

# Mikro simulering som værktøj til vurdering af trafikafvikling og kapacitet

Af Rasmus N. Pedersen og Søren Hansen, RAMBØLL NYVIG A/S

## Indledning

I de sidste 10-15 års trafikplanlægning har vi vænnet os til at vejnettet i vores byer har haft en meget høj kapacitet, der stort set uden problemer har kunnet optage den konstante generelle trafikvækst. Den har faktisk været så høj, at vi endda visse steder har kunnet begrænse kapaciteten og derved opnå miljøgevinster til glæde for brugerne af vore byer. Mange -både store og mindre byer- har ombygget torve og centrale forretningsstrøg fra de gamle velkendte bilgader med kantstensparkerings til velordnede sivegader, hvor trafikken færdes på byens, de handlendes og de bløde trafikanters præmisser.



Figur 1. Østergade i Assens før og efter ombygning

Trafikken er steget med ca. 3% om året i gennemsnit i perioden. Og denne vækst er nu ved at vise sig ved trængselsproblemer både i de større og mindre byer. I starten vil trængslen på vejnettet være koncentreret i spidstimen, men senere spreder trængslen sig også til perioder uden for de absolutte spidsperioder. Men trods dette stiger trafikken stadig, det er en naturlov i et vækstsamfund. Byerne er under konstant udvikling og omdannelse. Der etableres nye bykvarterer og eksisterende kvarterer fortættes.

Ovennævnte forhold har bevirket at der i dag stilles store krav til kapacitetsvurderinger.

## Mikrosimulering – et nyt værktøj i trafikplanlægningen

I mange år har TRANSYT og CONTRAM været de førende modelprogrammer på markedet for detaljeret trafikmodellering af gadenet med signalreguleringer. TRANSYT har været anvendt til dimensionering og fastlægning af signalprogrammer etc. DanKap har været meget anvendt til beregning af kapaciteten i enkeltstående signalanlæg, vigepligtsregulerede kryds etc. Modellerne er alle været forbundet med store usikkerheder, når man anvender dem i gadenet med en trafikbelastning, der overstiger 85% af kapacitetsgrænsen. For eksempel er fodgængere og cyklister ikke inkluderet som særskilte trafikantgrupper på trods af, at de er meget dominerende i bybilledet samt har meget stor betydning for afviklingen.

RAMBØLL NYVIG har det seneste halvandet år arbejdet med mikrosimulering som et nyt værktøj i trafikplanlægningen. Mikrosimulering det har vist sig at være et meget anvendeligt værktøj. Mikrosimulering modellerer den enkelte bils bevægelser i et gadenet med en meget stor nøjagtighed i forhold til observerede hændelser.



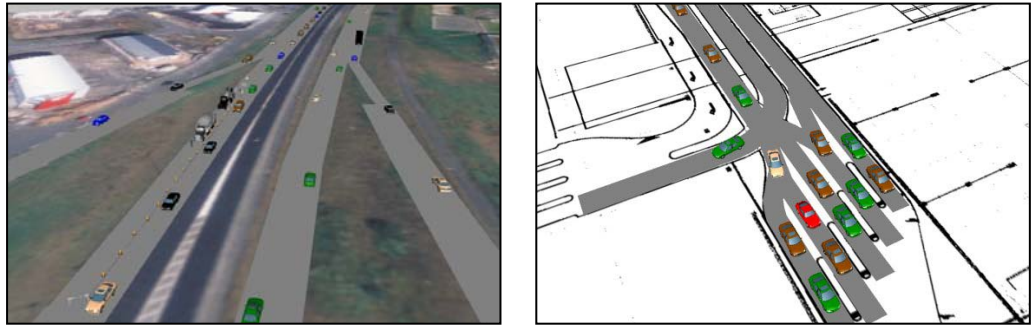
*Vejnettet omkring havnen i Tórshavn. De røde køretøjer er trafik, der netop er ankommet med færgen, mens de blå køretøjer er den generelle trafik i Tórshavn. Det fremgår af billedet, at færgetrafikken giver anledning til en forholdsvis lang kø inde på havneområdet. På det øvrige vejnet afvikles trafikken uden problemer.*

