



Modellering av rundkjøringer i AIMSUN

Stig Roar Altenau Alstad

Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: Juni 2012

Hovedveileder: Arvid Aakre, BAT

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for bygg, anlegg og transport



Oppgavens tittel: Modellering av rundkjøringer i Aimsun.	Dato: 11.06.2012		
	Antall sider (inkl. bilag): 204		
	Masteroppgave	X	Prosjektoppgave
Navn: Stud.techn. Stig Roar Altenau Alstad			
Faglærer/veileder: Amanuensis Arvid Aakre, NTNU.			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere: Jenny Persson, Asplan-Viak AS.			

Ekstrakt:

Aimsun 7 er et modelleringsverktøy for trafikk- og vegplanlegging. Det er knyttet usikkerhet til hvordan rundkjøringer skal modelleres i Aimsun. Programmet har en rekke parametere som innvirker på resultatene fra modellen, og effekten av dem er ikke kjent. Hensikten med denne rapporten er å belyse disse parametere, finne effekten av dem gjennom en serie forsøk og se nærmere på hvordan en skal kalibrere en modell.

Det ble gjort videopptak og registreringer av to utvalgte rundkjøringer i Oslo/Akershus-området. Rundkjøringene ble modellert i Aimsun, og resultatene fra modellene ble sammenlignet med registreringer fra felt.

Det er viktig at kjøretøy i aimsunmodellen posisjonerer seg på samme måte som det modellen prøver å representere. Rundkjøringer kan ha individuelle kjøremønstre, og modellen må kodes slik at den gjengir mønsteret. To sentrale parametere i programmet er reaksjonstid og simulation step. Resultater fra forsøkene viser at en generell anbefaling for dem bør være 0,75. Parameterne variasjon av reaksjonstid og siktavstand er godt egnet til å kalibrere modeller. Siktavstand mellom 25- og 30 meter gav realistiske resultater.

Oppgaven er basert på et begrenset datagrunnlag, og trafikkvolumet fra rundkjøringen var lavere enn ønskelig. Det er derfor behov for ytterligere uttesting av parameterverdier før en kan konkludere med hvordan rundkjøringer bør modelleres i Aimsun.

Stikkord

1. Aimsun 7
2. Rundkjøring
3. Parametere
4. Kalibrere

Forord

Denne rapporten er et resultat av mitt arbeid med masteroppgaven på NTNU, våren 2012. Min studieretning er veg, transport og areal, og min hovedprofil er transport. Jeg hører til institutt for bygg, anlegg og transport. Omfanget av oppgaven tilsvarer en arbeidsbelastning på 30 studiepoeng.

Høsten 2011 skrev jeg en prosjektoppgave med tittelen «Trafikkmodellering ved hjelp av Aimsun». Denne oppgaven er ikke en videreføring av prosjektoppgaven, men mitt arbeid med den gjorde at jeg fikk god kjennskap til hvordan en skal bruke Aimsun. Det var en svært nyttig erfaring å ta med videre inn i arbeidet med masteroppgaven.

Oppgaven har ikke form som en brukermanual. Det vil si at det ikke forklares i detalj hvordan en bruker programmet. Det blir fokusert på hva som ligger bak resultatene som kommer ut, og hva som kreves for å modellere en rundkjøring. Likevel går oppgaven langt i å forklare hva som blir gjort, og en bruker med minimal erfaring vil ha nytte av å lese den.

Jeg vil rette en stor takk til min veileder, amanuensis Arvid Aakre, for verdifull hjelp og veiledning underveis i arbeidet med masteroppgaven. Jeg vil også takke Heidi Håheim, ansatt hos Asplan-Viak AS, for hennes bidrag med å lokalisere aktuelle rundkjøringer. Videre vil jeg takke Farid Esam, som har hjulpet meg med å analysere og bearbeide data fra rundkjøringen på Gjøttum.

På vedlagt CD finnes alle relevante excelark og aimsunfiler. Oppgavetekst ligger vedlagt som Bilag 1.

Oslo, 11.juni.2012.

Stig Roar Altenau Alstad

Sammendrag

Forsinkelse og kø i urbane strøk henger i stor grad sammen med utforming av kryss. Rundkjøring er en populær kryssløsning i Norge, og i den forbindelse er det viktig å ha gode modellverktøy. Med et godt verktøy kan en belyse effekten av et tiltak på allerede eksisterende kryssløsninger, eller søke etter de beste løsningene for et nytt vegprosjekt. Aimsun er et av flere dataprogrammer som kan brukes i en slik sammenheng.

Det er knyttet usikkerhet til hvordan rundkjøringer skal modelleres i Aimsun. Programmet har en rekke parametere som innvirker på resultatene fra modellen, og effekten av dem er ikke kjent. Hensikten med denne rapporten er å belyse disse parameterne, og finne effekten av dem gjennom en serie forsøk. Det blir også sett nærmere på hvordan en skal kalibrere en modell, og om det finnes en generell måte å modellere rundkjøringer på.

Det ble gjort videopptak og registreringer av to utvalgte rundkjøringer i Oslo/Akershus-området. Registreringer ble gjennomført på to forskjellige dager for hver rundkjøring. Den ene rundkjøringen ligger i urbane omgivelser på Gjettum, i Bærum kommune. Den andre ligger i landlige omgivelser på Frogner, i Sørums kommuner. Følgende ble registrert:

- Geometri.
- Kjøretøyposisjonering i rundkjøring.
- Trafikkvolum for hver svingebevegelse.
- Kølengde.
- Luketider (kritisk tidsluke og følgetid).
- Påvirkning fra andre trafikale elementer.

Det ble laget en aimsunmodell av hver rundkjøring. To registreringsdatasett, for hver modell, gav til sammen fire forskjellige sammenligningsgrunnlag. Forsinkelse er et mål på avviklingskvaliteten til en rundkjøring, og den ble beregnet ut ifra registrerte kølengder. En kunne da sammenligne simulert forsinkelse fra modellene, med beregnet forsinkelse fra registreringene.

Det er tre typer parametere i Aimsun: globale-, lokale- og kjøretøysparametere. De globale har påvirkning på hele modellen, mens de lokale kun innvirker på utvalgte deler. Kjøretøysparametere setter begrensinger for hvordan kjøretøy skal forholde seg til hverandre i modellen, og bestemmer også de fysiske egenskapene. De globale parameterne reaksjonstid, simulation step og forholdet dem i mellom hadde stor betydning for resultatene. På bakgrunn av forsøkene anbefales det er simulation step-verdi på 0,75, med forhold 1:1 mellom reaksjonstid og simulation step. De lokale parameterne variasjon i reaksjonstid og siktavstand var godt egnet til å kalibrere modellene. Siktavstand i området 25 – 30 meter gav de beste resultatene.

Det som har størst betydning, for enhver aimsunmodell, er at den geometriske utformingen, med tilhørende kjøretøyposisjonering er korrekt. I begge rundkjøringer posisjonerte kjøretøyene seg annerledes enn det som er gjeldene normer. Sirkulasjonsarealet var bredt nok til at to kjøretøy kunne kjøre ved siden av hverandre, men det ble ikke praktisert. Det førte til

at kjøretøy som skulle rett frem la seg inn mot sentraløyen. Det var helt avgjørende for kvaliteten på resultatene, at modellene ble kodet til å gjenskape kjøretøymønstrene som var gjeldene på stedet.

I de utvalgte rundkjøringene var det dessverre mindre trafikk en ønskelig. Det førte til for liten forsinkelse på tilfartene, og videre at grunnlaget for å finne effekten av parametere var for tynt.

Summary

In urban areas, delay and queues are mainly caused due to capacity problems in intersections. In Norway, roundabouts are a popular type of intersection. Keeping that in mind, it is important to have a proper model tool when you are faced with decisions regarding traffic planning. You might need to find out how a modification of an existing intersection is affecting the traffic flow, or the best solution for a new traffic construction. Aimsun is a computer program that can be used in in such situations.

There is no general method of how to build a roundabout in Aimsun. The computer program has a number of different parameters that affects the results, and the effects from them are unknown. The purpose of the rapport is to get a better understanding of how each parameter works from a series of experiments. The rapport will also take a closer look at how to calibrate the model, and if there is a general way to model roundabouts.

Two roundabouts in the Oslo/Akershus area have been studied using video recordings and manual registrations. The registrations were performed at two different days for each roundabout. One of the roundabouts is located at Gjettem, in Bærum municipality. The other one is located at Frogner, in Sørum municipality. The following have been included in the studies:

- Geometry.
- Vehicle position inside the roundabout.
- Number of cars for each turning movement.
- Queue length.
- Critical time gaps and follow up times.
- The effect of other traffic elements.

A model was made in Aimsun for each roundabout. Two different sets of registrations for each model, provides a basis for four different cases. Delay is an important measure of traffic quality for the entering lanes. Average delay was calculated from observed queue lengths. Then it was possible to compare the simulated delay from the model, with the average delay calculated from observed queue lengths.

There are three different types of parameters: global, local and vehicle parameters. The global parameters affect the entire model, but the local parameters only affect selected parts. Vehicle parameters give ground rules to how the vehicle relates to one another, and to the physical attributes. The global parameters reaction time, simulation step and the ratio between them had great influence on the results from the model. The studies done in this paper indicates that a recommended simulation step value should be 0.75, and the ratio between reaction time and simulation step should be 1:1. The local parameters variation in reaction time and visibility distance was well suitable for calibration of the model. The recommended visibility distance is 25-30 meters.

The most important factor, for every model in Aimsun, is the geometrical design with its turning movements. It is crucial that the model gives a correct representation on these matters.

In both roundabouts, the positioning of the vehicles was deviant from applicable rules. The area inside the roundabout was wide enough for two vehicles driving side by side, but the drivers chose differently. Vehicles headed straight ahead positioned themselves close to the centrum of the roundabout, rather than keeping to the wide edge. It was crucial for the quality of the results that the model would recreate the current driving patterns of the roundabouts.

The traffic volume of the selected roundabouts was unfortunately less than desired. Because of this, the average delay of the entering lanes was less than intended. The basis for calculating the effects of the parameters was poor.

Innholdsliste:

Forord.....	iii
Sammendrag	v
Summary	vii
Innholdsliste:	ix
Figurliste:	xii
Tabelliste:	xvii
1 Innledning.....	1
2 Analyseverktøy	3
2.1 Aimsun 7	3
3 Kode en rundkjøring i Aimsun 7	5
3.1 Trafikkvolum.....	8
3.2 Kollektivtransport.....	9
3.3 Kjøretøybevegelse	10
3.3.1 Modeller for kjøretøybevegelse	12
3.4 Indirekte parametere	17
3.4.1 Variasjon i reaksjonstid	17
3.4.2 Variasjon i viketid	18
3.4.3 Minste avstand mellom kjøretøy	18
3.5 Yellow box	19
3.6 Headway.....	20
3.7 Helning.....	21
3.8 Oppsummering av aktuelle parametere	22
3.9 Rutevalg.....	23
3.10 Scenario og replikasjon	23
3.11 Resultater	25
3.11.1 Statistiske data	25
3.11.2 Grafiske presentasjoner	30
4 Innsamling av data fra en rundkjøring	31
4.1 Trafikkvolum og -mønster	32
4.2 Geometrisk utforming	36
4.3 Kritisk tidsluke og følgetid	36
4.4 Forsinkelse.....	39
5 Observasjoner fra virkelige rundkjøringer	43

5.1	Utvalgskriterier	43
5.1.1	Lokasjon	43
5.1.2	Mulighet for filmopptak	43
5.1.3	Påvirkning fra andre trafikale elementer	43
5.1.4	Trafikk	43
5.1.5	Geometrisk utforming	43
5.1.6	Likhet mellom utvalgte rundkjøringer	44
5.1.7	Vær og føreforhold	44
5.2	Utvalgte rundkjøringer	45
5.2.1	Gjettum	45
5.2.2	Frogner	61
5.3	Likhet mellom utvalgte rundkjøringer	76
6	Effekt av parametere	77
6.1	Standard-parameterverdier	77
6.2	Forsøk med forskjellig geometrisk utforming av rundkjøringene	80
6.2.1	Gjettum	80
6.2.2	Frogner	90
6.3	Variasjon i trafikk	92
6.4	Globale parametere	94
6.4.1	Headway	94
6.4.2	Simulation step	95
6.4.3	Reaksjonstid ved stopp	97
6.4.4	Forhold mellom reaksjonstid og simulation step	99
6.5	Lokale parametere	101
6.5.1	Siktavstand	101
6.5.2	Hastighet	102
6.5.3	Variasjon av reaksjonstid	103
6.5.4	Variasjon i viketid	106
6.5.5	Yellow box	107
6.5.6	Helning	110
6.6	Kjøretøysparametere	112
6.6.1	Minste avstand kjøretøy	112
6.6.2	Viketid	113
6.6.3	Sensitivitetsparameteren α	115

6.6.4	Minimum headway.....	116
6.7	Oppsummering.....	119
7	Bruk av detektorer.....	121
7.1	Forsinkelse.....	121
7.2	Kjøretider.....	125
7.2.1	Gjettummodellen	125
7.2.2	Frognermodellen	126
7.2.3	Kommentar.....	127
8	Kalibrere modellene	129
8.1	Gjettummodellen med trafikkvolum fra 8. februar	130
8.2	Frognermodellen med trafikkvolum fra 8. mai	131
8.3	Resultat fra kalibrering	133
8.4	Kalibrerte modeller i makstimen.....	137
8.5	Generell gjettummodell	139
8.6	Generell frognermodell	141
9	Generelle parameterverdier for begge modeller.....	143
10	Forhold mellom tidsluker og reaksjonstid.....	145
11	Konklusjon	147
12	Videre arbeid	149
	Kildeliste	150
	Vedlegg.....	153
	Bilag	153
	Bilag 1	154
	Bilag 2	157
	Bilag 3	161
	Bilag 4	165
	Bilag 5	167
	Bilag 6	175
	Bilag 7	186

Figurliste:

Figur 1 Oversikt over mikro-, meso- og makromodeller (Bang, 2011).	3
Figur 2 Elementer i simuleringen.	5
Figur 3 Koding av rundkjøring i Aimsun 7.	5
Figur 4 T-kryss og rundkjøring i Aimsun 7.	6
Figur 5 Forskjellig bruk av tillat svingebevegelse.	6
Figur 6 Detektorer	7
Figur 7 Trafikkvolum.	8
Figur 8 Trafikkvolum gitt fra en OD-matrise.	8
Figur 9 Kollektivtransport.	9
Figur 10 Kjøretøyoppførsel.	10
Figur 11 Eksempel på kjøretøysparametere	11
Figur 12 Illustrasjon av bilfølgenotasjon	14
Figur 13 Vikepliktnotasjon.	15
Figur 14 Viketid og sikkerhetsmargin.	16
Figur 15 Eksempel på hvordan reaksjonstid legges inn i Aimsun 7.	17
Figur 16 Forskjellig reaksjonstid for forskjellige kjøretøysgrupper.	17
Figur 17 Eksempel på sannsynlighetsfordeling for en kjøretøysgruppe (TSS, 2011c).	18
Figur 18 Bruk av <i>yellow box</i>	19
Figur 19 <i>Yellow box</i> -grense.	19
Figur 20 Forskjellige sannsynlighetsfordelinger for headway (Rinelli, 2011)	20
Figur 21 Innlegging av høydedata.	21
Figur 22 Oppsummering av parametere.	22
Figur 23 Sammenheng mellom scenario, eksperiment og replikasjon.	23
Figur 24 Henting av resultat fra databaser	26
Figur 25 Svingebevegelse med tilhørende lenke.	26
Figur 26 Utforming av lenker.	28
Figur 27 Bruk av detektorer.	29
Figur 28 Eksempel på feilkoding i Aimsun.	30
Figur 29 Betegnelser på elementer i en rundkjøring (Statens Vegvesen, 2008)	31
Figur 30 Trafikkvolum fra en rundkjøring.	32
Figur 31 Trafikkvolum oppgitt i personbilekvivalenter.	34
Figur 32 Sammenfatning av trafikkvolumene.	35
Figur 33 Kritisk tidsluke.	36
Figur 34 Eksempel på regresjonsanalyse (Akcelik, 2007).	37
Figur 35 Geometrisk forsinkelse.	39
Figur 36 Eksempel på plott av antall kjøretøy i kø over et tidsintervall	40
Figur 37 Total forsinkelse	41
Figur 38 Diagram over kjøretøybevegelse	42
Figur 39 Rundkjøring på Gjettum, Bærum (google, 2012).	45
Figur 40 Synsfelt til de to kameraene (Gulesider, 2012).	46
Figur 41 Elementer som påvirker trafikkavviklingen i rundkjøringen (Gulesider, 2012).	47
Figur 42 Forsinkelse i tilfart 2 forårsaket av kantsteinestopp.	47

Figur 43 Nærliggende trafikale elementer som ikke hadde påvirkning på rundkjøringen (Gulesider, 2012).....	48
Figur 44 Trafikk 8. februar i rundkjøringen på Gjøttum.....	49
Figur 45 Prosentandel tungtrafikk 8. februar.....	50
Figur 46 Trafikkvolum 6. mars i rundkjøringen på Gjøttum.....	50
Figur 47 Prosentandel tunge kjøretøy 6.3.....	51
Figur 48 Personbilekvivalent-trafikk, 8.2 og 6.3.....	52
Figur 49 Relativ differanse i trafikk mellom 8.2 og 6.3.....	53
Figur 50 Trafikkvariasjon over tid den 8. februar.....	53
Figur 51 Geometriske mål til rundkjøringen på Gjøttum (Gulesider, 2012).....	54
Figur 52 Værforhold 8. februar.....	57
Figur 53 Værforhold 6. mars.....	57
Figur 54 Kjøremønster i rundkjøringen (Gulesider, 2012).....	58
Figur 55 Områder som ikke blir benyttet (Gulesider, 2012).....	58
Figur 56 Antall felt i rundkjøringen (Gulesider, 2012).....	59
Figur 57 Fartsgrense på Gjøttum (Gulesider, 2012).....	59
Figur 58 Relativt terrengnivå på Gjøttum (google, 2012).....	60
Figur 59 Rundkjøring i Frogner, Sørums (google, 2012) og (Finn, 2012).....	61
Figur 60 Synsfelt til kamera (Finn, 2012).....	62
Figur 61 Sikthindringer.....	62
Figur 62 Sikt under opptak på Frogner.....	63
Figur 63 Trafikale elementer i nærhet til rundkjøringen i Frogner.....	64
Figur 64 Trafikkvolum på Frogner 17.4.....	65
Figur 65 Prosentandel tunge kjøretøy på Frogner 17. april.....	66
Figur 66 Trafikkvolum 8. mai.....	66
Figur 67 Andel tungtrafikk 8. mai.....	67
Figur 68 Personbilekvivalent-trafikk 17. april og 8. mai.....	68
Figur 69 Relativ differanse i trafikkvolum mellom 17. april og 8. mai.....	69
Figur 70 Trafikkvariasjon over tid, den 17. april.....	69
Figur 71 Geometrisk utforming av rundkjøringen på Frogner (Finn, 2012).....	70
Figur 72 Vær og føreforhold 17. april.....	72
Figur 73 Vær og føreforhold 8. mai.....	72
Figur 74 Kjøremønster i rundkjøringen på Frogner (google, 2012).....	73
Figur 75 Områder i sirkulasjonsarealet som ikke blir benyttet av personbilkjøretøy (google, 2012).....	74
Figur 76 Fartsgrense i Frogner (google, 2012).....	74
Figur 77 Terrengnivå på Frogner (google, 2012).....	75
Figur 78 Gjøttummodellen.....	80
Figur 79 Forklaring av aimsuneelementer.....	81
Figur 80 Ordinær posisjonering i rundkjøring (Statens Vegvesen, 2012).....	82
Figur 81 Effekt av fotgjengere på tilfart 2.....	83
Figur 82 Modell av ordinær tofelts rundkjøring.....	83
Figur 83 Sammenligning mellom registrerte og simulerte forsinkelser med 2 felt i rundkjøringen.....	84

Figur 84 Utforming av ettfelts rundkjøring.....	84
Figur 85 Sammenligning av registrerte og simulerte forsinkelser med ettfelts rundkjøring. ..	85
Figur 86 Nye kjøremønstre i Aimsun.....	86
Figur 87 Resultat fra modifisert rundkjøring 8.2.	86
Figur 88 Urealistisk oppførsel.....	87
Figur 89 Forskjell i vikeoppførsel.....	87
Figur 90 Redusert feltbredde.....	88
Figur 91 Forsinkelse fra gjettnmodell med ett og to felt.....	88
Figur 92 Resultat fra simulering av 6. mars.....	89
Figur 93 Testing av utforming av rundkjøring i frognermodellen.	90
Figur 94 Rundkjøring på Frogner med modifisert geometri.....	91
Figur 95 Forsinkelse fra frognermodellen med trafikkvolum fra 8. mai.	91
Figur 96 Forhold mellom forsinkelse og trafikkvolum.	92
Figur 97 Variasjon av trafikkvolum i gjettnmodellen, 8.2.....	93
Figur 98 Variasjon i trafikkvolum i frognermodellen, 17.4.....	93
Figur 99 Valg av <i>headway</i> i gjettnmodellen.	94
Figur 100 Valg av <i>headway</i> til frognermodellen.	95
Figur 101 Variasjon av simulation step 8.2.....	96
Figur 102 Variasjon av reaksjonstid ved stopp 8.2.	97
Figur 103 Variasjon av reaksjonstid ved stopp 17.4.	98
Figur 104 Forsinkelse i tilfart 4 med varierende trafikkvolum og <i>reaksjonstid ved stopp</i>	98
Figur 105 Forhold mellom <i>simulation step</i> og <i>reaksjonstid</i> i gjettnmodellen med 8. februar som trafikkgrunnlag.	99
Figur 106 Variasjon av siktavstand i gjettnmodellen.....	101
Figur 107 Variasjon av siktavstand, Frogner.....	102
Figur 108 Variasjon av hastighet i gjettnmodellen.	102
Figur 109 Variasjon av hastighet i frognermodellen.....	103
Figur 110 Variasjon av reaksjonstid for Gjettn, 8.2.....	104
Figur 111 Effekt av variasjon i vikeetid på andre tilfarter, 8.2.....	104
Figur 112 Variasjon av reaksjonstid for tilfart 3, Frogner 17.4.....	105
Figur 113 Effekt av <i>variasjon i vikeetid</i> på andre tilfarter, 17.4.....	105
Figur 114 Variasjon av <i>vikeetid</i> for tilfart 2 i gjettnmodellen.	106
Figur 115 Variasjon av <i>vikeetid</i> for tilfart 1 i frognermodellen.	107
Figur 116 Bruk av yellow box i gjettnmodellen.	107
Figur 117 Effekt av <i>yellow box</i> , 8.2.....	108
Figur 118 <i>Yellow box</i> i frognermodellen.	109
Figur 119 Effekt av <i>yellow box</i> i frognermodellen.....	109
Figur 120 Effekt av <i>helning</i> i gjettnmodellen.	110
Figur 121 Effekt av <i>helning</i> i frognermodellen.....	111
Figur 122 Variasjon av <i>minste avstand kjøretøy</i> i gjettnmodellen.....	112
Figur 123 Variasjon av <i>minste avstand kjøretøy</i> i frognermodellen.	113
Figur 124 Effekt av vikeetid i gjettnmodellen.	114
Figur 125 Effekt av vikeetid i frognermodellen.....	114
Figur 126 Variasjon av sensitivitetsparameteren i gjettnmodellen.	115

Figur 127	Variasjon av sensitivitetsparameter i frognermodellen.	116
Figur 128	Variasjon av <i>minimum headway</i> i gjetnummodellen.	117
Figur 129	Variasjon av <i>minimum headway</i> i frognermodellen.	117
Figur 130	Økt trafikkvolum og variasjon av <i>minimum headway</i>	118
Figur 131	Plassering av detektorer i gjetnummodellen.....	121
Figur 132	Forsinkelse fra gjetnummodellen ved forskjellige metoder, 8,2.	122
Figur 133	Forskjell i arbeidsmengde mellom de to metodene.	123
Figur 134	Forsinkelse per svingebevegelse fra tilfart 1 i gjetnummodellen, 8.2	124
Figur 135	Detektorer i gjetnummodellen.	125
Figur 136	Detektorer i frognermodellen.	126
Figur 137	Skisse for koding av rundkjøringer i Aimsun.....	129
Figur 138	Variasjon av <i>simulation step</i> , 8,2.....	130
Figur 139	Resultat etter kalibrering av gjetnummodellen, 8.2.....	131
Figur 140	Variasjon av <i>simulation step</i> , 8.5.....	131
Figur 141	Resultat fra frognermodellen etter endring av lokale parametere.	132
Figur 142	Resultat etter kalibrering, 8.5	132
Figur 143	Kalibrering av modeller.....	135
Figur 144	Bruk av lokal- og kjøretøysparameter.	136
Figur 145	Forhold mellom sikkerhetsmargin og luketid.....	145
Figur 146	Regresjonsanalyse for tilfart 1, 8.2.	157
Figur 147	Regresjonsanalyse for tilfart 2, 8.2.	157
Figur 148	Regresjonsanalyse for tilfart 3, 8.2.	158
Figur 149	Regresjonsanalyse for tilfart 4, 8.2.	158
Figur 150	Regresjonsanalyse for tilfart 1, 6.3.	159
Figur 151	Regresjonsanalyse for tilfart 2, 6.3.	159
Figur 152	Regresjonsanalyse for tilfart 3, 6.3.	160
Figur 153	Regresjonsanalyse for tilfart 4, 6.3.	160
Figur 154	Regresjonsanalyse for tilfart 1, 17.4.	161
Figur 155	Regresjonsanalyse for tilfart 2, 17.4.	161
Figur 156	Regresjonsanalyse for tilfart 3, 17.4.	162
Figur 157	Regresjonsanalyse for tilfart 4, 17.4.	162
Figur 158	Regresjonsanalyse for tilfart 1, 8.5.	163
Figur 159	Regresjonsanalyse for tilfart 2, 8.5.	163
Figur 160	Regresjonsanalyse for tilfart 3, 8.5.	164
Figur 161	Regresjonsanalyse for tilfart 4, 8.5.	164
Figur 162	Registrert og simulert forsinkelse for Gjetnum 6.3	165
Figur 163	Registrert og simulert forsinkelse for Frogner 17.4	166
Figur 164	Registrert og simulert forsinkelse for Frogner 8.5	166
Figur 165	Registrert forsinkelse og forholdet mellom <i>reaksjonstid</i> og <i>simulation step</i> , tilfart 2, 8.2.....	167
Figur 166	Registrert forsinkelse og forholdet mellom <i>reaksjonstid</i> og <i>simulation step</i> , tilfart 3, 8.2.....	167
Figur 167	Registrert forsinkelse og forholdet mellom <i>reaksjonstid</i> og <i>simulation step</i> , tilfart 4, 8.2.....	168

Figur 168 Registrert forsinkelse og forholdet mellom reaksjonstid og simulation step, tilfart 1, 6.3.....	169
Figur 169 Registrert forsinkelse og forholdet mellom reaksjonstid og simulation step, tilfart 2, 6.3.....	169
Figur 170 Registrert forsinkelse og forholdet mellom reaksjonstid og simulation step, tilfart 3, 6.3.....	170
Figur 171 Registrert forsinkelse og forholdet mellom reaksjonstid og simulation step, tilfart 4, 6.3.....	170
Figur 172 Registrert forsinkelse og forholdet mellom reaksjonstid og simulation step, tilfart 1, 17.4.....	171
Figur 173 Registrert forsinkelse og forholdet mellom reaksjonstid og simulation step, tilfart 2, 17.4.....	171
Figur 174 Registrert forsinkelse og forholdet mellom reaksjonstid og simulation step, tilfart 3, 17.4.....	172
Figur 175 Registrert forsinkelse og forholdet mellom reaksjonstid og simulation step, tilfart 4, 17.4.....	172
Figur 176 Registrert forsinkelse og forholdet mellom reaksjonstid og simulation step, tilfart 1, 8.5.....	173
Figur 177 Registrert forsinkelse og forholdet mellom reaksjonstid og simulation step, tilfart 2, 8.5.....	173
Figur 178 Registrert forsinkelse og forholdet mellom reaksjonstid og simulation step, tilfart 3, 8.5.....	174
Figur 179 Registrert forsinkelse og forholdet mellom reaksjonstid og simulation step, tilfart 4, 8.5.....	174
Figur 180 Variasjon av <i>simulation step</i> , 8.2.....	175
Figur 181 Resultat etter kalibrering av gjettummodellen, 8.2.....	176
Figur 182 variasjon av <i>simulation step</i> , 6.3.	176
Figur 183 Resultat etter kalibrering av gjettummodellen, 6.3.....	177
Figur 184 Variasjon av <i>simulation step</i> , 17.4.....	177
Figur 185 Resultat etter kalibrering av frognermodellen 17.4	178
Figur 186 Variasjon av <i>simulation step</i> , 8.5.....	179
Figur 187 Resultat etter kalibrering av frognermodellen, 8.5.	179
Figur 188 Variasjon av simulation step, 8.2.....	180
Figur 189 Resultat etter kalibrering av gjettummodellen, 8.2.....	181
Figur 190 Variasjon av <i>simulation step</i> , 6,3.....	181
Figur 191 Resultat etter kalibrering, 6,3.	182
Figur 192 Variasjon av <i>simulation step</i> , 17.4.....	182
Figur 193 Resultat etter kalibrering, 17.4.	183
Figur 194 Variasjon av simulation step, 8.5.....	184
Figur 195 Resultat etter kalibrering, 8.5	185

Tabelliste:

Tabell 1 Databaser.....	25
Tabell 2 Eksempel på hvordan resultatdata blir presentert.	28
Tabell 3 Eksempel på trafikkmatrise.....	32
Tabell 4 Personbilekvivalenter.....	33
Tabell 5 Kritisk tidsluke og følgetid for Gjettum.....	55
Tabell 6 Forsinkelse i tilfartene på Gjettum.....	56
Tabell 7 Registrerte kjøretider (s) for rundkjøringen på Gjettum.	60
Tabell 8 Kritisk tidsluke og følgetid for rundkjøringen på Frogner.....	71
Tabell 9 Forsinkelse i tilfartene i Frogner.....	71
Tabell 10 Registrerte kjøretider for rundkjøringen i Frogner.....	75
Tabell 11 Sammenligning mellom de to utvalgte rundkjøringene.....	76
Tabell 12 Standardverdier for globale parametere.	77
Tabell 13 Standardverdier for lokale parametere.....	77
Tabell 14 Standardverdier for kjøretøyparametere (bil).....	78
Tabell 15 Standardverdier for kjøretøyparametere (tunge kjøretøy).....	78
Tabell 16 Standardverdier for kjøretøysparametere (Buss).	78
Tabell 17 Variasjon av <i>simulation step</i>	96
Tabell 18 Forhold mellom reaksjonstid og <i>simulation step</i>	100
Tabell 19 Sammenheng mellom antall stopp og effekt av variasjon i <i>minste avstand kjøretøy</i> for gjettummodellen.	112
Tabell 20 sammenheng mellom antall stopp og effekt av variasjon i <i>minste avstand kjøretøy</i> for frognermodellen.....	113
Tabell 21 Effekter av parametere.	119
Tabell 22 Simulerte kjøretider fra gjettummodellen ved uforstyrret kjøring.....	125
Tabell 23 Differanse mellom simulerte og registrerte kjøretider.....	126
Tabell 24 Simulerte kjøretider fra frognermodellen.....	127
Tabell 25 Differanse mellom simulerte og registrerte kjøretider.....	127
Tabell 26 Forhold 1:1 mellom <i>reaksjonstid</i> og <i>simulation step</i>	133
Tabell 27 Forhold 2:1 mellom <i>reaksjonstid</i> og <i>simulation step</i>	134
Tabell 28 Forsinkelse.....	137
Tabell 29 Forsinkelse fra kalibrerte modeller forhold 1:1.....	138
Tabell 30 Forsinkelse fra kalibrerte modeller forhold 2:1.....	138
Tabell 31 Beste oppsett for gjettummodellen, 1:1.....	139
Tabell 32 Beste oppsett for gjettummodellen, 2:1.....	140
Tabell 33 Beste oppsett for frognermodellen, 1:1.....	141
Tabell 34 Beste oppsett for frognermodellen, 2:1.....	141
Tabell 35 Gjennomsnittlig avvik mellom registrert og simulert forsinkelse (1:1).....	143
Tabell 36 Gjennomsnittlig avvik mellom registrert og simulert forsinkelse (2:1).....	143
Tabell 37 Makstimeresultat, forhold 1:1 mellom <i>reaksjonstid</i> og <i>simulation step</i>	186
Tabell 38 Makstime resultat, forhold 2:1 mellom <i>reaksjonstid</i> og <i>simulation step</i>	186

1 Innledning

Forsinkelse og kø, i urbane strøk, henger i stor grad sammen med utforming av kryss. Rundkjøring er en populær kryssløsning i Norge, og i den forbindelse er det viktig å ha gode modellverktøy. Da kan en kan belyse effekten av et tiltak på allerede eksisterende kryssløsninger, eller søke etter de beste løsningene for et nytt vegprosjekt. Aimsun er et av flere dataprogrammer som kan brukes i en slik sammenheng.

Aimsun blir oftest brukt til å finne svar på kompliserte trafikale situasjoner. Det hersker imidlertid usikkerhet om hvordan rundkjøringer skal modelleres for å gi en nøyaktig representasjon av virkeligheten. Der andre programmer kan bruke tradisjonelle inndata, som kritisk tidsluke og følgetid, benytter Aimsun andre parametere en ikke har noe forhold til. Denne oppgaven belyser disse parameterne, og finner effekten av dem ved hjelp av en serie forsøk. Det blir også forsøkt å finne en generell anbefaling for hvordan rundkjøringer bør modelleres.

Den første delen av oppgaven tar for seg det teoretiske grunnlaget som ligger til grunn for Aimsun sine beregninger. Kapittel 2 gir en kort innføring i modellbruk, mens kapittel 3 tar for seg det teoretiske grunnlaget til Aimsun. Her blir sentrale parametere presentert, og viktige mekanismer som bilfølgemodell og vikepliktsmodell blir forklart.

