

# Simulering af trafikafvikling ved Bybustterminalen i Aalborg

Forfattere:

Civilingeniør Azhar Saeed, COWI A/S og

Civilingeniør René Hollen Pedersen, Aalborg Kommune

*Aalborg Kommune står over for at skulle vælge strategi for adaptiv busprioritering i et antal signalregulerede kryds. For at vurdere effekterne for fremkommeligheden for henholdsvis busser og øvrige trafikantgrupper har Aalborg Kommune valgt at anvende mikrosimulering af trafik- og signalafviklingen ved brug af VISSIM. I dette paper beskrives det fremtidige busprioriteringssystem i Aalborg samt metoder, overordnede resultater og erfaringer med simuleringsværktøjet VISSIM.*

## Indledning

I december 2001 blev der underskrevet en kontrakt, der gjorde Aalborg til en del af det europæiske projekt VIVALDI (VIisionary & Vibrant Actions through Local transport Demonstration Initiatives). Formålet med VIVALDI er gennem demonstrationsprojekter at fremme alternativer til privatbilen som transportmiddel i byer, eksempelvis ved at forbedre den kollektive trafik, indføre nye typer af køretøjer og ejerskab samt bedre information til rejsende. Projektet løber frem til januar 2006. VIVALDI projektet er en del af EU's CIVITAS-projekt hvor Bristol, Nantes, Kaunas, Bremen og Aalborg er med.

Et centralt element i VIVALDI -projektet er etableringen af en Rutebilstation, som består af en Bybustterminal og en Kompaktterminal for regionalbusser. Rutebilstationen fungerer som knudepunkt for den kollektive trafik og hvor passagerer kan skifte mellem de kollektive transportmidler. På Rutebilstationen vil der være oplysninger om den kollektive trafik i Aalborg. Mange af VIVALDI's andre aktiviteter står i forbindelse med kompaktterminalen.

Som en del af projektet får Aalborg Kommune i december 2003 installeret bus-pc i 79 af kommunens 109 bybusser og Nordjyllands Trafikselskab får installeret bus-pc i ca. 130 regionale busser. Med bus-pc bliver det muligt at forbedre forholdene for den kollektive trafik i Aalborg Kommune. Sammen med bus-pc'en monteres en GPS-modtager således, at bussens position altid er kendt. Da køreplanen for den enkelte bus bliver opdateret i bus-pc'en hver morgen, er det muligt at beregne forsinkelsen for bussen på den pågældende tur. Hver gang bussen passerer et stoppested sendes data om bussens position og forsinkelse til en central AVL-server via GPRS. Her sendes data om position og forsinkelse videre til PubTrans, der er en realtidssdatabase. Informationerne kan sendes herfra ud til passagererne via forskellige informationskilder f.eks. variable skilte ved stoppesteder, Internettet og SMS.

## Busprioritering

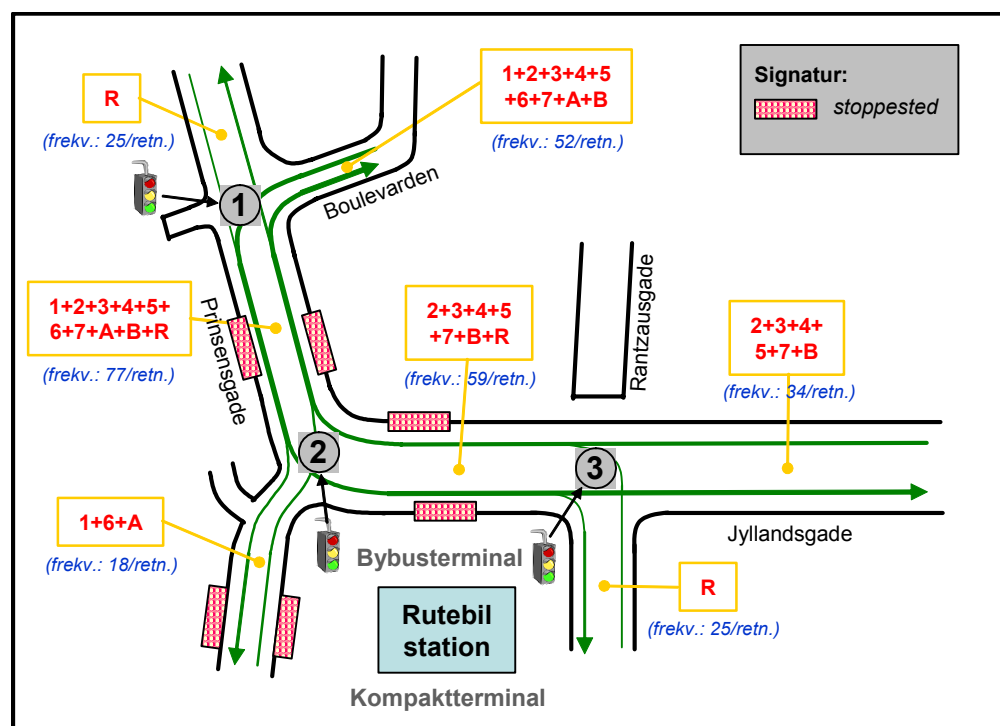
Fra d. 1/4 2004 realiseres Aalborg Kommunes nye Kollektive Trafikplan. Dette indebærer, at der indføres højfrekvente stambuslinier, med op til 12 afgang i timen. Busprioriteringen er koncentreret omkring disse linier, da rettidighed er vigtig, når busserne kører så tæt. Specielt ved området omkring den nye kompaktterminal, der ligeledes indvies d. 1/4 2004, vil der komme til at køre mange busser.