Metoden baserer sig på simuleringsværktøjet VISSIM, som er udviklet af Siemens til benchmark test forskellige reguleringsformer. Metoden er siden udviklet til at omfatte simulering af alle vej- og gadetyper samt alle køretøjstyper inklusive cykler, knallerter, fodgængere og specialkøretøjer. Køretøjerne simuleres med de respektive fysiske egenskaber såsom deres udstrækning, bremse- og accelerationsevne. Desuden benyttes en adfærdsmodel for trafikanterne, som bygger på omfattende adfærdsstudier. Modellen tager hensyn til, at en trafikant kun kan have et begrænset overblik over en trafiksituation.. Simuleringen viser hver enkelt bil kontinuerligt gennem hele vejnettet og trafikafviklingen kan derved følges detaljeret på skærmen. Udover den visuelle vurdering af trafiksituationen kan der opsamles data på en lang række faktorer, som numerisk beskriver afviklingen og serviceniveauet.

RAMBØLL NYVIG's erfaring efter anvendelse af simuleringsværktøjet i mere end 15 projekter inden for det sidste år er, at simuleringen giver afgørende informationer både om trafikafviklingen og til dels også om trafiksikkerheden, som ikke kan fås med de hidtidige beregningsværktøjer. Simuleringen er derfor meget vigtig i forbindelse med opstilling af kravspecifikationen til de geometriske løsninger samt til at undersøge konsekvenser af forskellige løsningsforslag.

På grund af simuleringsværktøjets store fleksibilitet, er det muligt at simulere trafikken i stort set alle tænkelige reguleringsformer inklusive f.eks.

trafikregulering i forbindelse med vejarbejder, betalingsanlæg og parkeringshuse. Desuden kan effekten af variabel skiltning indbygges og analyseres, hvilket er af stor betydning, når fremtidens trafikledelsessystemer skal planlægges.



*På billedet til venstre ses en simulering af et vejarbejde. I venstre kørespor er det inderste kørespor blokeret. Billedet til højre er fra en simulering af et betalingsanlæg til et p-hus.*

Simuleringsværktøjet er enestående til formidling af trafikberegninger. Med dette værktøj vil det derfor være muligt at kommunikere resultater på et højt fagligt niveau videre til interne og eksterne samarbejdspartnere – følgegrupper, styregrupper, myndigheder, og borgere - selvom disse ikke er fagspecialister.



*Eksempel på formidling af resultatet af en simulering. Simuleringen er opbygget efter en cad-tegning, som efterfølgende er udskiftet med et ortofoto. Filmen er optaget i dobbelthastighed. Dobbelt klip på billedet for at afspille filmen.*

## Undersøgelsen af gap-time

Ved beregning af kapaciteten af trafikale udvekslingspunkter, hvad enten det drejer sig om kryds, rundkørsler, sammenfletninger eller lignende, er der en række parametre, der er meget afgørende for det endelige resultat. Blandt disse er parametren 'gap-time', som indlægges i beregningerne som en fast størrelse anbefalet i vejreglerne. Gap-time faktoren er imidlertid en meget varierende størrelse afhængig af køretøjstype, trafikal situation, hastighed etc. I flere simuleringsundersøgelser af rundkørsler har det vist sig, at den anbefalede gap-time ikke var hensigtsmæssig og ikke forholdte sig til den virkelighed, der skulle simuleres. Derfor har RAMBØLL NYVIG foretaget en undersøgelse af Gap-værdien i en rundkørsel.

## Metode

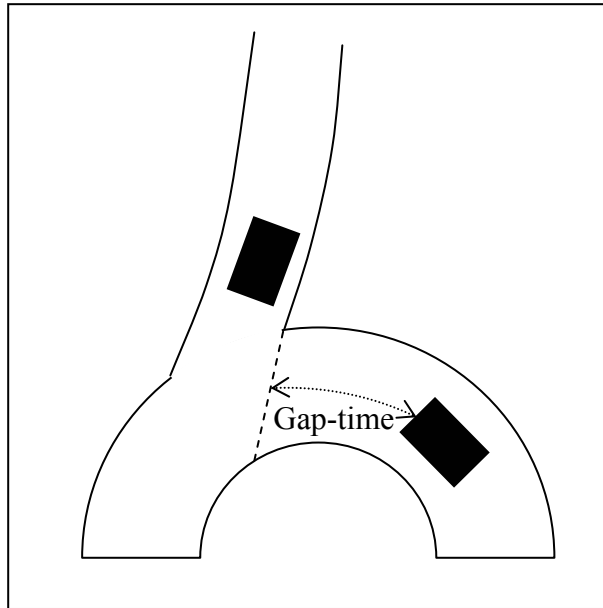
Til bestemmelse af gap-time ( $\tau$ ), er der anvendt videooptagelser fra en 30 meter høj teleskopmast. Efterfølgende er videooptagelserne analyseret med henblik på at bestemme, hvilken gap-time de forskellige køretøjstyper accepterer og forkaster.



