne i Scenarie 2 unaturligt tæt og er ikke i stand til at tage højde for hinanden.

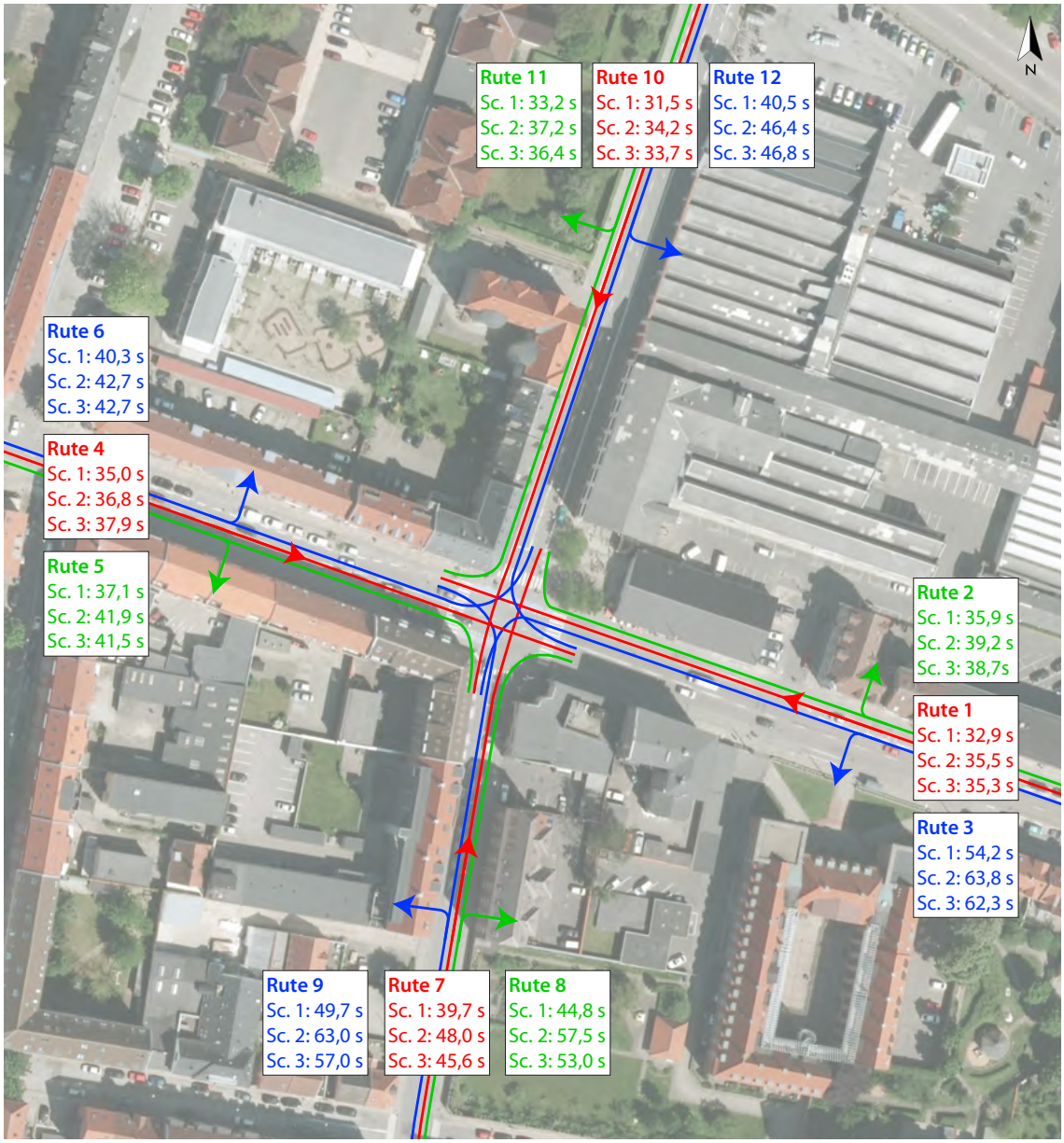
Til at vurdere hvilken betydning det har for beskrivelsen af kapaciteten i et signalanlæg, hvorvidt fodgængermodulet, Viswalk, anvendes i trafiksimuleringer, sammenlignes Scenarie 2 (med fodgængere men uden Viswalk) med Scenarie 3 (med fodgængere og med Viswalk).

I kapitlet diskuteres først rejsetider og kølængder for krydset Dannebrogsgade/Kastetvej og dernæst for Vesterbro/Urbansgade. For begge kryds sammenlignes først Scenarie 1 og 3 og derefter Scenarie 2 og 3.

11.1 Dannebrogsgade/Kastetvej

11.1.1 Rejsetider

På figur 11.3 ses rejsetider for alle ruter og for alle tre scenarier i krydset Dannebrogsgade/Kastetvej.



Figur 11.3. Rejsetider (medianer) i krydset Dannebrogsgade/Kastetvej for alle tre scenarier.

Som det fremgår af figuren, er det forskelligt, hvor meget rejsetiderne på de forskellige ruter varierer i de tre scenarier, men forskellen er generelt ikke på mange sekunder.
På de fleste ruter er rejsetiderne i de tre scenarier statistisk signifikant forskellige fra hinanden med et signifikansniveau på 5 %. Dette skyldes sandsynligvis, at der er rigtig mange rejsetidsmålinger for de fleste ruter, så selvom forskellen er lille, er den statistisk signifikant.

Det ses desuden, at Scenarie 1 (uden fodgængere) i alle tilfælde har de laveste rejsetider, og at Scenarie 2 (med fodgængere og uden Viswalk) generelt har de højeste, mens Scenarie 3 (med fodgængere og med Viswalk) ligger mellem de to, men meget tæt på Scenarie 2.

Sammenligning af Scenarie 1 (uden fodgængere) og Scenarie 3 (med fodgængere og med Viswalk)

Forskellene på rejsetiderne mellem Scenarie 1 og 3 er alle statistisk signifikante. Rejsetiderne er generelt størst på ruter med svingende trafik, hvilket selvfølgelig skyldes, at disse bilstrømme skal holde for fodgængere. Den største forskel ses på rute 8, hvor medianen for rejsetiderne i Scenarie 1 er 15% lavere end i Scenarie 3. Den laveste forskel er på rute 6, hvor medianen for rejsetiderne i Scenarie 1 kun er 6 % lavere end i Scenarie 3.
Rejsetiderne i Scenarie 1 er gennemsnitligt 10 % lavere end i Scenarie 3.

Sammenligning af Scenarie 2 (uden Viswalk) og Scenarie 3 (med Viswalk)

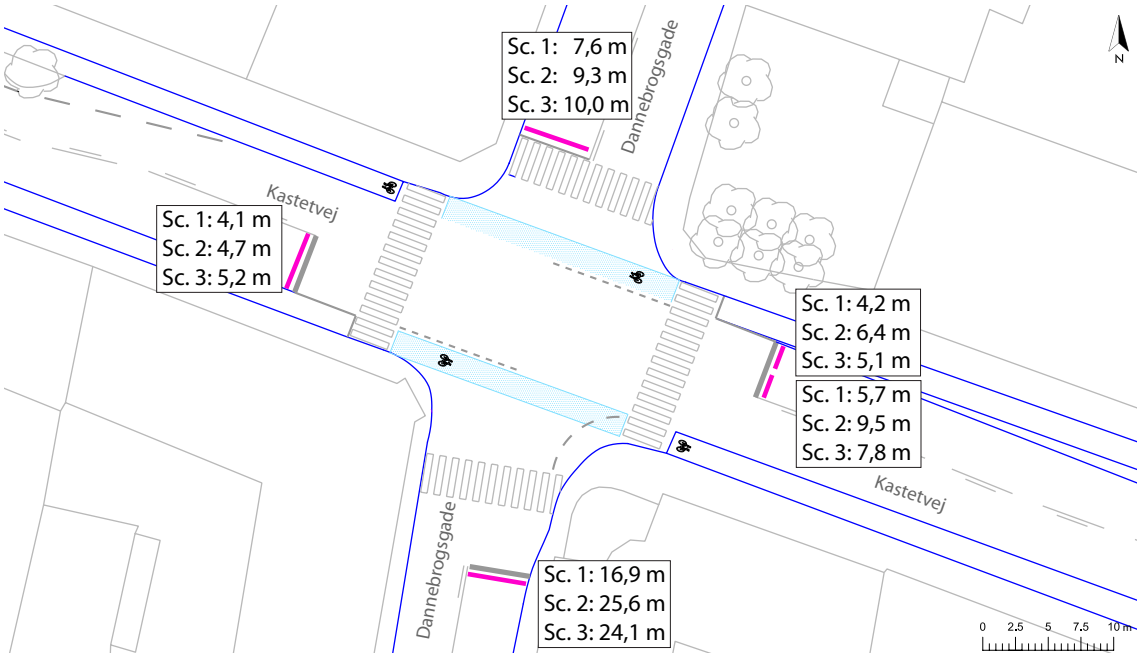
På seks af de tolv ruter i dette kryds, kan det ikke afvises, at rejsetidernes medianer kan være ens. Dette omfatter ruterne: 2, 5, 6, 10, 11 og 12, hvilket sandsynligvis skyldes, at der ikke er meget trafik på disse ruter (dog ikke gældende på rute 10) og dermed kun et lille datagrundlag. Derudover er forskellen på rejsetiderne på disse ruter i Scenarie 2 og 3 på under et sekund. Der kan altså på disse ruter ikke påvises at være statistisk signifikant forskel mellem rejsetiderne for Scenarie 2 og 3.