Den andre delen av oppgaven består av å samle inn data fra virkelige rundkjøringer. Det danner grunnlaget for å bestemme kvaliteten på resultatene fra Aimsun. Kapittel 4 forklarer hvilke data som er aktuelle, og hvordan de ble samlet inn. Kapittel 5 presenterer de utvalgte rundkjøringene sammen med relevante registreringer fra felt.

I den tredje delen ses det nærmere på modellering og resultater fra Aimsun. Kapittel 6 tar for seg effekten av alle aktuelle parametere, mens kapittel 7 ser nærmere på alternative metoder for å finne resultater. Kapittel 8 tar for seg kalibrering av aimsunmodeller, og leder opp til kapittel 9 der en prøver å fastslå generelle parameterverdier. Kapittel 10 ser nærmere på om det er mulig å bruke tidslukeverdier som inndata i Aimsun.

I siste del av rapporten oppsummeres de relevante erfaringene fra arbeidet med rapporten. Kapittel 11 konkluderer med det viktigste som er funnet ut ifra forsøkene, før kapittel 12 gir en beskrivelse av muligheter for videre arbeid.

Aimsun 7 er et engelskspråklig program. I denne oppgaven er ord og uttrykk, der det er hensiktsmessig, oversatt til norsk. Det er ikke alltid det lar seg gjøre. For å unngå misforståelser er alle engelske ord markert med fet skrift. I tillegg er alle parametere fra programmet skrevet med kursiv. Det er gjort for at leseren enklere skal forstå at det er en parameter det er snakk om.

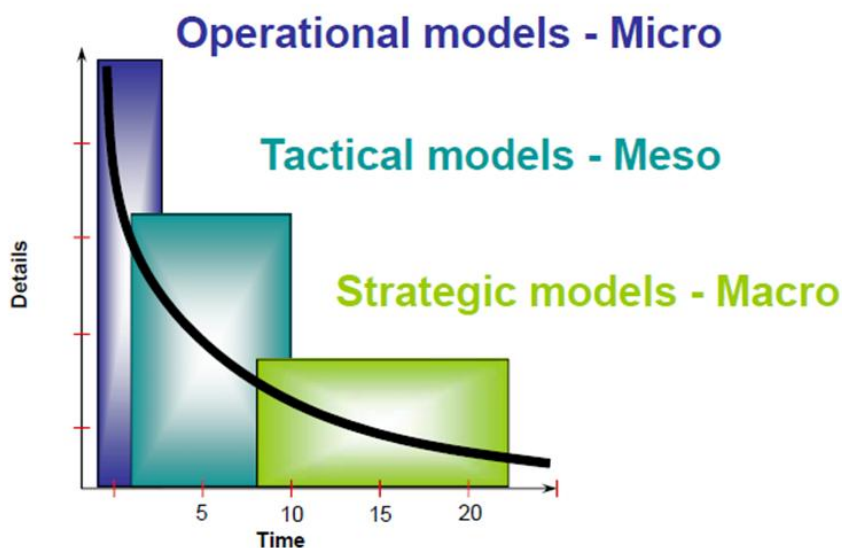
2 Analyseverktøy

Ved analyse av trafikksituasjon, -tiltak eller geometrisk utforming av veger og kryss, er analyseverktøy et viktig hjelpemiddel. Det finnes flere dataverktøy som kan gi et verdifullt beslutningsgrunnlag for en trafikkplanlegger. Valg av verktøy kommer an på oppgavens art, omfang, og hvor mye resurser en skal legge ned i arbeidet. Fordelen med slike verktøy, er at en kan modellere den eksisterende og fremtidige trafikksituasjonen relativt nøyaktig. Effekten av tiltaket kommer frem, og en kan prøve ut flere forskjellige alternativer.

Alle modeller forenkler virkeligheten. Kvaliteten på resultatene avgjøres av kvalitet på inngangsdata, realisme i modellen og brukerens kompetanse (Aakre A. , 2012a).

2.1 Aimsun 7

Aimsun er en forkortelse for *Advanced Interactive Microscopic Simulator for Urban and Non-Urban Networks*. Aimsun 7 er et simuleringsverktøy utviklet av TSS¹ for trafikkanalyser på mikro-, meso- eller makronivå. Mikrosimulering er en detaljert beskrivelse av en trafikksituasjon innenfor et avgrenset område, og er gjeldene over et relativt kort tidsperspektiv. Hvert enkelt kjøretøy har individuelle trafikale egenskaper. Makrosimulering gir et overordnet bilde på trafikksituasjonen i et større område, og er egnet for analyser over et lengre tidsrom. Kjøretøyene har uniforme egenskaper og modelleres som en felles «strøm». Eksempelvis slik vann beveger seg gjennom et rør. Mesosimulering er en mellomting av mikro- og makrosimulering, der kjøretøyene har individuelle eller gruppevise egenskaper (Bang, 2011). Figur 1 viser sammenhengen mellom de forskjellige simuleringsnivåene i forhold til detaljeringsgrad og tidsperspektiv. Mikromodellering er mer detaljert og trenger følgelig mer inndata. Makromodellering har en «grovere» detaljeringsgrad, men beskriver et større tidsrom. Aimsun er i stand til å produsere modeller for alle nivåer, men det er kun mikrosimulering som blir brukt i denne oppgaven.



Figur 1 Oversikt over mikro-, meso- og makromodeller (Bang, 2011).

¹ TSS- Transport Simulation Systems er utvikleren bak programvaren Aimsun.

En modell kan enten være deterministisk eller stokastisk. Deterministisk betyr at det ikke er avhengighet mellom de enkelte kjøretøyene, mens stokastisk betyr at det er avhengighet mellom kjøretøyene. Da vil reaksjoner fra et kjøretøy forplante seg til andre kjøretøy (Sagen, 1993). Aimsun er en stokastisk modell.

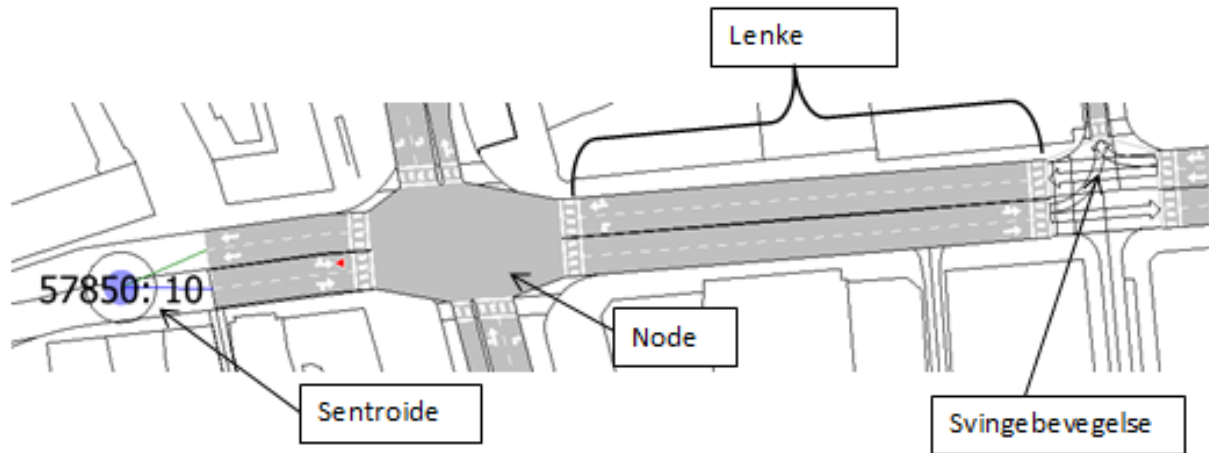
Anvendelsesområdet til mikrosimuleringsprogrammer er i utgangspunktet ikke for enkeltkryss, men for mer detaljerte trafikksituasjoner. Det kan være et utradisjonelt utformet kryss eller rundkjøring, eller for å se sammenhengen mellom flere trafikale elementer (Gran, 2012).

Programmet kan håndtere alle typer veger og trafikkmiljø, fra små bygater til store flerfelts-motorveger. I utgangspunktet blir trafikkanalysene gjort med tanke på kjøretøy og deres oppførsel i trafikken. Det er også mulig å inkludere fotgjengere, og gjøre analyser basert på hvordan gående relaterer seg til hverandre i kombinasjon med kjøretøy. Legion er et eget program for modellering av gående. Det kan implementeres i Aimsun 7, slik at en kan kombinere fotgjengere og kjøretøy.

Aimsun 7 er et omfangsrikt program med mange muligheter og funksjoner. Kapittel 3 tar for seg programmets oppbygging, virkemåte og resultater. Det er kun forhold som er relevant for modellering av enkeltstående rundkjøringer som blir omtalt i denne oppgaven. Opplysningene i kapittel 3 er i hovedsak hentet fra Aimsuns brukermanual kapittel 2 (TSS, 2011a), Aimsunkurs (Rinelli, 2011) og forfatterens eget arbeid med programmet.

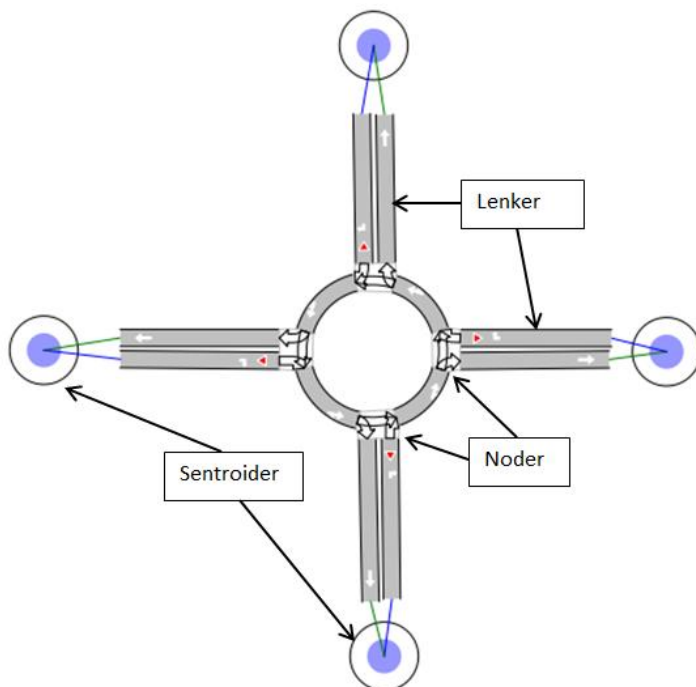
3 Kode en rundkjøring i Aimsun 7

Aimsun definerer enhver trafikksituasjon ved hjelp av lenker, sentroider og noder med tilhørende svingebevegelser. Dette er grunnlaget for alle typer simuleringer som skal utføres i programmet. Figur 2 viser den grafiske utformingen av nevnte trafikkelementer.



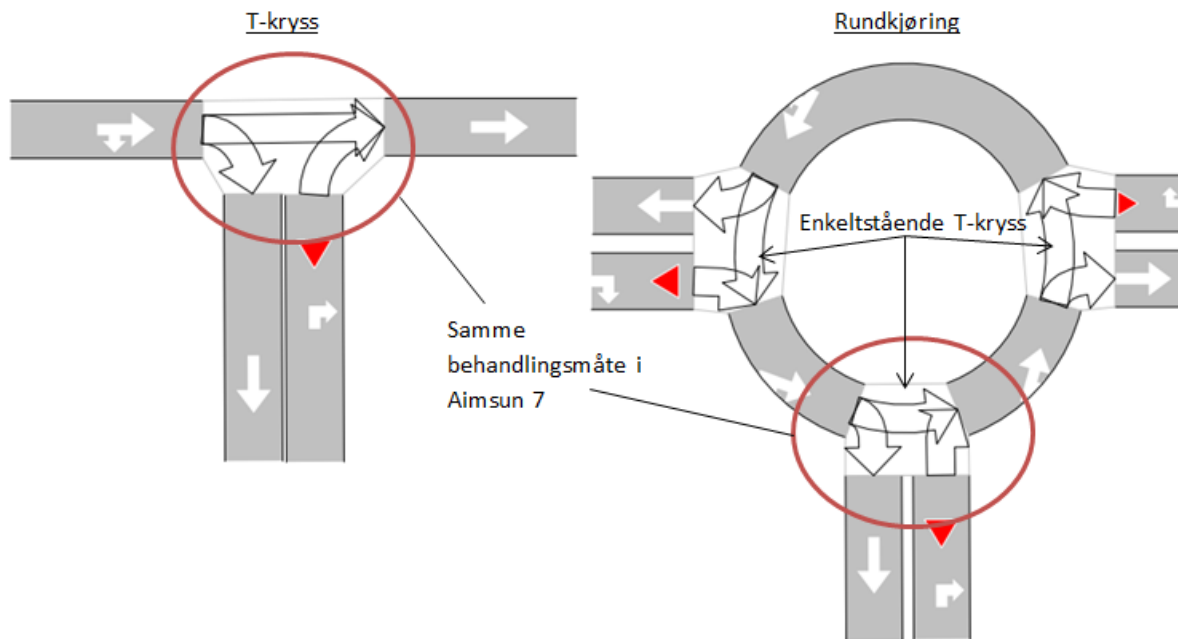
Figur 2 Elementer i simuleringen.

Sentroide er et innsatt punkt i trafikkmодellen som kan generere trafikk inn i modellen eller attrahere trafikk ut av systemet. En lenke representerer det en til vanlig oppfatter som en veg, og den binder sammen noder. En node er der kjøretøyet blir stilt ovenfor et valg om hvilken retning det skal kjøre. Det vil si et kryss eller et på- og avkjørselsfelt. Noden er bygget opp av svingebevegelser. De bestemmer hvilket retningsvalg kjøretøyet har, og hvilket felt det må ligge i for å kunne gjennomføre svingebevegelsen. Figur 3 viser hvordan en enkel firearmet-rundkjøring kan kodes i Aimsun. Den er en sammenkobling av flere enkeltstående noder, lenker og sentroider.



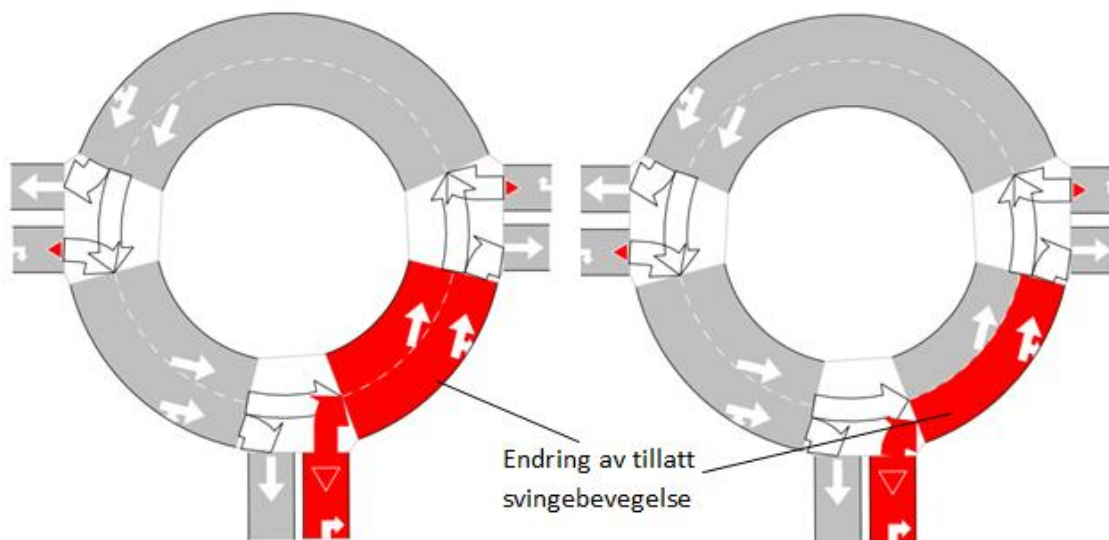
Figur 3 Koding av rundkjøring i Aimsun 7.

Med enkeltstående noder menes det at programmet behandler en rundkjøring som en samling av flere enkeltstående T-kryss (Rinelli, 2011). Det er ingen forskjell i hvordan programmet håndterer de to tilfellene vist i Figur 4. Resultatet vil bli forskjellig, som følge at det er geometriske forskjeller i utformingen til kryssene. Hvordan programmet behandler trafikksituasjonen, med tanke på vikeplikt og kjøretøyoppførsel, er den samme.



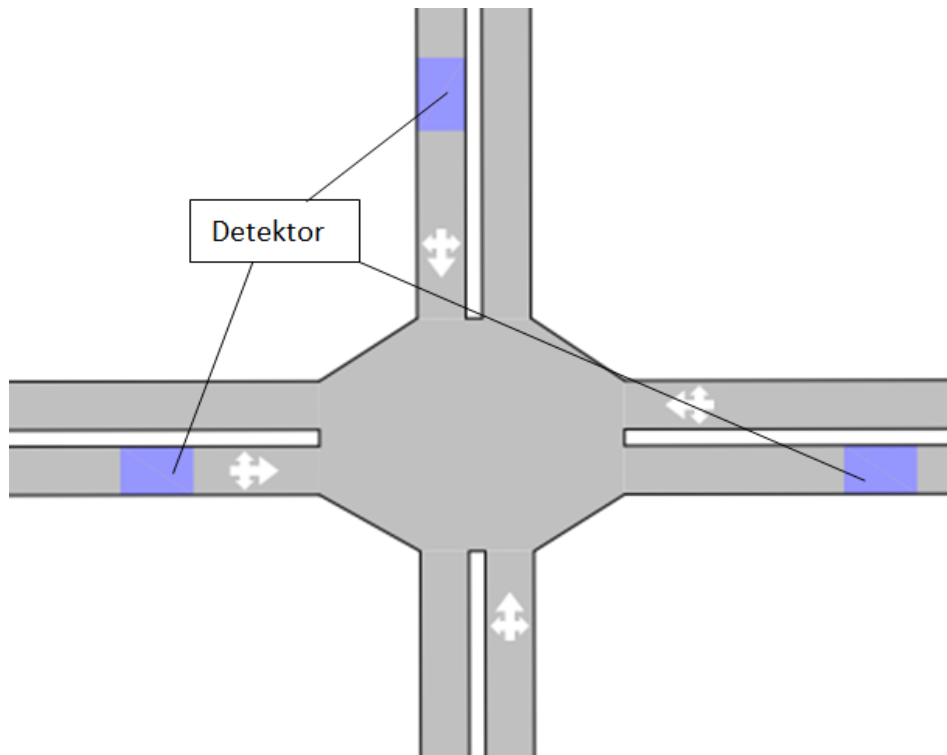
Figur 4 T-kryss og rundkjøring i Aimsun 7.

Figur 5 viser hvordan brukeren av programmet kan endre tillatt svingebevegelse for kjøretøy fra sørgående retning. I tilfellet til høyre må kjøretøy posisjonere seg i det ytterste feltet, mens i tilfelle til venstre er det valgfritt.



Figur 5 Forskjellig bruk av tillat svingebevegelse.

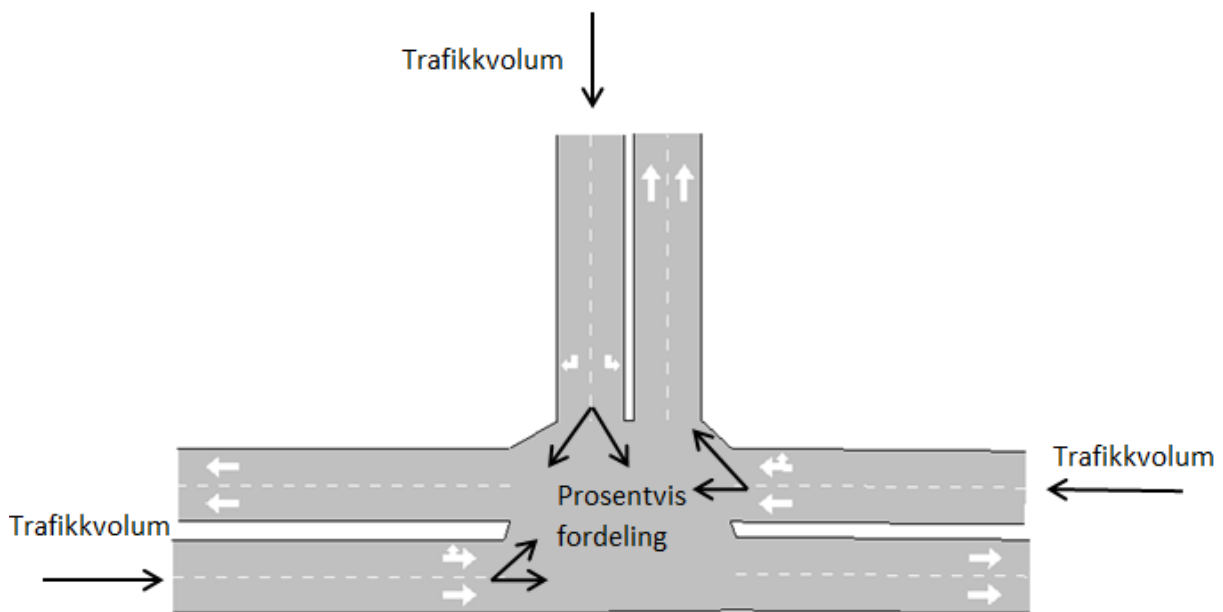
I tillegg til sentroide, svingebevegelse, lenke og node, er detektor et viktig verktøy i aimsunmodeller. Detektorer må ikke være med i en modell, men de er et hjelpemiddel ved beregning av resultater. En detektor registrerer når et kjøretøy passerer (tidspunkt) og hvilket kjøretøy det er (kjøretøy-ID). Figur 6 viser hvordan detektorer ser ut i en aimsunmodell.



Figur 6 Detektorer

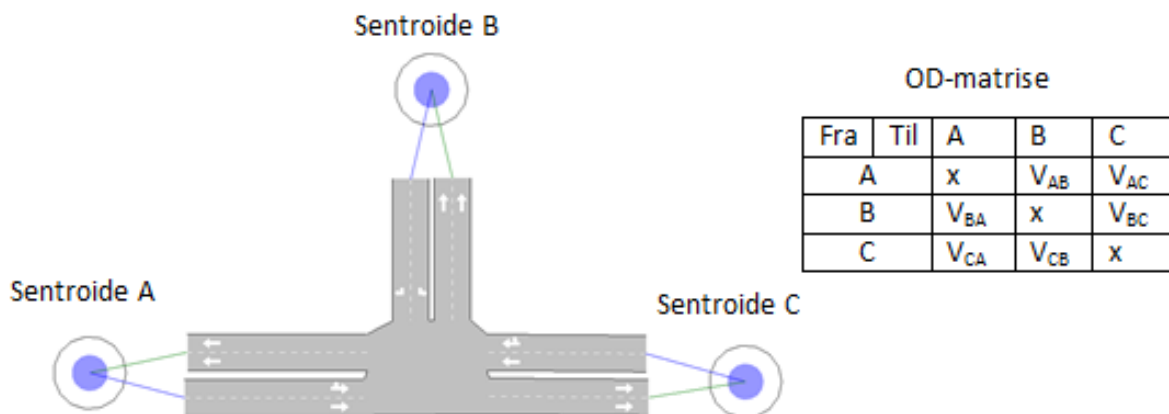
3.1 Trafikkvolum

Aimsun har to muligheter til å legge inn trafikkvolum. Hvilken måte som er mest hensiktsmessig kommer an på hvilke inngangsdata en har tilgjengelig. Den ene muligheten baserer seg på svingeandel og trafikkvolum i ytterkantene av modellen. Brukeren av programmet legger inn trafikkvolumet i alle lenkene som blir avsluttet av grenseområdet, og videre svingeandel i hvert enkelt kryss. Ruten til hvert enkelt kjøretøy er ikke bestemt på forhånd, men blir til underveis i simuleringen. Hvert enkelt kjøretøy vet ikke hvor det vil ende opp, og har kun kunnskap om neste aktuelle svingebevegelse. Figur 7 illustrerer prinsippet i et enkelt T-kryss.



Figur 7 Trafikkvolum.

Den andre muligheten er å definere en OD-matrise. Det er en matrise som inneholder antall turer fra en sentroide til en annen. Matrisen inneholder alle turer til og fra hver enkelt sentroide i modellen. Kort forklart er OD-matrisen en nøkkel som forteller start og sluttspunkt til alle turene som blir gjort. Figur 8 viser bruken av sentroider med tilhørende OD-matrise.

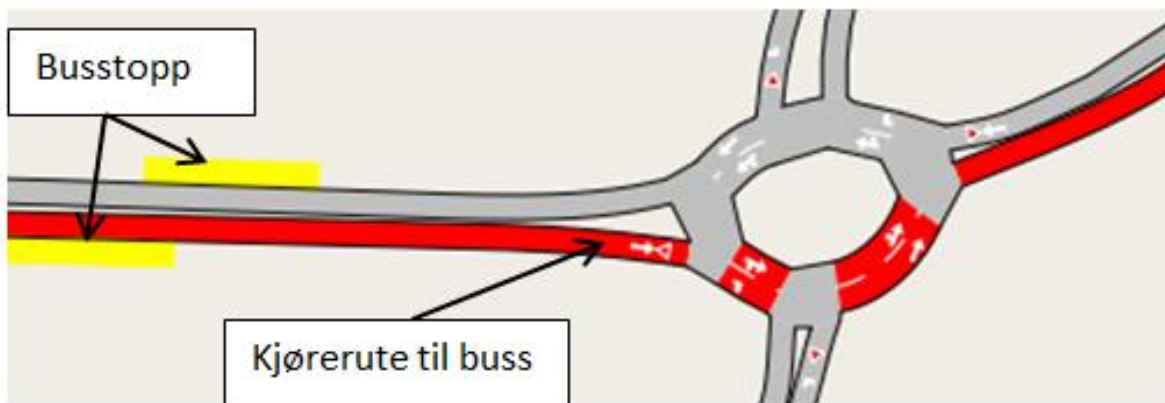


Figur 8 Trafikkvolum gitt fra en OD-matrise.

Uansett hvordan en velger å oppgi trafikkvolumet, er det viktig å få med seg at en kan skille mellom forskjellige klasser av kjøretøy. For eksempel kan en matrise inneholde vanlig personbiltrafikk, drosjetrafikk, tungtrafikk eller busstrafikk. Det er opp til brukeren å velge det som best representerer den aktuelle situasjonen. Aimsun kan kjøre flere matriser eller grupper av svingeandeler samtidig, slik at det totale trafikkvolumet blir mest mulig representativt for virkeligheten. Det gir også muligheten til å lage en simulering der en får med endring av trafikkvolumet over tid.

3.2 Kollektivtransport

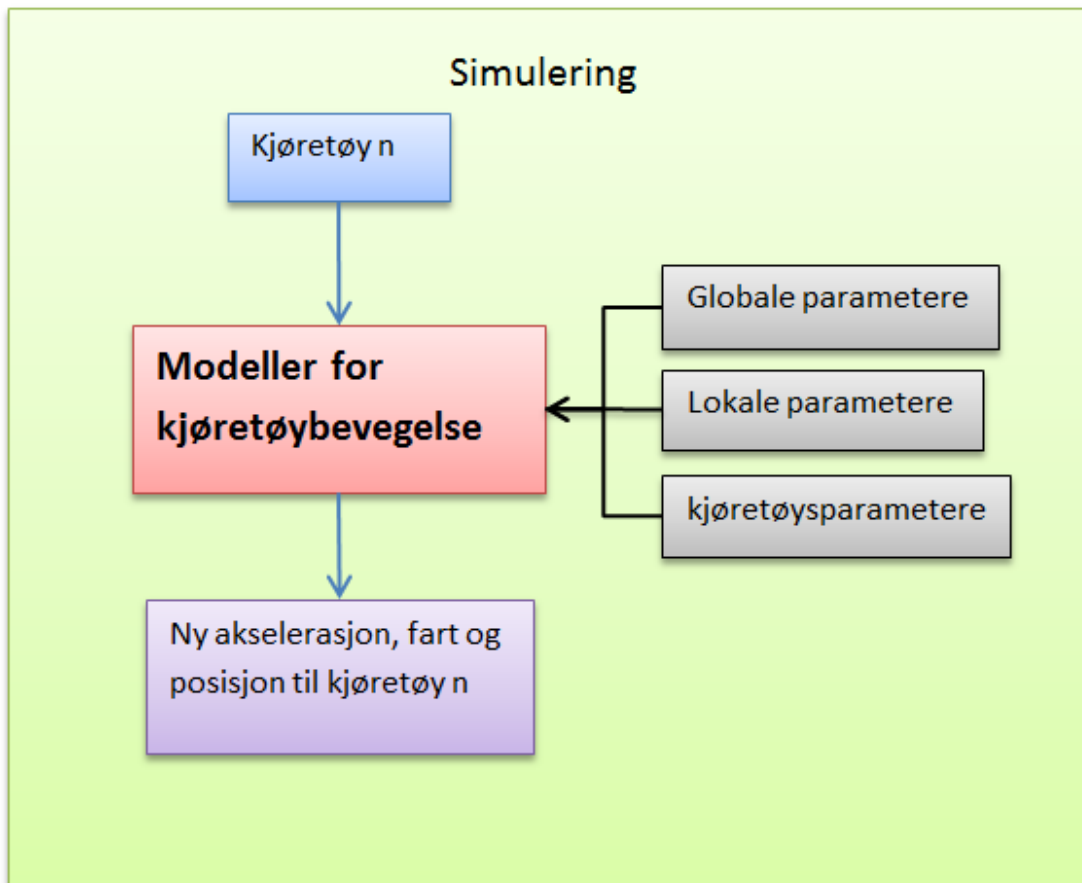
Kollektivtransport inngår ikke i trafikken definert i 3.1. Hver enkelt linje må defineres med kjørerute og hvilket busstopp som skal brukes. Rutetabeller legges også inn med avgangstider og frekvens. Figur 9 viser et eksempel på hvordan to busstopp i nærhet til en rundkjøring blir seende ut i Aimsun 7. Kjøreruten til bussen er markert med rødt.



Figur 9 Kollektivtransport.

3.3 Kjøretøybevegelse

Oppførselen til et kjøretøy blir beskrevet av fart, akselerasjon og posisjon. Kjøretøy i nettverket vil oppføre seg i henhold til bevegelsesmodeller implementert i Aimsun 7. Det vil si matematiske formler som, ved hjelp av brukerdefinerte verdier, forteller hvordan hvert enkelt kjøretøy beveger seg til en hver tid. Metodikken i en hver simulering er den samme, men brukeren har muligheten til å endre kjøretøyenes oppførsel ved å endre verdier på parametere innsatt i formlene. Figur 10 illustrerer prinsippet for en simulering. Modellene for kjøretøybevegelse, som er aktuelle i forbindelse med modellering av rundkjøringer, vil bli forklart i detalj videre i avsnitt 3.3.1..



Figur 10 Kjøretøyoppførsel.

Parameterne kan kategoriseres inn i tre grupper. Kjøretøysegenskap-parametere (kjøretøysparametere), lokale vegparametere og globale vegnettverk-parametere. Som navnet tilsier påvirker kjøretøysparametere egenskaper til hvert enkelt kjøretøy. Eksempler er *lengde*, *akselerasjonsevne* eller *foretrukket avstand til kjøretøyet foran ved stopp*. Parameterne som går på kjøretøyegenskaper blir definert for hver kjøretøygruppe. Det vil si at personbiler har et sett med parametere, busser et annet sett og eventuelle resterende grupper har enda et sett. Parameterne blir oppgitt i gjennomsnittsverdi, avvik fra gjennomsnittet, minste verdi og største mulige verdi. De faktiske egenskapsverdiene til hver bil blir fordelt ut i fra en normalfordeling. Det sikrer at kjøretøyene vil ha forskjellige egenskaper innenfor en gitt rimelighet. Et eksempel på dette kan være at personbiler er mellom 4 meter og 5,5 meter lange og har forskjellig evne til å akselerere. I og med at alle verdiene er tilfeldig fordelt, kan

det bli ulogiske sammenhenger. Eksempelvis ved at en lang bil har gode akselerasjonsegenskaper. Figur 11 viser et eksempel på hvordan kjøretøysegenskap-parameterne legges inn i Aimsun.

	Mean	Deviation	Min	Max
Length	4 m	0,50 m	3,50 m	4,50 m
Width	2 m	0 m	2 m	2 m
Max Desired Speed	110 km/h	10 km/h	80 km/h	150 km/h
Max Acceleration	3 m/s ²	0,20 m/s ²	2,60 m/s ²	3,40 m/s ²
Normal Deceleration	4 m/s ²	0,25 m/s ²	3,50 m/s ²	4,50 m/s ²
Max Deceleration	6 m/s ²	0,50 m/s ²	5 m/s ²	7 m/s ²
Speed Acceptance	1,10	0,10	0,90	1,30
Min Distance Veh	1 m	0,30 m	0,50 m	1,50 m
Give Way Time	10 Secs	2,50 Secs	5 Secs	15 Secs
Guidance Acceptance	100 %	0 %	100 %	100 %
Sensitivity Factor	1	0	1	1
Minimum Headway	0 Secs	0 Secs	0 Secs	0 Secs

Figur 11 Eksempel på kjøretøysparametere

Lokale vegparametere blir definert for hver lenke. Det vil si at vegparameterne kun gjelder for de kjøretøy som befinner seg på lenken. Eksempler på dette er *fartsgrense* eller *helningsgrad*.

Globale parametere gjelder for alle kjøretøy i hele modellen. *Reaksjonstid* for sjåfører er et eksempel på en global parameter.

Parameterne er brukerens mulighet til å påvirke programmet slik at det gir en mest mulig realistisk simulering. Parameterne som er viktig for modellering av rundkjøringer blir nærmere forklart i avsnitt 3.3.1. Der blir det forklart i detalj hvordan parameterne inngår i modellene for kjøretøybevegelse.

3.3.1 Modeller for kjøretøybevegelse

Simuleringen er delt inn i intervaller (Δt) kalt *simulation step*. Det er en global parameter som kan endres. Den forteller hvor ofte programmet oppdaterer seg, og den setter inn nye verdier i “oppførsel”-modellene. Brukeren kan selv velge en *simulation step*-verdi mellom null og ett sekund. Denne verdien har innvirkning på simuleringen og resultatet. Mindre Δt verdi gir større kapasitet på vegnettet. Sjåførene reagerer oftere, og følgelig raskere, på grunn av at kjøretøyoppførselsmodeller i programmet blir oppdatert hyppigere. Kjøretøy kan ligge nærmere kjøretøyet foran, de aksepterer mindre tidsluker og de akselererer tidligere. Informasjonen i avsnitt 3.3.1 er hentet fra programmets brukermanual (TSS, 2011b).