Udover at der sendes data, når bussen er ved stoppestederne, er der for de fleste signalanlæg på stambussernes ruter defineret prioriteringspunkter. Ved prioriteringspunkterne sendes en anmodning om prioritet, når bussen er forsinket. Denne anmodning behandles af en central

busprioriteringsservice på AVL-serveren. I busprioriteringsservicen er det defineret, hvor meget bussen skal være forsinket for at kunne få prioritering for hvert enkelt signalanlæg. Fra AVL-serveren sendes en besked til det aktuelle styreapparat via et lukket radionetværk. Beskeden indeholder information om, hvilken retning der skal gives prioritering for. Informationen behandles som en almindelig anmeldelse på en spole. Denne anmeldelse gør, at styreapparatet reducerer konfliktende retningers grøntider til et minimum eller forlænger eksisterende grønt i bussens retning, således at chancen øges for, at signalanlægget viser grønt, når bussen kommer til stoplinjen.

Aalborg Kommune har i dag busprioritering af denne type i 27 signalanlæg på bybuslinierne 10 og 11. Dette system genbruges og udvides med yderligere ca. 20 nye signalanlæg. Desuden skal der ske en omlægning af busprioritering i 7 signalanlæg, da der nogle steder er behov for prioritering fra flere eller andre retninger end i dag.

Der er tre T-kryds omkring Bybusterminalen. I alle tre kryds vil der komme busser fra alle retninger. Bussernes kørselsmønstre er vist i Figur 1.



Figur 1: Buslinier og -frekvenser pr. time pr. retning igennem de 3 signalregulerede kryds på Prinsensgade og Jyllandsgade.

Som det fremgår af figuren vil der komme til at køre op til 154 busser i gennemsnit i spidstimen i krydsene Prinsensgade/Boulevard (kryds 1) og John F Kennedys Plads (kryds 2). Dette svarer til mere end 3 busser pr. omløb ved en omløbstid på 80 sekunder. Dette gør at området vil blive et knudepunkt for afviklingen af den kollektive trafik i Aalborg. For at sikre en tilfredsstillende trafikafvikling stilles der store krav til signalafviklingen. Signalafviklingen er simuleret for at få et overblik over trafikafviklingen.

## **Simulering af trafik- og signalafviklingen**

Simulering af trafik- og signalafviklingen er gennemført ved brug af softwareprogrammet VISSIM. Programmet giver muligheder for at modellere et vejnet, hvor trafikanter, der repræsenterer forskellige trafikantgrupper, sendes enkeltvis gennem vejnettet i tilfældig orden ud fra valgte fordelinger. Hvor trafikanterne mødes i konfliktpunkter, defineres hvordan konflikterne håndteres, f.eks. som almindelig vigepligt eller ved signalregulering evt. med detektering og programmering af den adaptive signalregulering.

VISSIM giver bl.a. mulighed for en dynamisk visualisering af den simulerede trafikafvikling samt en brugerdefineret kvantificering af f.eks. rejsetider, ventetider og stop for forskellige trafikantgrupper.

VISSIM giver desuden mulighed for at genanvende den simulerede trafik, der sendes ind i vejnettet således, at effekterne af alternativ trafikstyring kan beregnes og sammenholdes under kontrollerede forhold.

## **Simuleringsmodel**

VISSIM er benyttet til at vurdere den fremtidige trafikafvikling på strækningen ved Bybusterminalen henholdsvis med og uden adaptiv signalstyring og busprioritering.

I det følgende beskrives forudsætningerne for simuleringsmodellen vedrørende henholdsvis:

- Geometri
- Trafik
- Signalstyring

### **Geometri**

Trafikafviklingen er simuleret på strækningen nord for Bybusterminalen bestående af følgende 3 signalregulerede kryds (se Figur 1):

- 1) Prinsensgade/Boulevarden
- 2) John F Kennedys Plads
- 3) Jyllandsgade/(Rantzausgade), hvor Rantzausgade fremover er afskåret

Som grundlag for at modellere vejnettets geometri er anvendt Ortofotos fra 2001 kombineret med projekttegninger for den nye Bybusterminal.

### **Trafik**

Simuleringsmodellen er opstillet for morgenmyldretiden kl. 7<sup>30</sup> - 8<sup>30</sup>. I modellen er simuleret en forudsat bus-, bil- og lastbiltrafik samt cykel- og fodgængertrafik.