*På billedet til venstre ses masten (midt i billedet) placeret ved et signalanlæg. På billedet til højre ses rundkørslen fra toppen af masten.*

Når der opstilles en mikrosimuleringsmodel for et kryds eller en rundkørsel, anvendes der forskellige gap-times for personbiler og lastbiler. Dette skyldes hovedsageligt forskel i størrelse og accelerationsevne samt at last- og varebiler ofte har lastrummet fyldt med varer og derfor skal forhindre pludselige kraftige opbremsninger, krængninger eller accelerationer. Gap-time brugt til mikrosimuleringsmodellen måles mellem konfliktpunktets start og fronten på det først kommende køretøj, som illustreret på skitsen nedenfor.

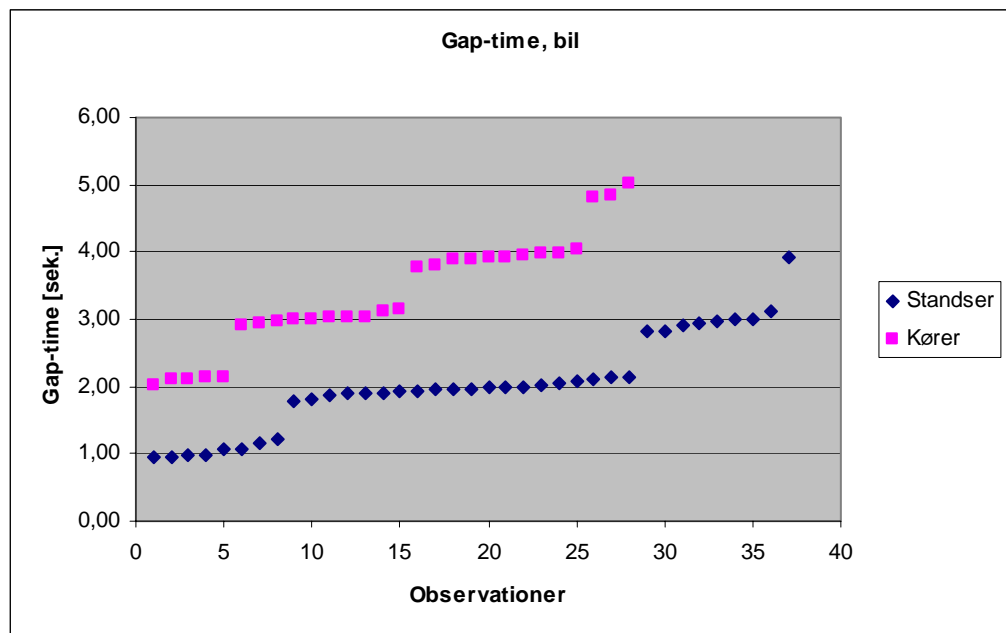
Masten blev opstillet d. 10.7.2003 og videooptagelserne blev foretaget i spidstimen fra kl. 8.30 til 9.00. Under normale forhold er der meget trafik i den undersøgte rundkørsel med relativt lange køer, således at det er muligt at måle gap-time værdien for et stort antal køretøjer. Tidspunktet midt i sommerferien har dog betydet at trafikken er væsentligt lavere end normalt. Det har dog stadig været muligt at måle gap-time værdier for personbiler, mens der er meget få målinger for last og varebiler. Derfor fokuseres i det følgende primært på personbiler.



Principskitse for måling af gap-time til brug i mikrosimuleringsmodel.

### Resultater

På nedenstående graf er resultaterne fra undersøgelsen gengivet. På grafen ses kun gap-times gældende for personbiler. Det var desværre ikke muligt, at vurdere gap-times for lastbiler, da der var for få observationer. Der er observeret 28 indkørende biler og 37 standsende biler - i alt 65 observationer.



Gap-times for personbiler i rundkørsel, morgenmyldretid.