3.3.1.1 Fart til ledende kjøretøy

Hvis det ikke er noen andre kjøretøy å ta hensyn til, vil kjøretøyet prøve å oppnå en passende fart gitt fra tre parametre. De tre parametrene er *kjøretøyets maksimal ønskede fart* ($V_{max}^*(n)$), *kjøretøyets villighet til å akseptere fartsgrensen* ($\theta(n)$) og *oppgitt fartsgrense på strekningen* ($S_{limit}(s)$). Fartsgrensen på strekning s , for kjøretøy n , er gitt fra formel 1.

$$S_{limit}(n, s) = S_{limit}(s) * \theta(n) \quad (formel 1)$$

Lokal parameter \nearrow \nwarrow Kjøretøyparameter

Det vil si at hvert kjøretøy har en egen holdning til fartsgrensen. Noen velger å kjøre litt under, mens andre over. Valget blir gjort ut i fra kjøretøysparameteren θ . Fra formel 1 ser vi at θ -verdi mindre enn 1 gjør at kjøretøyet vil vurdere fartsgrensen som for høy. Følgelig vil θ -verdi større enn 1 vurdere fartsgrensen for lav.

Videre vil *ønsket fart* ($V^*(n)$) til kjøretøyet bli beregnet ut i fra formel 2.

$$V^*(n)(n, s) = MIN[S_{limit}(n, s), V_{max}^*(n)] \quad (formel 2)$$

Det vil si at sjåføren velger minste fart beregnet ut fra forhold til fartsgrense eller farten han selv ønsker å kjøre. At en sjåfør ønsker å kjøre en fart betyr ikke at han er i stand til det. Det kommer an på akselerasjonsegenskapene og omgivelsene rundt, men han vil etterstrebe å nå den.

3.3.1.2 Bilfølgemodell

Bilfølgemodellen implementert i Aimsun 7 er basert på Gibbs sin bilfølgemodell. Denne oppgaven går ikke i videre detalj om Gibbs sine teorier, men forklarer hva som ligger til grunn for Aimsun 7 sine beregninger.

Etterhvert som programmet har blitt utviklet, har også bilfølgemodellen blitt videreutviklet og oppdatert. Av kompatibilitetshensyn kan brukeren selv velge hvilken versjon han vil benytte, men i denne oppgaven omtales kun den nyeste bilfølgemodellen.

Bilfølgemodellen består i hovedsak av to komponenter, *akselerasjon* og *retardasjon*. *Akselerasjonen* representerer kjøretøyets ønske om å oppnå en gitt fart, mens *retardasjonen* tar høyde for begrensninger omgivelsene setter på kjøretøyet.

Den maksimale farten et kjøretøy kan akselerere opp til er gitt av formel 3.

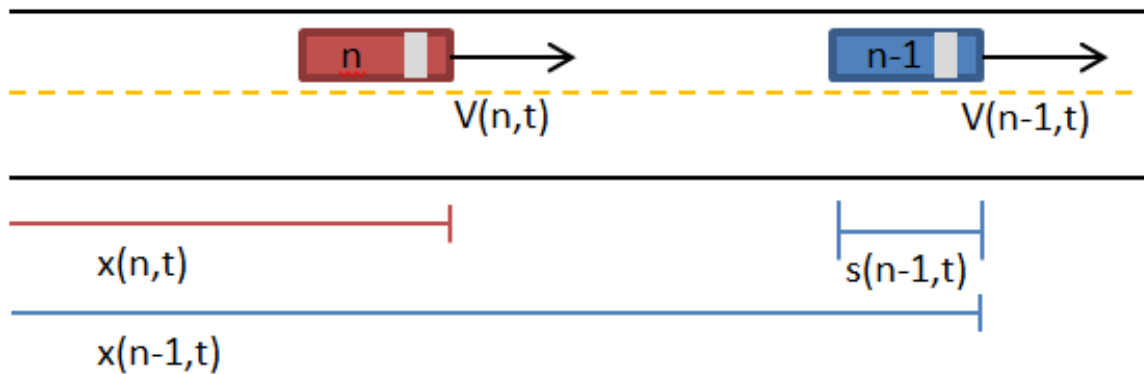
$$V_a(n, t + T) = V(n, t) + 2,5a(n)T \left(1 - \frac{V(n, t)}{V^*(n)} \right) \sqrt{0,025 + \frac{V(n, t)}{V^*(n)}} \quad (\text{formel 3})$$

$V(n,t)$ er farten til kjøretøy n ved tiden t , $V^*(n)$ er ønsket fart på gjeldene lenke som beskrevet i formel 2, $a(n)$ er *maksimal akselerasjon* for kjøretøy n (kjøretøyparameter) og T er *reaksjonstiden*. *Reaksjonstiden* er en global parameter, men brukeren kan selv bestemme om den skal være lik for alle kjøretøy, variere mellom kjøretøygruppene eller variere for alle kjøretøy. Hvordan det blir gjort utdypes i avsnitt 3.4.1. Det er viktig å være klar over at den globale *reaksjonstiden* må være et multiplum av verdien til *simulation step*.

I tillegg til V_a , må programmet ta høyde for de begrensningene andre kjøretøy setter for ønsket fart. Maksimal fart kjøretøy n kan oppnå, når et annet kjøretøy kjører foran (heretter kalt ledende kjøretøy ($n-1$)), er gitt fra formel 4:

$$V_b(n, t + T) = d(n)T + \sqrt{d(n)^2 T^2 - d(n) \left[2\{x(n-1, t) - s(n-1) - x(n, t)\} - V(n, t) - \frac{V(n-1, t)^2}{d'(n-1)} \right]} \quad (\text{formel 4})$$

$d(n)$ er kjøretøy n sin evne til å retardere (kjøretøysparameter), $V(n,t)$ er farten til bil n , $V(n-1,t)$ er farten til bil $n-1$, $x(n,t)$ er posisjonen til kjøretøy n ved tid t , $x(n-1,t)$ er posisjonen til ledende kjøretøy ($n-1$) ved tid t og $s(n-1)$ er lengden av kjøretøy ($n-1$). Figur 12 illustrerer notasjonene brukt i formelen.



Figur 12 Illustrasjon av bilfølgenotasjon

Aimsun 7 bruker to verdier for retardasjonsegenskapen $d(n)$, avhengig av hvilken situasjon kjøretøyet befinner seg i. *Normal retardasjon* blir brukt under normale kjøreforhold, mens *maksimal retardasjon* kun blir brukt til ekstreme nedbremsinger. Den sistnevnte er mest aktuell når to kjøretøy er på kollisjonskurs.

$d'(n-1)$, i formel 4, er et estimat på kjøretøy (n-1) sin retardasjon. Programmet bruker det på følgende måte, gitt av formel 5:

$$d'(n-1) = d(n-1) * a \quad (\text{formel 5})$$

$d(n-1)$ er retardasjonen til ledende kjøretøy (n-1) og a er en sensitivitetsparameter. Både $d(n-1)$ og a er kjøretøysparametere. Når a er mindre enn én, vil følgekjøretøyet undervurder retardasjonen til bilen foran. Konsekvensen blir at følgekjøretøyet kommer nærmere ledende kjøretøy og i så måte oppfører seg aggressivt i trafikken. Verdi større enn én vil gi motsatt effekt å føre til en roligere følgesjåfør.

Farten til kjøretøy n i tidsintervallet $(t, t+T)$ blir satt til minimumsverdien fra enten formel 3 eller 4, som beskrevet i formel 6. Det sikrer at kjøretøy tar hensyn til ledene kjøretøy dersom det er nært nok og holder en lavere fart. Hvis ikke kjører kjøretøy n slik det ønsker ut i fra formel 3.

$$V(n, t + T) = \min \{V_a(n, t + T), V_b(n, t + T)\} \quad (\text{formel 6})$$

Etter at farten til kjøretøy n er regnet ut, blir posisjonen oppdatert etter formel 7. Ligningen bruker forholdet mellom strekning, fart og tid til å finne ny posisjon til kjøretøy n ved tidspunkt $t+T$.

$$x(n, t + T) = x(n, t) + V(n, t + T)T \quad (\text{formel 7})$$

Det er mulig å legge inn et tilleggskrav til minste tidsavstand mellom kjøretøy i bilfølgemodellen. Det vil si at det må være minimum én tidsluke mellom ledende bil (n-1) og følgebil n. Dette nye kravet til tidsluke blir tilført i modellen før programmet angir ny posisjon $x(n, t + T)$ gitt fra formel 7.

Minimum tidsluke er definert i programmet av følgende spørring:

$$\text{If } [x(n-1,t+T)-s(n-1)] - [x(n,t)+V(n,t+T)T] < V(n,t+T) * \text{minHW}(n)$$

$$\text{then } V(n,t+T) = ([x(n-1,t+T)-s(n-1)] - x(n,t)) / \text{minHW}(n) + T$$

$\text{MinHW}(n)$ er en kjøretøysparameter og angir minimum tidsluke mellom kjøretøyene.

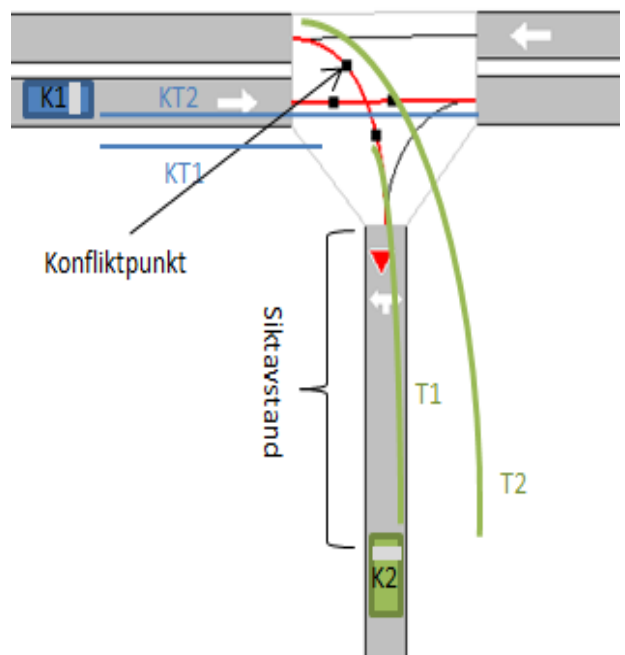
Spørringen forteller at dersom fremtidig beregnet avstand mellom kjøretøy n og (n-1) er mindre enn minimumsavstanden gitt av MinHW , vil programmet beregne en ny fart til følgebil n. Er dette tilfelle vil programmet beregne en ny fart ut ifra avstanden mellom bilene på tidspunkt t og t+T, der minste akseptable tidsluke mellom kjøretøyene er med på å sette farten til kjøretøy n. På den måten sikrer programmet at kjøretøy n ikke kommer unaturlig tett opptil ledende kjøretøy (n-1). Hvis dette ikke er tilfellet er den vanlige modellen fra tidligere versjoner gjeldene.

3.3.1.3 Vikepliktsmodell

Dette avsnittet forklarer mekanismen som styrer hvordan et eventuelt vikende kjøretøy er programmert til å oppføre seg. Figur 13 illustrerer variablene som blir brukt i vikepliktsmodellen.

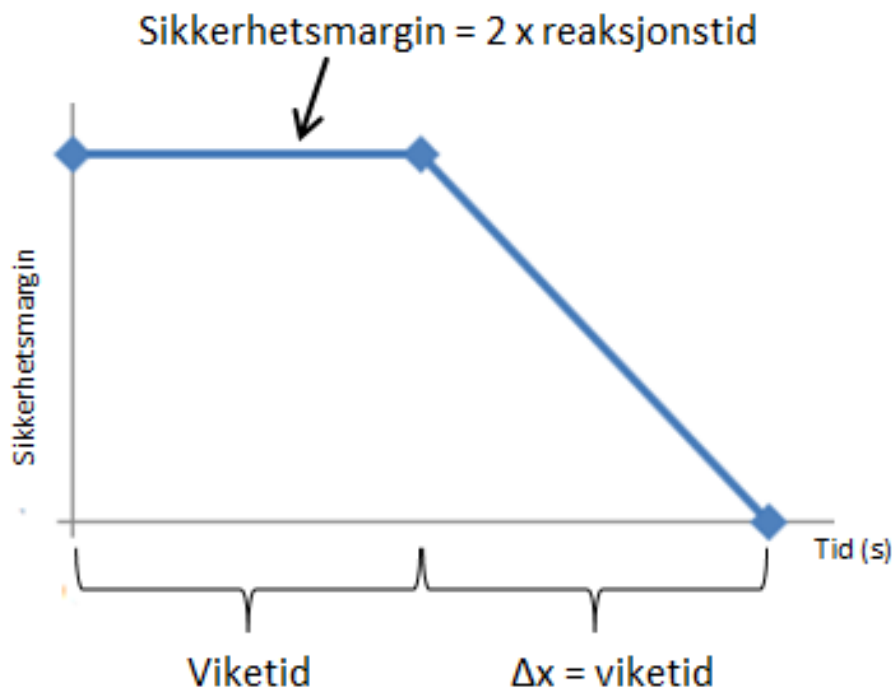
Siktavstand (m) er en lokal parameter som gjelder for vikende kjøretøy K2. Hvis avstanden til krysset er mindre enn oppgitt *siktavstand*, vil vikepliktsmodellen bestemme om kjøretøy K2 viker eller ikke. Modellen gjennomfører følgende operasjoner:

- Finner nærmeste kjøretøy til K2 som har prioritet.
- Bestemmer konfliktpunkt.
- Beregner tiden ($T1$) det tar for K2 å nå nærmeste konfliktpunkt.
- Beregner tiden ($KT1$) det tar for K1 å nå nærmeste konfliktpunkt.
- Beregner tiden ($T2$) det tar for at K2 passerer alle konfliktpunkt.
- Beregner tiden ($KT2$) det tar for at K1 kommer gjennom krysset.
- Hvis $T2 + \text{sikkerhetsmargin}$ er mindre enn $KT1$ vil K2 ha tid nok til å kjøre gjennom krysset, og starte akselerasjon.
- Hvis punkt g ikke gjelder, sjekkes det om $KT2$ pluss sikkerhetsmargin er mindre enn $T1$. Hvis det er tilfellet betyr det at K1 har passert. Da sjekker modellen om det er andre kjøretøy med høyere prioritet innenfor 100 meter fra krysset. Er det tilfellet blir det satt til å være K1 og programmet går tilbake til punkt b.
- Hvis verken punkt g eller h er gjeldene må K2 vike for K1.



Figur 13 Vikepliktnotasjon.

Gjennom punkt a til i er det forskjellige tidsvariabler som avgjør utfallet av en vikesituasjon. Tidsvariablene avhenger igjen av flere parametere i forbindelse med kjøretøyenes evne til å bevege seg. De viktigste parametere er *akselerasjonsrate*, *viketid* og *siktavstand*. Akselerasjonsparameteren er tidligere omtalt, men *viketid* er en ny parameter. *Viketid* avgjør når kjøretøy K2 blir utålmodig og aksepterer en mindre sikkerhetsmargin. Sikkerhetsmarginen er i utgangspunktet satt til $2 \cdot \text{reaksjonstiden}$, men hvis et kjøretøy viker lengre enn oppgitt viketid vil det godta mindre tidsluker. Til slutt vil det ikke ha sikkerhetsmargin i det hele tatt. Sikkerhetsmarginen går fra $2 \times \text{reaksjonstid}$ ned til null over et intervall lik *viketiden*. Figur 14 viser sammenhengen mellom *viketid*, sikkerhetsmargin og *reaksjonstid*. *Reaksjonstid* er en global parameter, mens *viketid* er en kjøretøyparameter.



Figur 14 Viketid og sikkerhetsmargin.

Konfliktpunktene brukt i vikepliktsmodellen, som vist i Figur 13, blir i utgangspunktet satt av programmet ut ifra hvor kjøretøyene vil komme i fysisk konflikt med hverandre. Brukeren kan selv velge å endre plassering av punktene.

3.4 Indirekte parametere

Dette kapittelet omhandler parametere som ikke direkte inngår i noen av formlene i kjøretøysmodellene. Likevel har de indirekte påvirkninger for bevegelsen til kjøretøy, ved at de endrer verdier på parametere innsatt i kjøretøysmodellene.

3.4.1 Variasjon i reaksjonstid

Reaksjonstid er en viktig parameter i enhver aimsunsimulering. *Reaksjonstid* inngår direkte i bilfølgemodellen, og indirekte i vikepliktsmodellen (jfr. avsnitt 3.3.1.2 og 3.3.1.3). Programmet varierer *reaksjonstiden* etter hvilken tilstand kjøretøyet befinner seg i. Det er en *reaksjonstid* for *kjøretøy i fart*, *ved stopp* og *ved trafikkllys*. Figur 15 viser hvordan brukeren kan legge inn tre forskjellige verdier for de nevnte *reaksjonstidene*. *Reaksjonstidene* vil gjelde som globale parametere, og følgelig gjelde for alle kjøretøyene i nettverket.

Simulation Step (in seconds)
Simulation Step: 0,75

Reaction Time Settings
 Fixed (same for all Vehicle Types) Variable (different for each Vehicle Type)

Values (in seconds)
Reaction Time: (same as simulation step)
Reaction Time at Stop: 1,35
Reaction Time at Traffic Light: 1,35

Figur 15 Eksempel på hvordan reaksjonstid legges inn i Aimsun 7.

Det er også mulig å gi forskjellig *reaksjonstid* til forskjellige kjøretøysgrupper. Figur 16 viser hvordan en kan legge inn *reaksjonstider* kun for biler, og det samme kan gjøres for andre grupper som for eksempel busser eller tunge kjøretøy.

Simulation Step: 0,60

Reaction Time Settings
 Fixed (same for all Vehicle Types) Variable (different for each Vehicle Type)

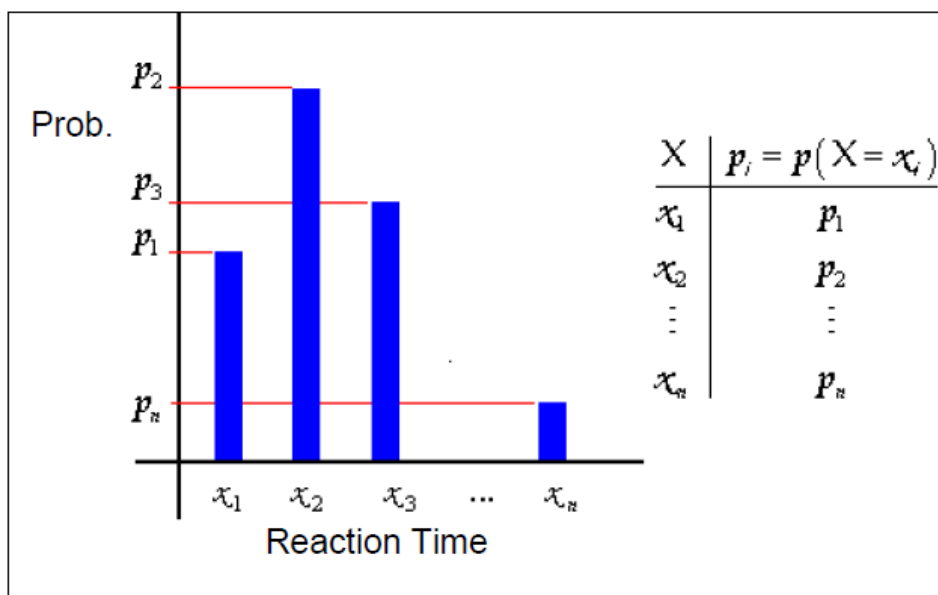
Values (in seconds)
Vehicle Type: 53: Car

Reaction Time	Reaction Time at Stop	Reaction Time at Traffic Light	Probability (0, 1]
0,75	1,10	1,30	1,00

Add
Delete

Figur 16 Forskjellig reaksjonstid for forskjellige kjøretøysgrupper.

Ved å gi forskjellige *reaksjonstider* til kjøretøysgruppene, oppstår det enda en mulighet til å påvirke *reaksjonstiden*. Innenfor hver kjøretøysgruppe er det mulig å definere en diskret sannsynlighetsfordeling (Figur 17). Det vil si at brukeren kan definere flere sett med *reaksjonstider*, og oppgi sannsynligheten for at hver av dem skal gjelde. Kravet om at *reaksjonstiden* skal være et multiplum av *simulation step* gjelder fortsatt.



Figur 17 Eksempel på sannsynlighetsfordeling for en kjøretøysgruppe (TSS, 2011c).

Variasjon i reaksjonstid er en lokal parameter som kan defineres for hver lenke i nettverket. Den gir muligheten til å endre reaksjonstiden på utvalgte lenker i modellen, og den virker på følgende måte:

$$RT_{V,S} = RT_V + RTV_S * simulation_{step} \quad (\text{formel 8})$$

$RT_{V,S}$ er reaksjonstiden til kjøretøy v på lenke s, RTV_S er variasjon i reaksjonstid på lenke s og RT_V er ordinær reaksjonstid til kjøretøy v hentet fra global parameter. Det vil si at verdien av variasjon av reaksjonstid blir multiplisert med verdien av **simulation step**, og deretter lagt til den ordinære reaksjonstiden. Merk at RTV_S må ha positivt fortegn, og derfor kan parameteren kun brukes til å øke reaksjonstiden. RTV_S må være et heltall.

3.4.2 Variasjon i viketid

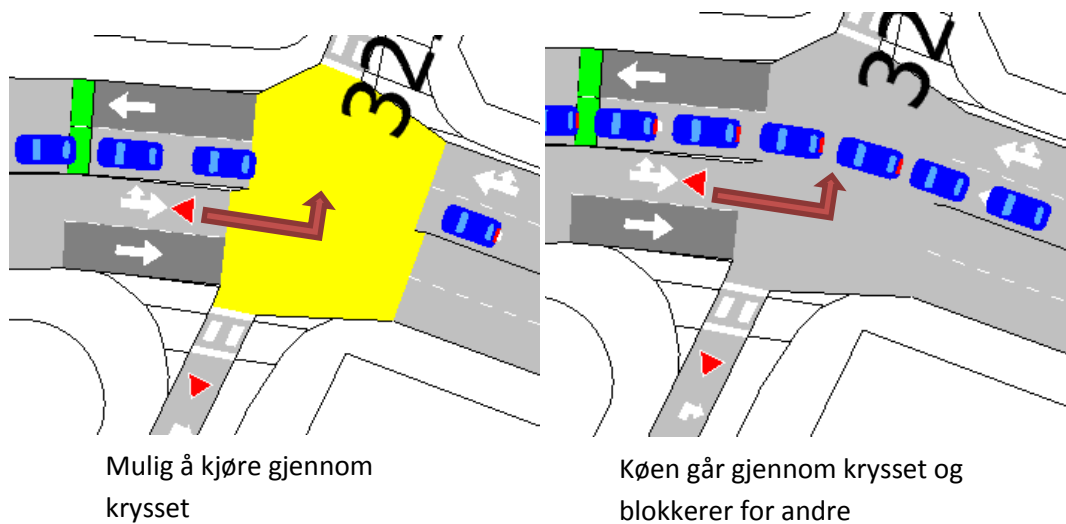
Viketid er i utgangspunktet en kjøretøysparameter, og blir definert for hver kjøretøysgruppe. Variasjon i viketid er en lokal parameter som gir muligheten til å skape lokale variasjoner i modellen. Det er en absoluttverdi som enten trekkes fra eller legges til viketiden for den aktuelle lenken.

3.4.3 Minste avstand mellom kjøretøy

Minste avstand mellom kjøretøy er en kjøretøysparameter, og forteller minste avstand et følgekjøretøy holder til det forutgående kjøretøyet ved stopp. Avstanden blir oppgitt i meter, og som for de andre kjøretøyene oppgir brukeren avvik, gjennomsnitt-, minimum- og maksimumsverdi.

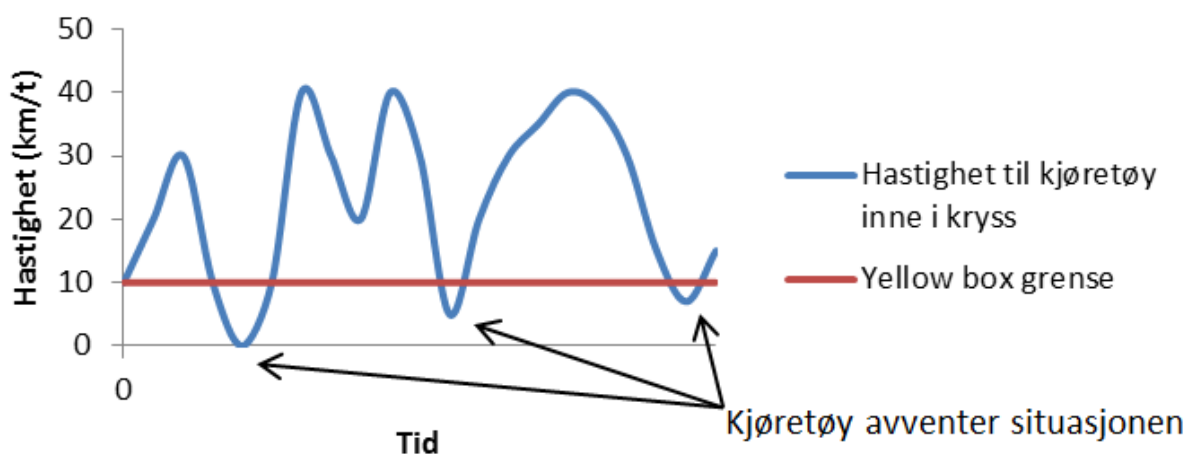
3.5 Yellow box

En *yellow box* er en måte å påvirke kjøretøyoppførsel i et kryss. Hensikten er å unngå at kjøretøy kjører inn i et allerede okkupert kryss. Figur 18 viser forskjellen på et kryss med og uten *yellow box*. Forskjellen er at i et kryss med *yellow box* vil ikke kjøretøy bevege seg inn i krysset, dersom det er andre kjøretøy som holder lav fart der.



Figur 18 Bruk av *yellow box*.

Brukeren velger selv hvilke kryss som skal ha *yellow box*-funksjonalitet. Det må også bestemmes hvilket fartsnivå som er grensen for når kjøretøy skal la være å kjøre inn i krysset. Denne grensen er en lokal parameter. Figur 19 viser hvordan grensen avgjør oppførselen til kjøretøy.



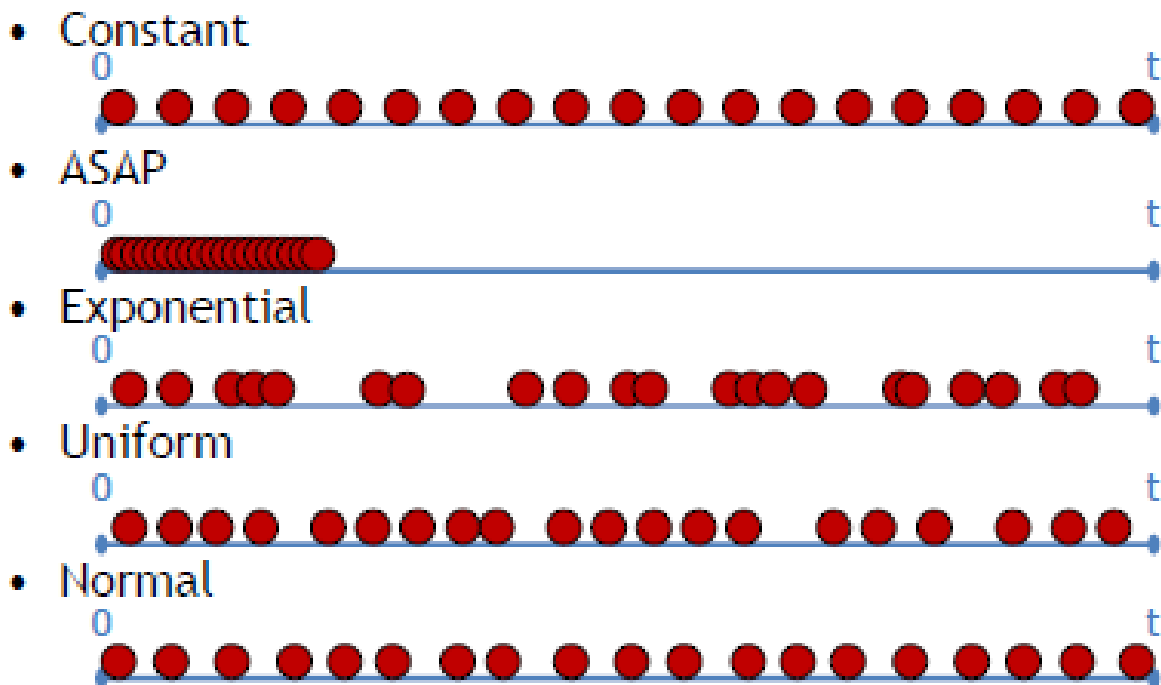
Figur 19 *Yellow box*-grense.

3.6 Headway

*Headway*² mellom hvert enkelt kjøretøy inn i modellen blir beregnet ut i fra en valgt sannsynlighetsfordeling. Brukeren av programmet legger inn trafikkvolumet, enten som OD-matrise eller svingebevegelser, og velger selv hvilken type sannsynlighetsfordeling han ønsker å benytte. *Headway* er en global parameter.

Ekspontialfordeling er standard *headway*-innstilling. Andre sannsynlighetsfordelinger som kan velges er normal-, uniform-, konstant- eller ASAP-fordeling. ASAP er laget for å simulere evakueringsituasjoner. Da følger kjøretøyene hverandre så tett som mulig (TSS, 2011d).

Teorien bak de forskjellige sannsynlighetsfordelingene blir ikke gjennomgått i denne oppgaven, men Figur 20 illustrerer hvor forskjellig resultatet blir.



Figur 20 Forskjellige sannsynlighetsfordelinger for headway (Rinelli, 2011)

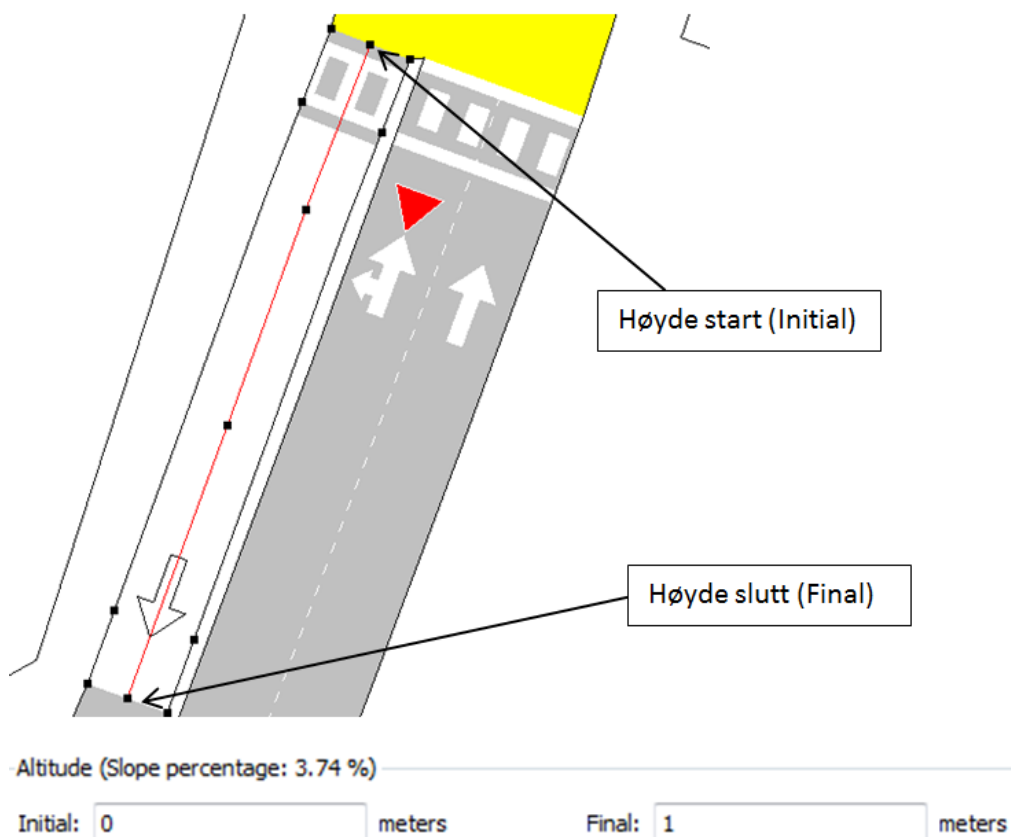
² **Headway** er tidsavstanden mellom to biler målt fra front til front (Aakre A. , 2011). I denne sammenhengen er det altså tiden mellom hver gang et kjøretøy blir sluppet inn i nettverket.

3.7 Helning

Helning på en veg har stor innvirkning på kjøretøyets evne til å akselerere. I programmet oppgis høydenivået i start og sluttunktet til hver lenke, og er ut i fra definisjonen en lokal parameter. Påvirkningen *helning* har på et kjøretøy, er gitt ved algoritmen (TSS, 2011e):

```
if(slope!=0){
    accel=Maximum(vehicle_acc - slope*9,81/100,vehicle_acc*0,1)
}
else[
    Accel=vehicle_acc
}
```

Det vil si at programmet først sjekker om det er *helning* på aktuelle veglenke. Er det tilfellet vil tyngdekraften enten redusere eller øke evnen kjøretøyet har til å akselerere, avhengig om det er stigning eller nedoverbakke. Akselerasjon blir behandlet som en vektor. Den går enten i samme retning som kjøretøyet eller stikk motsatt. Resultatet blir tillegg/fratrekk i kjøretøyets evne til å akselerere. Figur 21 viser et eksempel på hvordan høydedata legges inn for å skape *helning*. Høydemål legges inn i start- og sluttunktet til lenken, og *helningen* blir beregnet.