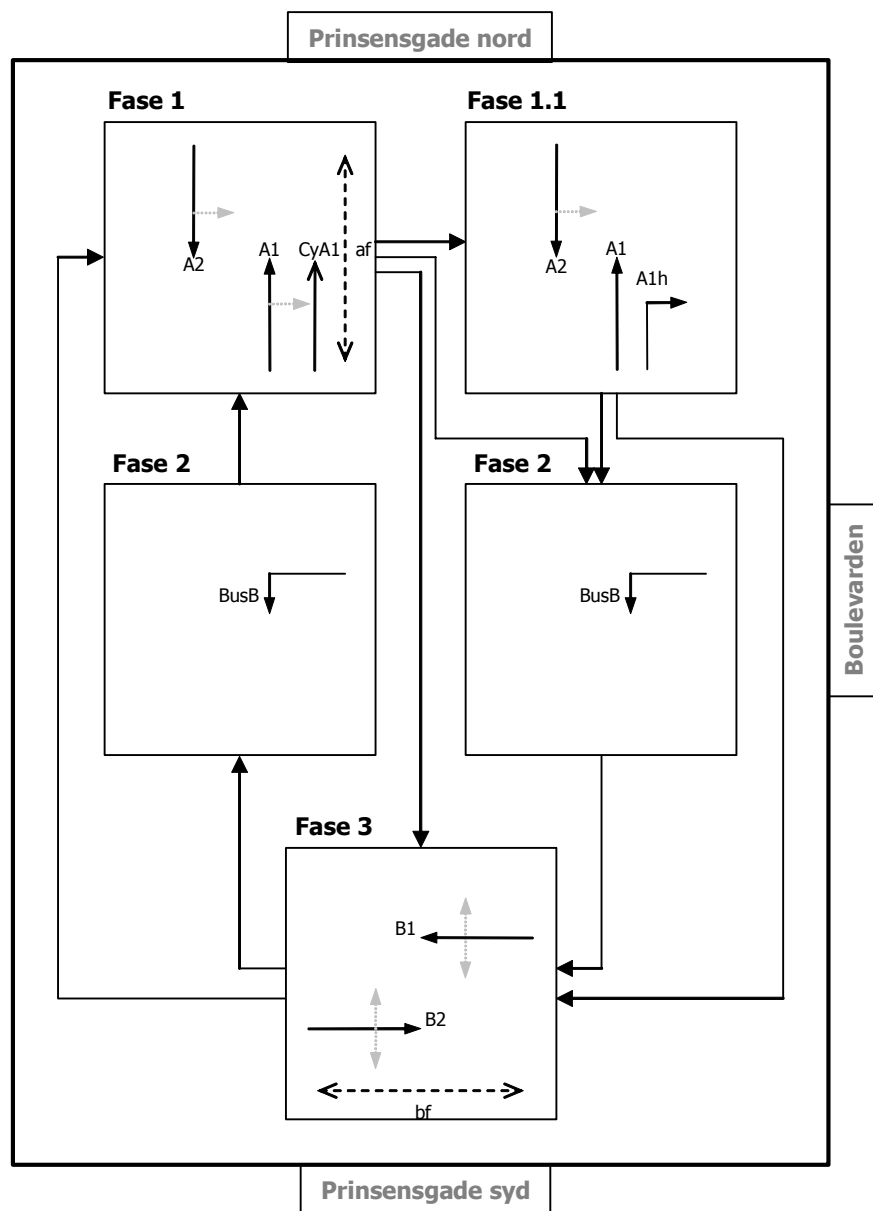
### **Signalstyring**

Aalborg Kommune ønsker at sikre god fremkommelighed for busser igennem de signalregulerede på strækningen, især for busser der kører på hovedstrækningen (Jyllandsgade - Prinsensgade). I denne henseende ønsker Kommunen at afprøve adaptiv signalstyring og busprioritering for at kunne opnå en hensigtsmæssig fordeling af grøntider i de enkelte anlæg

samt for at minimere kapacitetsspild i signalanlæggene. Der er simuleret to trafiksituationer, med og uden adaptiv signalstyring og busprioritering.

I situationen uden trafikstyring er faseafviklingen og -længden fast tidsstyret i alle tre kryds, dog indkobles en enkelt signalgruppe i kryds 2 trafikstyret. I situationen med trafikstyring er faseafviklingen og varigheden af faserne trafikstyret i alle tre kryds. I begge situationer er anvendt en fast omløbstid på 80 sek.

I figurene nedenfor er vist fasediagrammer for hhv. kryds 1, 2 og 3. Fasediagrammer gengiver faseafviklingen i situationen med trafikstyring.