Blandt de resterende seks ruter ses den største forskel mellem de to scenarier på rute 9 (6 sekunders forskel), hvor rejsetiden i Scenarie 2 er 11 % højere end i Scenarie 3. Den mindste statistisk signifikante forskel er på rute 1 (0,2 sekunders forskel), hvor rejsetiden i Scenarie 2 kun er 1 % højere end i Scenarie 3.
Rejsetiderne i Scenarie 2 er gennemsnitligt 3 % højere end i Scenarie 3. Alle tolv ruter indgår i dette gennemsnit, også de seks, hvor forskellen ikke er statistisk signifikant. Dette betyder, at der gennemsnitligt maksimalt er 3 % forskel på Scenarie 2 og 3 i dette kryds.

Det, at rejsetidere i Scenarie 2 er højere end i Scenarie 3, er umiddelbart overraskende, idet den manglende interaktion imellem fodgængerne i Scenarie 2 burde reducere rejsetiderne. Den primære årsag, til at rejsetiderne alligevel er højere i Scenarie 2 end i Scenarie 3, er sandsynligvis, at fodgængerne ikke har samme ankomstfordeling. Dette uddybes yderligere i sammenligningen af rejsetiderne for krydset Vesterbro/Urbansgade, hvor forskellen mellem de to scenarier er mere udtalt.

11.1.2 Kølængder

På figur 11.4 ses de gennemsnitlige kølængder i krydset Dannebrogsgade/Kastetvej for alle tre scenarier.



Figur 11.4. Gennemsnitlige kølængder i krydset Dannebrogsgade/Kastetvej for alle tre scenarier. Alle kølængder er angivet i meter.

Værdierne på figur 11.4 beskriver de gennemsnitlige kølængder for hver måler over hele spidstimen og er dermed gældende ved både grønne og røde faser i signalreguleringen. De angivne kølængder må altså ikke forveksles med eksempelvis den gennemsnitlige kølængde, som opstuves ved rødt lys.

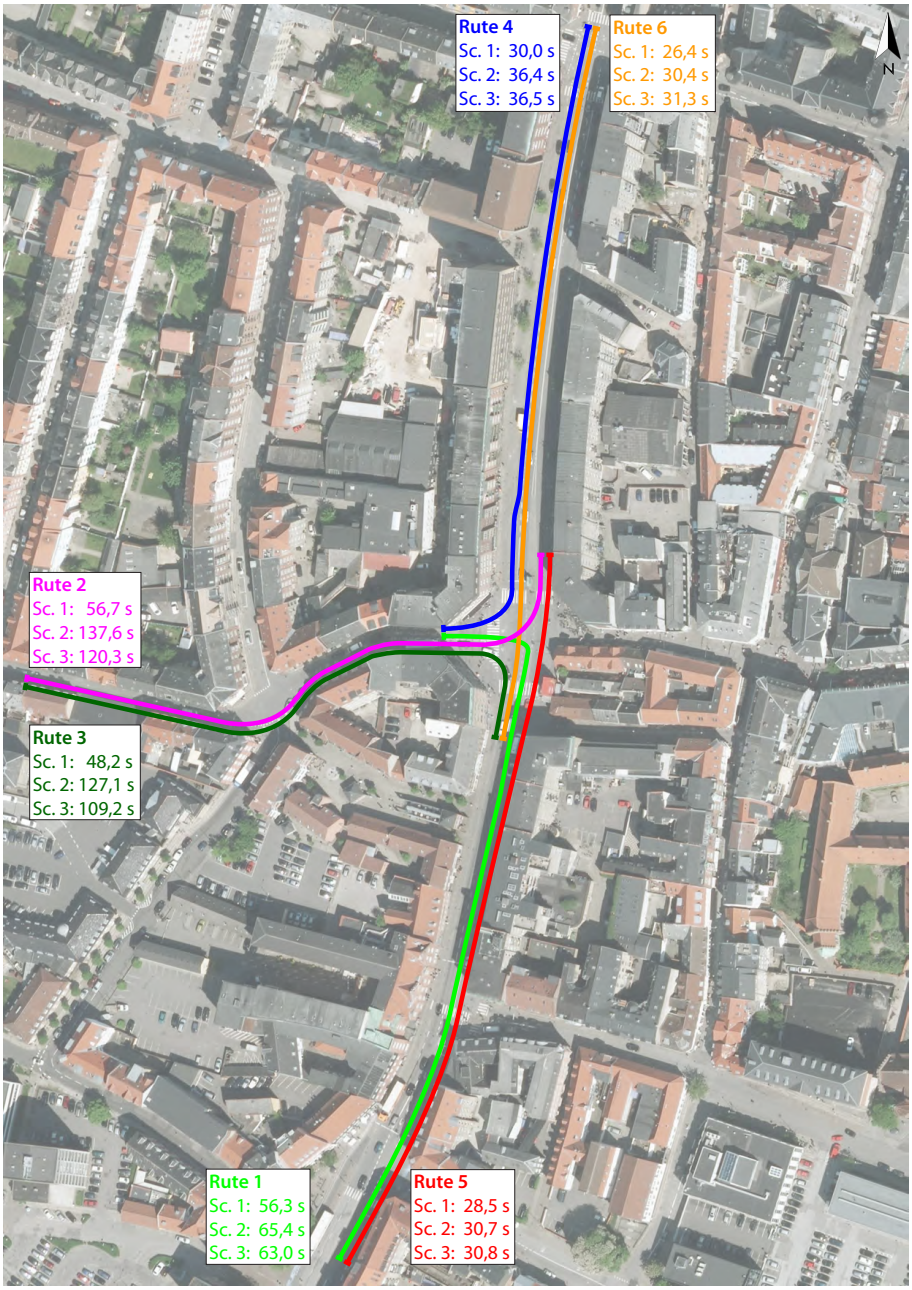
De største kølængder ses som forventet i tilfarten for den nordgående trafik på Dannebrogsgade, hvilket skyldes de relativt store trafikmængder samt meget svingende trafik.

Af figuren fremgår, at der generelt er nogle korte kølængder i krydset, og at forskellen mellem de tre scenarier er lille. Kølængderne afspejler desuden rejsetiderne, idet kølængderne for Scenarie 1 adskiller sig mere fra kølængderne for Scenarie 2 og 3, sammenlignet med den indbyrdes forskel imellem disse, som i øvrigt er meget lille.

11.2 Vesterbro/Urbansgade

11.2.1 Rejsetider

På figur 11.5 ses rejsetider for alle ruter og for alle tre scenarier i krydset Vesterbro/Urbansgade.



Figur 11.5. Rejsetidsmålinger (medianer) for de tre scenarier for de udvalgte ruter i krydset Vesterbro/Urbansgade.

Det fremgår, at forskellene mellem rejsetiderne i de forskellige scenarier generelt er større end i krydset Dannebrogsgade/Kastetvej. Det ses desuden, at det er meget forskelligt, hvor stor forskel der er på rejsetiderne på de forskellige ruter i de tre scenarier.

Dette skyldes, at der både er mere trafik og flere fodgængere i dette kryds. Der er desuden ikke overraskende en tendens til, at de største forskelle scenarierne imellem optræder på ruter med svingende trafik (primært fra Urbansgade).

Igen er rejsetiderne for Scenarie 1 lavest i alle tilfælde og generelt højest for Scenarie 2. Rejsetiderne for Scenarie 3 ligger igen imellem de to øvrige scenarier men tættest på Scenarie 2.

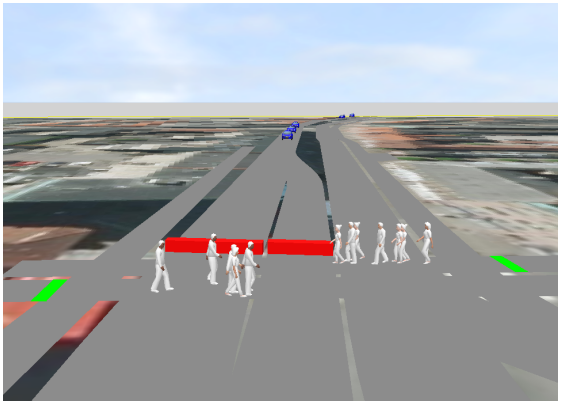
Sammenligning af Scenarie 1 (uden fodgængere) og Scenarie 3 (med fodgængere og med Viswalk)

Forskellen på rejsetiderne mellem Scenarie 1 og 3 er også her alle statistisk signifikant forskellige. Denne forskel er langt størst for trafik fra Urbansgade, hvilket natuligvis skyldes, at al trafik fra Urbansgade potentielt kan komme til at holde for fodgængere.
Den største forskel ses på rute 3, hvor medianen for rejsetiderne i Scenarie 1 er 56% lavere end i Scenarie 3. Den laveste forskel ses på rute 6, hvor medianen for rejsetiderne i Scenarie 1 er 8% lavere end i Scenarie 3.
Rejsetiderne i Scenarie 1 er gennemsnitligt 27 % lavere end i Scenarie 3.

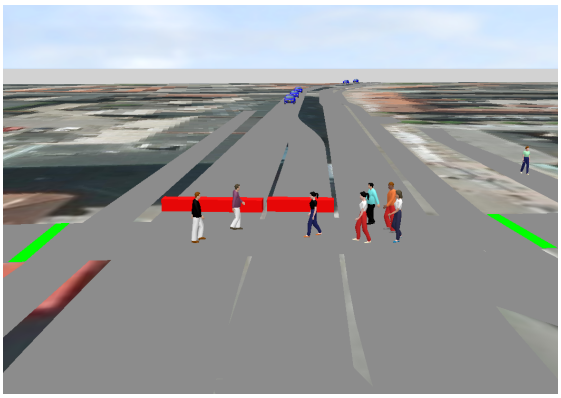
Sammenligning af Scenarie 2 (uden Viswalk) og Scenarie 3 (med Viswalk)

Det kan på to af de seks ruter ikke afvises, at rejsetidernes medianer kan være ens. Dette gælder rute 4 og 5, hvilket skyldes, at der kun er en meget lille forskel på rejsetiderne (0,1 sek). Der kan altså på disse ruter ikke påvises at være statistisk signifikant forskel på rejsetiderne i Scenarie 2 og 3.
På de resterende fire ruter ses den største forskel mellem de to scenarier på rute 3 (18 sekunders forskel), hvor rejsetiden i Scenarie 2 er 16 % højere end i Scenarie 3. Den mindste statistisk signifikante forskel er på rute 6 (1 sekunds forskel), hvor rejsetiden i Scenarie 2 kun er 3 % højere end i Scenarie 3.
Rejsetiderne i Scenarie 2 er gennemsnitligt 6 % højere end i Scenarie 3. Også her indgår alle seks ruter i dette gennemsnit, inkl. de to, hvor forskellen ikke er statistisk signifikant. Dette betyder således også, at der gennemsnitligt maksimalt er 6 % procents forskel på Scenarie 2 og 3 i dette kryds.