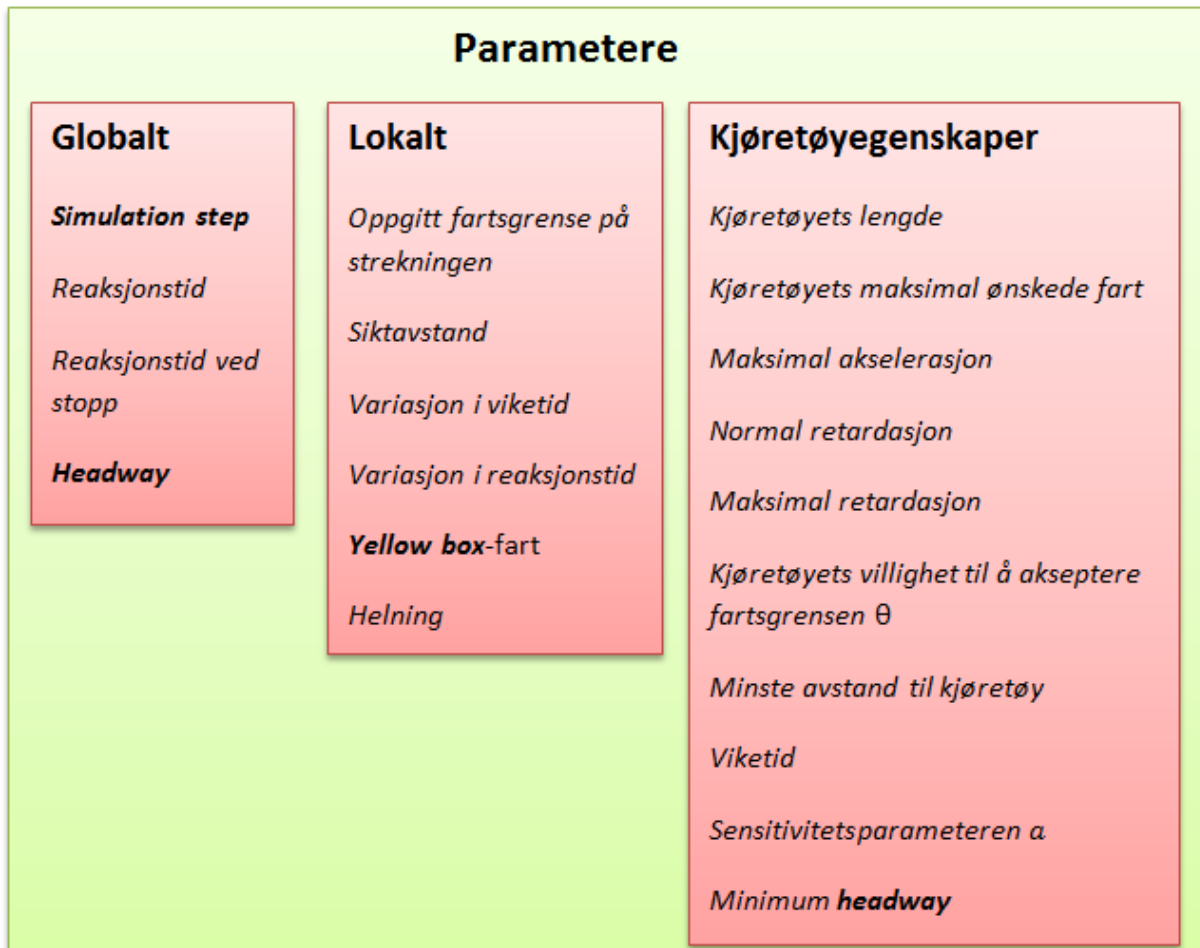


Figur 21 Innlegging av høydedata.

Merk at akselerasjonen aldri kan bli under 10 % av evnen kjøretøyet har til å akselerere på flat mark. Det er for å unngå at kjøretøy blir sittende fast i bratte bakker.

3.8 Oppsummering av aktuelle parametere

Gjennom kapittel 3.3 - 3.7 har alle aktuelle parametere, for å modellere en rundkjøring i Aimsun 7, blitt forklart. Det er et stort antall parametere, og det er vanskelig å holde oversikten. Derfor er det i Figur 22 gitt en oppsummering av alle aktuelle parameterne, og hvilket nivå av modellen de har betydning for.



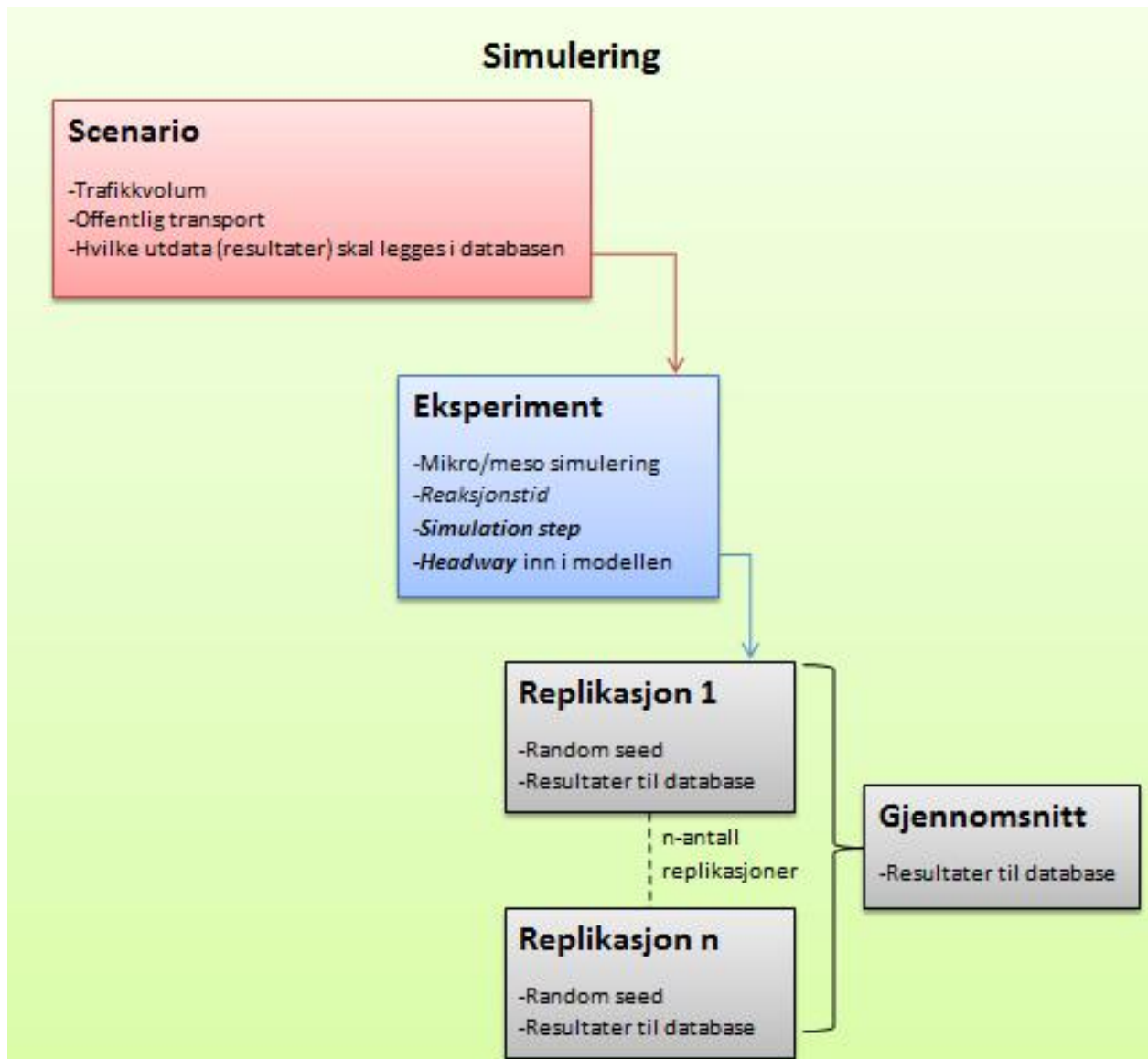
Figur 22 Oppsummering av parametere.

3.9 Rutevalg

I de aller fleste aimsunmodeller vil rutevalg være et viktig moment. I denne oppgaven ses det utelukkende på forhold rundt modellering av rundkjøringer. Rutevalg vil ikke ha noe å si i den sammenheng, og vil derfor ikke bli belyst nærmere.

3.10 Scenario og replikasjon

Denne seksjonen tar for seg oppbyggingen av en simulering i Aimsun 7 etter at vegnettverket er definert i programmet. For å gjennomføre en simulering må det lages et scenario, et eksperiment og en replikasjon. Sammenhengen mellom dem er vist i Figur 23 (TSS, 2011f).



Figur 23 Sammenheng mellom scenario, eksperiment og replikasjon.

I scenarioet oppgis det trafikkvolum, rutetraseer og rutetider for kollektivtransport og hvilke resultater som skal lagres og være tilgjengelig for videre arbeid. Resultater blir forklart i detalj i kapittel 3.11, men i denne sammenhengen er det nok å vite at resultater fra simuleringen lagres i en database. Databasen har potensiale til å bli uoversiktlig og kreve stor

lagringskapasitet. Derfor må brukeren selv velge hvilke resultater som skal lagres. Det gjøres i scenarioet.

Når scenarioet er ferdig opprettet må det lages et eksperiment. I eksperimentet bestemmes det type simulering (mikro/meso), *reaksjonstid*, *reaksjonstid ved stopp*, *simulation step* og *headway* inn i modellen. Etter eksperimentet er ferdig definert, er modellen klar for simulering. En replikasjon er selve simuleringen og inneholder et **random seed**. **Random seed** blir brukt til å starte genereringen av variasjoner brukt i parameterne i Aimsun. Hvert **random seed** gir et forskjellig sett av verdier til parameterne. Det vil si at det blir forskjellig resultat hvis en bruker forskjellig **random seed** i en replikasjon. Det er også hensikten med flere replikasjoner, som illustrert i Figur 23. Ettersom trafikk varierer fra dag til dag, sørger flere replikasjoner for at simuleringen tar høyde for akkurat det. Resultatene fra hver replikasjon samles til et gjennomsnittlig resultat for simuleringene.

Et scenario kan inneholde flere eksperiment, og et eksperiment kan inneholde flere replikasjoner. Det gjør at en kan utføre flere forskjellige forsøk på samme veg-geometri.

3.11 Resultater

Aimsun 7 kan produsere en rekke resultater. De kan deles inn i to kategorier. Statistiske data samlet i databaser og animerte grafiske presentasjoner. Det er et stort antall muligheter og varianter av data som kan bearbejdes, og i denne oppgaven fokuseres det på resultatene som var relevante for arbeidet med de utvalgte rundkjøringerne.

3.11.1 Statistiske data

Aimsun samler statistiske data i en database. Brukeren kan selv velge mellom flere databaseformater. I denne oppgaven er Microsoft-access³ valgt som databaseformat.

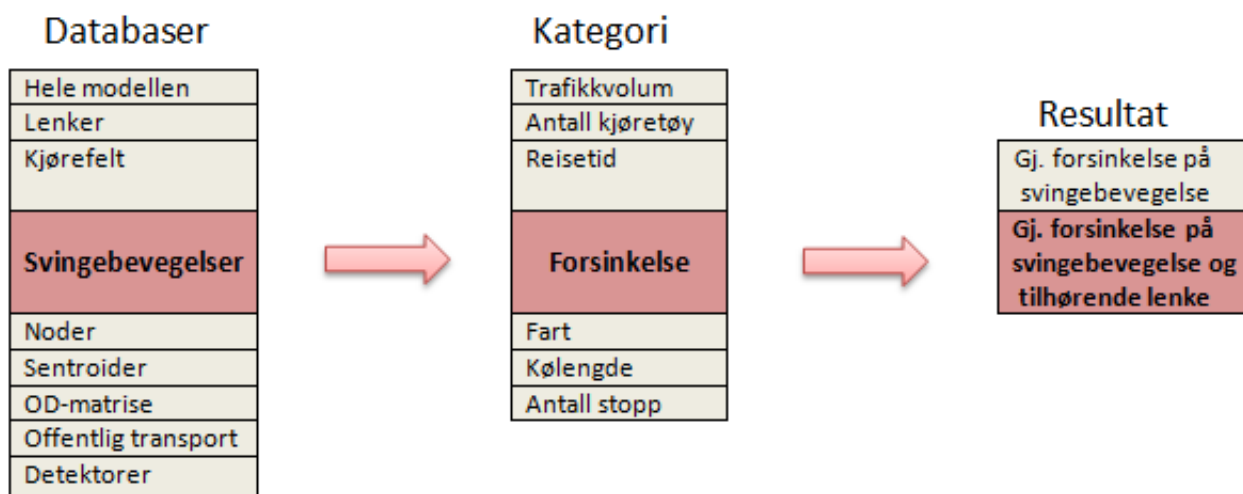
Ved kjøring av et scenario kan brukeren velge hvilke typer data som skal lagres i databasen. De forskjellige databasene er vist i Tabell 1 (TSS, 2011g). Generelt inneholder databasene trafikkdata som hastigheter, trafikkvolum, antall stopp, forsinkelse, tetthet av kjøretøy og reisetider, men ingen av dem er like. Det er omfangsrikt å gå i detalj på alle databasene, og det er ikke hensiktsmessig for denne oppgaven.

Tabell 1 Databaser

Databaser:
Hele modellen
Lenker
Kjørefelt
Svingebevejelser
Noder
Sentroider
OD-matrise
Offentlig transport
Detektorer

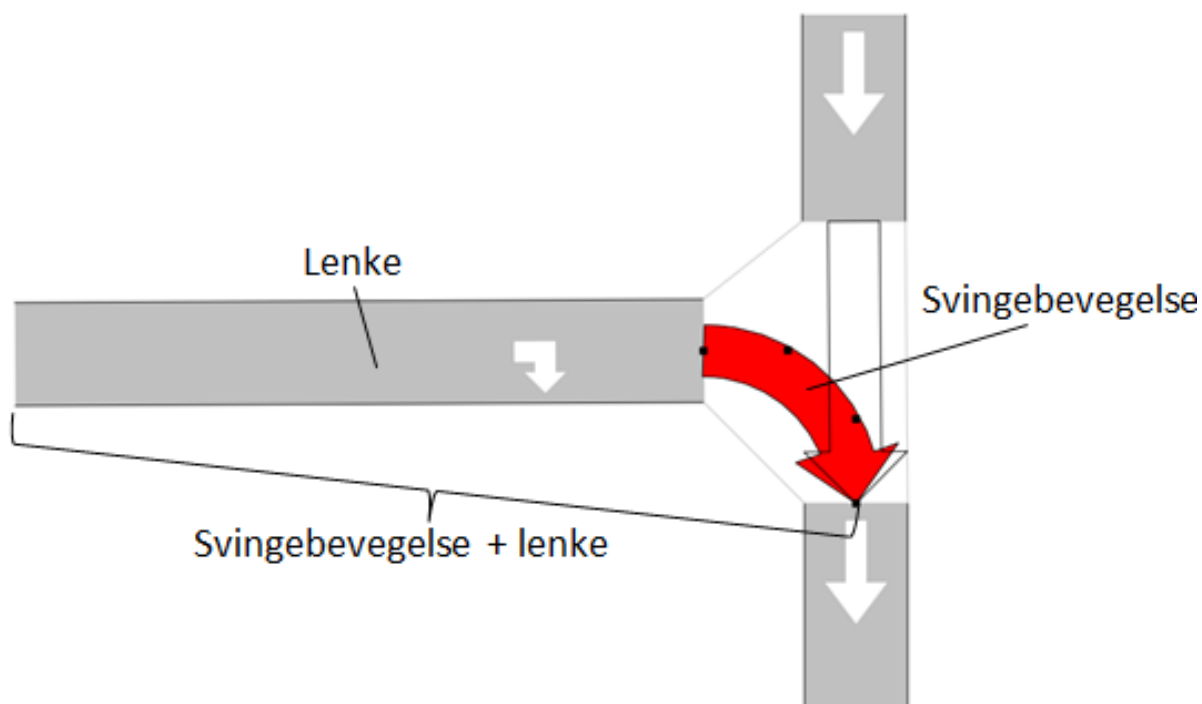
Forsinkelsesverdier ble i hovedsak brukt for å sammenligne modellresultat med registreringer fra virkeligheten. Hvordan og hvorfor blir forklart nærmere i kapittel 4.4 og kapittel 6 - 9. For å finne forsinkelsesverdier ble databasen for svingebevejelser brukt. Den oppgir forsinkelse for hver svingebevegelse, og også for hver svingebevegelse med tilhørende lenke (benevnt **link_delay** i databasen). Figur 24 illustrerer hvordan utvelgingen av resultater foregår. En ser hvordan det er flere resultater i en database, og gjennomsnittlig forsinkelse på svingebevegelse og tilhørende lenke blir valgt ut.

³ Microsoft-access er et databaseverktøy som følger med MS-Office pakken.



Figur 24 Henting av resultat fra databaser

Gjennomsnittlig forsinkelse på svingebevegelse og tilhørende lenke, vil si at programmet kalkulerer forsinkelsestiden for alle kjøretøy som passerer gitt svingebevegelse og lenke (Figur 25). Det er også mulig å ta ut forsinkelsestiden fra lenken isolert sett, men det gav bedre resultater da en inkluderte svingebevegelsen.



Figur 25 Svingebevegelse med tilhørende lenke.

Gjennomsnittlig forsinkelse på svingebevegelse og tilhørende lenke blir beregnet på følgende måte (TSS, 2011h):

For hvert enkelt kjøretøy registrerer aimsun tid og posisjon i modellen.

GT_i = Gjennomsnittlig reisetid til kjøretøy i (s):

$$GT_i = T_{utsving t} - T_{innlenke s} \quad (formel 9)$$

Hvor:

$T_{utsving t}$ = Tidspunkt kjøretøy i forlater sving t .

$T_{innlenke s}$ = Tidspunkt kjøretøy i entrer lenke s .

GF_i = Gjennomsnittlig forsinkelse til kjøretøy i (s):

$$GF_i = GT_i - \left[\frac{L_s}{\text{Min}(V_{max}^*(i), S_{limit}(s) * \theta(i))} + \frac{L_t}{\text{Min}(V_{max}^*(i), S_{limit}(t) * \theta(i))} \right] \quad (formel 10)$$

Hvor:

L_s = Lengde av lenke s (meter).

L_t = Lengde av svingebevegelse t (meter).

$V_{max}^*(i)$ = Maksimal ønsket fart til kjøretøy i ($\frac{m}{s^2}$).

$S_{limit}(s)$ = Fartsgrense lenke s ($\frac{m}{s^2}$).

$S_{limit}(t)$ = Fartsgrense svingebevegelse t ($\frac{m}{s^2}$).

$\theta(i)$ = Kjøretøy i sin aksept av fartsgrense.

GT = Gjennomsnittlig reisetid for alle kjøretøy (s):

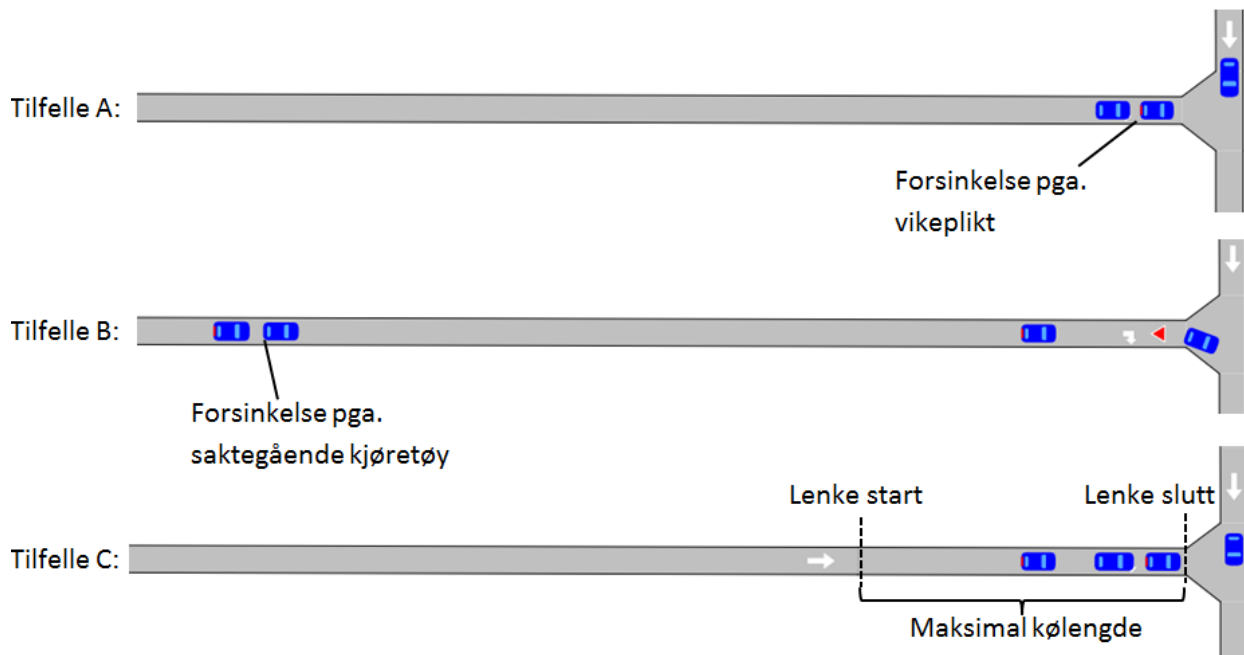
$$GT = \frac{\sum_{i=1}^{N_t} GT_i}{N_t} \quad (formel 11)$$

Hvor:

N_t = antall kjøretøy som forlater svingebevegelse t .

Utformingen av lenken (lengden) har stor innvirkning på resultatet. Fra formel 10 ser en at den gjennomsnittlige forsinkelsen ikke skiller etter årsak. Figur 26 illustrer et viktig moment. Det er vist et T-kryss med vikeplikt. I tilfelle A og -B er det to forskjellige årsaker til forsinkelse. I denne oppgaven var det forsinkelse skapt av vikeplikt som var interessant. I tilfelle A er det forsinkelse på grunn av vikeplikt, mens det i tilfelle B er forsinkelse forårsaket av saktegående kjøretøy. Dersom lengden av lenken er for stor, vil altså forsinkelsesverdiene også bestå av forsinkelse forårsaket av saktegående kjøretøy. Derfor var det viktig å være klar over den maksimale kølengden til hvert kryss, illustrert i tilfelle C. Lenkelengden ble da satt

lik den maksimale kølengden, slik at en i størst mulig grad unngikk å få forsinkelse fra saktegående kjøretøy.



Figur 26 Utforming av lenker

Uttak av resultater fra databaser illustreres best med et eksempel:

Etter en simulering er det interessant å se nærmere på forsinkelse (s) til en gitt svingebevegelse. Brukeren går inn i databasen for svingebevegelser og får ut Tabell 2. Han må på forhånd være klar over ID-nummeret til aktuelle svingebevegelser. Tabellen er hentet fra en virkelig aimsunsimulering, oversatt til norsk, og uviktige data er tatt bort. Som tabellen viser får en ut data per tidsintervall. Som regel er det interessant med et gjennomsnitt av verdiene, og det er benevnt som intervall 0. Databasetabellene kan kopieres og limes inn i for eksempel Excel, der en kan bearbeide dataene videre.

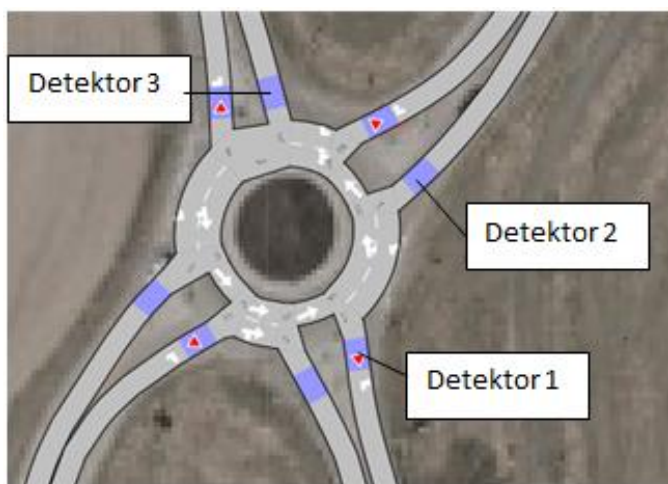
Tabell 2 Eksempel på hvordan resultatdata blir presentert.

Svingebevegelse-ID	Tidsintervall	Forsinkelse (s)
573	0	9,5
573	1	7,7
573	2	5,6
573	3	8,2
573	4	12,3
573	5	11,1
573	6	9,5

Det finnes en annen måte å beregne forsinkelsesdata fra programmet. Ved å bruke detektorer, lagres det data i en egen database. Detektorene kan kun fortelle hvilket kjøretøy som har

passert, og på hvilket tidspunkt det passerte. Brukeren må manuelt bearbeide data (for eksempel i Excel), og beregne kjøretider ut i fra de oppgitte tidspunktene.

Figur 27 viser et eksempel hvor det er plassert ut detektorer rundt en rundkjøring, og to kjøretøy har passert detektor 1. Fra tilhørende database ser en at det ene kjøretøyet har passert detektor 2, og det andre detektor 3. Ved å subtrahere tidspunktene med hverandre vet en at kjøretøy 1 og -2 brukte hhv. tre og fire sekunder på å kjøre gjennom rundkjøringen. For å finne ut om det var noen forsinkelse knyttet til tidene, må en være klar over hvor lang tid det tar for et uforstyrret kjøretøy å passere samme strekning. Forsinkelsen til hvert kjøretøy blir differansen mellom kjøretid fra normale forhold og tiden det tar ved uforstyrret kjøring. Tiden det tar for et uforstyrret kjøretøy i modellen finnes ved å redusere trafikkvolumet kraftig. Deretter kan en kjøre en ny simulering, og regne ut gjennomsnittlig uforstyrret kjøretid mellom de forskjellige tilfartene.



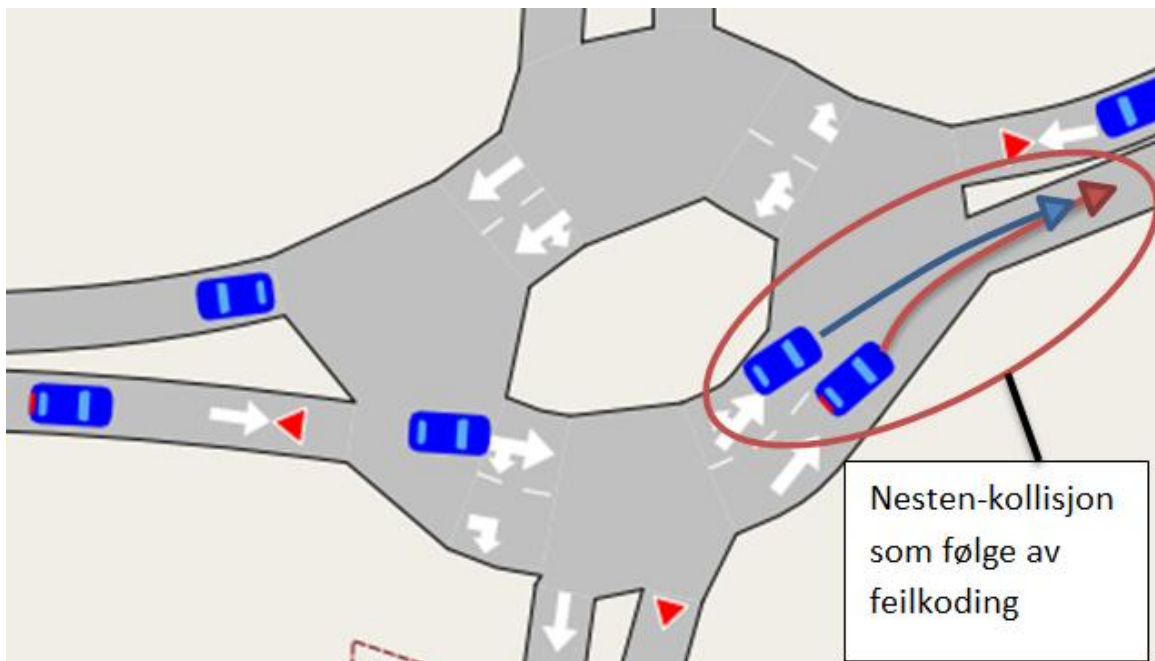
Database

Detektor ID	Kjøretøy-ID	Tidspunkt
1	1	30
2	1	33
1	2	33
3	2	37

Figur 27 Bruk av detektorer.

3.11.2 Grafiske presentasjoner

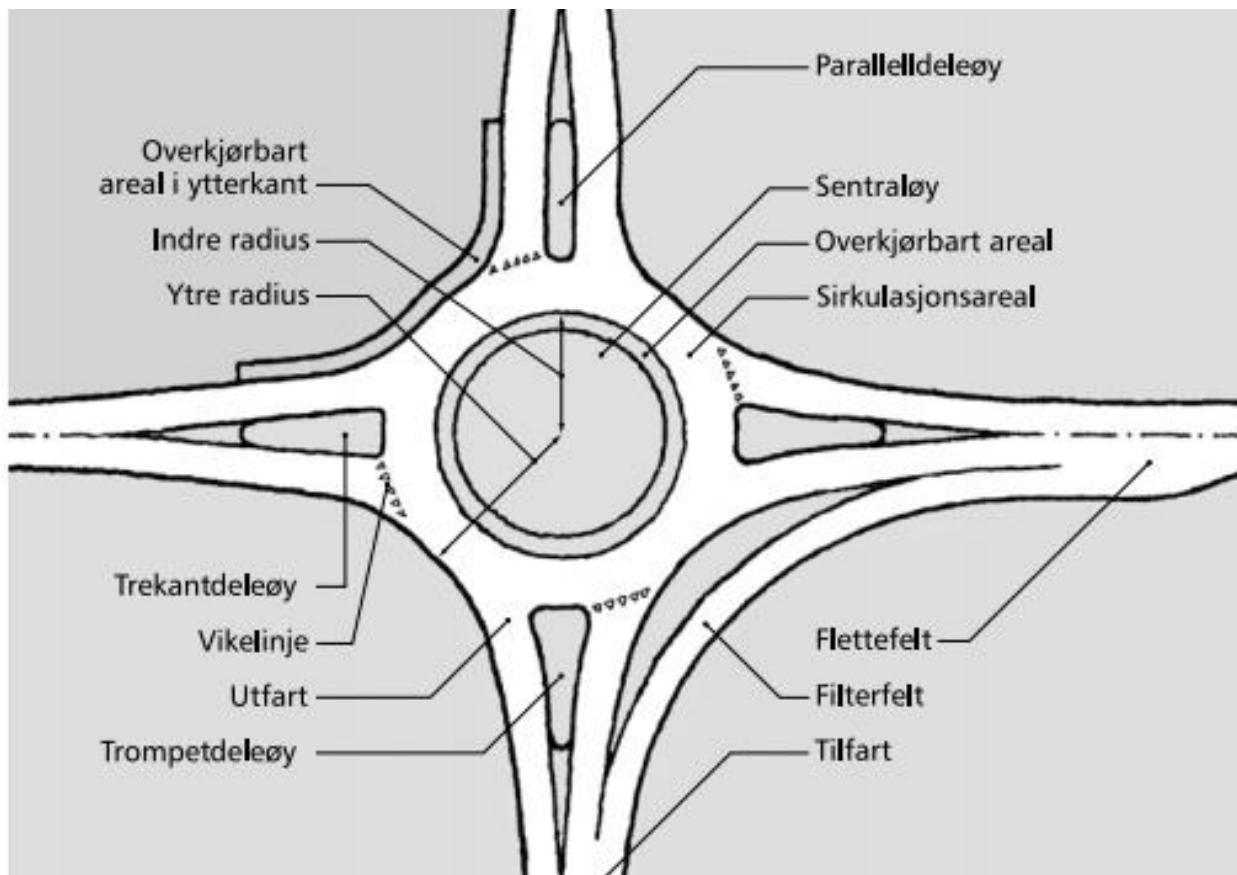
Grafiske presentasjoner blir vist direkte på pc-skjermen mens simuleringen pågår. Det gir ingen direkte lagring av resultater, men er svært nyttig for å kontrollere hvordan kjøretøyene oppfører seg i modellen. Feilkoding i en aimsunmodell kan være vanskelig å oppdage ved å se på resultater i en database, men det kommer fort til syne ved å observere en simulering. Det skulle vise seg å være helt avgjørende for å lage en god modell. I Figur 28 er det vist et reelt tilfelle, der feilkoding av tillatte svingebevegelser førte til urealistisk oppførsel. To kjøretøy, i hvert sitt felt, prøvde å kjøre samtidig ut av rundkjøringen. Situasjonen oppstod flere ganger per replikasjon, og var en direkte feilkilde for resultatene. Det var ikke mulig å oppdage problemet ved å kun forholde seg til databaseresultater, men det ble enkelt oppdaget ved å observere den grafiske presentasjonen av rundkjøringen.



Figur 28 Eksempel på feilkoding i Aimsun.

4 Innsamling av data fra en rundkjøring

Figur 29 viser navnsetting på vanlige elementer i en rundkjøring. For å unngå misforståelser holder oppgaven seg til notasjonen brukt i figuren.



Figur 29 Betegnelser på elementer i en rundkjøring (Statens Vegvesen, 2008)

Trafikkavviklingskvaliteten til en rundkjøring er avhengig av følgende kategorier (U.S Department of Transportation, 2010a):

- Trafikkvolum/trafikk mønster
- Geometrisk utforming
- Kritisk tidsluke og følgetid

De overnevnte kategoriene påvirker trafikkavviklingen direkte, men er vanskelig å bruke som mål på trafikkavviklingskvalitet. Til det brukes gjennomsnittlig forsinkelse (s) for hver tilfart. Det er et vanlig mål, og forteller direkte om kvaliteten på trafikkforholdene. Avsnitt 4.1 til 4.4 forklarer hvordan en samler inn og behandler data om trafikkvolum, geometrisk utforming, tidsluker og forsinkelse.

4.1 Trafikkvolum og -mønster

Kapasiteten til en tilfart i en rundkjøring avtar med økende antall kjøretøy i sirkulasjonsarealet. Det gjelder kun kjøretøy i sirkulasjonsarealet som er til hinder for kjøretøy i tilfarten (U.S Department of Transportation, 2010a). Derfor er det viktig å få oversikt over trafikkvolumet i sirkulasjonsarealet og i tilfartene til en rundkjøring.