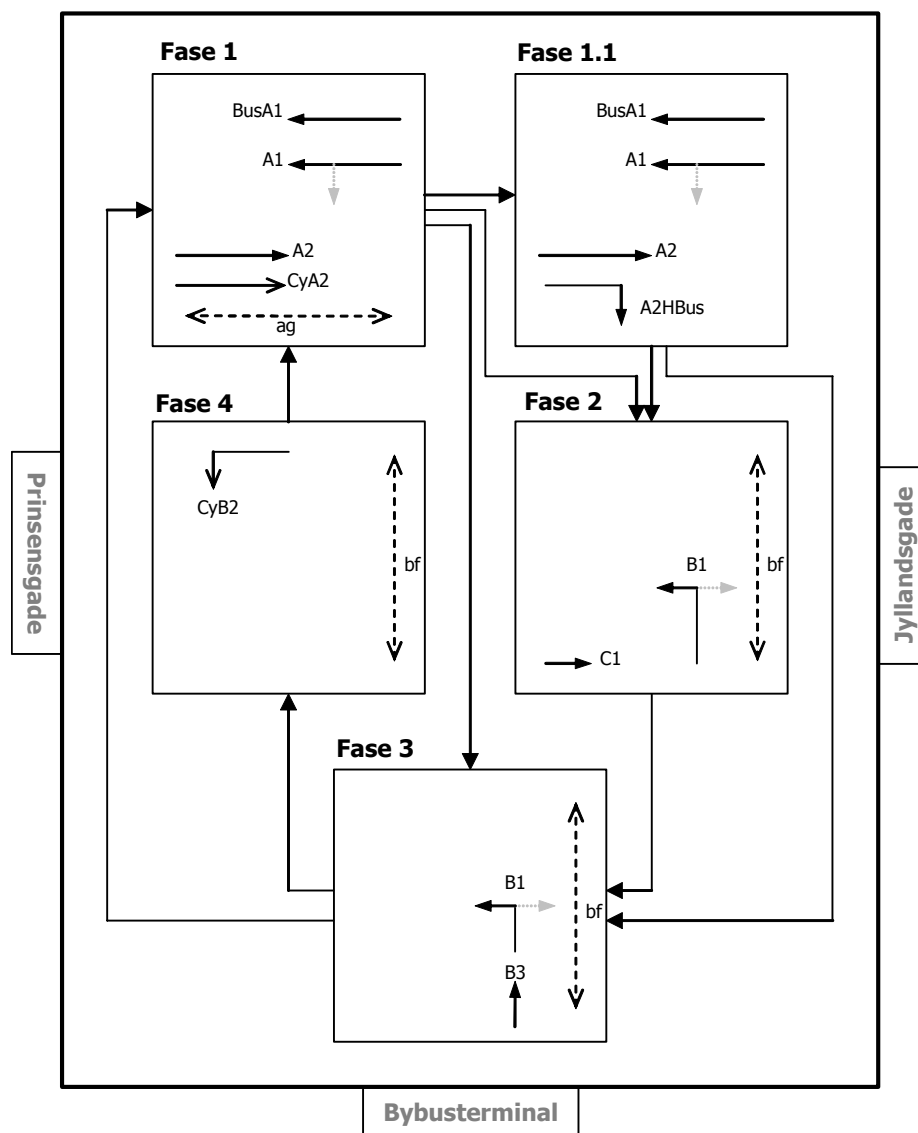


Figur 2: Fasediagram for kryds 1 (Prinsensgade/Boulevarden) i situation med trafikstyring.

Figur 2 viser faseafvikling i krydset Prinsensgade/Boulevarden i situationen med trafikstyring, som er baseret på 3 hovedfaser og en delfase. Trafikken på Prinsensgade kan afvikles i fase 1 og delfase 1.1. Busserne fra Boulevarden kan udelukkende afvikles vha. bussignalet BusB, som kan indkobles to gange i samme omløb, vist som fase 2. Såfremt

busser fra Boulevarden og højresvingende fra Prinsensgade ikke anmelder, kan signalafviklingen ske i 2 faser, nemlig fase 1 og 3. Endvidere er varigheden af samtlige fase variabel.

I situationen uden trafikstyring sker trafikafviklingen i kryds 1 med følgende faseforløb; fase 1, fase 1.1, fase 2, fase 3 og igen fase 1 (jf. Figur 2). Faseindkoblingen og -længden i situationen uden trafikstyring er fast tidsstyret. Busfasen (fase 2) har således kun været indkoblet en gang i hvert signalomløb.



**Figur 3: Fasediagram for kryds 2 (John F Kennedys Plads) i situation med trafikstyring.**

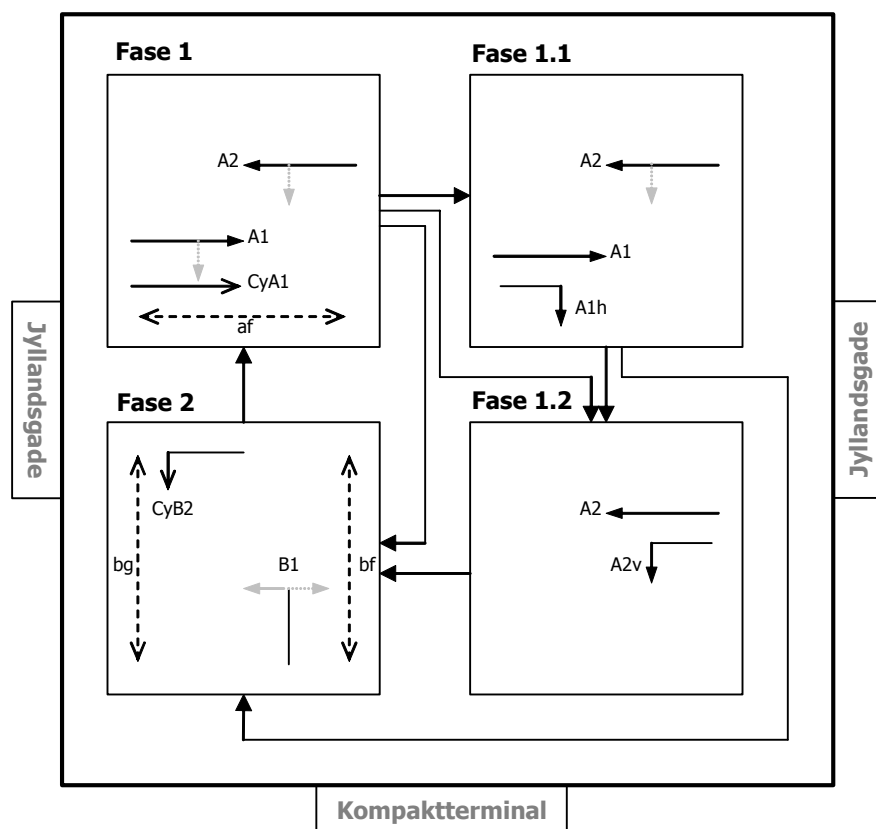
Signalafviklingen i krydset John F Kennedys Plads er i situationen med trafikstyring baseret på 4 hovedfaser og en delfase, som vist i Figur 3. Fase 2, 4 og delfase 1.1 vil kunne indkobles trafikstyret. Såfremt disse faser ikke indkobles vil faseafviklingen ske i 2 faser, nemlig fase 1 og 3.