Den primære årsag, til at rejsetiderne er længere i Scenarie 2 end i Scenarie 3, er nok, at fodgængerne ikke har samme ankomstfordeling. Det er stadig de samme fodgængermængder, men idet fodgængerne simuleres på to forskellige måder, har det ikke været muligt at sikre samme ankomstfordeling i scenarierne, som det har for biltrafikken. Et eksempel på dette ses illustreret på figur 11.6 og 11.7, som er taget på præcis samme tidspunkt i samme random seed for henholdsvis Scenarie 2 og 3.



Figur 11.6. Fodgængere på Vesterbros sydlige fodgængerovergang i Scenarie 2.

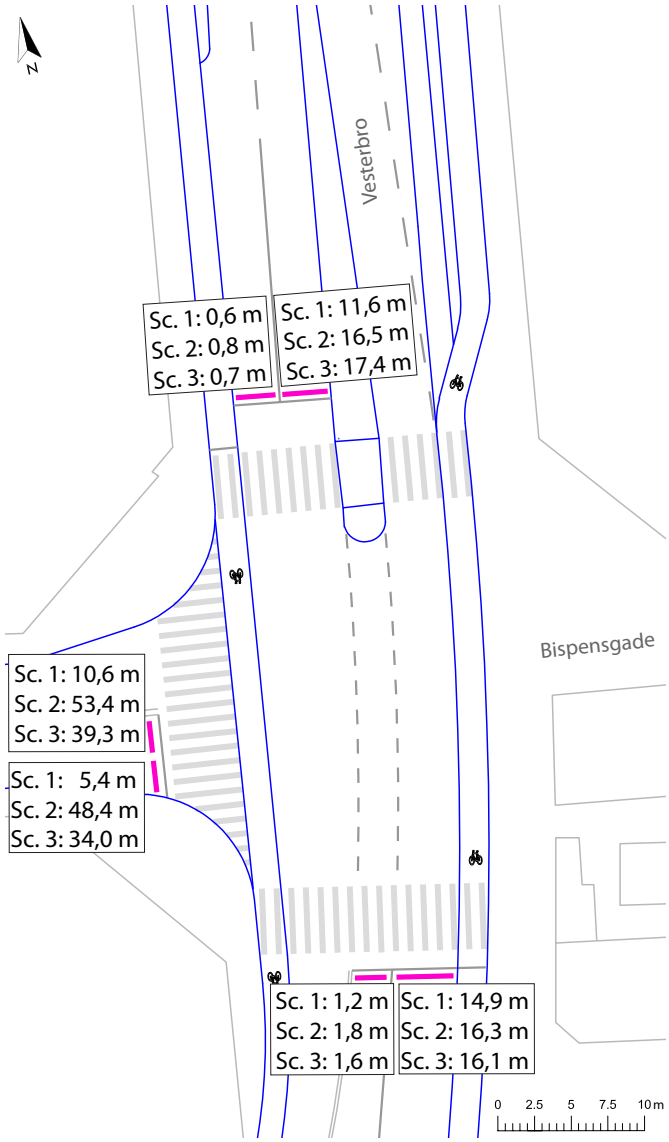


Figur 11.7. Fodgængere på Vesterbros sydlige fodgængerovergang i Scenarie 3.

I Scenarie 2 (figur 11.6) er der fem fodgængere, som går mod højre og syv, som går mod venstre. I præcis den sammme situation er der i Scenarie 3 to fodgængere, som går mod højre og fem fodgængere, der går mod venstre. Dette illustrerer, at fodgængerne i de to scenarier ikke følger samme ankomstfordeling, selvom det er samme random seed og samme tidspunkt i simuleringen.
Det bemærkes desuden, at det samme ikke er tilfældet for biltrafikken, hvor der i begge tilfælde anes tre biler forholdsvis tæt på og to biler ude i horisonten.

11.2.2 Kølængder

På figur 11.8 ses de gennemsnitlige kølængder i krydset Vesterbro/Urbansgade for alle tre scenarier.



Figur 11.8. Gennemsnitlige kølængder i krydset Vesterbro/Urbansgade for alle tre scenarier.

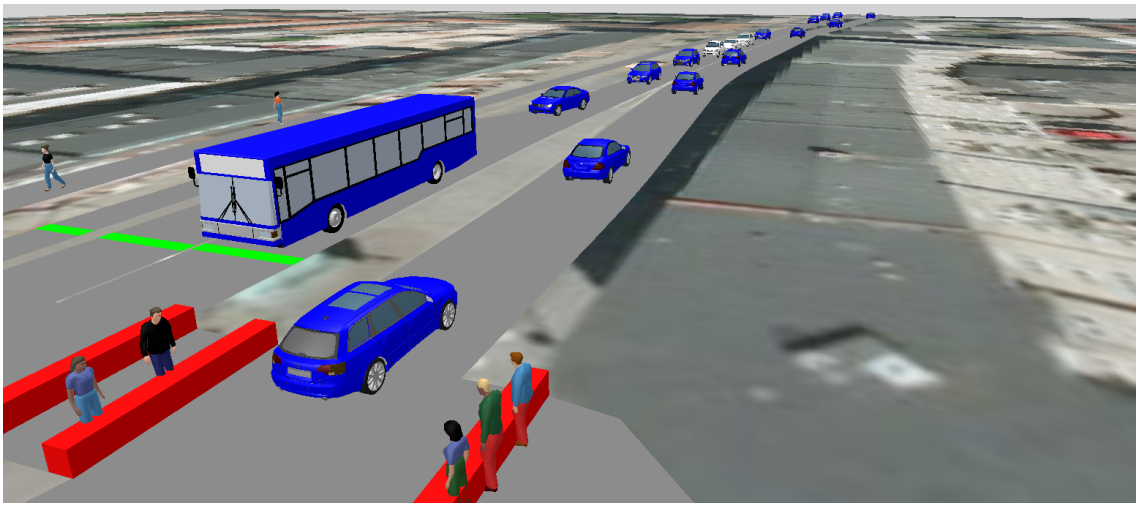
Figur 11.8 viser, at kølængderne generelt er længere i dette kryds sammenlignet med Dannebrogsgade/Urbansgade, hvilket naturligvis skyldes, at der er langt mere trafik i dette kryds.
Kølængerne i de to svingbaner på Vesterbro er meget korte, hvilket skyldes, at der kun er lidt trafik, og da forskellen mellem scenarierne er små, betragtes de som ubetydelige.
Derudover viser kølængderne igen det samme som rejsetiderne, at den største forskel mellem scenarierne findes på Urbansgade.

Det fremgår desuden, at kølængderne på Urbansgade er størst for venstresvingende trafik, hvilket skyldes, at der er flest biler, som svinger til venstre. De maksimale gennemsnitlige kølængder på Urbansgade er 48,4 og 53,4 meter, hvilket svarer til ca. 8 biler (inkl. de 2,5 meters

afstand mellem bilerne). En af årsagerne til at kølængderne er længst på Urbansgade, er at rødfasen her er meget længere end på Vesterbro.

Derudover er det centralt at bemærke, at kølængderne på Vesterbro generelt er meget korte, når der sammenlignes med videooptagelser fra krydset. Dette gælder især for de to ligeudkørende kørespor på Vesterbro, hvor kølængderne maksimalt kun er henholdsvis 17,4 og 16,9 meter, hvilket kun svarer til ca. tre biler. Videooptagelserne fra krydset viser, at trafikken her i høj grad er præget af stangkørsel både før og efter krydset.

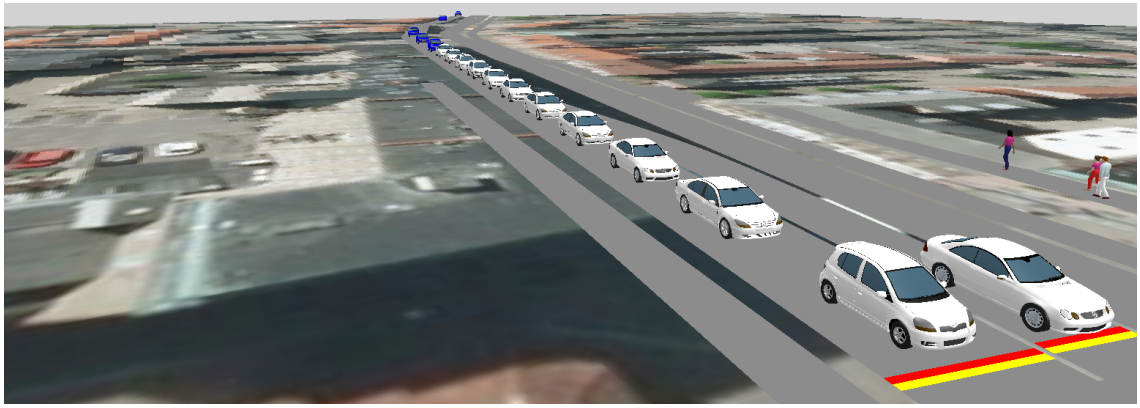
Det, at kølængderne er så korte, skyldes at kø kun registreres for biler, som kører under 5 km/t, og indtil deres hastighed overstiger 10 km/t. Nedenstående figur viser et eksempel på stangkørsel i modellen, som ikke registreres som kø.