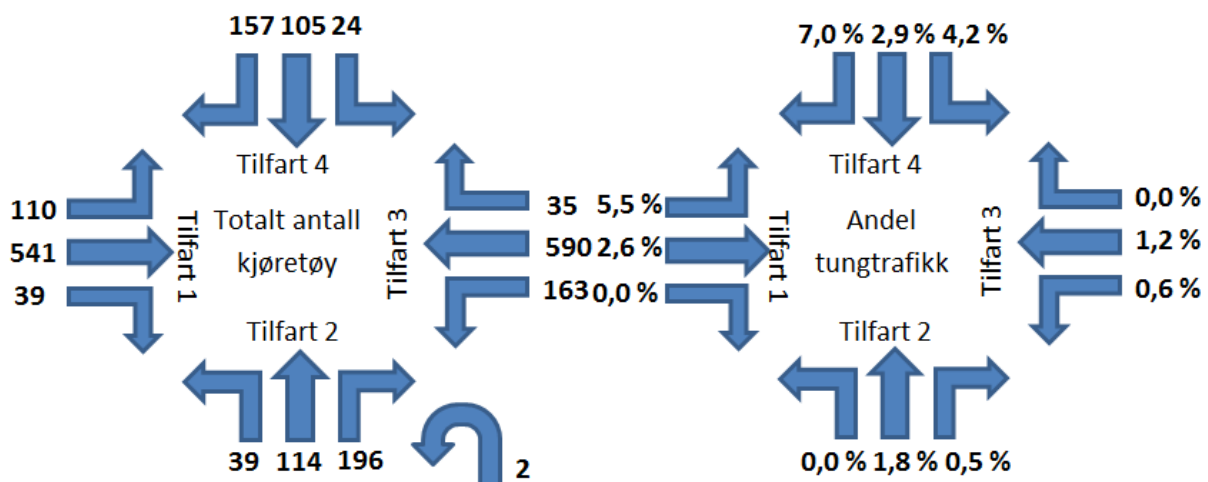
Trafikkvolumet må telles for alle svingebevegelser, og deretter føres inn i et matrisesystem. I henhold til hvordan Aimsun 7 leser trafikkvolumdata, må personbiler, tunge kjøretøy og busser holdes adskilt. I denne oppgaven gjelder hver matrise for et gitt intervall på fem minutter. Tabell 3 viser et eksempel på en trafikkmatrise brukt i oppgaven. Den gjelder for tirsdag 8. februar mellom 15:50 og 15:55 for en rundkjøring på Gjetnum.

Tabell 3 Eksempel på trafikkmatrise.

fra	til	Personbiler				Tunge kjøretøy				Busser			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1			2	58	6			1					
2		4		13	8								
3		50	15		0	1							
4		14	11	5						1			

Det er ikke lett å få oversikt over et trafikkbilde ved å se på en trafikkmatrise. De amerikanske transportmyndighetene har utviklet en måte for å angi trafikkvolum i rundkjøring på en lettleselig måte (U.S. Department of Transportation, 2010b). Videre i dette kapittelet vises et eksempel på hvordan en slik utregning skal gjøres.

Først må en addere alt trafikkvolum for hver svingebevegelse. Figur 30 viser et eksempel på oppstilling av trafikkvolumet i en rundkjøring. Det totale trafikkvolumet vises til venstre på figuren, mens andelen tungtrafikk for hver svingebevegelse vises til høyre.



Figur 30 Trafikkvolum fra en rundkjøring.

Trafikkvolumet for hver svingebevegelse må justeres for at effekten av tungtrafikken skal komme med. Det gjøres ved å gjøre om alle kjøretøy til personbilkvivalenter. Det vil si at tunge kjøretøy teller som flere personbiler. Forholdet mellom tunge kjøretøy og personbiler er gitt i Tabell 4.

Tabell 4 Personbilkvivalenter.

Kjøretøytype	Personbilkvivalent E_T
Personbil	1.0
Tung-kjøretøy	2.0

Formelverket for å innlemme personbilkvivalentene er som følger:

$$V_{i,per.} = \frac{V_i}{f_{TK}} \quad (\text{formel 12})$$

$$f_{TK} = \frac{1}{1 + A_t(E_T - 1)} \quad (\text{formel 13})$$

$V_{i,per.}$ = Omgjort trafikkvolum for svingebevegelse i (per.kjt/t).

V_i = Trafikkvolum for svingebevegelse i (kj./t).

f_{tk} = Faktor for tunge kjøretøy.

A_t = Andel av trafikkvolum V_i som består av tyngre kjøretøy.

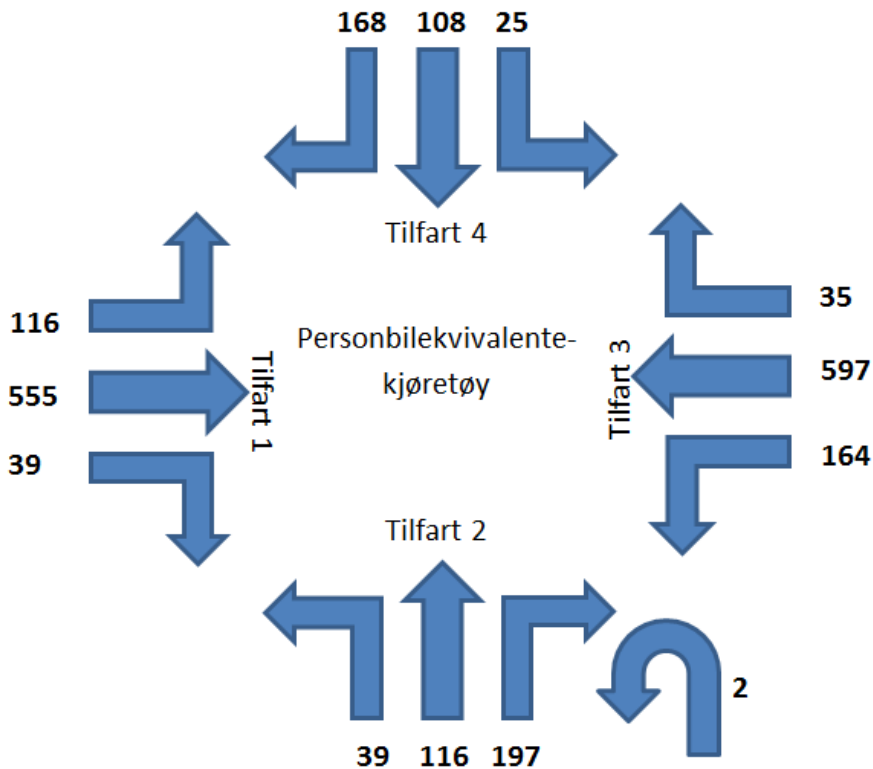
E_t = personbilkvivalent

Det vil si at trafikkvolumet, gitt i personbilkvivalent-volum per time, for svingebevegelsen fra tilfart1 -3 (Figur 30) er:

$$f_{TK} = \frac{1}{1 + A_t(E_T - 1)} = \frac{1}{1 + 0,026(2 - 1)} = 0.975$$

$$V_{i,per.} = \frac{V_i}{f_{TK}} = \frac{541}{0,975} = 555 \text{ per. kj/t}$$

Dette må gjøres for alle svingebevegelser, og en får et nytt trafikkvolum oppgitt i personbilkvivalenter (Figur 31).

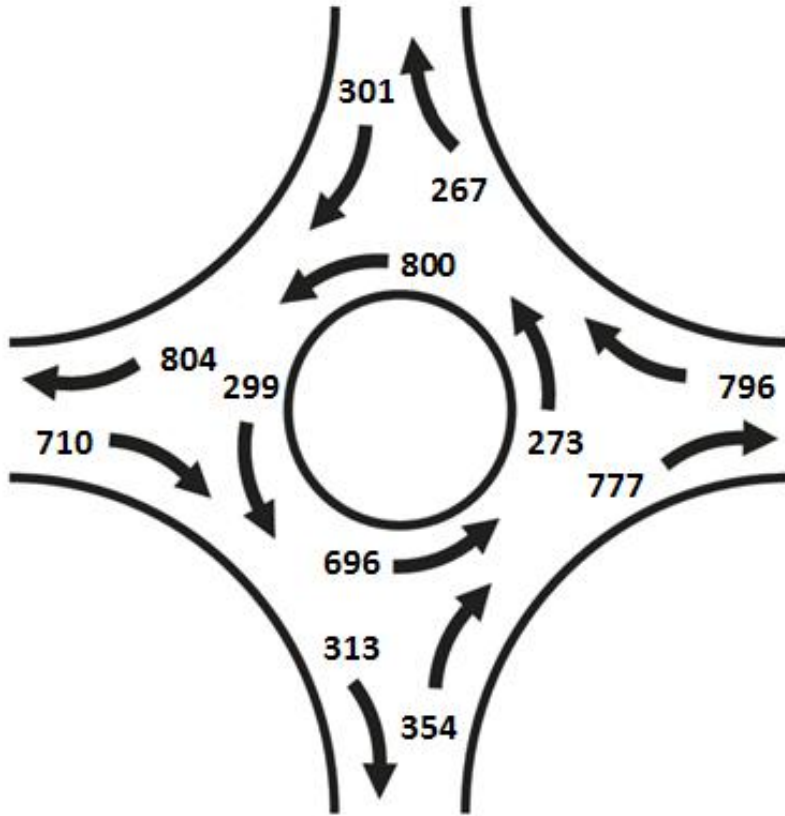


Figur 31 Trafikkvolum oppgitt i personbilekvivalenter.

Fremstillinger av trafikkvolumet, som vist i Figur 31, er egnet til å vise hvor de forskjellige trafikkstrømmene går. Det den ikke kan, er å gi en fremstilling av hvordan avviklingen inne i rundkjøringen vil se ut. Som tidligere nevnt, er avviklingskvaliteten til en rundkjøring avhengig av antallet kjøretøy som kommer i konflikt med hverandre i sirkulasjonsarealet. For å få en fremstilling av dette kan en omforme trafikken fra hver svingebevegelse til å fremstille trafikkvolum i hver tilfart, utfart og i sirkulasjonsarealet. Det gjøres ved å addere trafikkvolumet fra hver svingebevegelse som vil passere i et gitt sted i rundkjøringen. For eksempel vil trafikkvolumet inn i tilfart 1 i dette tilfellet bli:

$$\text{Trafikk tilfart 1} = 116 \text{ kjt.} + 555 \text{ kjt.} + 39 \text{ kjt.} = 710 \text{ kjt.}$$

Figur 32 viser hvordan resultatet blir for alle tilfeller i dette regneeksempelet. Av figuren kan en se antallet personekvivalente-kjøretøy som kommer i konflikt med hverandre.



Figur 32 Sammenfatning av trafikkvolumene.

4.2 Geometrisk utforming

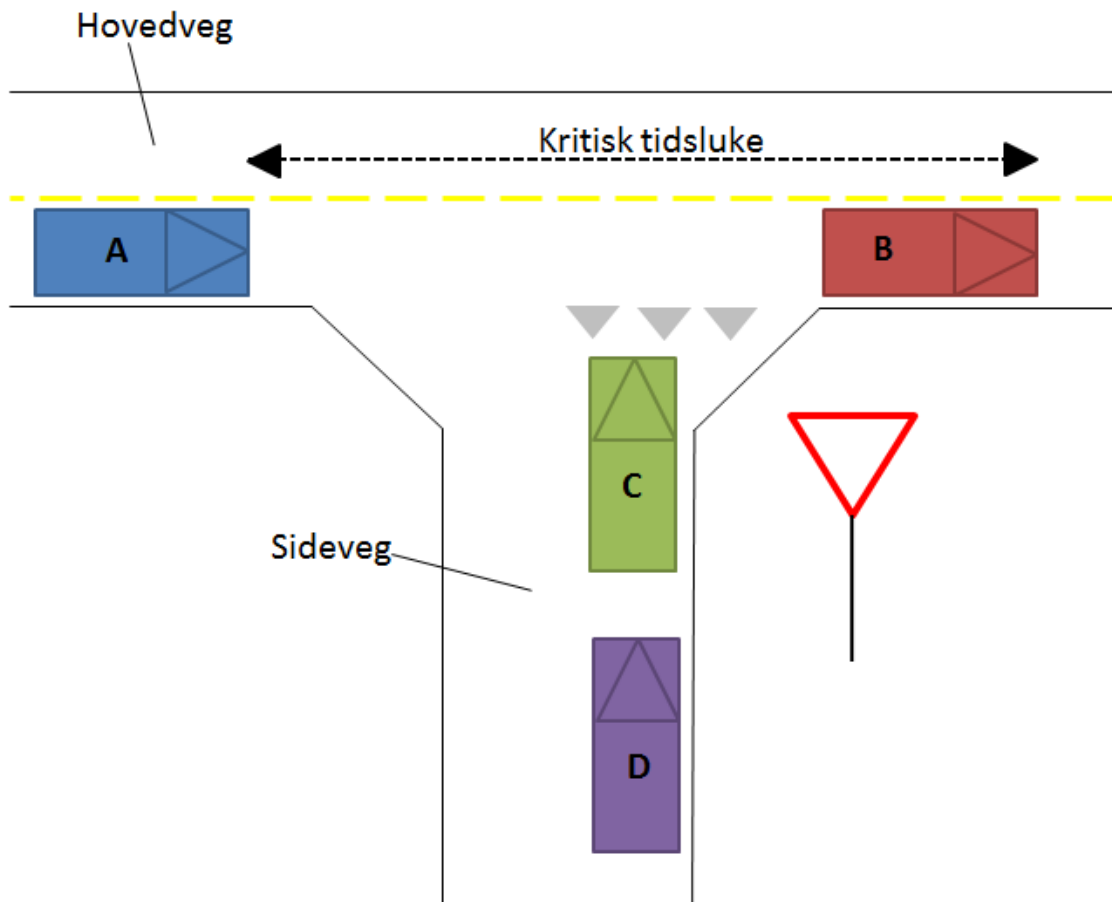
Den geometriske utformingen spiller en viktig rolle for trafikkavviklingskvaliteten til en rundkjøring (U.S Department of Transportation, 2010c). Den påvirker blant annet:

- farten til passerende kjøretøy.
- antall felt i tilfart, utfart og sirkulasjonsareal.
- førerens oppfatning av hvordan han skal navigere i rundkjøringen.

Forskning antyder at små endringer i en rundkjørings geometri har stor innvirkning på hvordan kjøretøy oppfører seg i en rundkjøring (Rodegerdts, et al., 2007). Derfor er det viktig å ha en nøyaktig representasjon av geometrien til rundkjøringen i modellen.

4.3 Kritisk tidsluke og følgetid

Kritisk tidsluke blir forklart av Figur 33. Kjøretøy C skal inn på hovedvegen, og det har vikeplikt. En tidsluke er tiden det tar for at fronten av kjøretøy A skal befinne seg der fronten av kjøretøy B er i figuren. Dersom det er lang avstand mellom kjøretøy A og B, kan kjøretøy C kjøre inn på hovedvegen. Er det for liten avstand vil kjøretøy C vente til A er passert. Den kritiske tidsluken er den største verdien på tidsluken som kjøretøy C anser som for liten til å benytte (Gartner, 1997a). Er den kritiske tidsluken tre sekunder, vil ikke kjøretøy C kjøre med en tidsluke på to sekunder. Er tidsluken derimot 4 sekunder, vil kjøretøy C kjøre.



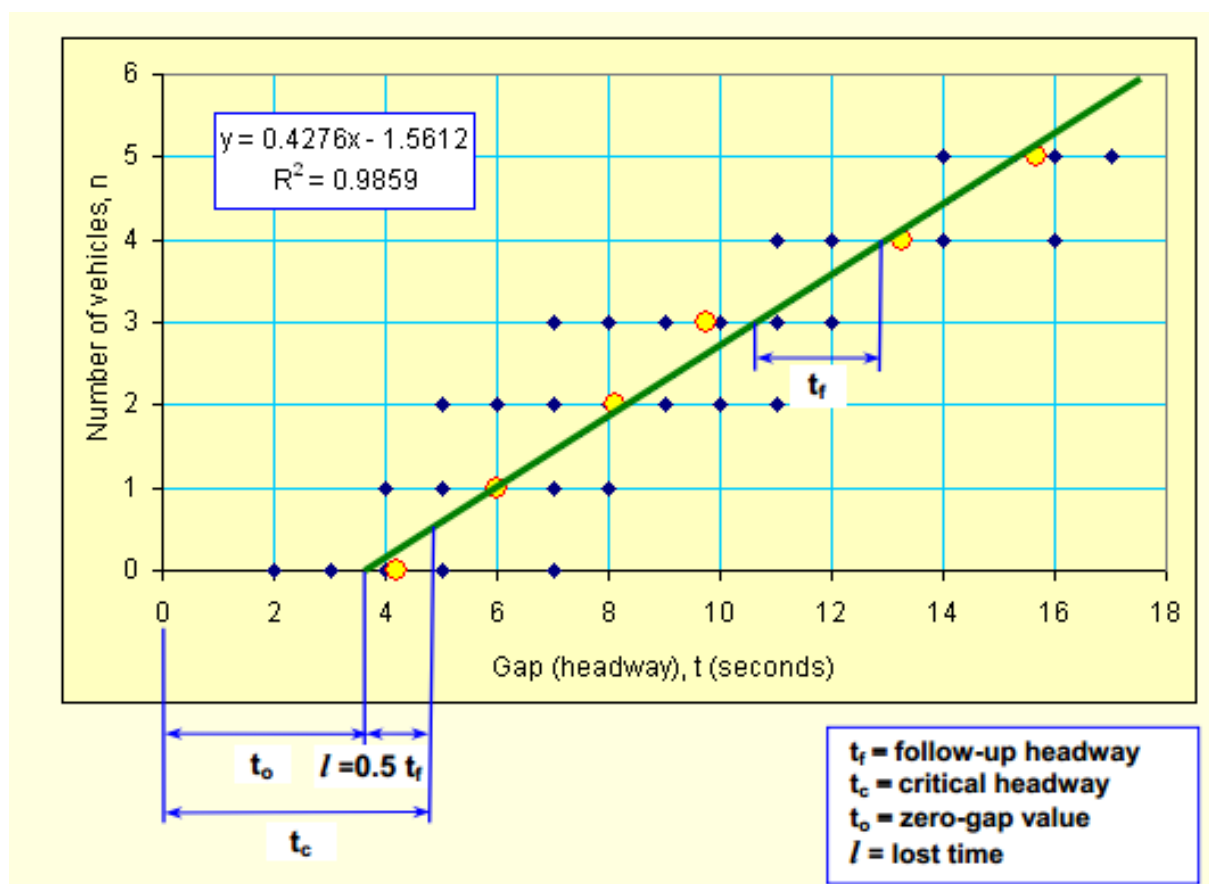
Figur 33 Kritisk tidsluke.

Det er mulig at flere kjøretøy velger å benytte samme tidsluke. Dersom kjøretøy C og D benytter samme tidsluke, for å kjøre inn på hovedvegen, gjelder kun kritiske tidsluke for kjøretøy C. Kjøretøy D bestemmer seg i henhold til følgetid. Følgetid kan defineres som den kritiske tidsluken for kjøretøy nummer 2 til -n i en kø, og den er ulik den kritiske tidsluken til den første bilen som kjører. Følgetid er normalt rundt 60 % av den kritiske tidsluken (Aakre A. , 2012a).

Kritisk tidsluke og følgetid bestemmes ved hjelp av en regresjonsanalyse. Metoden er som følger (Gartner, 1997a):

- Noter størrelsen på hver tidsluke (t), og hvor mange kjøretøy (n) som velger å benytte seg av tidsluken.
- Regn ut gjennomsnittlig tidsluke som ble akseptert av kun n kjøretøy.
- Bruk lineær regresjonsanalyse på den gjennomsnittlige tidsluken mot antall kjøretøy som velger å benytte luken.

Figur 34 viser et eksempel på en slik regresjonsanalyse. De blå prikkene viser sammenhengen mellom registrerte tidsluker, og antall kjøretøy som benyttet seg av dem. De gule prikkene er den gjennomsnittlige tidslukeverdien for n antall kjøretøy som benyttet luken. Den grønne linjen er en lineær funksjon beregnet fra regresjonsanalysen. Den fastslår verdien til kritisk tidsluke og følgetid.



Figur 34 Eksempel på regresjonsanalyse (Akcelik, 2007).

Forholdet mellom følgetiden (t_f) og stigningstallet (a) til grafen er gitt av formel 14:

$$t_f = \frac{1}{a} \quad (\text{formel 14})$$

Kritisk tidsluke er gitt fra formel 15:

$$t_c = t_0 + \frac{t_f}{2} \quad (\text{formel 15})$$

der t_0 er gitt fra formel 16:

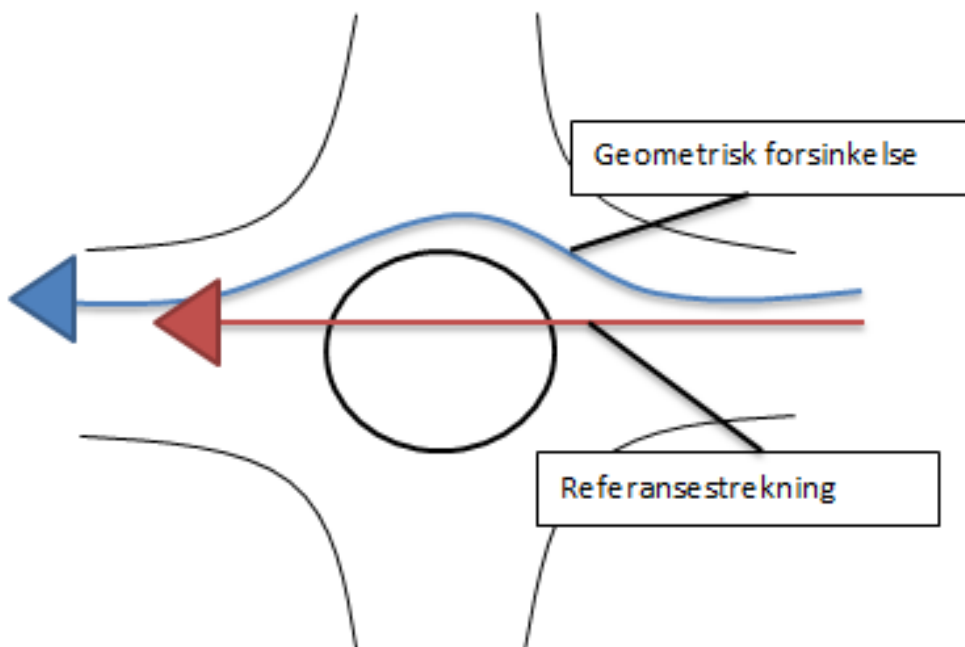
$$t_0 = \text{kryssningspunktet på } x - \text{linjen } (y = 0) \quad (\text{formel 16})$$

For at en slik analyse kan brukes, er det viktig at det første kjøretøyet i køen er stillestående. I regresjonsanalysen antar man at sjåførene er konsistente og homogene. Med konsistent menes det at sjåføren gjør det samme valget hver gang. I et homogent utvalg reagerer alle sjåførene på samme måte. I virkeligheten er sjåførene verken konsistente eller homogene (Gartner, 1997a).

4.4 Forsinkelse

Gjennomsnittlig forsinkelse, for hver tilfart, er et viktig mål på trafikkavviklingsevnen til rundkjøringer (Gartner, 1997b). Forsinkelse blir målt i sekunder. Den forteller hvor mye lengre tid det tar for et kjøretøy å passere rundkjøringen under gjeldende trafikkforhold, i forhold til et kjøretøy som passerer samme strekning uhindret.

Det skiller mellom geometrisk forsinkelse og forsinkelse forårsaket av konflikter med andre kjøretøy. Geometrisk forsinkelse er tilleggstiden et kjøretøy bruker på å passere en rundkjøring, i forhold til tiden det ville tatt å kjøre samme sted uten at krysset var utformet som en rundkjøring (U.S Department of Transportation, 2010d). Det forutsettes at begge passeringene skjer uforstyrret av annen trafikk. Figur 35 illustrerer prinsippet bak geometrisk forsinkelse. Rød pil er referansestrekning, og geometrisk forsinkelse er tidsdifferansen mellom reisetiden til de to rutene. Formlene i avsnitt 3.11.1 viser at forsinkelse beregnet av Aimsun ikke inkluderer geometrisk forsinkelse.



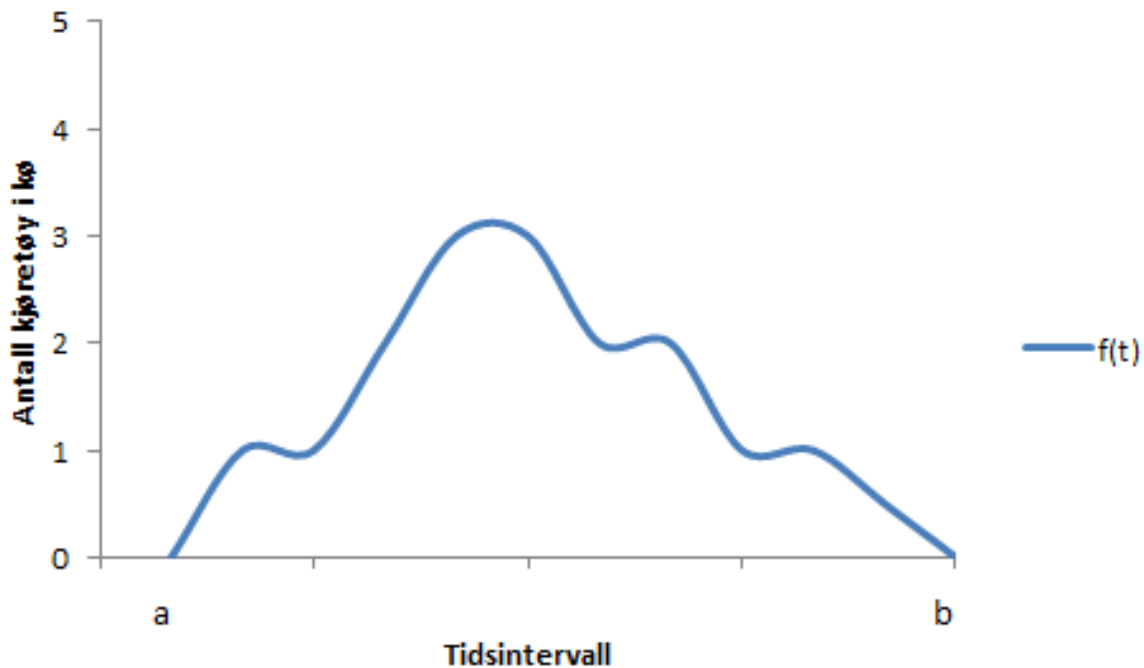
Figur 35 Geometrisk forsinkelse.

Forsinkelse forårsaket av konflikter med andre kjøretøy, er tilleggs-reisetiden et kjøretøy opplever når det reduserer farten på grunn av andre kjøretøy. Full stans i kø eller tilpassing av fart for å unngå sammenstøt er eksempler på denne typen forsinkelse. Det er denne typen forsinkelse Aimsun beregner, og videre i oppgaven blir forsinkelse forårsaket av konflikter med andre kjøretøy kun omtalt som forsinkelse.

Forsinkelse blir beregnet ut ifra kølengderegistreringer fra hver tilfart. Kølengde er et annet mål på hvor bra trafikkavviklingen i en rundkjøring er (Gartner, 1997b), og forholdet mellom kølengde og tid kan brukes til å finne forsinkelse (Aakre A. , 2012b). Hvis en antar at kølengde (k) er en funksjon av tid (t), kan en sette opp følgende uttrykk.:

$$k = f(t) \quad (\text{formel 17})$$

Funksjonen er definert innenfor et gitt intervall (a,b). Denne funksjonen kan plottes i et diagram som vist i Figur 36. Verdiene i diagrammet er kun eksempelverdier.



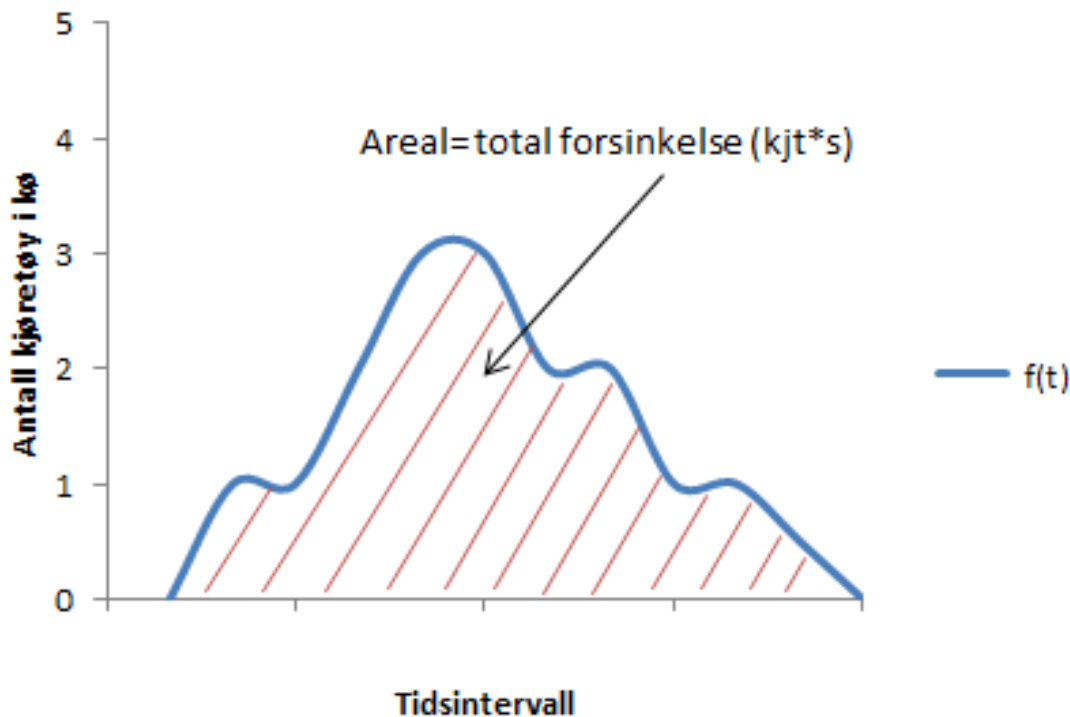
Figur 36 Eksempel på plott av antall kjøretøy i kø over et tidsintervall

Den totale forsinkelse, gitt i antall kjøretøy i kø, tilsvarer arealet under grafen. Det kan finnes ved å integrere funksjonen k med hensyn på tid (t). Det vil si at total forsinkelse, i antall kjøretøy i kø, er gitt ved:

$$\text{Total forsinkelse} = \int_a^b f(t) dt \quad (\text{formel 18})$$

Figur 37 illustrerer hvordan en finner den totale forsinkelsen fra plottet. Forsinkelsen får benevnning kjt^*s . Ved å dividere med antall kjøretøy i intervallet (a,b) finnes gjennomsnittlig forsinkelse (s) for alle kjøretøyene.

$$\text{Gjennomsnittlig forsinkelse (s)} = \frac{\int_a^b f(t) dt}{\text{antall kjøretøy}} \quad (\text{formel 19})$$

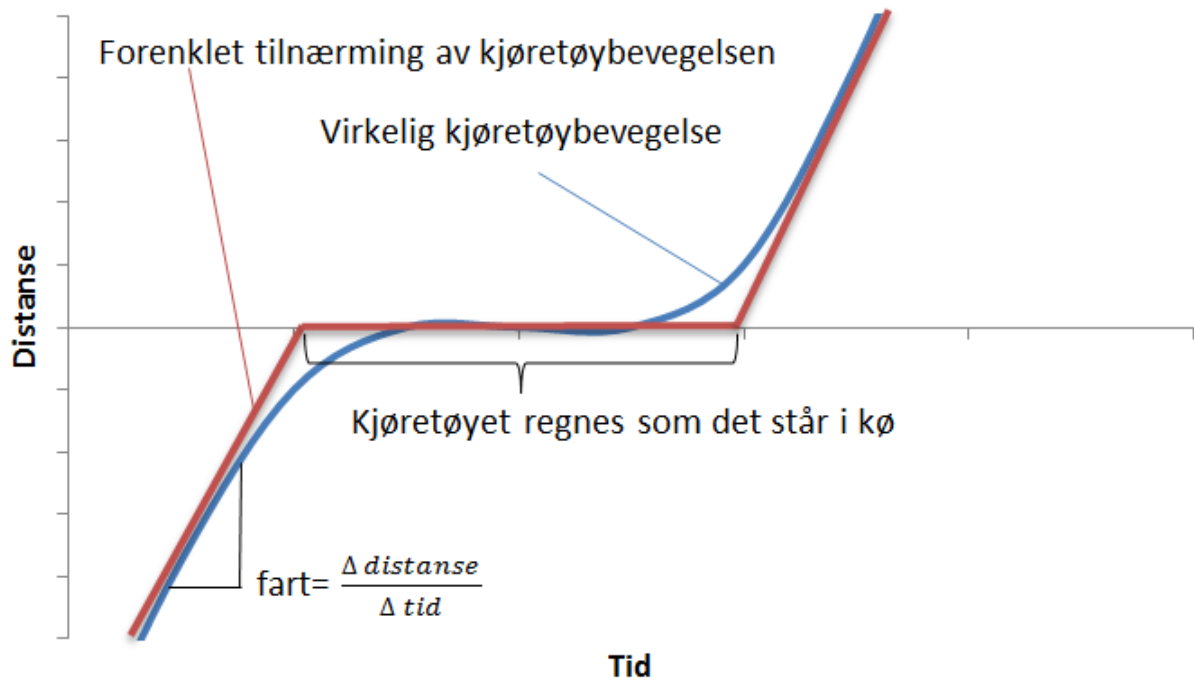


Figur 37 Total forsinkelse

Den beregnede gjennomsnittlige forsinkelse inneholder, som resultater fra Aimsun, ikke geometrisk forsinkelse.

Kølengderegistreringene i forbindelse med denne oppgaven ble gjort med ti sekunders mellomrom.