C1-signalet afvikler trafikken fra en korttidsparkering. C1-signalet tvangsindkobler B1-signalet, således at køretøjerne fra korttidsparkeringen kan komme helt væk og ikke er til

gene for øvrige trafikstrømme. C1-signalet indkobler kun, når der holder et køretøj på en anmelderspøle ved stoplinjen, og har en minimums varighed.

Busserne fra Bybustterminalen har et forsignal (B3-signal). Såfremt fase 2 ikke indkobles, vil B1- og B3-signalet indkobles samtidigt. Varigheden af fase 1 og 3 samt delfase 1.1 er variabel.

I situationen uden trafikstyring er samtlige faser (jf. Figur 3) fastindkoblede, foruden fase 2, som er indkoblet trafikstyret.



Figur 4: Fasediagram for kryds 3 (Jyllandsgade/(Rantzausgade)) i situation med trafikstyring.

Figur 4 viser signalafviklingen i krydset Jyllandsgade/(Rantzausgade) i situationen med trafikstyring. Faseafviklingen er baseret på to hovedfaser og to delfaser. Delfaserne (fase 1.1 og 1.2) indkobles trafikstyrede. Venstresvingende cyklister fra Jyllandsgade afvikles i fase 2 sammen med trafikken fra Kompaktterminalen. Grøntiden i CyB2-signalet starter få sek. tidligere end grøntiden i B1-signalet, således at cyklisterne kan gøre sig mere synlige, når de krydser Jyllandsgade.

Venstresvingende trafik fra Jyllandsgade afvikles i mellemtiden. A2v-signalet indkobles kun hvis de venstresvingende mod Kompaktterminalen stuver op og udgør risiko for blokering af ligeudbanen. Den venstresvingende trafik registreret på en spole opstrøms i venstresvingbanen. Varigheden af fase 1 og 2 er variabel.

I situationen uden trafikstyring sker trafikafviklingen i kryds 3 i fase 1, fase 1.1 og fase 2 (jf. Figur 4). Faseindkoblingen og -længden er i denne situation fast tidsstyret.

## Resultater

I modellen bliver trafikken genereret ud fra en poissonfordeling, hvor tidsafstanden mellem de enkelte køretøjer afhænger af trafikens intensitet. Ankomstfordelingen vil normalt variere uanset, at trafikintensiteten er uændret. For at vurdere betydningen af variation i ankomstfordelingen er det muligt at udføre simuleringer med variationer i ankomstfordelingen og fastholdt trafikintensitet.

Det er ikke umiddelbart muligt at sige, hvor mange simuleringer, der skal til, for at opnå statistisk sikkerhed i resultaterne. Vores vurdering er, at som en konservativ regel vil ca. 25 simuleringer give et retvisende billede af såvel middeltid som standardafvigelse. PTV, der er leverandør af VISSIM, angiver en tommelfingerregel på 5 - 10 simuleringer. Men vores erfaringer fra andre projekter viser, at dette ikke er tilstrækkeligt.

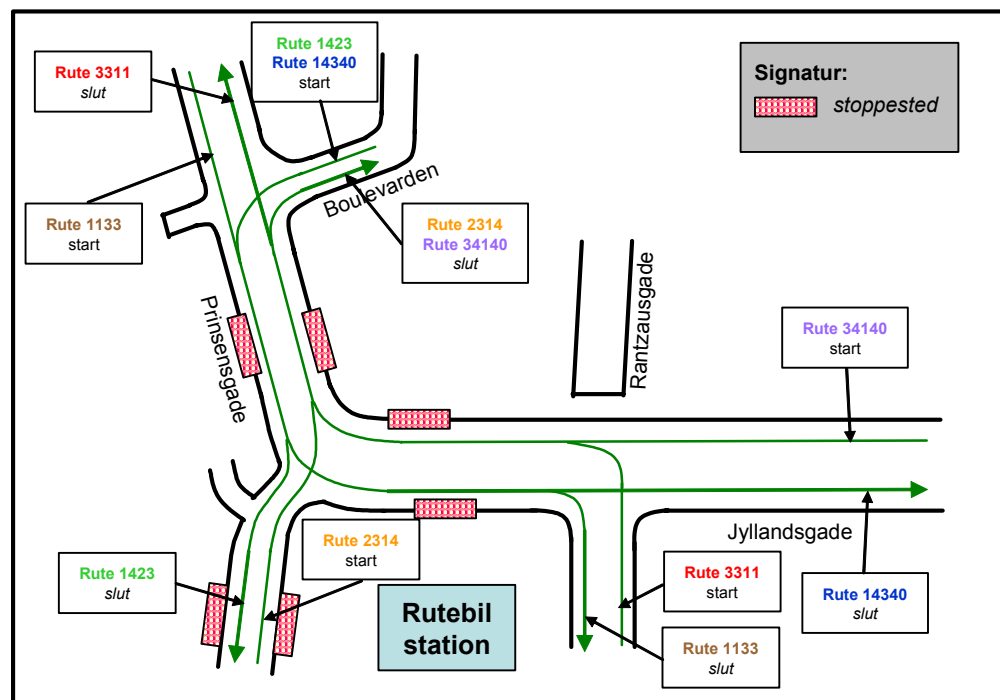
Der er således udført 30 simuleringer af hhv. situationen med og uden trafikstyring med uændret trafikintensitet, men med tilfældige variationer i ankomstfordelingen.