Figur 11.9. Eksempel på trafiksimulering på Vesterbro ved den nordlige fodgængerovergang. Blå biler er i bevægelse og hvide biler holder stille.

Situationen på figur 11.9 er umiddelbart efter signalreguleringen har skiftet til grønt. Alle de blå biler er i bevægelse, mens de hvide i baggrunden holder stille. Idet bilerne i denne situation kører hurtigere end 5 km/t, registreres situationen ikke som kø.

Dette betyder dog ikke, at der ikke opstår relativt lange køer i modellen i forbindelse med rødt lys, hvilket er illustreret på figur 11.10.



Figur 11.10. Eksempel på kø på Vesterbro i nordgående retning i forbindelse med rødt lys. Blå biler er i bevægelse og hvide biler holder stille.

Der kan således opstå decideret kø i modellen, men idet der kun registreres gennemsnitlige kølængder, som ikke tager højde for stangkørsel, virker de angivede kølængder på figur 11.8 korte.

Derudover har det selvfølgelig også en betydning, at der kun simuleres det ene kryds på Vesterbro, og at hastigheden før og efter krydset altså ikke er påvirket af de omkringliggende kryds. Endelig har længden af grønfasen også en væsentlig betydning for de korte kølængder, idet kø primært registreres, når der er rødt.

DISKUSSION

12

I det følgende diskuteres resultaterne af undersøgelsen i dette projekt, med henblik på at vurdere, hvordan disse kan anvendes til fremtidige simuleringer.

Diskussion af resultater

Resultaterne i krydset Dannebrogsgade/Kastetvej viser entydigt, at trafikafviklingen i krydset påvirkes af, om fodgængere medtages eller udelades i simuleringen. Der er således signifikant forskel på rejsetiderne imellem Scenarie 1 uden fodgængere og de to øvrige scenarier med fodgængere. Det, at rejsetiderne er signifikant forskellige, er imidlertid ikke ensbetydende med, at forskellene er så markante, at fodgængere aboslut skal simuleres for enhver pris. Dette er i højere grad afhængigt af størrelsen på disse forskelle, og som det allerede er antydet i afsnit 11.1.1, er forskellene på rejsetiderne i krydset Dannebrogsgade/Kastetvej relativt små. Gennemsnitligt er rejsetiderne for Scenarie 1 10 % lavere end for Scenarie 3, hvilket måske lyder af meget, men som reelt kun svarer til en gennemsnitlig afvigelse på 5 sekunder.
På den baggrund vurderes det at være afhængig af det givne projekt, hvorvidt fodgængere skal medtages i simuleringer for kryds, som er sammenlignelige med krydset Dannebrogsgade/Kastetvej. Det bør overvejes hvor stor en gevinst, der opnås ved at medtage fodgængere i simuleringen, kontra de ressourcer det vil kræve at gøre dette. Den tid, det tager at opbygge en model med fodgængere, er væsentligt længere, end tiden det tager at opbygge en model uden. Desuden kræves data omkring fodgængerforekomster på projektlokaliteten, og er sådanne data ikke allerede tilgængelige, er det ressourcekrævende at indsamle disse. Det bliver altså et valg imellem enten at acceptere en usikkerhed på ca. 10 % i sin simulering, eller at bruge de ressourcer det kræver at udføre simulering af fodgængere. Det vil variere fra projekt til projekt, og afhænge meget af formålet med det givne projekt, hvilken valgmulighed der er mest fordelagtig.

I krydset Vesterbro/Urbansgade viser resultaterne ligeledes, at fodgængere har en betydning for kapaciteten i et signalreguleret kryds i Vissim. Rejsetiderne for Scenarie 1, uden fodgængere, er igen statistisk signifikant forskellige fra rejsetiderne for de to øvrige scenarier med fodgængere. I dette tilfælde er både rejsetider og forskelle imellem scenarierne dog markant højere end for krydset Dannebrogsgade/Kastetvej. Rejsetiderne for Scenarie 1 er i gennemsnit 27 % lavere end for Scenarie 3, hvilket svarer til en gennemsnitlig afvigelse på 24 sekunder. For de højresvingende biler på Urbansgade er rejsetiderne 56 % lavere i scenariet uden fodgængere end rejsetiderne i scenariet med fodgængere, hvilket svarer til hele 61 sekunder. Her forøges rejsetiden altså med godt et minut, over en strækning på kun ca. 200 meter.
Så store afvigelser kan ikke accepteres i en simulering, hvis formål er, så præcist som muligt, at repræsentere virkeligheden. På den baggrund anbefales det altid at simulere fodgængere i kryds, som er sammenlignelige med krydset Vesterbro/Urbansgade i forhold til fodgængermængder samt andelen af svingende trafik.

Resultaternes kompatibilitet med andre signalregulerede kryds

Resultaterne for de to projektlokaliteter viser således, at fodgængere har en betydning for kapaciteten i signalregulerede kryds, når disse simuleres i Vissim. Ikke overraskende viser resultaterne endvidere, at vigtigheden af at medtage fodgængere i simuleringer stiger, i takt med at fodgænger- og bilmængder forøges. Disse resultater er dog kun interessante, hvis de kan overføres til andre lignende signalregulerede kryds, hvilket umiddelbart også er tilfældet. Det skal dog bemærkes, at signalanlæggene på begge projektlokaliteter behandles som rent tidsstyrede anlæg. I 2007 fungerede kun 234 af Danmarks i alt 2803 signalanlæg udelukkende med tidsstyring, hvor de resterende fungerede med trafikstyring, samordning eller med en kombination af styreformerne [Vejdirektoratet, 2012a]. Andelen af rent tidsstyrede anlæg er formentligt faldet yderligere siden 2007.
I trafikstyrede anlæg skal fodgængere som oftest anmelde deres ankomst i krydset, for at få grønt lys. Dette betyder, at fodgængere, som ankommer til et kryds efter starten på den potentielle grønfase, må vente til næste omløb med at foretage krydsningen, såfremt andre fodgængere ikke allerede har aktiveret grønfasen. Dermed reduceres antallet af gange, hvor svingende biler skal holde tilbage for fodgængere i perioder med mindre forekomster af fodgængere, og kapaciteten for biltrafikken forøges dermed.
Hvis resultaterne fra dette projekt overføres til andre signalregulerede kryds, hvor fodgængeres ankomst skal anmeldes, overvurderes fodgængeres betydning for krydsets gennerelle kapacitet. Fejlens størrelse afhænger primært af fodgængermængderne på den givne lokalitet samt fodgængernes ankomstfordeling i krydset. Helt generelt vurderes fejlen dog at være lille.

I dette projekt er det valgt at basere resultaterne på undersøgelser foretaget i to signalregulerede kryds, og som det også er nævnt i kapitel 2: Metode, på side 7, vurderes dette at være tilstrækkeligt til at udlede noget helt generelt. Alligevel havde det naturligvis været optimalt at foretage undersøgelser i flere end to kryds, for derigennem yderligere at kunne belyse sammenhængen mellem mængden af fodgængere og biler i et signalreguleret kryds og betydningen af at inkludere fodgængere i trafiksimuleringer.

Metode til simulering af fodgængere

Fodgængersimulering uden brug af Viswalk er i dette projekt udført med adfærdsmodellen No interaction, da projektgruppen har erfaret, at dette er praksis i de rådgivende ingeniørvirksomheder i Danmark. Fodgængersimulering med No interaction er meget simpelt og primitivt, og alligevel afviger outputtene fra simuleringerne for de to projektlokaliteter kun marginalt fra outputtene for simuleringerne med Viswalk.
Når det så tages i betragtning, at Viswalk er et tilføjelsesmodul til Vissim, som kræver betaling af en separat licens, kan der stilles spørgsmålstegn ved, om den gevinst Viswalk fører med sig, reelt er prisen på licensen værd. Det vil dog kræve yderligere undersøgelser at besvare dette spørgsmål fyldestgørende.
Desuden er antydningen af, at Viswalk ikke forbedrer simuleringer af signalregulerede kryds væsentligt i forhold til alternativerne, ikke ensbetydende med, at Viswalk ikke kan være overlegen til simulering under andre forhold. Eksempelvis til simuleringer som mere specifikt omhandler fremkommelighed for fodgængere, kan Viswalk tænkes at være velegnet, men det vil kræve andre typer undersøgelser at belyse dette.

KONKLUSION

13

På baggrund af resultaterne i dette projekt kan det konkluderes, at der generelt er forskel på, hvor stor betydning simulering af fodgængere har for kapaciteten for biltrafikken i de to kryds. Det vurderes dog, at det på baggrund af resultaterne er muligt at besvare de to spørgsmål opstillet i problemformuleringen:

Hvilken betydning har det for beskrivelsen af kapaciteten i et signalreguleret kryds, at fodgængertrafikken inkluderes i trafiksimuleringer i Vissim?

For krydset Dannebrogsgade/Kastetvej konstateres det, at rejsetiderne, for simuleringer uden fodgængere, gennemsnitligt er 10 % lavere end rejsetiderne, for simuleringer med fodgængere (og med Viswalk).
I krydset Vesterbro/Urbansgade er denne forskel noget større. Her konkluderes det, at rejsetiden i simuleringer uden fodgængere gennemsnitligt er 27 % lavere end i simuleringer med fodgængere.