Ved registrering av kø er det ikke enkelt å vite når et kjøretøy faktisk står i kø. I flere situasjoner avpasser det vikeplikts-berettigete kjøretøyet farten for andre kjøretøy, men det stopper ikke opp. Kjøretøy som har stått i kø, men som er i gang med å akselerere er også vanskelig å bedømme. Figur 38 viser et diagram over hvor langt et enkelt kjøretøy reiser over tid. En horisontal linje indikerer at kjøretøyet står i ro, ettersom det ikke reiser lengre selv om tiden går. Den blå linjen viser hvordan et kjøretøy virkelig oppfører seg. Stigningstallet til linjen angir farten til kjøretøyet. Det vil si at en lineær linje betyr konstant fart, mens en ikke-lineær linje betyr at kjøretøyet akselererer eller retarderer. Det er i akselerasjonsfasen det er vanskelig å bedømme om et kjøretøy er i kø eller ikke. Den røde linjen viser hvordan kjøretøybevegelsen blir forenklet. Det er ut ifra denne at det avgjøres om kjøretøyet er i kø eller ikke. En kan se av den røde linjen at kjøretøyet regnes som det står i kø når det har lav fart. Dvs. lavt stigningstall på den blå grafen.



Figur 38 Diagram over kjøretøybevegelse

Registrering av antall kjøretøy i kø blir en subjektiv skjønnsmessig vurdering, og den kan variere etter hvilket individ som utfører registreringen. Det er en mulig feilkilde som er viktig å være klar over ved vurdering av forsinkelsesverdier.

5 Observasjoner fra virkelige rundkjøringer

For å kunne si noe om kvaliteten til resultater fra aimsun 7, var det nødvendig å observere trafikale forhold i virkelige rundkjøringer. Observasjonene gav grunnlagsdata for aimsun-simuleringer, og gjorde det også mulig å kvalitetssikre resultatene fra programmet.

5.1 Utvalgskriterier

Det ble stilt en rekke kriterier til rundkjøringene som skulle gi grunnlagsdata til denne oppgaven. Avsnitt 5.1.1 - 5.1.7 tar for seg de forskjellige egenskapene som ble lagt vekt på ved utvalgelse. Det var ikke mulig å finne rundkjøringer som oppfylte alle kriteriene fullt ut. Utvalgte rundkjøringer var dem som i størst grad tilfredsstilte kravene som ble satt.

5.1.1 Lokasjon

Av praktiske årsaker måtte rundkjøringene være lokalisert i Oslo/Akershus-området.

5.1.2 Mulighet for filmopptak

Rundkjøringene måtte filmes ovenfra. Det var ikke mulig å gjøre alle registreringer på befaringslinje, og derfor ble rundkjøringene filmet. For at alle tilfarter skulle være synlig i opptaket, var det nødvendig at kameraet var plassert flere høydemeter over rundkjøringen. Det var også viktig å få nok avstand til rundkjøringen, slik at kølengder i tilfartene kom med.

Fri sikt til alle tilfarter var et krav. Skilt, busker, gjerder og lignende er eksempler på objekter som forringet kvaliteten på filmene.

5.1.3 Påvirkning fra andre trafikale elementer

Trafikkavviklingen i en rundkjøring blir påvirket av nærliggende trafikale elementer. Eksempler er nabokryss, lyssignal, sidegater, gangfelt (fotgjengere) og andre rundkjøringer. Ettersom oppgaven søker å finne ut hvordan en rundkjøring best mulig kan modelleres i Aimsun 7, var det viktig å gjøre antall frihetsgrader så få som mulig.

5.1.4 Trafikk

Det var viktig at de utvalgte rundkjøringene hadde nok trafikkvolum til at alle registreringer kunne bli gjort. For å beregne gjennomsnittlig forsinkelse i en rundkjøring, er det nødt til å oppstå tidvis kø i alle tilfarter (jfr. avsnitt 4.4). Samtidig kunne ikke trafikkmengden være så stor at det var fare for sammenbrudd i trafikken.

Det er ikke mulig å sette et eksakt tall på hvor stort trafikkvolum det bør være i en rundkjøring. Om rundkjøringen kunne brukes i denne oppgaven ble avgjort av en skjønnsmessig vurdering gjort på befaringslinje.

5.1.5 Geometrisk utforming

Rundkjøringen skulle være fire-armet, med tilfartene omtrent 90 grader på hverandre. For å holde antall frihetsgrader nede, var det ønskelig med ett felt inne i sirkulasjonsarealet og i til- og utfartene.

5.1.6 Likhet mellom utvalgte rundkjøringer

Det ble lagt vekt på at de utvalgte rundkjøringene skulle ha klare likhetstrekk, både geometrisk og trafikkmessig. Simuleringsresultatene fra dem skulle sammenlignes med hverandre, og gi grunnlag for generelle anbefalinger.

5.1.7 Vær og føreforhold

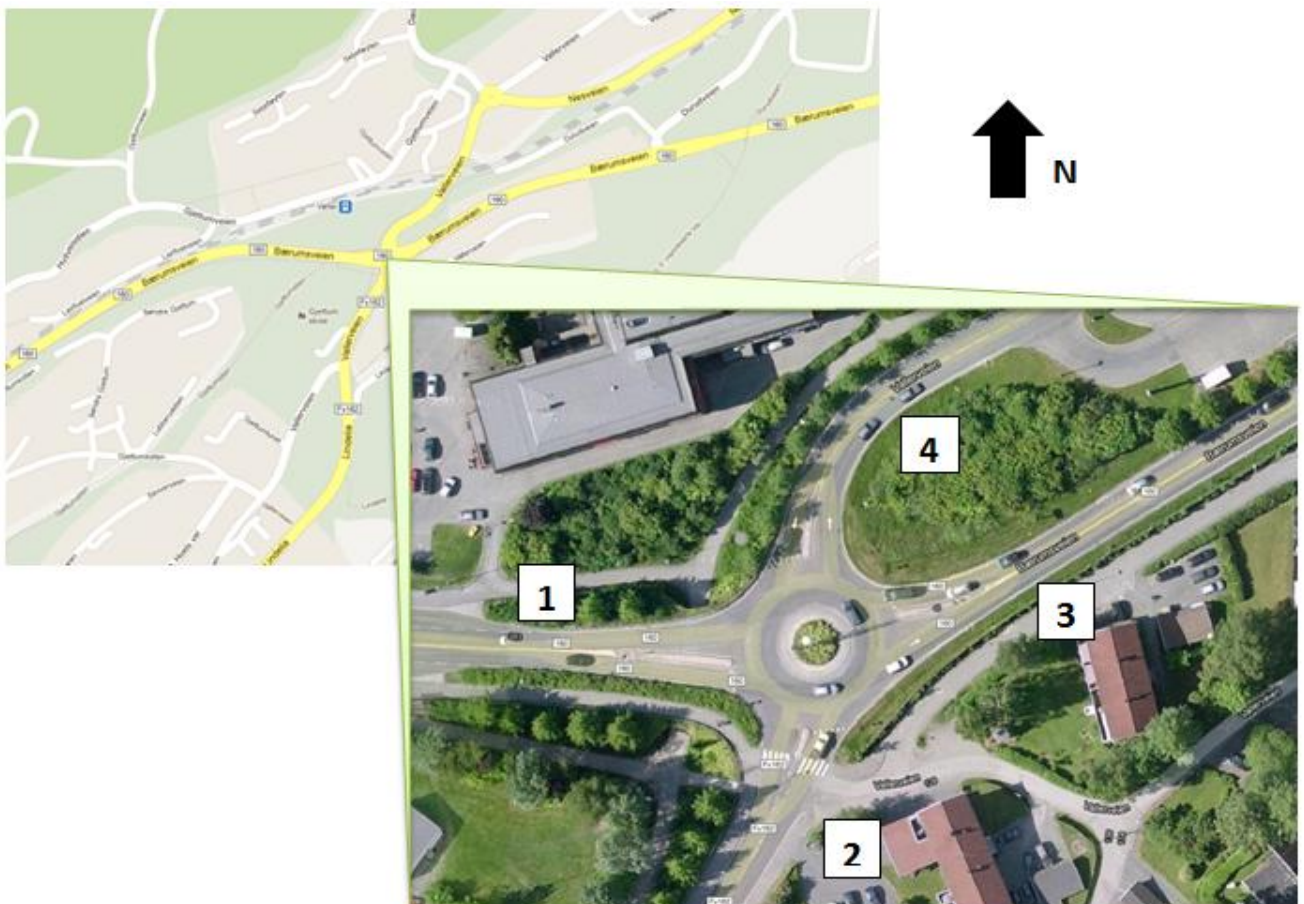
Det var viktig at vegbanen var fri for is og snø slik at oppførselen til kjøretøyene ikke ble påvirket av føreforholdene. Opptakene ble gjort fra februar til mai, og det var avgjørende at føreforholdene var så like som mulig.

5.2 Utvalgte rundkjøringer

To rundkjøringer ble valgt ut til å utgjøre grunnlagsdata for mikrosimulering i Aimsun 7. Det var ikke mulig å finne en rundkjøring som oppfylte alle kriteriene stilt i kapittel 5.1. Kriteriet om mulighet for filmopptak var vanskeligst å tilfredsstillende, og på samme tid var kravet ufravikelig. Det var helt avgjørende for registrering av resultater at rundkjøringen kunne filmes. Topografien i Oslo og omegn er relativt flat, og derfor var hustak det mest aktuelle stedet å plassere kamera.

5.2.1 Gjettum

Den første rundkjøringen finnes på Gjettum i Bærum kommune. Den befinner seg i krysningspunktet av Bærumsveien og Vallerveien. Omgivelsene er urbane med mye bebyggelse. Figur 39 viser hvordan rundkjøringen ser ut fra fugleperspektiv. Hver av tilfartene er nummerert, og notasjonen vil bli beholdt gjennom oppgaven.



Figur 39 Rundkjøring på Gjettum, Bærum (google, 2012).

5.2.1.1 Befaring

Det ble gjennomført en befaring av rundkjøringen (1. februar) for både morgentrafikk (07:30 - 09:00) og ettermiddagstrafikk (15:30-17:00). Det ble slått fast at:

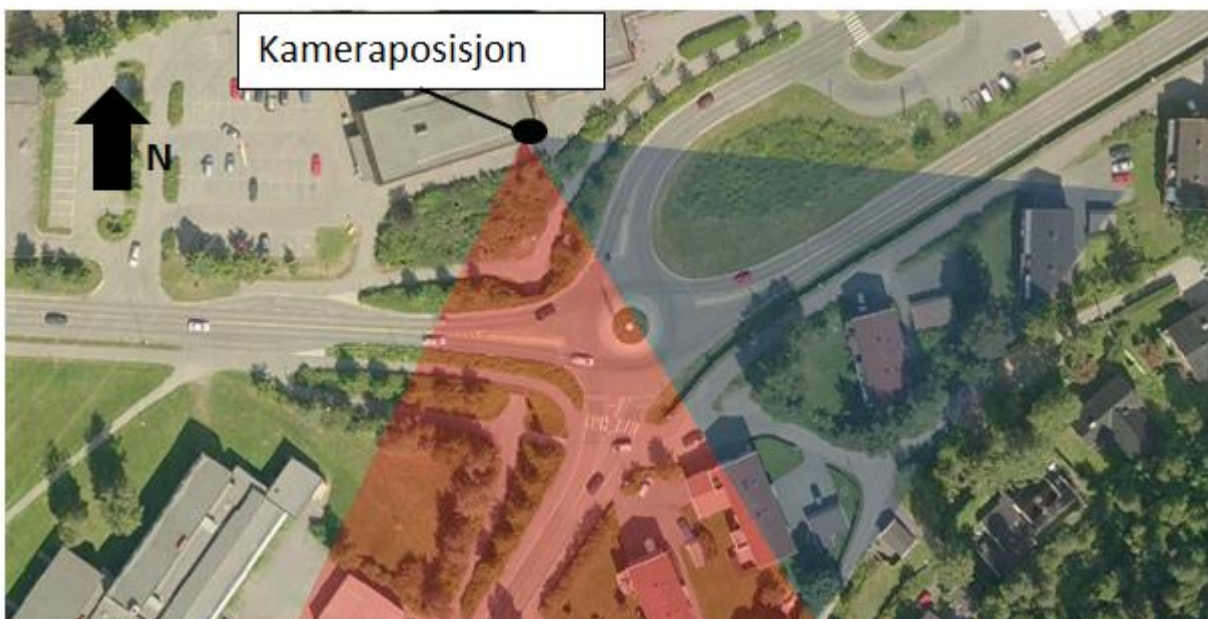
- Trafikkmengden var tilfredsstillende. Uten å gjennomføre tellinger kunne en observere at det var periodevis kø på alle tilfarter. Dette gjaldt for både morgen og ettermiddag.

- Antall kjøretøy som ankom rundkjøringen varierte over tid. På noen tidspunkt kom det kjøretøy i puljer, mens andre ganger ankom det enkeltvis kjøretøy.
- Det var størst trafikk på tilfart 1 og -3, og største andel av kjøretøyene kjørte fra tilfart 1 til -3 eller omvendt.
- Det var gode muligheter for videoopptak fra taket til et nærliggende bygg.
- Det var påvirkning fra en rekke trafikale elementer som busstopp, fotgjengerfelt og nærliggende sidegater. Likevel var det sjelden det var fotgjengere i gangfeltet, og det ble aldri lagt merke til at fotgjengerne skapte forsinkelse for kjøretøyene.
- Det lå snø langs vegkanten, men det var snø- og isfri vegbane.
- Den geometriske utformingen til rundkjøringen gjør at kjøretøy fra tilfart 1 og -3 har mindre geometrisk forsinkelse enn kjøretøy fra tilfart 2 og -4.

På bakgrunn av observasjonene gjort på befaring, ble det besluttet å bruke rundkjøringen på Gjettum videre i oppgaven.

5.2.1.2 Mulighet for filmopptak

Like i nærheten av rundkjøringen ligger det et bygg med tre etasjer. Filmingen av rundkjøringen ble gjort fra taket av dette bygget. Bygget ligger tett på rundkjøringen. Derfor var ikke et kamera nok til å få med seg de nødvendige observasjonene. Løsningen ble å benytte to kamera, plassert slik Figur 40 viser. Synsfeltet til kameraene er illustrert med rødt og blått.



Figur 40 Synsfelt til de to kameraene (Gulesider, 2012).

Enkelte tidspunkt var kølengden til tilfart 1 og -3 utenfor synsfeltet til kameraene. Derfor ble kølengder registrert på et eget skjema samtidig som opptakene ble gjort.

5.2.1.3 Påvirkning fra andre elementer

Trafikkavviklingen ble påvirket av flere trafikale elementer enn det som var ønskelig. Figur 41 viser hvor de forskjellige elementene er plassert.



Figur 41 Elementer som påvirker trafikkavviklingen i rundkjøringen (Gulesider, 2012).

Det er busstopp i både tilfart 1 og -2. Begge busstoppene i tilfart 1 er utformet som busslommer. Det vil si at bussene påvirker framkommeligheten, inn og ut av rundkjøringen, når de forlater holdeplassen. Det samme gjelder for tilfart 2 i sørgående retning. I tilfart 2, nordgående retning, er det en kantsteinholdeplass. Det vil si at bussen stopper i gaten og er til hinder for kjøretøy som skal inn i rundkjøringen. Aimsun 7 har muligheten til å legge inn detaljerte modelleringer for både busslommer og kantsteinstopp, og det ble vurdert slik at programmet kunne håndtere situasjonen. Figur 42 viser hvordan en buss skaper forsinkelse 8. februar.



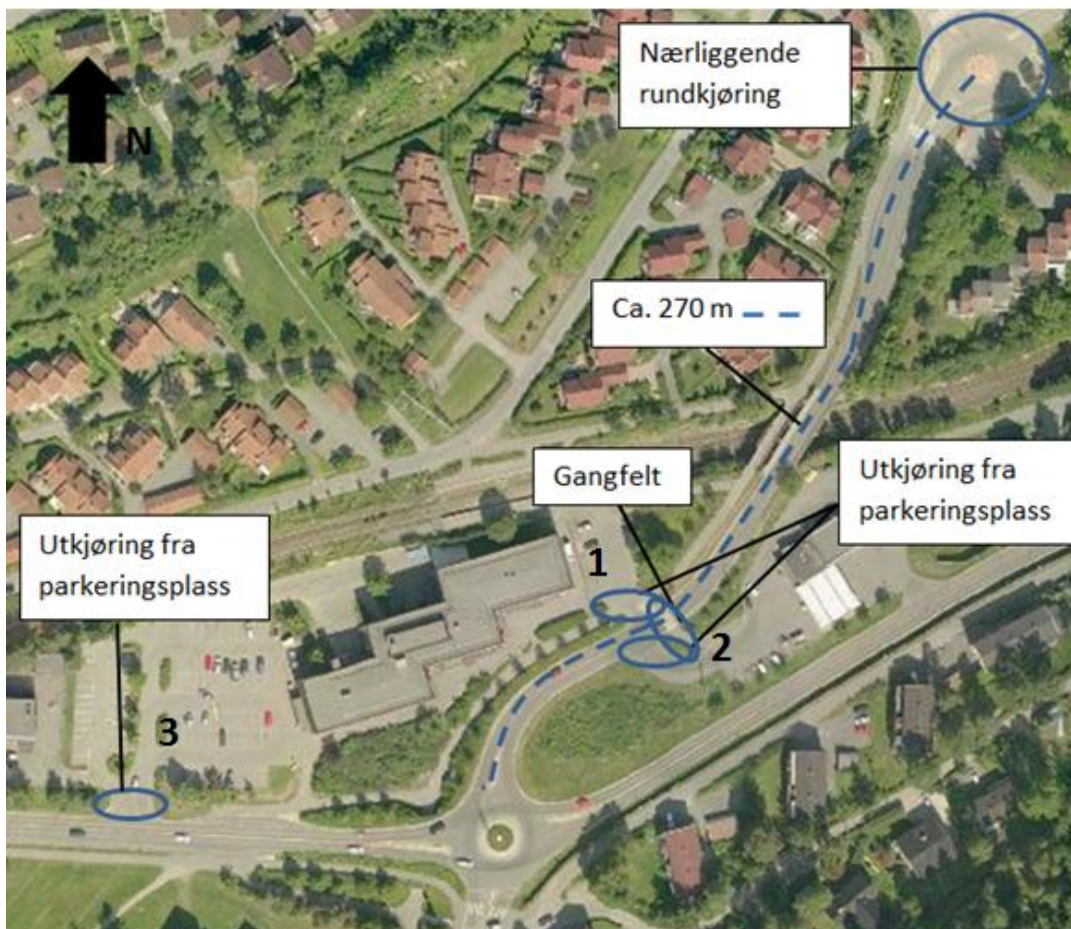
Figur 42 Forsinkelse i tilfart 2 forårsaket av kantsteinstopp.

I tilfart 2 er det et gangfelt like før rundkjøringen. Fotgjengere kan gi forsinkelse for kjøretøy. Det ble registrert få gående, og antallet ble vurdert som holdbart for oppgaven. Den 8. februar var det 19 fotgjengere per time, og 6. mars var det 21 fotgjengere per time. Aimsun 7 har mulighet til å modellere fotgjengertrafikk, noe som også ble forsøkt.

Like ved fotgjengerfeltet, i tilfart 2, hekter en sidegate seg på veien. Kjøretøy som beveger seg på denne gaten kan påvirke trafikkavviklingen i tilfarten. Registreringen viste at det, 8. februar, kun var syv kjøretøy per time. Den 6. mars var det 17 kjøretøy per time. Antallet var lavt nok til at arbeidet med rundkjøringen ble videreført.

Ideelt sett skulle det ikke vært noen forstyrrelser for trafikantene i rundkjøringen, men rundkjøringen på Gjettum var den som var nærmest i å oppfylle alle kriteriene stilt i kapittel 5.1.

Figur 43 viser nærliggende trafikale elementer som ble vurdert i forbindelse med utvelgelse av rundkjøringen, men som ble vurdert til å ikke ha betydning for trafikkavviklingen. Spesielt var det knyttet skepsis til den nærliggende rundkjøringen. På befaring ble det slått fast at kjøretøyene i tilfart 4 rakk å komme opp i ordinær hastighet. Det merkede gangfeltet hadde så få fotgjengere, at det ikke hadde påvirkning. Utkjøringene fra parkeringsplass 1 og -2 hadde ubetydelig trafikk. Parkeringsplass 3 hadde mer trafikk, men bilistene må vike for kjøretøy i tilfart 1 og påvirket ikke trafikk-kvaliteten i rundkjøringen.

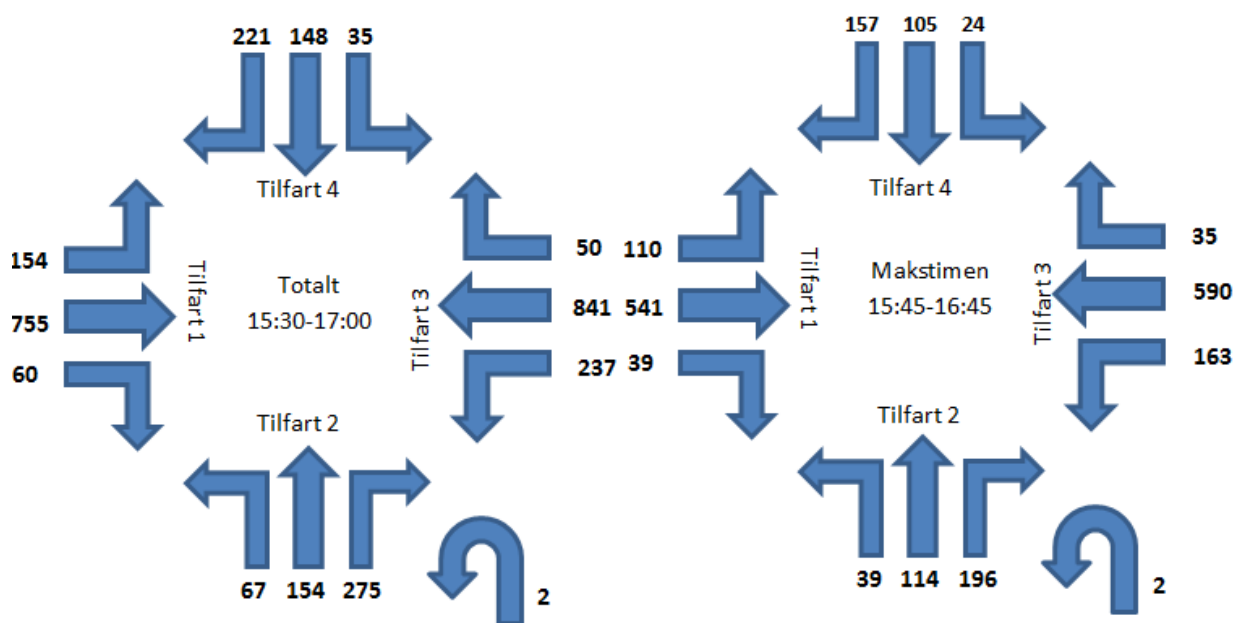


Figur 43 Nærliggende trafikale elementer som ikke hadde påvirkning på rundkjøringen (Gulesider, 2012).

5.2.1.4 Trafikk

To forskjellige videoobservasjoner ble utført tirsdag 8. februar og onsdag 6. mars. Begge opptakene ble gjort på ettermiddagen mellom klokken 15:30 og 17:00. Det var ikke mulig å filme morgentrafikken, ettersom tilgangen til nærliggende tak var stengt på det tidspunktet.

Figur 44 viser antall kjøretøy som ble registrert tirsdag 8. februar, fordelt på svingebevegelesene i rundkjøringen. Av tallene kan en lese at hovedstrømmen av bilister reiste mellom tilfart 1 og -3. Det var omtrent like stor trafikk på tilfart 2 og -4, og på tilfart 1 og -3. Det var samme trafikkmønster i makstimen (15:45-16:45) som for hele observasjonsperioden.

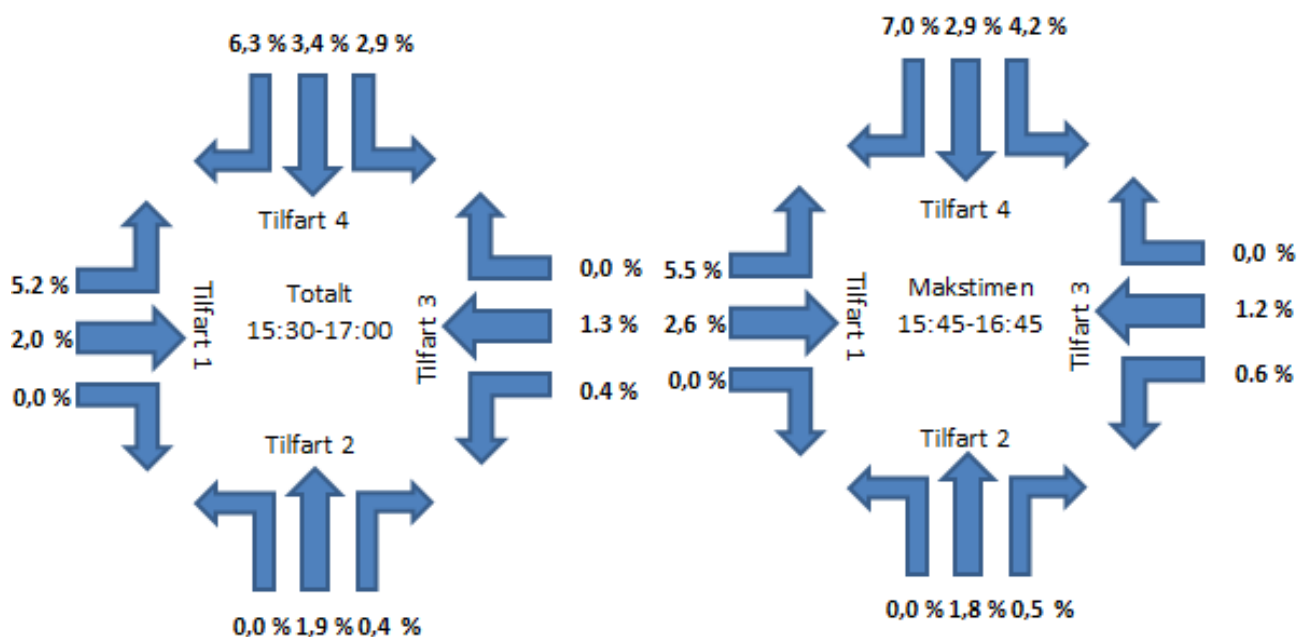


Figur 44 Trafikk 8. februar i rundkjøringen på Gjøttum.

Fra tilfart 1 og -3 var det en stor gruppe som valgte å ta venstresving. I de samme tilfartene var det et fåtall som kjørte til høyre. Tilfart 2 og -4 hadde motsatt kjøremønster. Der velger flesteparten å kjøre til høyre, og fåtallet tar venstresving. Årsaken til at dette er interessant er at en venstresving, i en rundkjøring, har større innvirkning på trafikkavviklingskvaliteten. En venstresving beveger seg gjennom en større del av sirkulasjonsarealet, og skaper flere vikesituasjoner enn en høyresving.

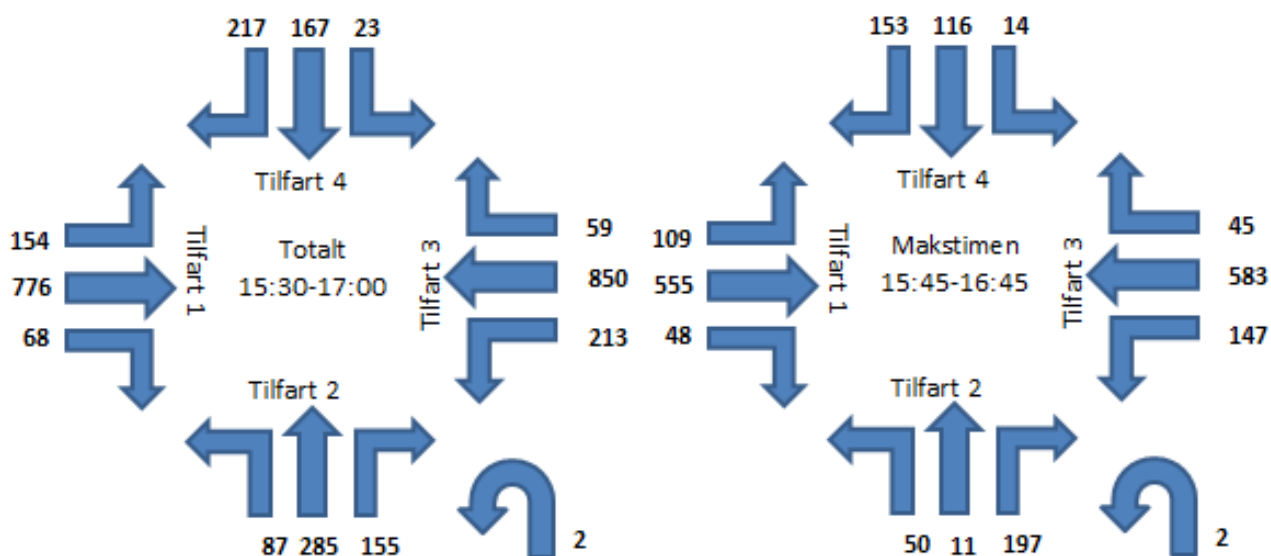
Registreringen av trafikk skilte mellom biler, tunge kjøretøy og busser. En buss regnes som et tungt kjøretøy, men av hensyn til inndata i aimsunmodellene ble også de kategorisert for seg selv.

Prosentandelen tunge kjøretøy er vist i Figur 45 (inkludert busser). Kjøretøy faller inn under kategorien, tunge kjøretøy, når det veier over 3,5 tonn (Statens Vegvesen, 2011a). Det var relativt få tunge kjøretøy, og på enkelte tilfarter var det ingen. Normalverdier for lignende vegger er 15 % (Statens Vegvesen, 2011b).



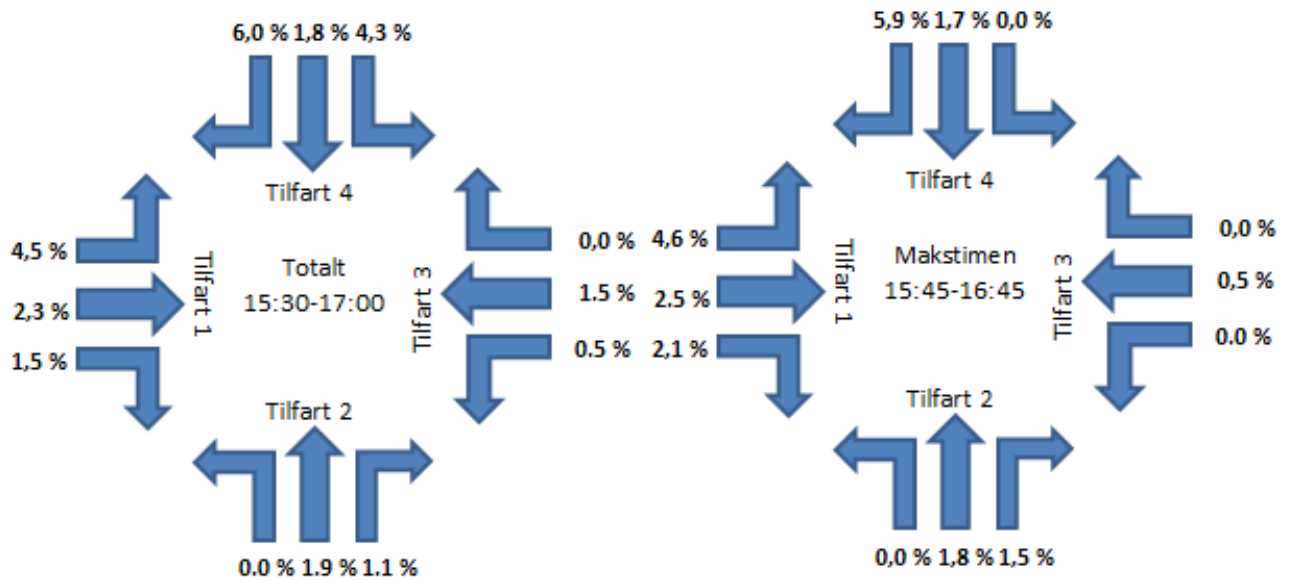
Figur 45 Prosentandel tungtrafikk 8. februar.

Figur 46 viser trafikkvolum registrert onsdag 6. mars, fordelt på svingebevegelsene i rundkjøringen. Trafikkbildet er rimelig likt med det som ble observert tirsdag 8. februar. Hovedvekten av kjøretøy reiste mellom tilfart 1 og -3. Tilfart 1 og -3 hadde større andel venstresvinger enn høyresvinger, og tilfart 2 og -4 hadde en stor andel høyresvinger.