## Grøntidsfordelingen

Grøntidsregistrering i VISSIM har vist, at den adaptive signalstyring overflytter overskydende grøntidskapacitet fra sideretningerne til hovedretningen, hvorfor hovedretningerne i samtlige kryds har fået væsentlig længere grøntid end i situationen uden trafikstyring, mens sideretningen har fået reduceret grøntiden til det nødvendige. Ved at trafikstyre indkoblingen af bestemte faser er grøntidskapaciteten i krydsene forøget, hvilket hovedsagligt gavner hovedretningerne som ønsket.

## Rejsetider for busser

De gennemsnitlige rejsetider for busser på udvalgte ruter i situationen med og uden trafikstyring er vist i Tabel 1. Rutebetegnelsen fremgår af figuren nedenfor.



Figur 5: Rutebetegnelse til beregning af bussernes rejsetider.

Rejsetiden for busserne er beregnet på 6 forskellige ruter, som vist i Figur 5.

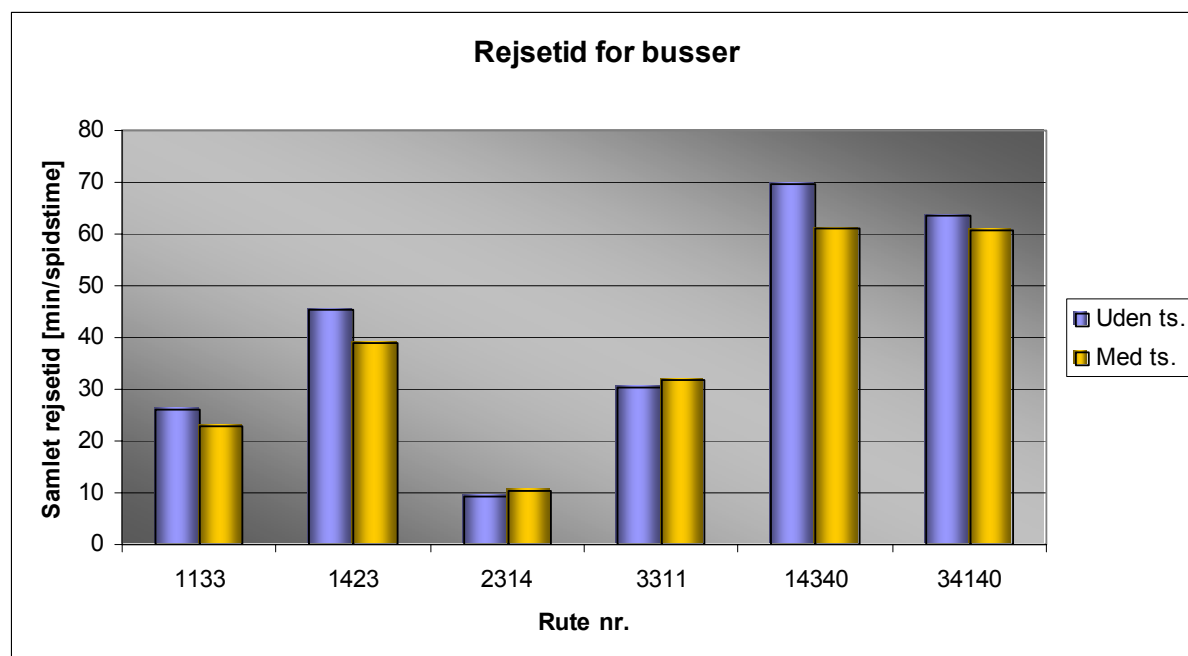
Køretøj	Rute	Uden trafikstyring [Rejsetid i sek.]	Med trafikstyring [Rejsetid i sek.]	Absolut Forskel	Relativ Forskel
Busser	1133	62	55	- 7	- 11 %
	1423	151	129	- 32	- 21 %
	2314	125	136	+ 11	+ 9 %
	3311	76	80	+ 4	+ 5 %
	14340	123	108	- 15	- 12 %
	34140	112	107	- 5	- 4 %

**Tabel 1: Sammenligning af gennemsnitlige rejsetider for busser på udvalgte ruter.**

På 4 ud af de 6 ruter er rejsetiden for busserne reduceret i situationen med trafikstyring. Det drejer sig om busser, der kører ind på strækningen fra Prinsensgade, Jyllandsgade og Boulevarden. Busserne fra Boulevarden kan drage fordel af at deres signalfase kan komme ind to gange i samme omløb.