Disse forskelle er i begge tilfælde statistisk signifikante, og det kan derfor konstateres, at der i begge kryds er forskel på, hvorvidt fodgængere medtages i simuleringer eller ej. Forskellen er dog langt størst for krydset Vesterbro/Urbansgade, hvor rejsetiderne varierer med op til 56 % imellem de to scenarier. På baggrund af dette konkluderes det, at fodgængere bør medtages i simulering af krydset Vesterbro/Urbansgade.
I forhold til krydset Dannebrogsgade/Kastetvej varierer forskellen "kun" med gennemsnitligt 10 %, og det afhænger derfor af formålet med undersøgelsen, om fodgængere bør medtages i simuleringen eller ej.

Det vurderes derfor at være mængden af fodgængere samt mængden af svingende trafik, som er afgørende for, hvorvidt fodgængere bør medtages i simuleringer. Hvis der er meget svingende trafik, som på Urbansgade, kombineret med mange fodgængere, som på Vesterbro, bør fodgængere medtages i trafiksimuleringer af signalregulerede kryds. Hvis der derimod blot er en lille mængde fodgængere og en lille mængde svingende trafik, er det formålet med projektet, som skal afgøre, hvorvidt denne mindre forskel kan accepteres.

Hvilken betydning har det for beskrivelsen af kapaciteten i et signalreguleret kryds, hvorvidt fodgængermodulet, Viswalk, anvendes i trafiksimuleringer i Vissim?

Der er generelt kun en lille forskel på rejsetiderne i simuleringerne med Viswalk og rejsetiderne i simuleringerne uden Viswalk i begge kryds. For Dannebrogsgade/Kastetvej er den gennemsnitlige forskel på 3 %. For Vesterbro/Urbansgade er den gennemsnitlige forskel 6 %.
Da den gennemsnitlige forskel i begge kryds er forholdsvis lille, vurderes det, at det ikke umiddelbart har nogen betydning i forhold til kapaciteten for biler i signalregulerede kryds, hvorvidt fodgængere simuleres med eller uden Viswalk .

Idet der, for begge kryds, kun er en meget lille forskel på rejsetiderne med og uden brug af Viswalk til simulering af fodgængere i signalregulerede kryds, forventes det samme at være tilfældet i kryds, hvor der forekommer trafikmængder, som ligger mellem eller under trafikmængderne på de to projektlokaliteter. Det vurderes således, at det kun er, hvis trafikmængderne i et kryds overstiger trafikmængderne i Vesterbro/Urbansgade, at det er uklart, hvorvidt anvendelse af Viswalk har en betydning for beskrivelsen af kapaciteten i et signalreguleret kryds.

LITTERATUR

Brodersen, Nielsen, Mortensen, Møbius, og Frederiksen, **2012**. René Brodersen, Peter Nielsen, Thomas Varn Mortensen, Jonas Møbius, og Anders Bak Frederiksen. *Omdannelse af Sygehus Nord-området - trafikale konsekvenser og mikrosimulering*, 2012.

COWI, **2014**. COWI. *Trafikmodeller og trafiksimulering*. URL:`http://vision-traffic.ptvgroup.com/en-us/training-support/support/ptv-vissim/tips-tricks/`, 2014. Downloadet: 03-03-2014.

COWI, **2012**. COWI. *Mikrosimulering af cyklister i myldretid - vejledning*, 2012.

Danmarks Statistik, **1991**. Danmarks Statistik. *Statistisk Årbog 1991*. URL: `http://www.dst.dk/pukora/epub/upload/16692/helt.pdf`, 1991. Downloadet: 18-03-2014.

Helbing og Molnár, **1995**. Dirk Helbing og Péter Molnár. *Social force model for pedestrian dynamics*. URL: `http://vision.cse.psu.edu/courses/Tracking/vlpr12/HelbingSocialForceModel95.pdf`, 1995. Downloadet: 03-03-2014.

Ishaque, **2005**. Muhammad M. Ishaque. *PEDESTRIAN MODELING IN URBAN ROAD NETWORKS: ISSUES, LIMITATIONS AND OPPORTUNITIES OFFERED BY MICRO-SIMULATION*. URL: `http://128.40.111.250/cupum/searchpapers/papers/paper148.pdf`, 2005. Downloadet: 30-05-2014.

Lahrmann, **1994**. Harry Lahrmann. *Vejtrafik - Trafikteknik og Trafikplanlægning. Kapitel 4, Vejkryds og rundkørsler*. URL: `http://www.vejbanken.dk/Net_Docs/CFP_Artikler/1116.pdf`, 1994. Downloadet: 10-05-2014.

Olesen, **2005**. Søren Olesen. *Er der forskel i resultaterne fra VISSIM og DanKap*. Dansk Vejtidsskrift, Januar 2005, 2, 2005.

PTV Group, **2014a**. PTV Group. *Creating the world's best city for cyclists*. URL: `http://compass.ptvgroup.com/2014/02/creating-the-worlds-best-city-for-cyclists/?lang=en`, 2014. Downloadet: 01-04-2014.

PTV Group, **2014b**. PTV Group. *PTV Vissim nominated for European IT and Software Excellence Award*. URL: `http://www.traffic-inside.com/category/vissim_engl/`, 2014. Downloadet: 17-03-2014.

PTV Group, **2013**. PTV Group. *PTV Vissim Tips & Tricks*. URL:`http://vision-traffic.ptvgroup.com/en-us/training-support/support/ptv-vissim/tips-tricks/`, 2013. Downloadet: 31-5-2013.

Trafitec, **2009a**. Trafitec. *Accelerations- og decelerationsværdier for personbiler*. URL: http://trafitec.dk/sites/default/files/publications/notat%20acc-dec%20vaerdier.pdf, 2009. Downloadet: 22-05-2014.

Trafitec, **2009b**. Trafitec. *Fodgængerhastigheder i signalregulerede fodgængerovergange*. URL: http://trafitec.dk/sites/default/files/publications/Fodg%C3%A6ngerhastigheder%20i%20signalregulerede%20kryds%2029%20juni.%2009.pdf, 2009. Downloadet: 05-04-2014.

Transportministeriet, **2013**. Transportministeriet. *Bekendtgørelse om ændring af bekendtgørelse om anvendelse af vejafmærkning*. URL: https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=146470&exp=1, 2013. Downloadet: 17-03-2014.

Transportministeriet, **2012**. Transportministeriet. *Bekendtgørelse om anvendelse af vejafmærkning*. URL: https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=139506#Afs4, 2012. Downloadet: 30-04-2014.

Vejdirektoratet, **2012a**. Vejdirektoratet. *Bedre trafiksignaler: konsekvenser for trafikanter og samfund*. URL: http://vejdirektoratet.dk/DA/viden_og_data/temaer/its/Documents/VD_Bedre_trafiksignaler.pdf, 2012. Downloadet: 02-06-2014.

Vejdirektoratet, **2010a**. Vejdirektoratet. *Byernes trafikarealer - Vejkryds*. URL: http://vejregler.lovportaler.dk/ShowDoc.aspx?t=%2fV1%2fNavigation%2fTillidsmandssystemer%2fVejregler%2fAnlaegsplanlaegning%2fTrafikarealer+by%2f&q=h%C3%A6fte+4&docId=vd-20101203132023819-full, 2010. Downloadet: 17-03-2014.

Vejdirektoratet, **2010b**. Vejdirektoratet. *Kapacitet & serviceniveau*. URL: http://vejregler.lovportaler.dk/static/MayflowerImageCache.aspx?blobid=vd-20101203131959405.pdf&fromimgtag=false, 2010. Downloadet: 23-05-2013.

Vejdirektoratet, **2012b**. Vejdirektoratet. *Toplanskryds i åbent land - anlæg og planlægning*. URL: http://vejdirektoratet.dk/DA/vejsektor/vejregler-og-tilladelser/vejregler/h%C3%B8ringer/Documents/H%C3%B8ring%20-%20%C3%85bent%20land/Toplanskryds.pdf, 2012. Downloadet: 08-05-2014.

Vejdirektoratet, **2013**. Vejdirektoratet. *Vejsignaler - Anlæg og planlægning*. URL: http://vejregler.lovportaler.dk/ShowDoc.aspx?q=vejsignaler&docId=vd-anlaeg-signal-vej2013-full, 2013. Downloadet: 17-03-2014.

Vejdirektoratet, **2010c**. Vejdirektoratet. *Anvendelse af mikrosimuleringsmodeller*. URL: http://vejregler.lovportaler.dk/static/MayflowerImageCache.aspx?blobid=vd-20101203132000185.pdf&fromimgtag=false, 2010. Downloadet: 23-05-2013.