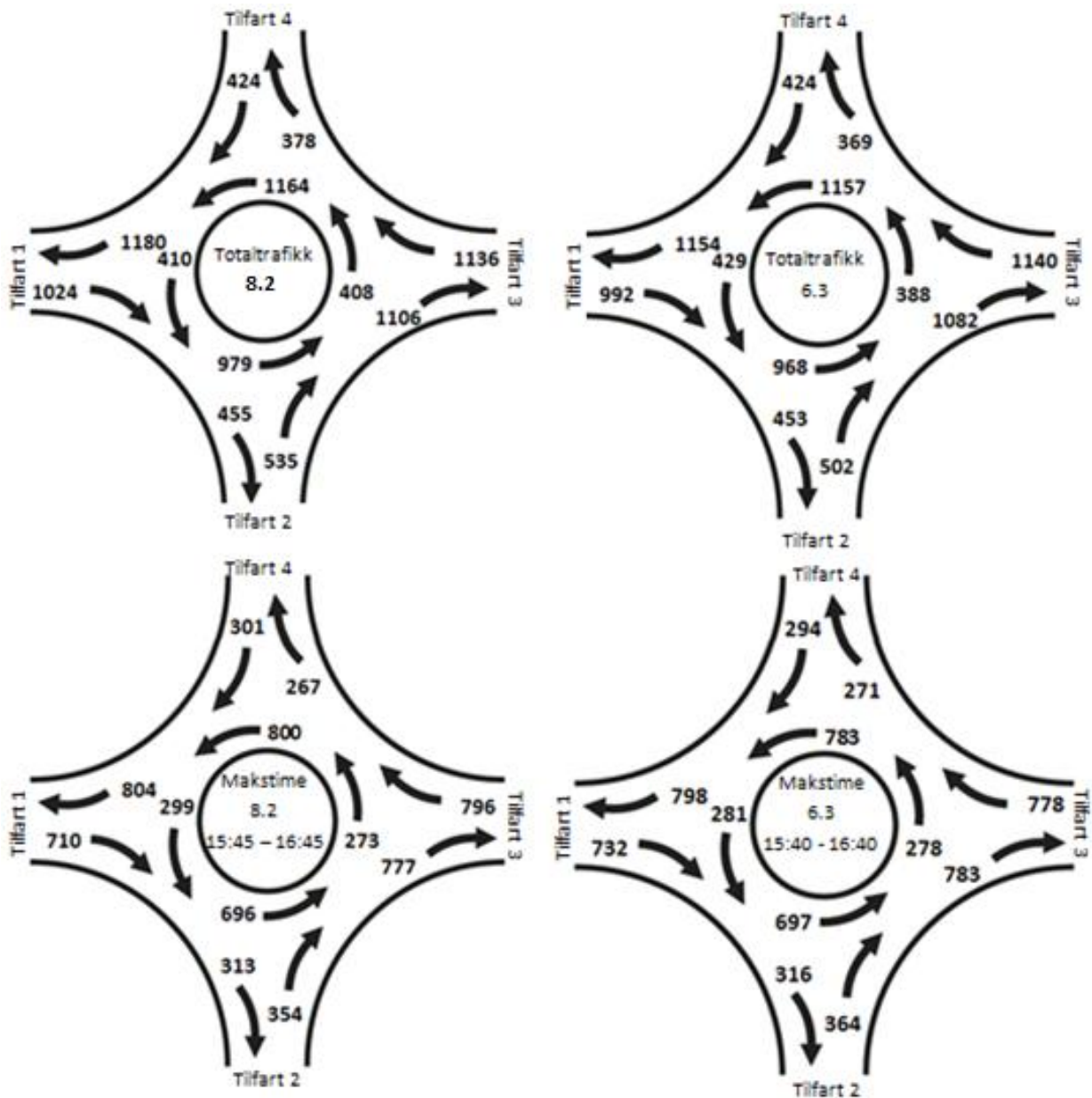
Figur 46 Trafikkvolum 6. mars i rundkjøringen på Gjettum.

Prosentandelen tunge kjøretøy var også rimelig like mellom de to observerte dagene. Figur 46 viser prosentandelen tunge kjøretøy onsdag 6. mars. Sammenligner en Figur 47 med Figur 45, var forskjellen i tunge kjøretøy minimale. Det var størst forskjell på tilfart 4, men den tilfarten hadde færrest kjøretøy. Derfor gir hvert enkelt tunge kjøretøy større utslag på prosentandelen.



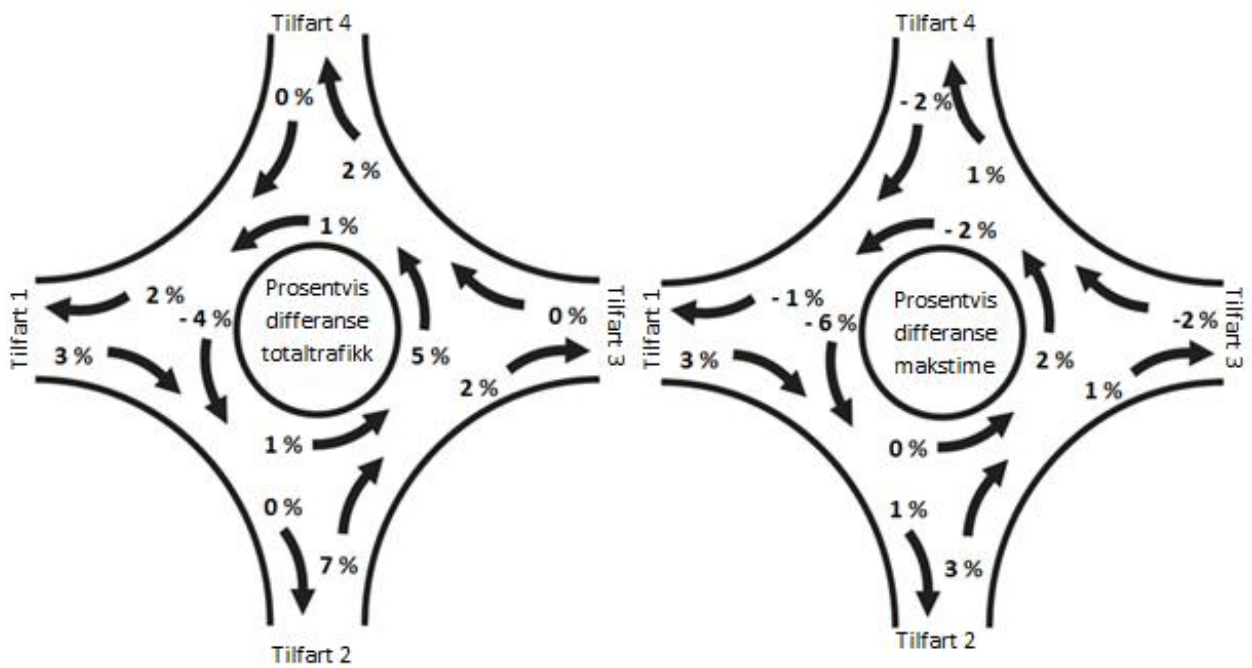
Figur 47 Prosentandel tunge kjøretøy 6.3

Figur 48 viser personbilkvivalent-trafikk for rundkjøringen (jfr. 4.1). Sirkulasjonsarealet hadde størst trafikk nord og sør for sentraløyen. Det vil si at trafikk fra tilfart 2 og -4 ville ha vanskeligere for å entre sirkulasjonsarealet enn kjøretøy fra tilfart 1 og -3. Det var imidlertid større trafikkvolum på tilfart 1 og -3, så det var vanskelig å si hvilken tilfart som ville få størst forsinkelse.



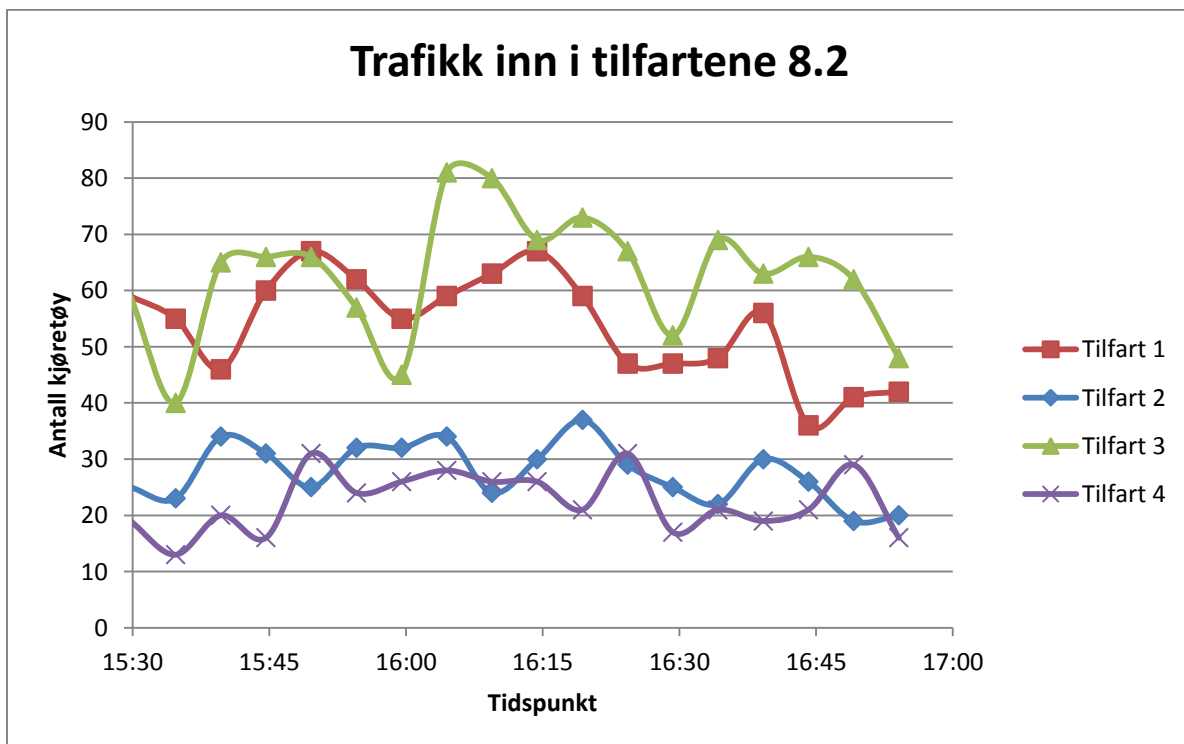
Figur 48 Personbilekivalent-trafikk, 8.2 og 6.3

Antallet personbilekivalente-kjøretøy var rimelig likt mellom de to dagene. Det gjaldt både for totalt trafikkvolum og trafikkvolum i makstimen. Figur 49 viser den prosentvise forskjellen i trafikkvolum. Det var små forskjeller mellom de to dagene. På de fleste kjøretøybevegelser er det tilnærmet identisk trafikkmengde (innenfor 2 % avvik). Positivt fortegn betyr at det var større trafikk 6. mars. Størst forskjell var det i tilfart 2 med 7 %.



Figur 49 Relativ differanse i trafikk mellom 8.2 og 6.3.

Figur 50 viser antall kjøretøy, registrert hvert 5 minutt, den 8. februar. Hensikten med figuren er å få frem at ankomsten varierte med tiden. Det stemte bra med det som ble observert på befaring. Kjøretøy ankom ofte puljevis, og det var store variasjoner i antall kjøretøy over tid. Dette er en viktig observasjon med tanke på valg av *headway* i aimsunmodellen.

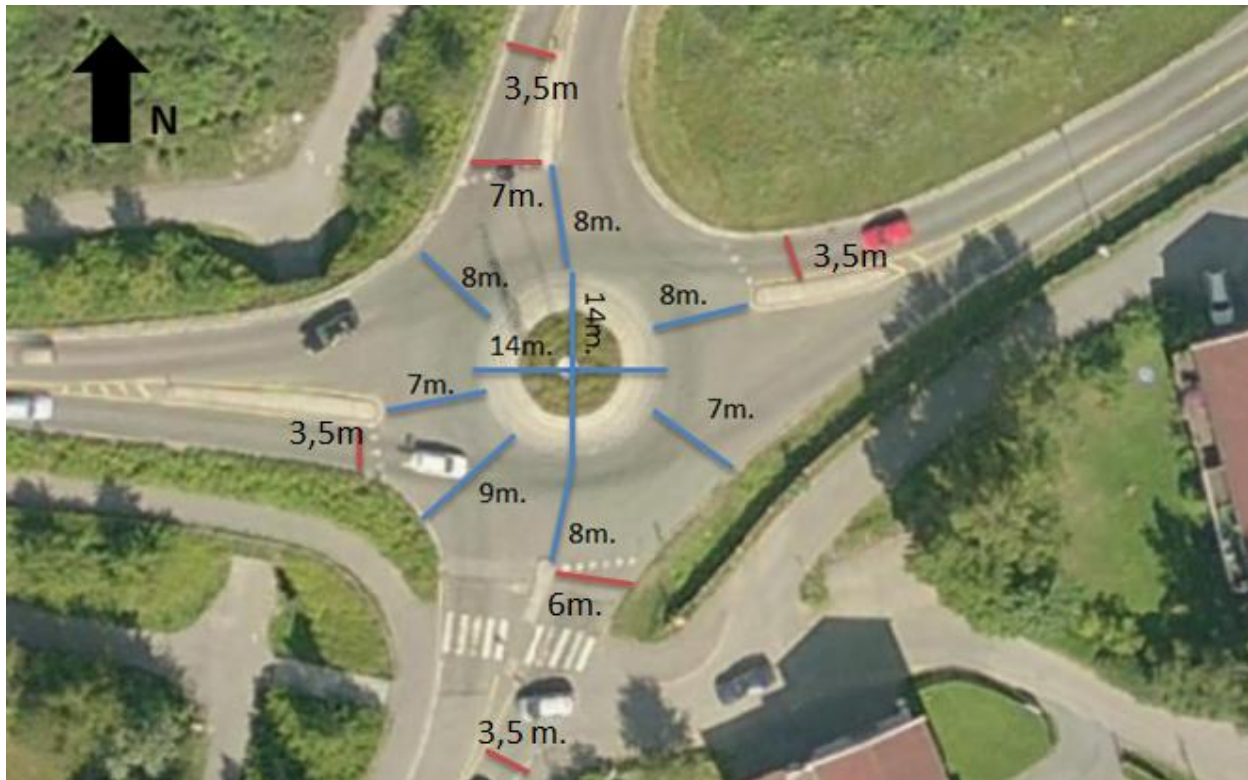


Figur 50 Trafikkvariasjon over tid den 8. februar.

Trafikkvolumet fra Gjettum er oppgitt i en excelfil på vedlagte CD. For hvert femte minutt er det tre matriser som inneholder hhv. antall personbilkjøretøy, tunge kjøretøy og busser.

5.2.1.5 Geometrisk utforming

De geometriske målene til rundkjøringen er gitt i Figur 51. Bredden på sirkulasjonsarealet varierer mellom 7 meter og 9 meter. Diameteren til sentraløyen (inkludert overkjørbart areal jfr. Figur 29) er 14 meter. Bredden på tilfart 1 og -3 er 3,5 meter, mens bredden på tilfart 2 og -4 utvider seg ved innkjørselen til sirkulasjonsarealet. Bredden er hhv. 6- og 7 meter. Det vil si at det er plass til to biler i bredden ved innkjøring til sirkulasjonsarealet.



Figur 51 Geometriske mål til rundkjøringen på Gjettum (Gulesider, 2012).

5.2.1.6 Kritisk tidsluke og følgetid

Kritisk tidsluke (s) og følgetid (s) ble beregnet etter metoden omtalt i kapittel 4.3. Regresjonsanalyse av luketidene, til alle tilfarter på Gjettum, er oppgitt i Bilag 2. Tilfart 1 og -3 hadde større trafikkvolum. Det førte til flere vikesituasjoner i tilfart 2 og -4 som kunne registreres, enn i tilfart 1 og -3.

Tabell 5 inneholder kritisk tidsluke og følgetid for alle tilfarter. Den 8. februar var den kritiske tidslukeverdien relativt lik for alle tilfarter med verdier mellom 3,6 og 4 sekunder. Det var mer spredning på verdiene den 6. mars. Da varierte de kritiske tidslukene mellom 3,2- og 4,4 sekunder. Følgetiden var mellom 2,1- og 2,8 sekunder den 8. februar. Det vil si at det var 0,7 sekunder forskjell mellom laveste og høyeste følgetid. 6. mars var følgetiden mellom 1,9- og 2,5 sekunder. Forskjellen var 0,6 sekund mellom laveste og høyeste følgetid. Det vil si at selv om det var størst variasjon i kritiske tidslukeverdier den 6. mars, var det mindre spredning i følgetidverdiene.

Tabell 5 Kritisk tidsluke og følgetid for Gjettum.

08. feb	Tilfart 1	Tilfart 2	Tilfart 3	Tilfart 4
Kritisk tidsluke (s)	3,7	3,6	4,0	4,0
Følgetid (s)	2,7	2,6	2,8	2,1
% av kritisk tidsluke	73 %	74 %	71 %	53 %
Antall registreringer	123	215	94	308
06. mar	Tilfart 1	Tilfart 2	Tilfart 3	Tilfart 4
Kritisk tidsluke (s)	4,0	3,2	4,4	3,2
Følgetid (s)	2,5	2,1	2,2	1,9
% av kritisk tidsluke	60 %	65 %	50 %	61 %
Antall registreringer	100	152	102	149

En skulle tro at kjøretøy fra tilfart 2 og -4 var villig til å akseptere lavere tidsluker, ettersom de hadde større forsinkelse (jfr. 5.2.1.7). Luketidene fra 6. mars støtter oppunder teorien, der tilfart 2 og -4 hadde lavere følgetid og kritisk tidsluke. Det samme kan ikke sies om luketidene fra 8. februar. Derfor er det vanskelig å dra noen generell konklusjon ut ifra tidslukeverdiene for de to dagene. Tilfart 1 hadde relativt like verdier begge dager, mens de andre dagene varierer noe. Forskjellen mellom dagene var imidlertid ikke stor nok til å tro at det var feilmålinger.

Forholdet mellom følgetid og kritisk tidsluke lå på rundt 70 % den 8. februar (med unntak av tilfart 4). 6. mars var forholdet rundt 60 % (med unntak av tilfart 3).

5.2.1.7 Forsinkelse

Gjennomsnittlig forsinkelse (s) for hver tilfart ble beregnet etter fremgangsmåten beskrevet i kapittel 4.4. Resultatet er vist i Tabell 6.

Tabell 6 Forsinkelse i tilfartene på Gjøttum

08. feb	Tilfart 1	Tilfart 2	Tilfart 3	Tilfart 4
Gjennomsnittlig forsinkelse (s)	5,0	6,8	7,2	10,4
Gj. forsinkelse makstime (s)	5,8	7,6	8,4	11,3
06. mar	Tilfart 1	Tilfart 2	Tilfart 3	Tilfart 4
Gjennomsnittlig forsinkelse (s)	6,9	10,4	6,5	8,0
Gj. forsinkelse makstime (s)	7,9	13,9	6,7	8,3

Ut i fra tabellen kan en observere at:

- Det var jevnt over større forsinkelse 6. mars.
- Tilfart 2 og -4 vekslet mellom å ha størst forsinkelse. Forskjellen mellom dagene var markant, men lå innenfor forventet variasjon mellom dagene. Små endringer i trafikkbildet kan gi forskjeller i forsinkelse på flere sekunder (Aakre A. , 2012c). Tilfart 2 hadde størst endring i trafikkvolum mellom dagene med 7 %, og det gav utslag på forsinkelsesverdiene.
- Tilfart 1 hadde relativt lik forsinkelse begge dager.
- Tilfart 3 gikk mot trenden, og har mindre forsinkelse den 6. mars.
- Det var større forsinkelse i makstimen.
- Det gikk ikke an å lage en generell beskrivelse av forsinkelse i rundkjøringen. Det kunne for eksempel vært at en tilfart alltid hadde størst forsinkelse, eller at forholdene mellom tilfartene forble det samme.

5.2.1.8 Vær og føreforhold

Tirsdag 8. februar var vegbanen tørr uten snø og is. Det lå snø ved siden av vegbanen, og temperaturen var minus seks °C. Det var ikke nedbør. Figur 52 viser hvordan rundkjøringen så ut 8. februar.



Figur 52 Værforhold 8. februar.

Figur 53 viser forholdene den 6. mars. Det lå fortsatt snø langs vegen, men i mindre grad enn 8. februar. Vegbanen var fri for snø og is, og den var relativt tørr. En kan se av figuren at det var enkelte våte områder på asfalten. Temperaturen var minus to °C, og det var ingen nedbør dette døgnet.



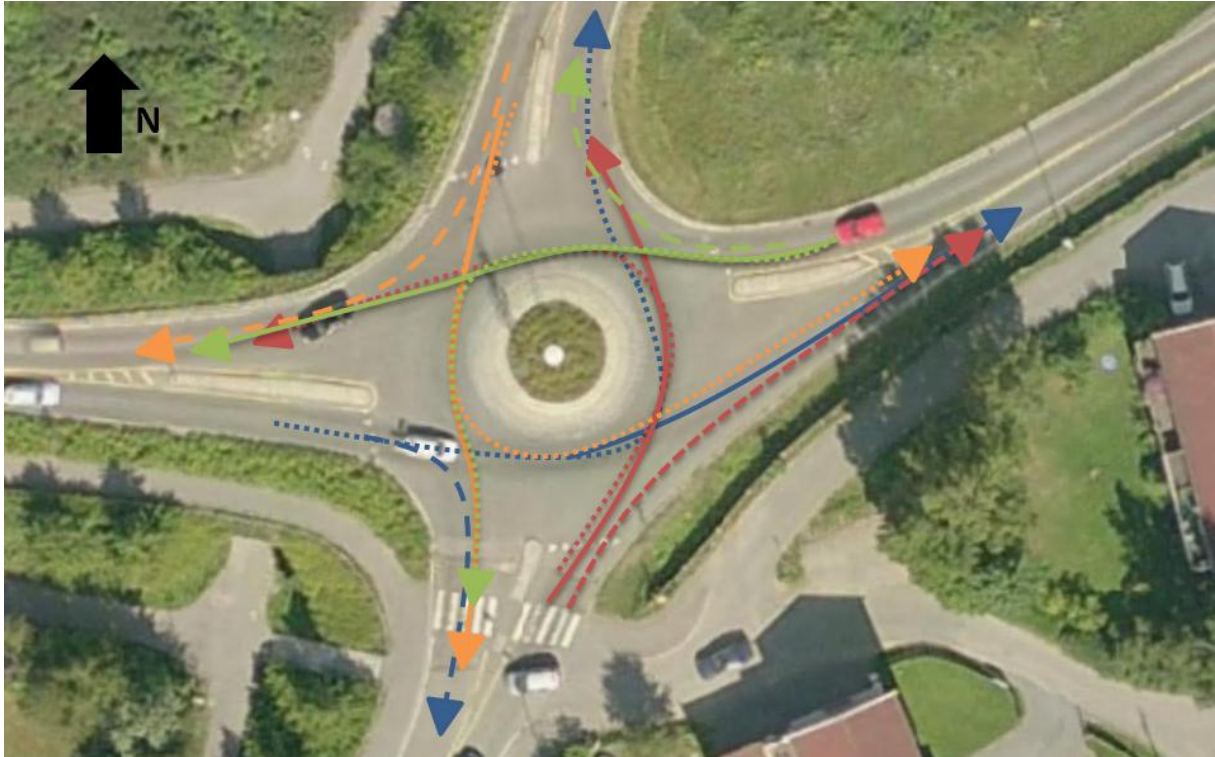
Figur 53 Værforhold 6. mars.

Den viktigste forskjellen mellom forholdene 8. februar og 6. mars er endringen i temperatur. Den 6. mars lå temperaturen nærmere smeltepunktet, og det var enkelte fuktige områder. Det kan ha gjort sjåførene mer oppmerksom på at det var glatt, og videre ført til mer forsiktig kjøring.

5.2.1.9 Kjøretøybevegelse

Etter å ha kartlagt den geometriske utformingen kom det frem et viktig spørsmål: Er det ett eller to kjørefelt i sirkulasjonsarealet? Det var plass til at to kjøretøy posisjonerte seg ved siden av hverandre, men da ville kjøretøyene vært relativt tett opp til hverandre. Det spiller liten rolle om det er teoretisk plass til to kjøretøy, hvis trafikantene ikke bruker den. For å finne ut av dette ble kjøretøybevegelsen for alle retningsvalg i rundkjøringen analysert. Resultatet er vist i Figur 54. Bevegelse fra hver tilfart har fått en egen fargekode, og deretter strektype etter hvor kjøretøyet skal. Det er verd å merke seg at trafikantene ikke fulgte vanlige

regler for hvordan en skal oppføre seg i en rundkjøring (jfr. avsnitt 6.2.1.1). Kjøretøy som skulle rett frem la seg innerst i rundkjøringen i stedet for i ytterkant. Det skyldes at geometrien tillater at kjøretøy kan kjøre tilnærmet rett frem. Det førte også til høyere fart, ettersom den geometriske forsinkelsen blir mindre.



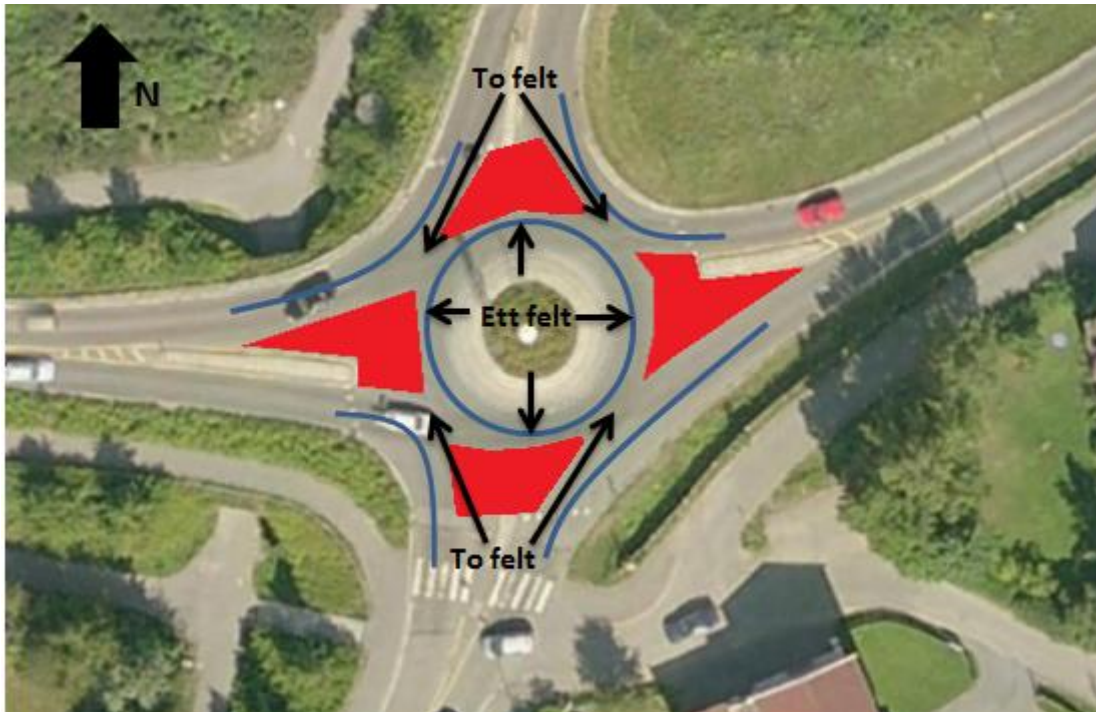
Figur 54 Kjøremønstre i rundkjøringen (Gulesider, 2012).

Av kjøremønstrene i Figur 54 kan en også se at det er områder i rundkjøringen som ikke ble benyttet. Disse områdene er skravert med rødt i Figur 55.



Figur 55 Områder som ikke blir benyttet (Gulesider, 2012).

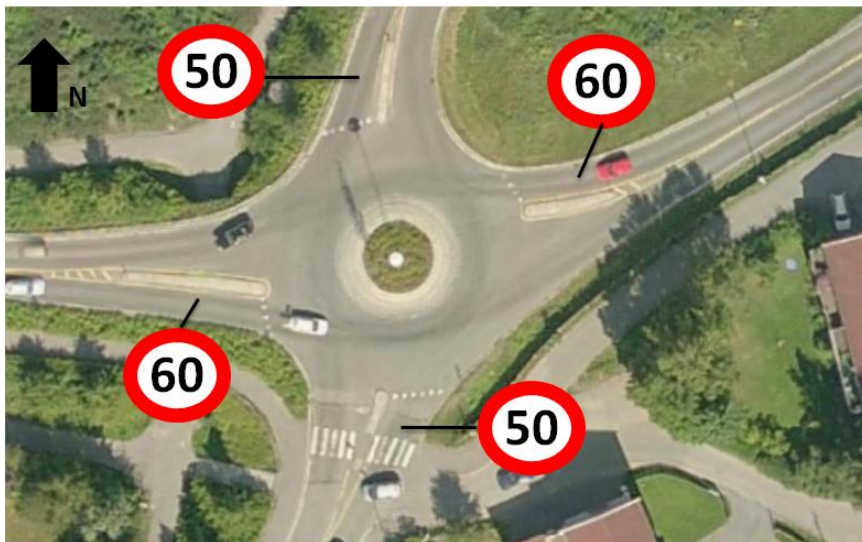
Det var ikke mulig å slå fast om rundkjøringen skulle behandles som om det var ett eller to felt i sirkulasjonsarealet. Den har egenskaper fra begge typer rundkjøringer. En kan bygge videre på Figur 55, og markere delene av sirkulasjonsarealet som blir benyttet (blå strek i Figur 56). Rundkjøringen veksler mellom å ha ett og to felt i sirkulasjonsarealet.



Figur 56 Antall felt i rundkjøringen (Gulesider, 2012).

5.2.1.10 Fartsgrense

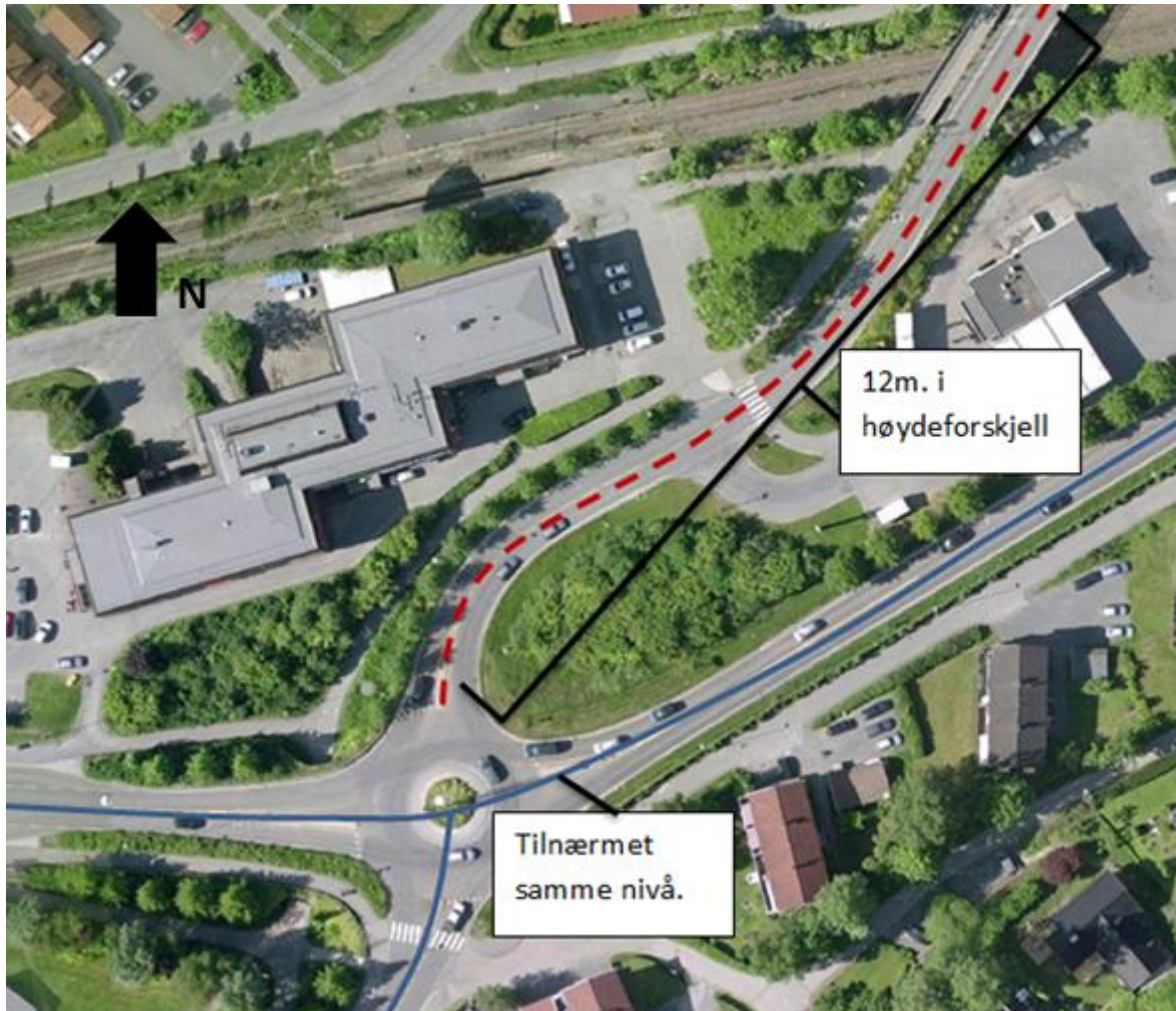
Figur 57 viser fartsgrensene på tilfartene til rundkjøringen. I Bærumsveien er fartsgrensen 60 km/t, mens grensen er 50 km/t på Vallerveien.



Figur 57 Fartsgrense på Gjettem (Gulesider, 2012).

5.2.1.11 Terrengnivå

Tilfart 1, -2 og -3 ligger på tilnærmet samme plan, mens tilfart 4 har en markant helning inn mot rundkjøringen. Figur 58 viser hvordan terrengforholdene er på stedet. Rundkjøringen er referansepunktet og har høydeverdi null.



Figur 58 Relativt terrengnivå på Gjetsum (google, 2012).