Det fremgår af grafen, at gap-times er grupperet i 3 grupper. Det er svært at komme med en nøjagtig forklaring på de tre grupper på baggrund af det indsamlede materiale. Ved nærmere studier af videofilmen tyder det dog på at der er 3 principielt forskellige køremåder:

1. Lave gap-times (2 sekunder), tyder på et jævnt flow med en lille trafikmængde, hvor den indkørende har mulighed for at tilpasse hastigheden, således at der er tale om indfletning med den cirkulerende trafik.
2. Middel gap-times (3 sekunder), tyder på en tættere trafik, men hvor der stadig er mulighed for at tilpasse hastigheden for de indkørende biler.
3. Store gap-times (4 sekunder), tyder på at de indkørende biler stopper helt op ved den ubetingede vigepligt. Efterfølgende skal der bruges tid på at accelerere.

Den skæve struktur i grafen skyldes, at antallet af observerede standsende biler er større end antallet af observerede kørende biler.

De få målinger for lastbiler tyder på en gap-time på 3,4 sek. Denne værdi skal dog tages med et stort forbehold.

Vejdirektoratets vejledende Gap-time for én-sporede rundkørsler er 4,5 sek. Denne værdi er væsentligt højere end den der er fundet ud fra videooptagelserne. Der kan være flere grunde til at der er forskel på de 2 værdier. Vejditektoratets værdi skal være større, idet tiden der måles er mellemrummet på to på hinanden efterfølgende biler og ikke mellemrummet mellem konfliktområdet og til front af den første bil. Yderligere bygger Vejdirektoratets værdier på målinger fra 1995. I perioden fra 1995 frem til i dag, er der etableret et stigende antal rundkørsler rundt omkring i landet. Det må derfor formodes at trafikanterne er blevet mere vandt til at færdes i rundkørsler, hvilket muligvis kan have indflydelse på tidsgabene.

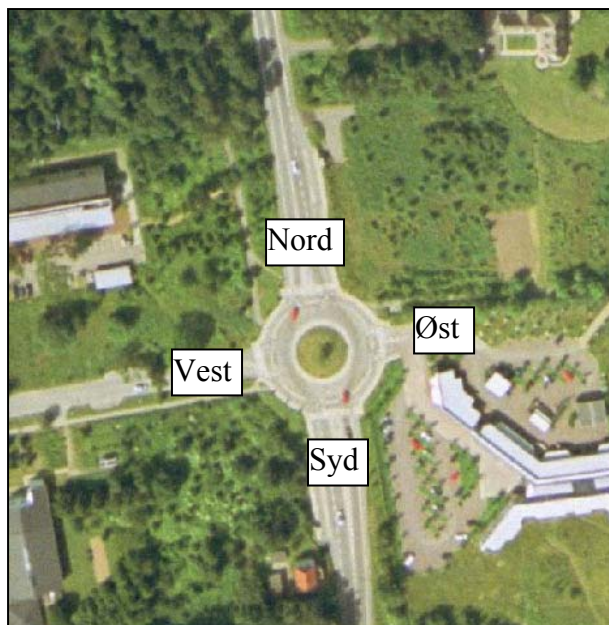
### Sammenligning af mikrosimulering og DanKap

Der er foretaget to simuleringer i VISSIM og en beregning i DanKap, som baggrund for en sammenligning mellem de to beregningsmetoder. Den første simulering i VISSIM inddrager værdierne fundet ved videooptagelserne. Den anden simulering er med Vejdirektoratets tidsværdier. DanKap beregningen er foretaget med standard værdierne.

Det fremgår af nedenstående tabel og figur, hvilke trafikmængder og rute der er anvendt i beregningerne.

Trafikdata	S-Ø	S-N	S-V	Ø-N	Ø-V	Ø-S	N-V	N-S	N-Ø	V-S	V-Ø	V-N
Biler	5	68	61	2	0	0	14	153	1	3	0	4
Lastbiler	0	3	1	0	0	0	1	1	0	0	0	2
Busser	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0

*Trafikdata som er anvendt til simuleringerne og beregningen i DanKap.*



Billede af rundkørslen, med angivelse af "vejnavne".

### VISSIM

Resultaterne af simuleringen i VISSIM med gap-times på 2,7 sekunder for personbiler og 3,4 sekunder for lastbiler.