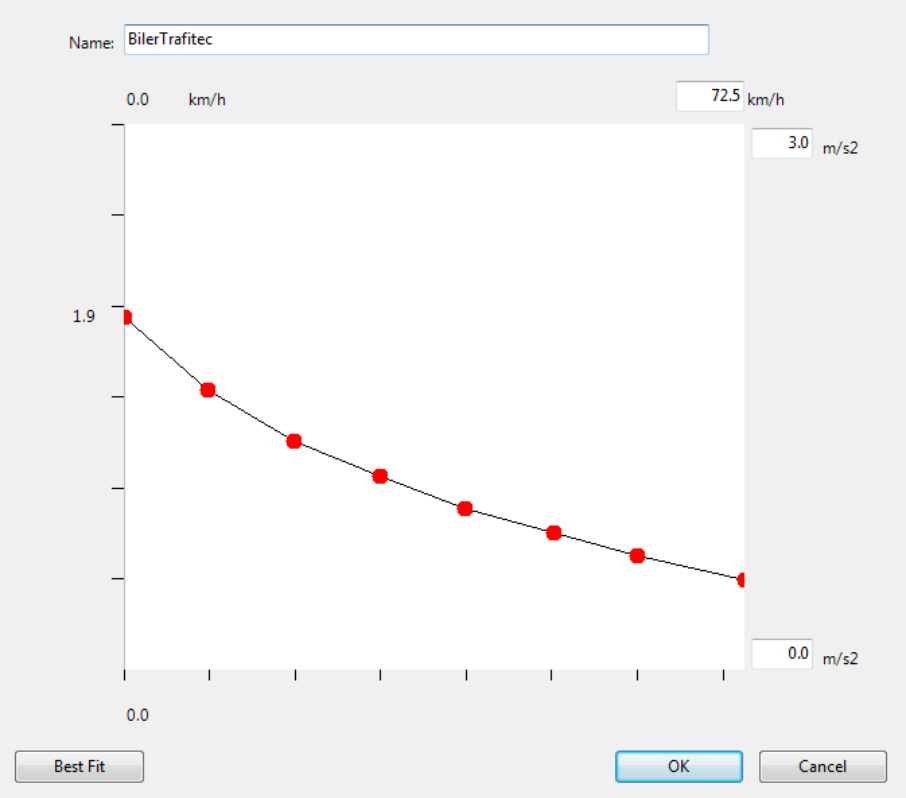
Wiedemann, **1974**. Rainer Wiedemann. *Simulation des strassenverkehrsflusses*. Universität Karlsruhe. Karlsruhe : Institut für Verkehrswesen der Universität Karlsruhe, 1974.

ACCELERETION OG DECELERATION A

I det følgende præsenteres indstillingerne af accelerations- og decelerationsværdierne for henholdsvis biler og cykler i modellerne i Vissim.

A.1 Acceleration for biler

Figur A.1 viser bilers acceleration som funktion af bilens aktuelle hastighed. Værdierne er fra en undersøgelse af bilers acceleration på danske veje udført af Trafitec [Trafitec, 2009a].



Figur A.1. Acceleration for biler.

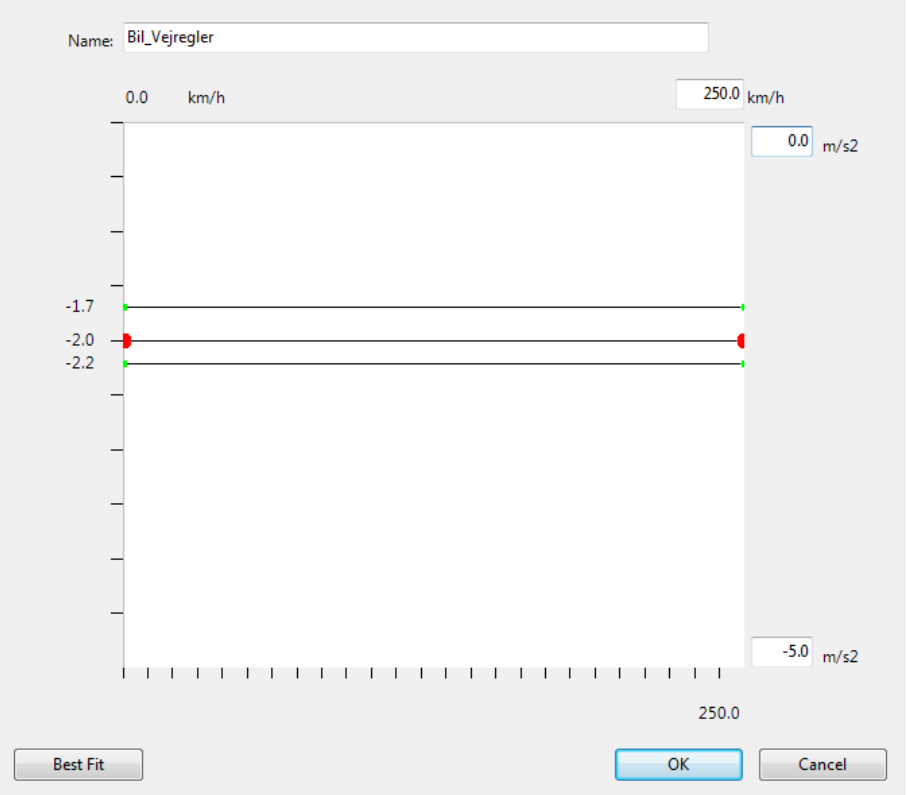
I tabel A.1 angives værdier for optegningen af kurven i figur A.1. Værdierne er aflæst på figur 7.2 på side 53.

Hastighed (km/t)	Acceleration (m/s^2)
0	1,96
10	1,56
20	1,31
30	1,08
40	0,9
50	0,75
60	0,63
72,5	0,48

Tabel A.1. Accelerationsfordeling for biler.

A.2 Deceleration for biler

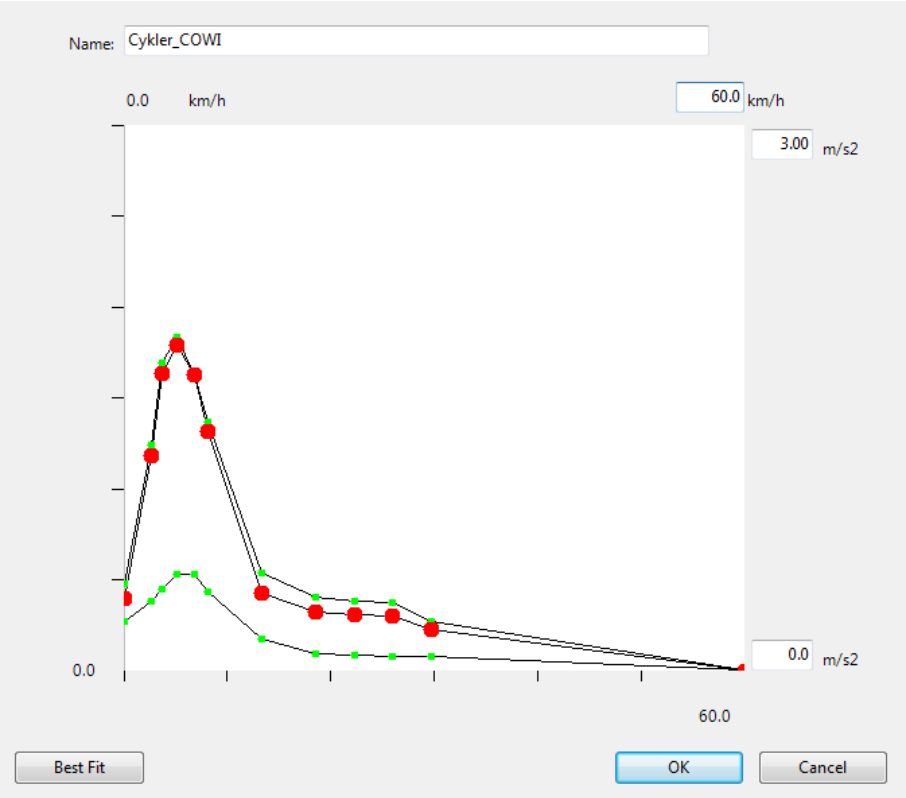
På figur A.2 vises indstillingen for decelerationen for biler i Vissim. Det ses at decelerationen er uafhængig af bilens aktuelle hastighed. Decelerationen er sat til -2 m/s^2, hvilket afspejler deceleration på de danske veje ifølge Vejreglen for toplanskryds i åbent land [Vejdirektoratet, 2012b]. Vissim foretager som standard et spænd omkring decelerationsværdien, så den går fra 1,7 til 2,2, og idet der ikke findes en anbefaling om at ændre dette, anvendes dette spænd i projektet.



Figur A.2. Deceleration for biler.

A.3 Acceleration for cykler

Figur A.3 viser cyklers acceleration som funktion af cyklens aktuelle hastighed. Værdierne er fra en undersøgelse af cyklers adfærd i København udført af COWI [COWI, 2012]. De to grønne kurver repræsenterer hvilket spænd accelerationen for cykler skal ligge inden for.



Figur A.3. Acceleration for cykler. [COWI, 2012]

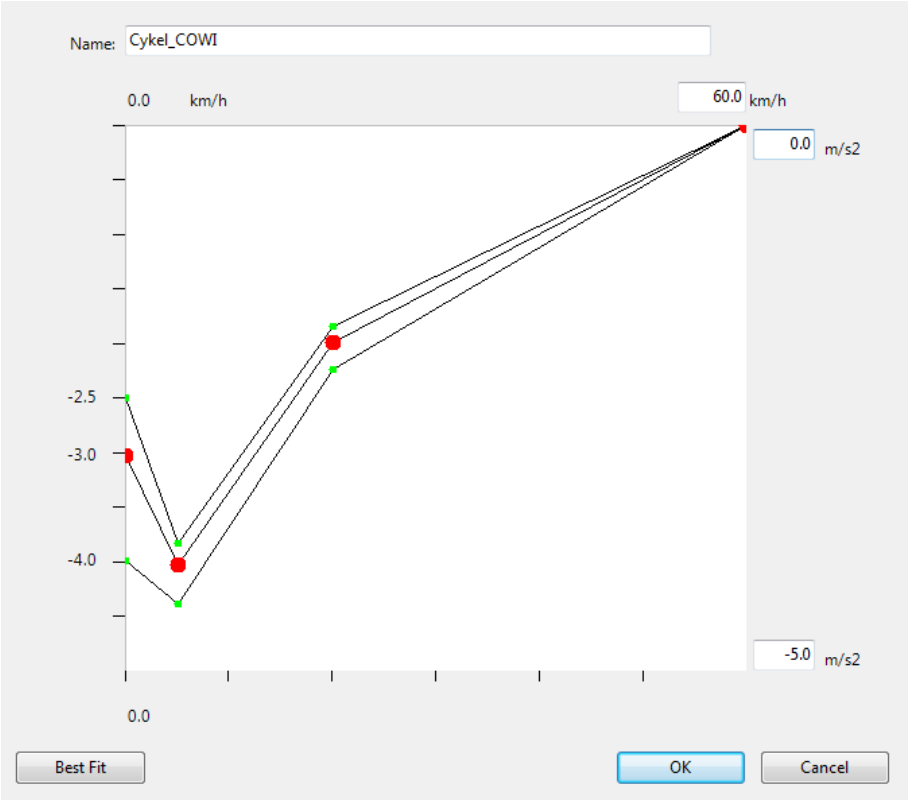
Figur A.3 er fremkommet på baggrund af tallene i tabel A.2, som er aflæst direkte i afrapporteringen fra undersøgelsen. [COWI, 2012]

Hastighed (km/t)	**Acceleration (m/s^2)**
0,0	0,4
2,6	1,2
3,7	1,6
5,1	1,8
6,7	1,6
8,0	1,3
13,2	0,4
18,5	0,3
22,2	0,3
25,9	0,3
29,7	0,2
60,0	0,0

Tabel A.2. Accelerationsfordeling for cykler.