Busser fra Rutebilstationen, både i kryds 2 og 3, får længere rejsetider i situationen med trafikstyring, hvilket bl.a. skyldes, at disse - forholdsvis færre - busser må vige for et større antal busser på hovedstrækningen, samt at grøntiden for sideretningen i højere grad er tilpasset antallet køretøjer på tilfarterne, således at køretøjer, der ikke befinder sig indenfor et bestemt område i løbet af grøntiden, ikke kan få prioritet. Busser fra Bybusterminalen i kryds 2 har desuden et stoppested lige før signalanlægget, hvilket vanskeliggør optimal prioritering. Det kan evt. overvejes at give køretøjerne fra sideretningerne højere grad af prioritet, med den konsekvens, at trafikafviklingen på hovedretningerne kan blive forværret.

Den samlede rejsetid for busser i hele morgenspidstimen for situationen med og uden trafikstyring er vist i Figur 6.

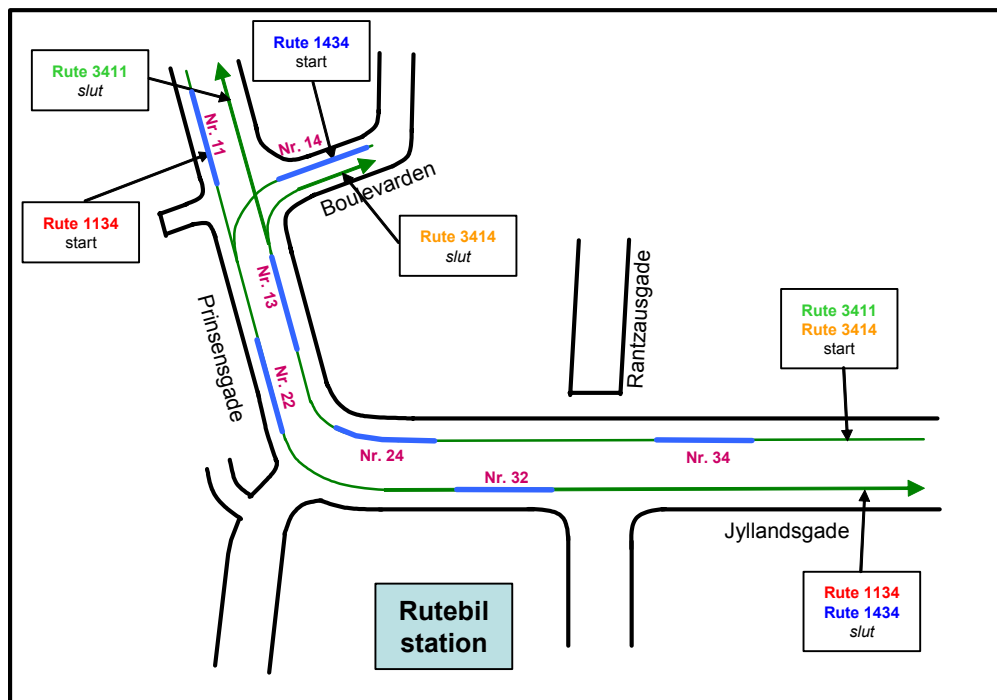


**Figur 6: Sammenligning af samlede rejsetid for busser på udvalgte ruter.**



## Rejsetider for biler

De gennemsnitlige rejsetider for biler på Prinsensgade - Jyllandsgade i situationen med og uden trafikstyring er vist i Tabel 2. Rutebetegnelsen fremgår af efterfølgende figur.



Figur 7: Rutebetegnelse til beregning af bilernes rejsetider og strækningsbetegnelse til registrering af køer.

Rejsetiden for bilerne er beregnet på 4 forskellige ruter, som vist i Figur 7. De 4 ruter repræsenterer biltrafikken på Jyllandsgade, Prinsensgade og Boulevarden.

Køretøj	Rute	Uden trafikstyring [Rejsetid i sek.]	Med trafikstyring [Rejsetid i sek.]	Absolut Forskel	Relativ Forskel
Biler	1134	54	53	- 1	- 2 %
	1434	77	72	- 5	- 6 %
	3411	57	53	- 4	- 7 %
	3414	60	57	- 3	- 5 %

Tabel 2: Sammenligning af gennemsnitlige rejsetider for biler på udvalgte ruter.

På alle 4 ruter er rejsetiden for bilerne reduceret i situationen med trafikstyring, hvilket skyldes at kapacitet for hovedstrømmene i de enkelte kryds er forøget, pga. at den spildte kapacitet i situationen uden trafikstyring hovedsagligt er tilført hovedretningerne i situationen med trafikstyring.