Resultat VISSIM	Antal KT	Middel Forsinkelse [sek.]	Maks. Forsinkelse [sek.]	Middel kølængde [m]	Maks. kølængde [m]
Vest	9	1,8	8,0	0	22
Syd	146	0,3	10,5	1	50
Øst	2	0,0	0,0	0	0
Nord	178	0,5	12,1	1	33

Dataudtræk fra simuleringen af rundkørslen, hvor vigepligten er opsat i henhold til videooptagelserne, hvor gap-time er 2,7 sek. for biler og 3,4 sek. for lastbiler.

Resultaterne af simuleringen i VISSIM med gap-times på 4,5 sekunder for både biler og lastbiler.

Resultat VISSIM	Antal KT	Middel Forsinkelse [sek.]	Maks. Forsinkelse [sek.]	Middel kølængde [m]	Maks. kølængde [m]
Vest	10	7,4	22,1	1	19
Syd	146	0,4	4,8	1	28
Øst	2	4,2	8,4	0	7
Nord	174	10,0	58,1	23	163

Dataudtræk fra simuleringen af rundkørslen, hvor vigepligten er opsat, som i DanKap, hvor gap-time er 4,5 sek. for både biler og lastbiler.

Der er en mindre uoverensstemmelse mellem trafikken afviklet i de to simuleringer og mellem trafiktallene fra tællingen.

Middelforsinkelsen og middel kølængden stiger meget med den højre gap-time, hvilket skyldes at køretøjerne fra nord holder tilbage for køretøjerne som

kommer fra syd og kører mod vest. Køretøjerne fra nord standser helt op, frem for at ”flette” med den cirkulerende trafik, hvilket klart er den fremherskende indkøringsadfærd. Den høje gap-time værdi giver således anledning til et forkeret adfærdsmønster, med meget ringere trafikafvikling end den observerede på videofilmen.

### DanKap

På nedenstående figur er resultaterne af beregningen i DanKap gengivet.

Tilfartsspor	Middelforsinkelsen og kølængden i tilfartssporet		
	B	t sek./Kt	$n_{5\%}$ Kt
Vest	0,05	6	1
Syd	0,46	5	2
Øst	0,01	5	1
Nord	0,67	10	5

*Resultat af beregning i DanKap, hvor gap-time er 4,5 sek. for både biler og lastbiler.*

Ved sammenligning af de tre beregninger, ses det at simuleringen med gap-times på 2,7 sek. for biler og 3,4 sek. giver den mindste middelforsinkelse, hvilket selvfølgelig ikke kan undre. Sammenlignes simuleringen opsat i henhold til Vejdirektoratets værdier og Dankap beregningen, ses at middelforsinkelsen tilnærmelsesvis er den samme. Dog er forsinkelsen i retningen fra syd væsentligt højere i DanKap beregningen i forhold til simuleringen.

Resultatet af DanKap beregningen vil således give et beslutningsgrundlag, som viser en klart dårligere trafikafvikling end man vil få i virkeligheden.

### Afslutning

Den visuelle sammenligning af simuleringen og de optagne videoer af trafikafviklingen i det signalregulerede kryds samt i rundkørslen viser en meget stor overensstemmelse både med hensyn til trafikafviklingen, køopbygningen, køafviklingen samt trafikantadfærden.

Gap-time værdien har stor betydning for den beregnede trafikafvikling og dermed for dimensioneringen af det fremtidige trafik anlæg. Undersøgelsen viser, at der er et stort behov for fornyede og mere detaljerede undersøgelser af gap-times. Simuleringsteknikken og dens meget store overensstemmelse med virkeligheden vil stille krav om større nøjagtighed i de bestemmende parametre herunder specielt gap-time værdien.

Med udviklingen af simuleringsteknikken er der ikke bare tale om en smartere og hurtigere måde at arbejde med en i øvrigt kendt teknik. Der er tale om, at vi som trafikplanlæggere for første gang i årtier har rådighed over en helt



nyudviklet metode til kapacitetsvurderinger. Og selv om metoden er særdeles detaljeret omkring den tekniske modellering af trafiksystemet og trafikanterne, så har den en langt bredere anvendelse end blot opdatering af dagens signalanlæg. På grund af den stigende trængselsproblematik, som ikke bliver mindre med tiden, kan metoden også bidrage væsentligt til den langsigtede planlægning af fremtidens vejnet.