A.4 Deceleration for cykler

Figur A.4 viser cyklers acceleration som funktion af cyklens aktuelle hastighed. Værdierne er ligeledes fra undersøgelsen af cyklers adfærd i København udført af COWI [COWI, 2012]. De to grønne kurver repræsenterer hvilket spænd accelerationen for cykler skal ligge inden for.



Figur A.4. Deceleration for cykler.

Figur A.4 er fremkommet på baggrund af tallene i tabel A.3, som er aflæst direkte i afrapporteringen fra undersøgelsen. [COWI, 2012]

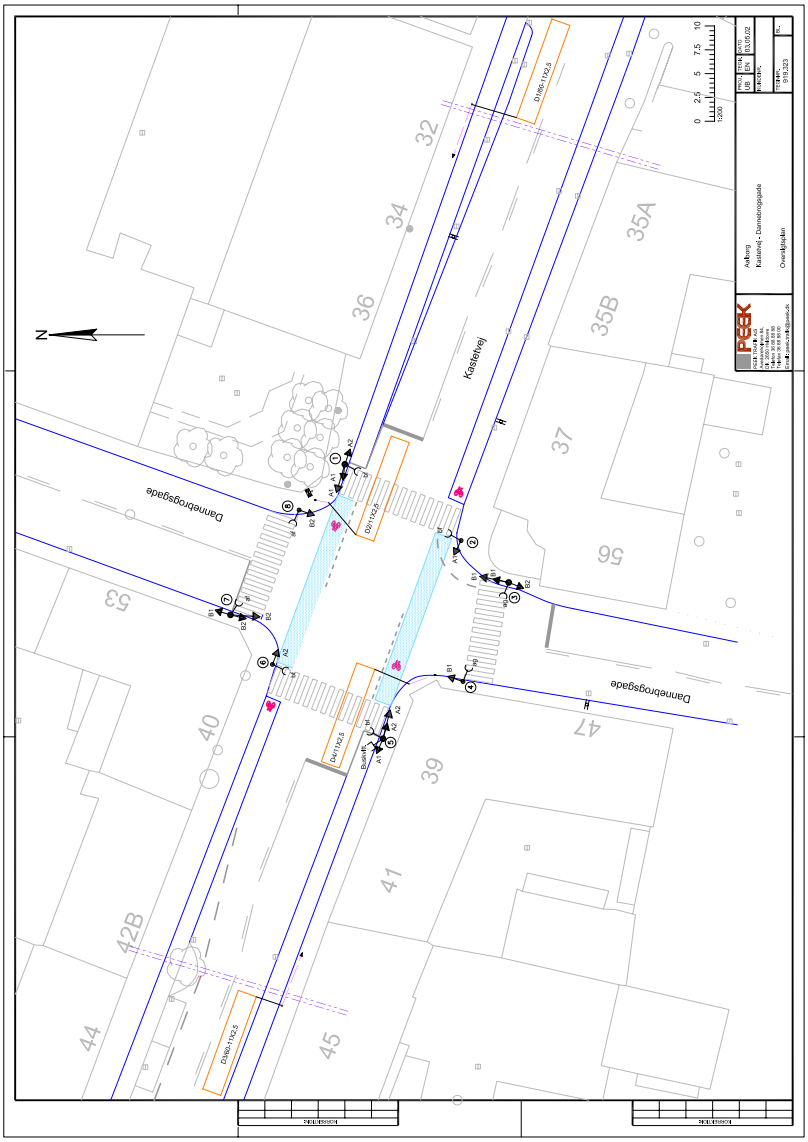
Hastighed (km/t)	**Deceleration (m/s^2)**
0,0	-3,0
5,0	-4,0
20,0	-2,0
60,0	0,0

Tabel A.3. Decelerationsfordeling for cykler.

OVERSIGTSPLANER B

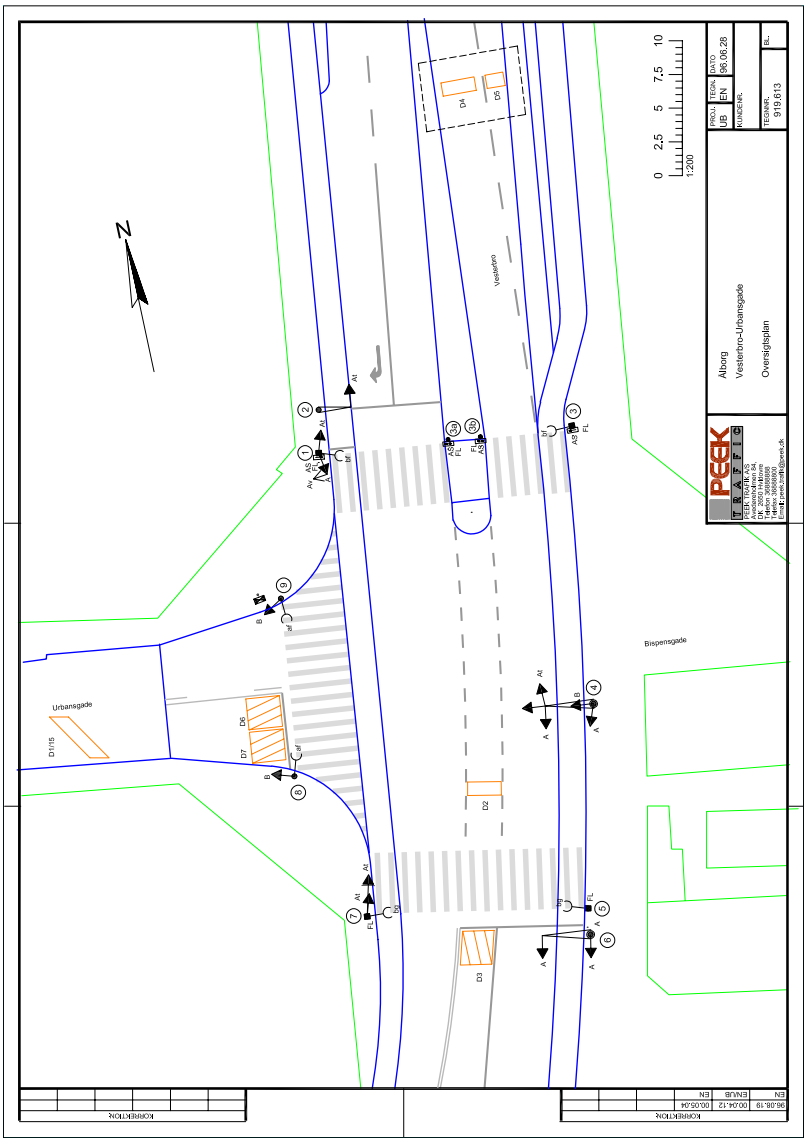
På figur B.1 og figur B.2 på den følgende side ses oversigtsplaner henholdsvis for krydset Dannebrogsgade/Kastetvej og for krydset Vesterbro/Urbansgade.

B.1 Dannebrogsgade/Kastetvej



Figur B.1. Oversigtsplan for krydset Dannebrogsgade/Kastetvej.

B.2 Vesterbro/Urbansgade

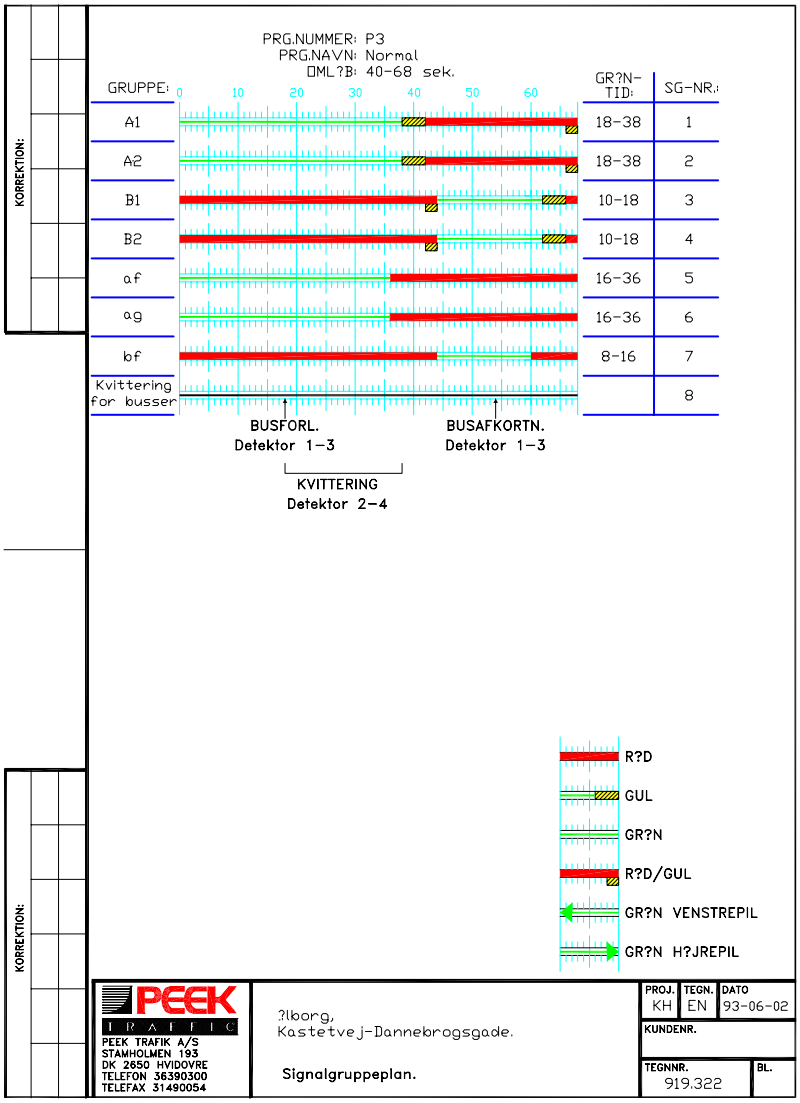


Figur B.2. Oversigtsplan for krydset Vesterbro/Urbansgade.