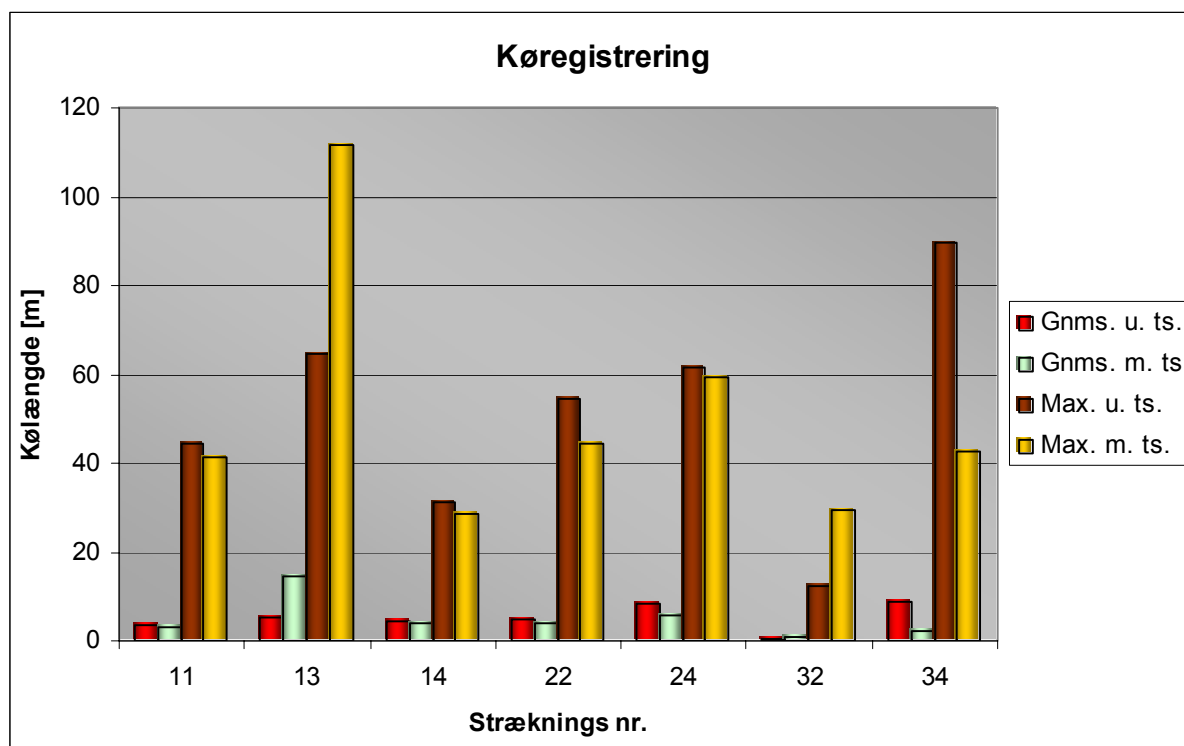
## Kødannelse

I VISSIM er foretaget registrering af køer og antal stop i køer på udvalgte strækninger. Resultatet af det sidstnævnte vil ikke blive vist i dette paper. Køerne er registreret på 7 strækningerne, som vist i Figur 7. I Figur 8 er vist gennemsnitlige og maksimale kølængder på strækningerne i situationen med og uden trafikstyring.

I 5 ud af 7 tilfælde er køerne i situationen uden trafikstyring blevet reduceret, hvilket bl.a. skyldes mere glidende trafikafvikling pga. mere hensigtsmæssig fordeling af

grøntidskapaciteten. I de to tilfælde, hvor køerne er blevet længere (strækning 13 og 32 - begge tilfælde på hovedstrækningen) kan det bl.a. skyldes, at grøntidforlængelserne for hovedretningen kan variere fra kryds til kryds og fra omløb til omløb, hvorfor signalsamordningen i nogle omløb kan blive ringere end i situationen uden trafikstyring. Endvidere kan der, pga. længere grøntider for hovedretningerne, fra krydset opstrøms sendes mere trafik af sted end tidligere. Disse forhold kombineret med hinanden kan munde ud i længere køer i nogle omløb.

Dette kan undgås ved at dosere trafikken ind til området. Herved vil køerne kunne placeres uden for området, som det til dels er tilfældet i situationen uden trafikstyring (jf. Figur 8 - strækning 34). Grøntidsforlængelserne for hovedretningen kan også begrænses for at opnå en større kontrol med signalsamordningen. Endvidere kan signalsamordningen i situationen uden trafikstyring tilpasses den registrerede grøntidsfordeling.



Figur 8: Sammenligning af gennemsnitlige og maks. kølængde i situationen med og uden trafikstyring.

## Konklusion

VISSIM er benyttet til at afprøve effekterne af trafikstyring og busprioritering i 3 signalregulerede kryds ved Bybustterminalen i Aalborg, hvor trafikstyrings- og busprioriteringsstrategien er sammenlignet med en fast tidsstyret strategi. Programmet har vist sig at være velegnet til at afprøve adaptiv signalstyring og busprioritering samt til at vurdere effekterne af forskellige trafikale situationer.

I situationen med trafikstyring forøges grøntidskapaciteten i samtlige anlæg betragteligt. Dette giver væsentlig bedre trafikafvikling især for busser (jf. Figur 6). Bilerne vil også kunne mærke en reduceret rejsetid på samtlige målte ruter (jf. Tabel 2). Trafikafviklingen vil endvidere generelt være mere glidende i situationen med trafikstyring, som kan konkluderes ud fra køregistreringerne på udvalgte strækninger (jf. Figur 8).

Busser fra Bybustterminalen vil få lidt længere rejsetider i situationen med trafikstyring (jf. Figur 6), hvilket bl.a. skyldes, at det er valgt at lade disse busser vige for et større antal busser på hovedstrækningen, samt at nogle busser ikke kan få optimal prioritet pga. stoppestedsplacering lige før signalanlægget.

Aalborg Kommune forventer på grundlag af de gennemførte simuleringer, at kunne tage den foreslåede adaptive signalstyring i brug i løbet af foråret 2004.

Resultaterne af simuleringen vil ligeledes indgå i det videre arbejde med dimensionering af signalanlæggene. De vil bl.a. indgå i en vurdering af hvorvidt der skal gives en større grad af prioritering for busser fra sideretninger i krydsene John F Kennedys Plads og Jyllandsgade/(Rantzausgade).