SIGNALGRUPPEPLANER C.

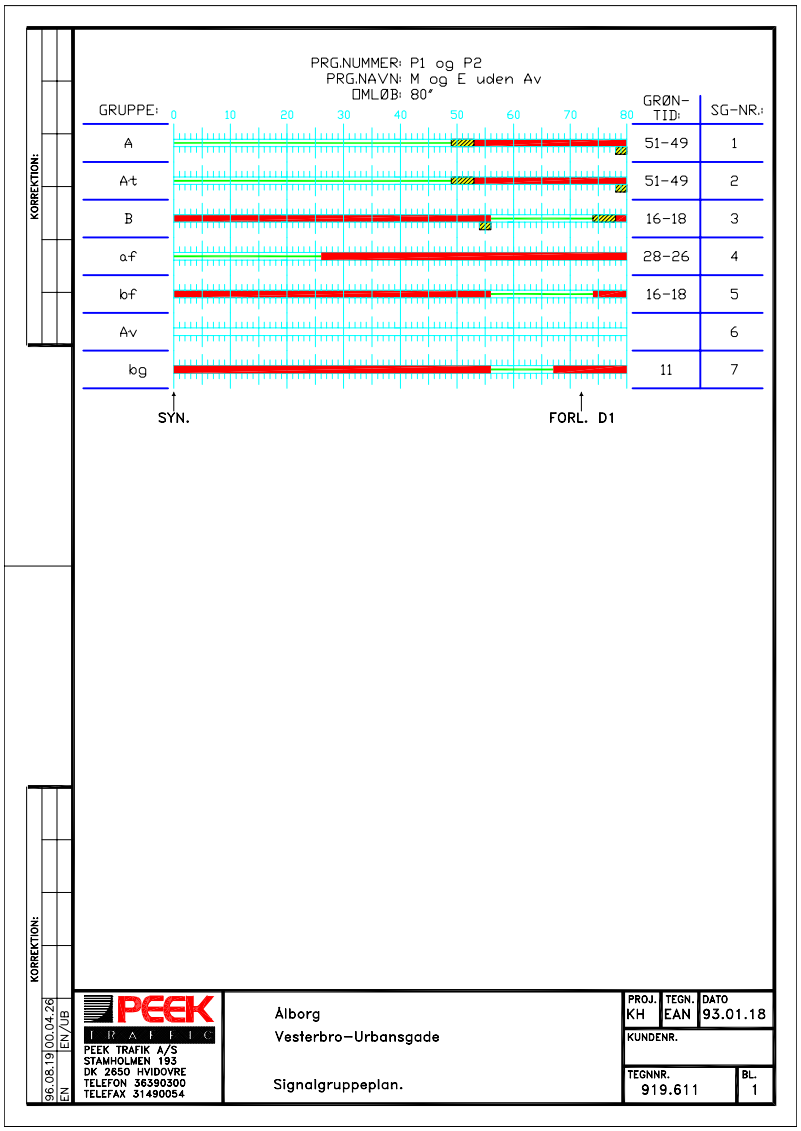
På figur C.1 og figur C.2 på den følgende side ses signalgruppeplaner henholdsvis for krydset Dannebrogsgade/Kastetvej og for krydset Vesterbro/Urbansgade.

C.1 Dannebrogsgade/Kastetvej



Figur C.1. Signalgruppeplan for Dannebrogsgade/Kastetvej.

C.2 Vesterbro/Urbansgade



Figur C.2. Signalgruppeplan for Vesterbro/Urbansgade.

HASTIGHEDER FOR CYKLER OG FODGÆNGERE D

I det følgende præsenteres de hastigheder som anvendes i simuleringerne i dette projekt for henholdsvis cykler og fodgængere.

D.1 Hastigheder for cykler

I tabel D.2 angives den kumulerede hyppighed for cyklisternes hastighed, som anvendes i indeværende projekt. Værdierne er fra en undersøgelse af cyklers adfærd i København udført af COWI [COWI, 2012].

Hastighed (km/t)	Kumuleret hyppighed (%)
14	0
18	9
22	44
26	77
30	93
35	100

Tabel D.1. Hastighedsfordeling for cykler ifølge vejledningen udarbejdet af COWI. [COWI, 2012]

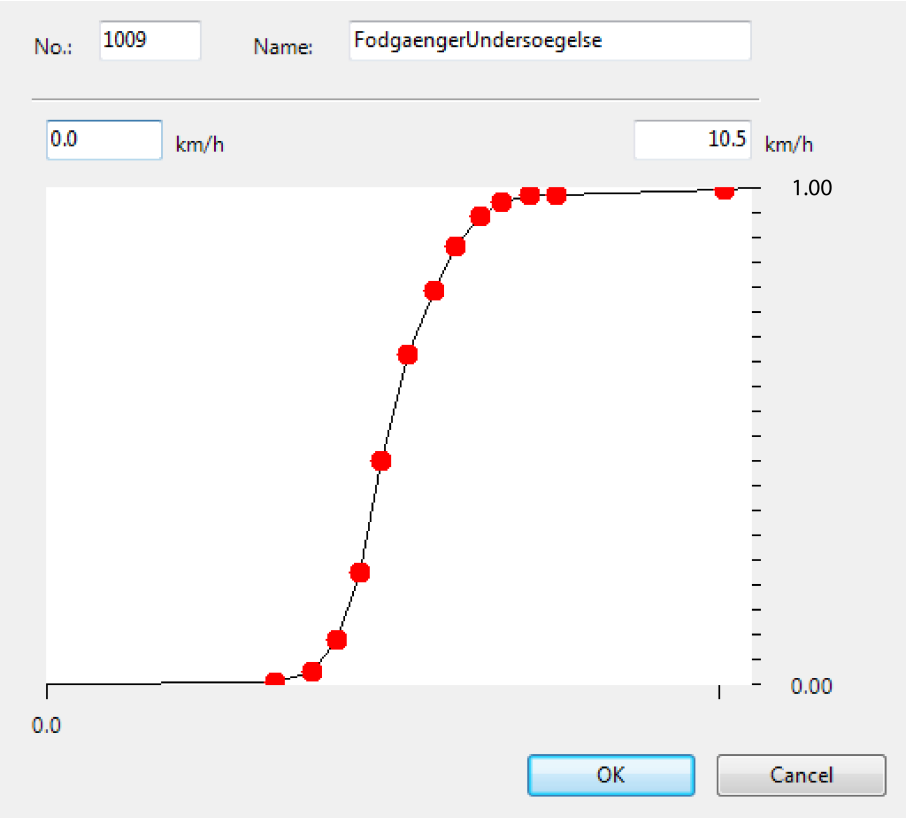
D.2 Ganghastigheder

I tabel D.2 angives den kumulerede hyppighed for ganghastighederne som anvendes i vejreglen for Vejsignaler [Vejdirektoratet, 2013].

Hastighed (m/s)	Hastighed (km/t)	Kumuleret hyppighed (%)
0,7	2,52	0
1,0	3,6	2
1,1	3,96	8
1,2	4,32	14
1,3	4,68	26
1,4	5,04	44
1,5	5,4	64
1,6	5,76	79
1,7	6,12	89
1,8	6,48	95
1,9	6,84	98
2,0	7,2	99,5
2,1	7,56	100

Tabel D.2. Hastighedsfordeling for fodgængere i aldersgruppen 17-64 år efter vejreglen for Vejsignaler [Vejdirektoratet, 2013]

Figur D.1 viser et skærmbillede fra Vissim af den kumulerede hastighedsfordeling for ikke fritgående fodgængere. Hastighederne er bestemt ud fra undersøgelsen af ganghastigheder, som er udført i forbindelse med dette projekt.



Figur D.1. Hastighedsfordeling for fodgængere fra undersøgelsen

Figur D.1 er fremkommet på baggrund af tallene i tabel D.3, hvis værdier er bestemt ud fra undersøgelsen af ganghastigheder udført i forbindelse med dette projekt.

Hastighed (m/s)	Hastighed (km/t)	Kumuleret hyppighed (%)
0,8	2,88	0
1,0	3,6	0,4
1,1	3,96	1,8
1,2	4,32	9,3
1,3	4,68	21,6
1,4	5,04	45,4
1,5	5,4	65,6
1,6	5,76	79,3
1,7	6,12	87,7
1,8	6,48	94,3
1,9	6,84	97,4
2,0	7,2	98,2
2,1	7,56	98,7
2,8	10,08	99,1
2,9	10,44	99,6
2,92	10,51	100

Tabel D.3. Ganghastigheder fra undersøgelse