5.2.1.12 Kjøretider

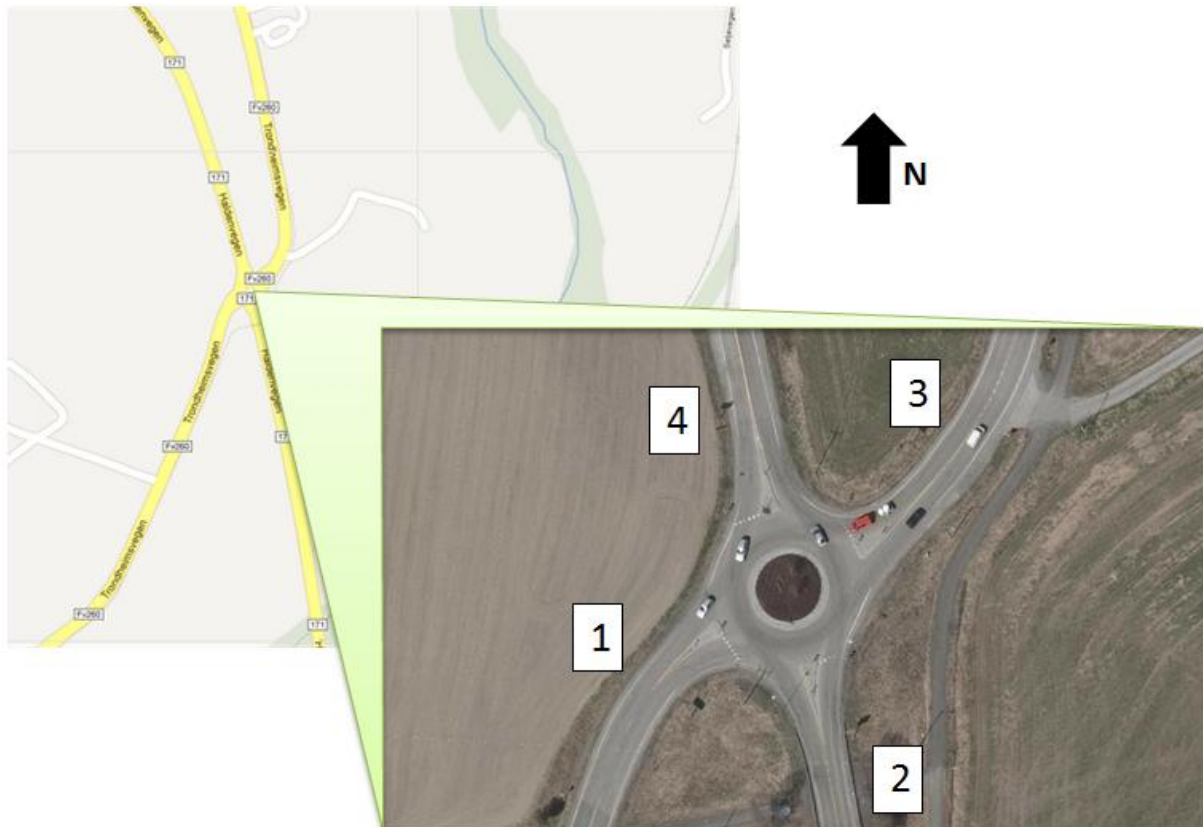
Målingene ble utført ved å kjøre mellom alle kombinasjoner av tilfarter og utfarter i rundkjøringen. Gjennomsnittet av fartsmålingene, for rundkjøringen på Gjetsum, er gitt i Tabell 7. Ved registrering ble det kun tatt vare på kjøretider som stammet fra uavhengig kjøring. Det vil si at ferden gjennom rundkjøringen ikke ble påvirket av andre kjøretøy.

Tabell 7 Registrerte kjøretider (s) for rundkjøringen på Gjetsum.

		Kjøretider (s)			
Til tilfart:		1	2	3	4
	1		2,5	4,3	7,0
Fra tilfart:	2	8,5		3,0	4,9
	3	4,6	6,9		3,1
	4	2,7	4,4	7,5	

5.2.2 Frogner

Den andre rundkjøringen som ble utvalgt til denne oppgaven befinner seg på Frogner i Sørum kommune. Den ligger i krysningspunktet av Trondheimsvegen og Haldenvegen. Omgivelsene er landlige med lite bebyggelse. Figur 59 viser rundkjøringen fra fugleperspektiv. Hver tilfart er nummerert og notasjonen vil bli brukt videre i oppgaven.



Figur 59 Rundkjøring i Frogner, Sørum (google, 2012) og (Finn, 2012).

5.2.2.1 Befaring

Det ble gjort en befaring av rundkjøringen, tirsdag 3. april, der både morgentrafikk (07:30-09:00) og ettermiddagstrafikk (15:30-17:00) ble observert. Ut ifra befaringen kunne en slå fast at:

- Trafikkvolumet var mindre enn for rundkjøringen på Gjetsum.
- Tilfart 2 og -4 hadde markant mer trafikk enn tilfart 1 og -3.
- Tilfart 1 var eneste tilfart der det jevnlig oppstod periodevis kø. Det gjaldt spesielt for ettermiddagen.
- Antall kjøretøy som ankom rundkjøringen varierte over tid. På noen tidspunkt kom det kjøretøy i puljer, mens andre ganger ankom det et enkelt kjøretøy.
- Det var mulig å gjøre filmopptak fra en høyning i terrenget i god avstand fra rundkjøringen.
- Det var ingen betydelig påvirkning fra andre trafikale elementer.

På bakgrunn av observasjonene ble det besluttet å bruke rundkjøringen på Frogner videre i oppgaven.

5.2.2.2 Mulighet for filmopptak

Omtrent 150 meter ifra rundkjøringen er det en opphøyning i terrenget. Der kunne en stå med et videokamera å gjøre opptak. Avstanden til rundkjøringen var stor nok til at det kun trengtes ett kamera. Figur 60 viser hvor kameraet var plassert i forhold til rundkjøringen. Synsfeltet til kameraet er illustrert med blå skravur.



Figur 60 Synsfelt til kamera (Finn, 2012).

Det oppstod enkelte siktproblemer undervegs i filmingen. Det var ikke mulig å plassere kameraet slik at det alltid hadde fri sikt. Opphøyningen i terrenget lå ikke mer enn fem meter over høydenivået til rundkjøringen. Det førte til at store kjøretøy kunne blokkere sikten inn til sirkulasjonsarealet. Figur 61 viser eksempler på sikthindringer fra opptakene.



Figur 61 Sikthindringer

Store kjøretøy blokkerte sjelden sikten. Figur 62 viser hvordan synsfeltet til kamera vanligvis var. Det var god sikt til alle tilfarer, med unntak av tilfart 1. Det gikk greit å hente ut data om kjøretøybevegelse, trafikkvolum og aksept av tidsluker, men registrering av kølengde var ikke like enkelt. Det førte til et mer nøysomt arbeid med å hente ut data, men kvaliteten ble bra til slutt.



Figur 62 Sikt under opptak på Frogner.

5.2.2.3 Påvirkning fra andre elementer

Det var ingen trafikale elementer som påvirket trafikkavviklingen. Like ved rundkjøringen ligger det undergang for gang- og sykkeltrafikk. Den sørget for at ingen fotgjengere kom i konflikt med kjøretøyene. Det er en privat veg som hekter seg på tilfart 3. Den ligger like ved rundkjøringen, og vegen ville hatt stor påvirkning for trafikkavviklingen dersom det var trafikk på den. Vegen er kun en innkjørsel til én gård, og da registreringene pågikk var det tilnærmet null trafikk. Figur 63 viser innkjøringen til gården, og den omtale gang- og sykkelvegen.

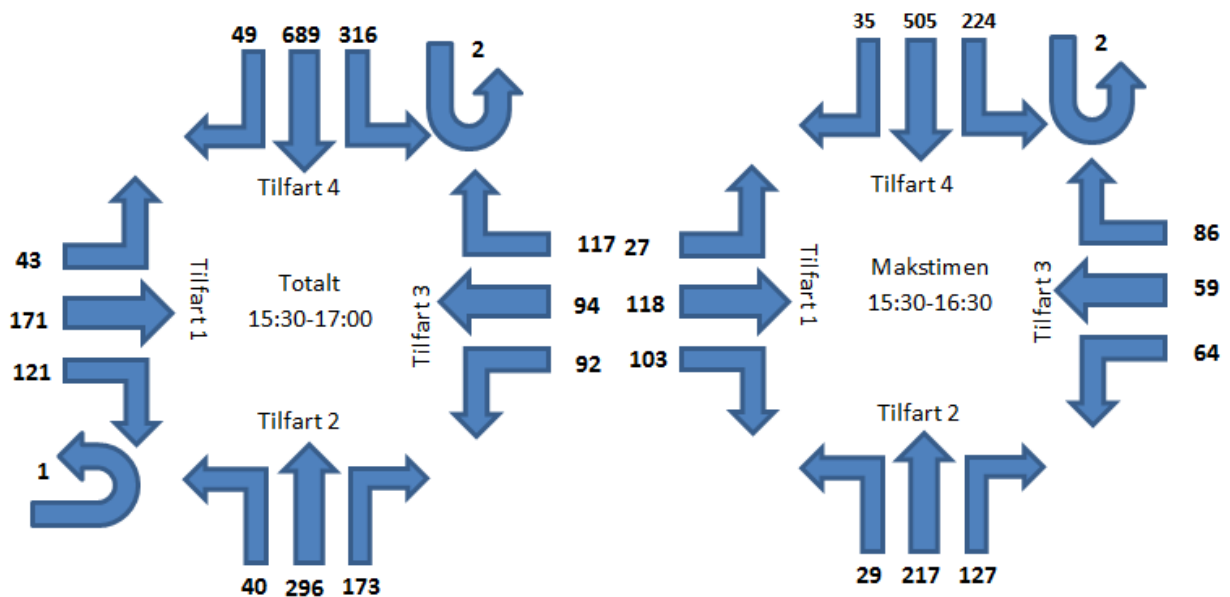


Figur 63 Trafikale elementer i nærhet til rundkjøringen i Frogner.

5.2.2.4 Trafikk

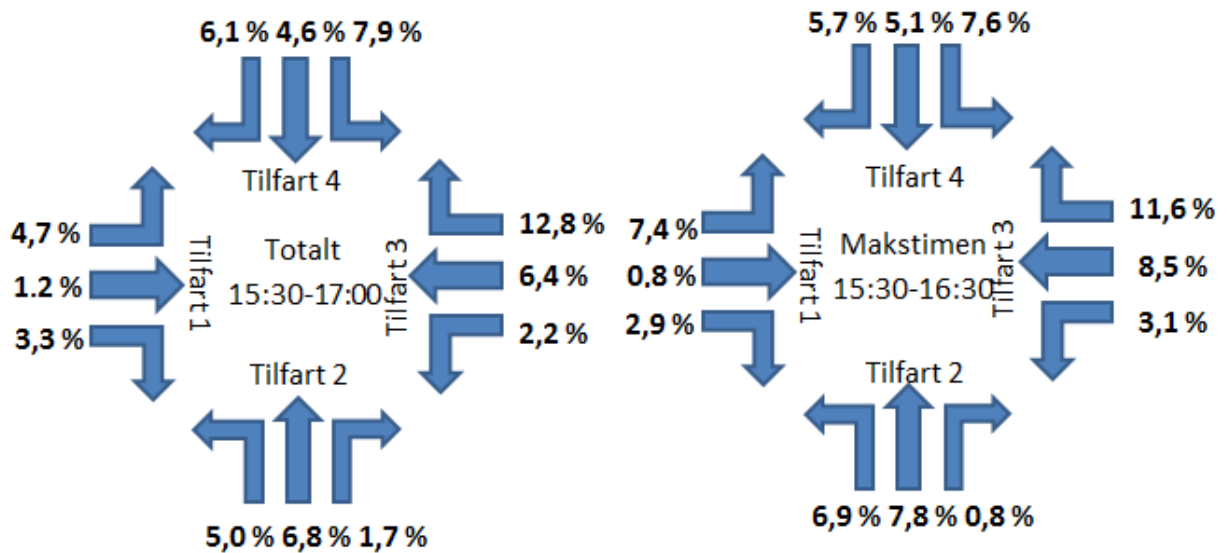
Det ble gjort videoobservasjoner tirsdag 17. april og tirsdag 8. mai. Begge opptakene ble gjort på ettermiddagen mellom 15:30 og 17:00. Det ble ikke filmet morgentrafikk, ettersom det ikke var mulig å gjennomføre for rundkjøringen på Gjettem.

Figur 64 viser antall kjøretøy, som ble registrert tirsdag 17. april, fordelt på svingebevegelsene i rundkjøringen. Det er klart størst trafikk fra tilfart 4 til utfart 2. Det er også en betydelig mengde trafikk som skal til utfart 3, fra tilfart 1, -2 og -4. Det er samme trafikkmønster i makstimen (15:30 – 16:30) som for hele perioden.



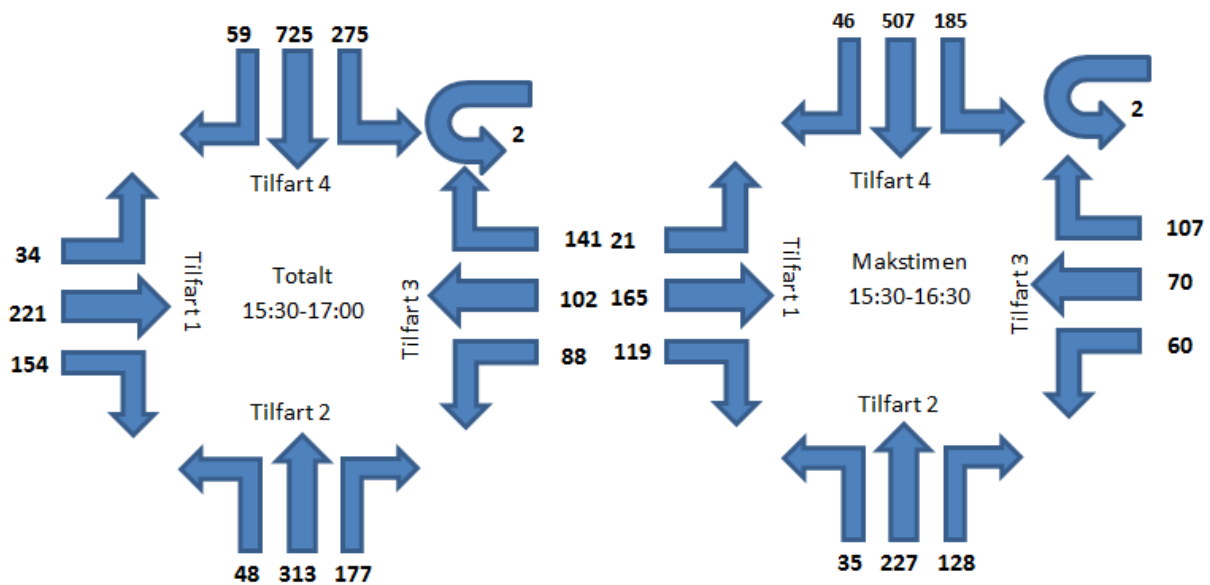
Figur 64 Trafikkvolum på Frogner 17.4.

Figur 65 oppgir hvor stor prosentandel av trafikken som er tunge kjøretøy. Det er store variasjoner mellom svingebevegelsene, og høyresving fra tilfart 3 har størst verdi med 12,8 %. Andel tunge kjøretøy er langt større enn på Gjettem (jfr. Figur 45). Det er likevel et godt stykke under normalverdien på 15 % for lignende vegger (Statens Vegvesen, 2011b).



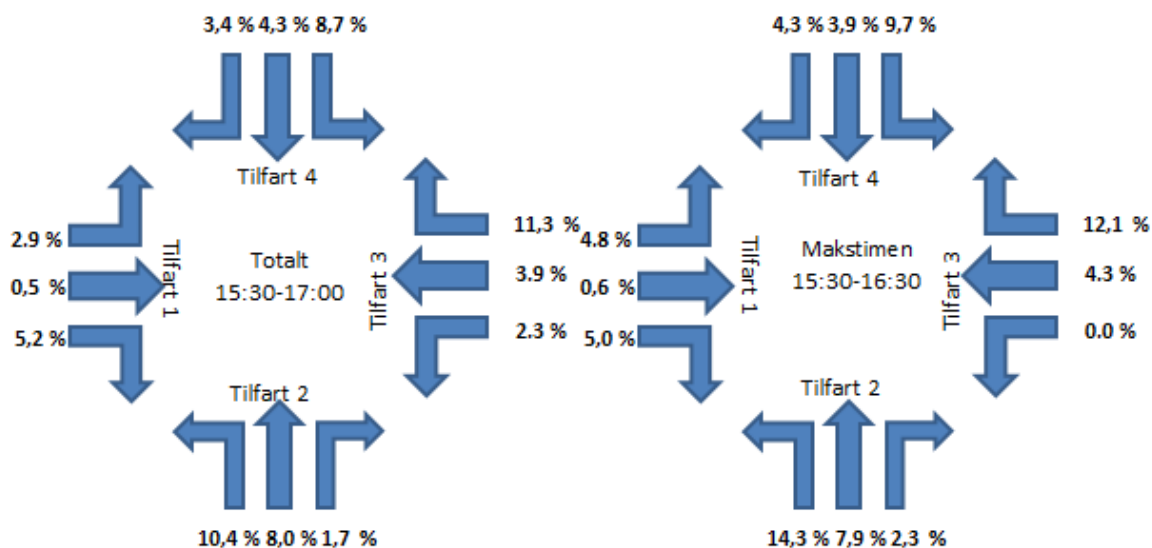
Figur 65 Prosentandel tunge kjøretøy på Frogner 17. april.

Trafikkvolumet registrert 8. mai er oppgitt i Figur 66. Det er ingen drastiske endringer i trafikkbildet mellom de to dagene. Det er fortsatt tilfart 4 som har størst trafikk.



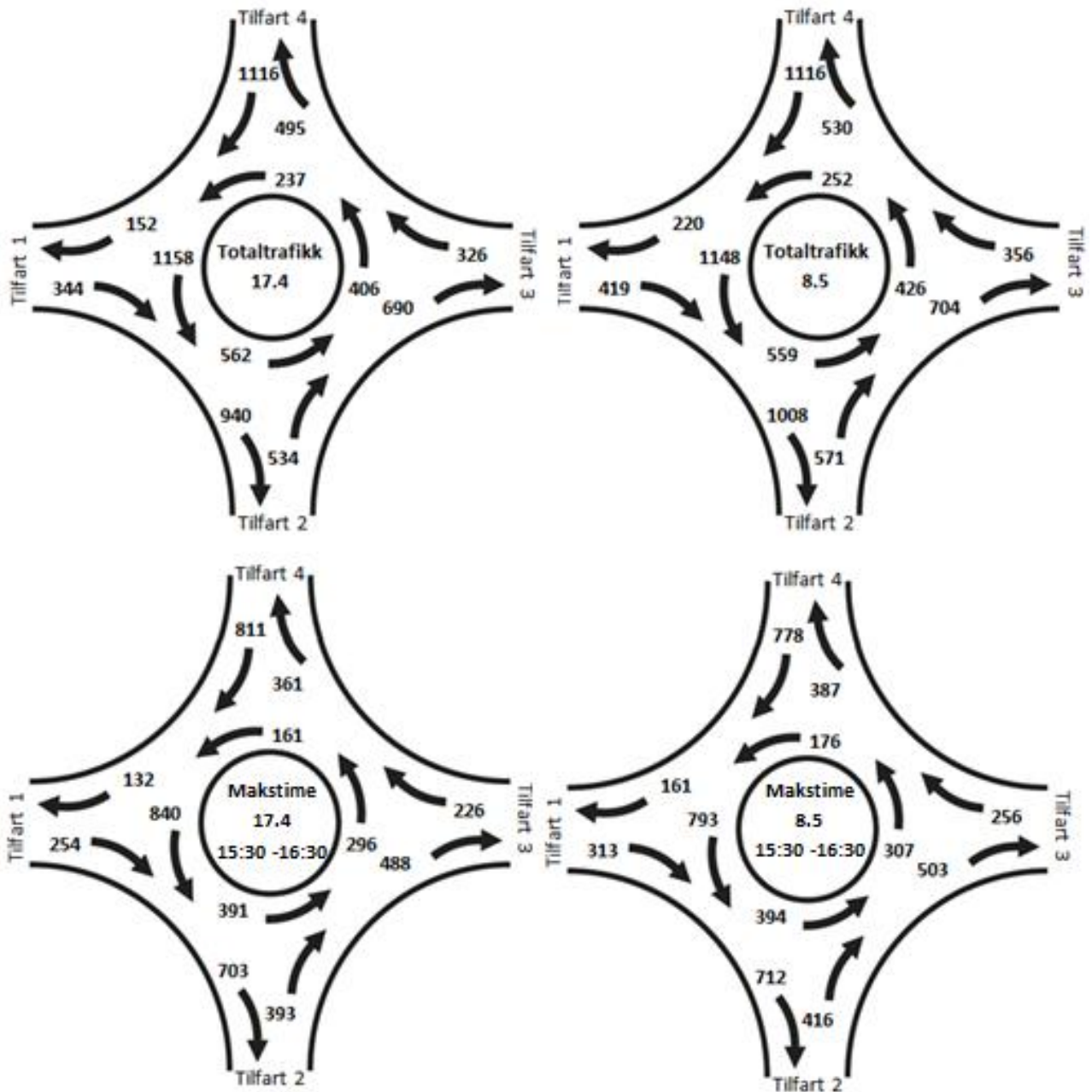
Figur 66 Trafikkvolum 8. mai.

Figur 67 viser andel tungtrafikk 8. mai. Det var variasjon i forhold til tungtrafikkandelen 17. april, men ikke mer enn en kan forvente. Fra tilfart 2 til -1 var tungtrafikkandelen over fordoblet. Det skyldes at det var lavt trafikkvolum i utgangspunktet, og hvert tunge kjøretøy gav stort utslag på prosentandelen.



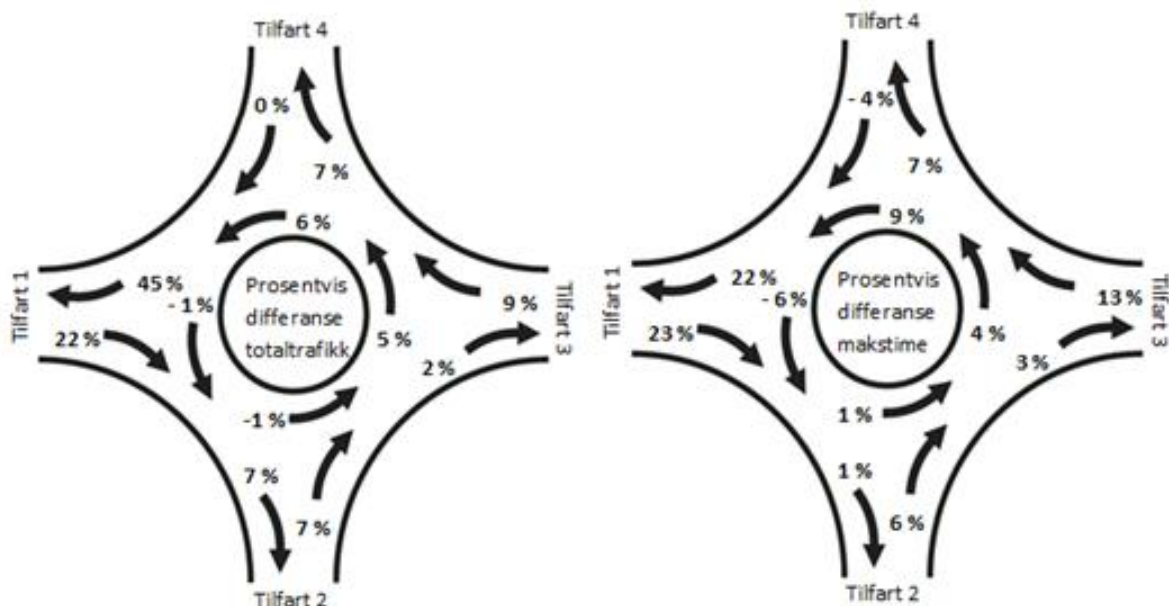
Figur 67 Andel tungtrafikk 8. mai.

Personbilekvivalent-trafikk er vist i Figur 68. Det var klart størst trafikk fra tilfart 4 til utfart 2. Det skapte stor trafikk øst for sentraløyen som kunne føre til forsinkelser for tilfart 1.



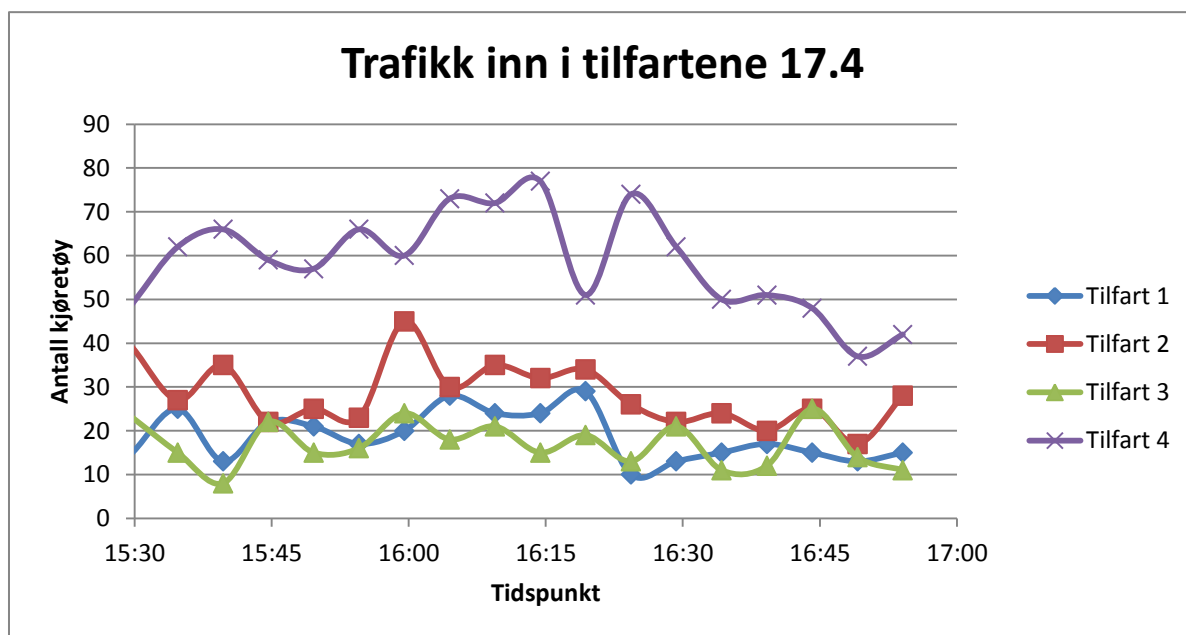
Figur 68 Personbilekivalent-trafikk 17. april og 8. mai.

Forskjellen i trafikkvolum mellom de to dagene var liten, men med et par unntak. Figur 69 viser den prosentvise forskjellen for trafikkvolumene. Tilfart 1 og utfart 1 hadde de største variasjonene. Figuren viser at de store trafikkvolumene var nokså like mellom dagene, mens de små trafikkvolumene varierte mer. Det var naturlig siden hvert enkelt kjøretøy gav større prosentvis endring på kjøremønstre med lav trafikk.



Figur 69 Relativ differanse i trafikkvolum mellom 17. april og 8. mai.

Figur 70 viser antall kjøretøy i tilfartene, registrert hvert 5 minutt, den 17. april. Ankomsten til kjøretøy hadde store variasjoner på de forskjellige tidspunktene.

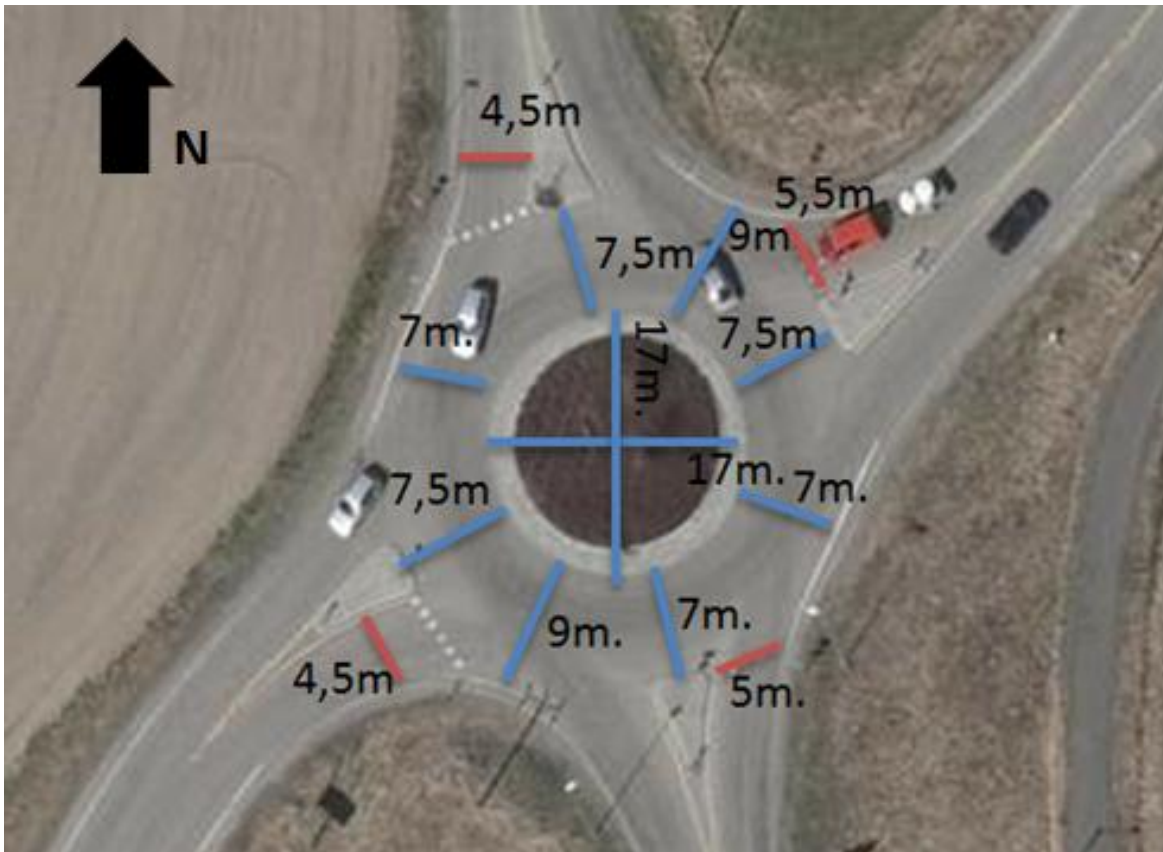


Figur 70 Trafikkvariasjon over tid, den 17. april.

Trafikkvolumet fra Frogner er oppgitt i en excelfil på vedlagte CD. For hvert femte minutt er det tre matriser som inneholder hhv. antall personbilkjøretøy, tunge kjøretøy og busser.

5.2.2.5 Geometrisk utforming

Geometriske mål, til rundkjøringen på Frogner, er oppgitt i Figur 71. Bredden på sirkulasjonsarealet varierer mellom 7- og 9 meter. Diameteren til sentraløyen er 17 meter (inkludert overkjørbart areal). Bredden på tilfartene varierer mellom 4,5 meter og 5,5 meter. Det er teoretisk plass til to kjøretøy ved siden av hverandre ved innkjøring til sirkulasjonsarealet. Ut ifra observasjoner av trafikkavvikling på befaring, var ikke det tilfellet.



Figur 71 Geometrisk utforming av rundkjøringen på Frogner (Finn, 2012).

5.2.2.6 Kritisk tidsluke og følgetid

Kritisk tidsluke og følgetid ble beregnet for rundkjøringen på Frogner (jfr. 4.3). Regresjonsanalyse av luketidene, til alle tilfarter, er oppgitt i Bilag 3. Trafikkvolumet var størst i Tilfart 4. Derfor oppstod det flest vikesituasjoner i tilfart 1, som en kunne registrere tidsluker fra. Grunnlaget for tidslukeverdiene på tilfart 2, -3 og -4 var lavere enn tilsvarende registrering for rundkjøringen på Gjøttum. Antall registreringer var så lavt, at de beregnede luketidene hadde stor usikkerhet knyttet til seg.

Tabell 8 inneholder kritisk tidsluke og følgetid for alle tilfarter. Den 17. april varierte de kritiske tidslukene mellom 3,3- og 3,8 sekunder, og følgetidene varierte mellom 2,0- og 2,5 sekunder. Den 8. mai var tidslukene mellom 3,2- og 3,8 sekunder. Følgetidene var fra 2,2- til 2,6 sekunder. Tilfart 1 hadde flere registreringer enn de andre tilfartene til sammen.

Tabell 8 Kritisk tidsluke og følgetid for rundkjøringen på Frogner.

17. apr	Tilfart 1	Tilfart 2	Tilfart 3	Tilfart 4
Kritisk tidsluke (s)	3,5	3,8	3,6	3,3
Følgetid (s)	2,5	2,0	2,2	2,4
% av kritisk tidsluke	71 %	53 %	62 %	74 %
Antall registreringer	113	36	21	29
08. mai	Tilfart 1	Tilfart 2	Tilfart 3	Tilfart 4
Kritisk tidsluke (s)	3,8	3,5	3,7	3,2
Følgetid (s)	2,4	2,6	2,6	2,2
% av kritisk tidsluke	64 %	75 %	71 %	71 %
Antall registreringer	170	57	34	42

Det var ikke mulig å finne et tydelig mønster fra verdiene i tabellen. Tilfart 2 og -4 hadde rimelig like verdier de to dagene, mens de to andre tilfartene hadde større variasjoner. Den 8. mai var forholdet mellom kritisk tidsluke og følgetid rundt 70 % for alle tilfarter. Den 17. april varierte forholdet mellom 53 % og 74 %.

5.2.2.7 Forsinkelse

Gjennomsnittlig forsinkelse for hver tilfart ble beregnet etter fremgangsmåten beskrevet i kapittel 4.4. Resultatet er vist i Tabell 9.

Tabell 9 Forsinkelse i tilfartene i Frogner

17. april	Tilfart 1	Tilfart 2	Tilfart 3	Tilfart 4
Gjennomsnittlig forsinkelse (s)	8,4	2,3	3,0	1,4
Gj. forsinkelse makstime (s)	9,9	2,6	2,8	1,4
8. mai	Tilfart 1	Tilfart 2	Tilfart 3	Tilfart 4
Gjennomsnittlig forsinkelse (s)	8,2	3,8	3,0	1,2
Gj. forsinkelse makstime (s)	8,5	6,2	2,9	2,7

Ut ifra tabellen kan en observere at:

- Gjennomsnittlig forsinkelsesverdi til tilfartene var relativt like de to dagene, med unntak av tilfart 2.

- Det var større variasjon i gjennomsnittlig forsinkelse for makstimen enn for hele perioden. Dette gjaldt spesielt tilfart 2.
- Den 8. mai var det markant større forsinkelse i makstimen enn for hele perioden i tilfart 2 og -4.
- Tilfart 1 skiller seg ut med klart størst forsinkelsesverdier begge dager. Det må ses i sammenheng med trafikkvolumet i tilfart 4.
- Tilfart 4 har alltid minst forsinkelse.

5.2.2.8 Vær og føreforhold

Tirsdag 17. april var det periodevis nedbør i form av hagl. Temperaturen lå rundt seks °C. Kjørebane var tørr og snøfri. Figur 72 viser hvordan forholdene så ut 17. april.



Figur 72 Vær og føreforhold 17. april.

Tirsdag 8. mai var det overskyet uten nedbør. Temperaturen lå rundt 11 °C. Vegbanen var tørr, og det var ingen værforhold som hadde påvirkning på bilistene. Figur 73 viser hvordan forholdene var under filmingen.

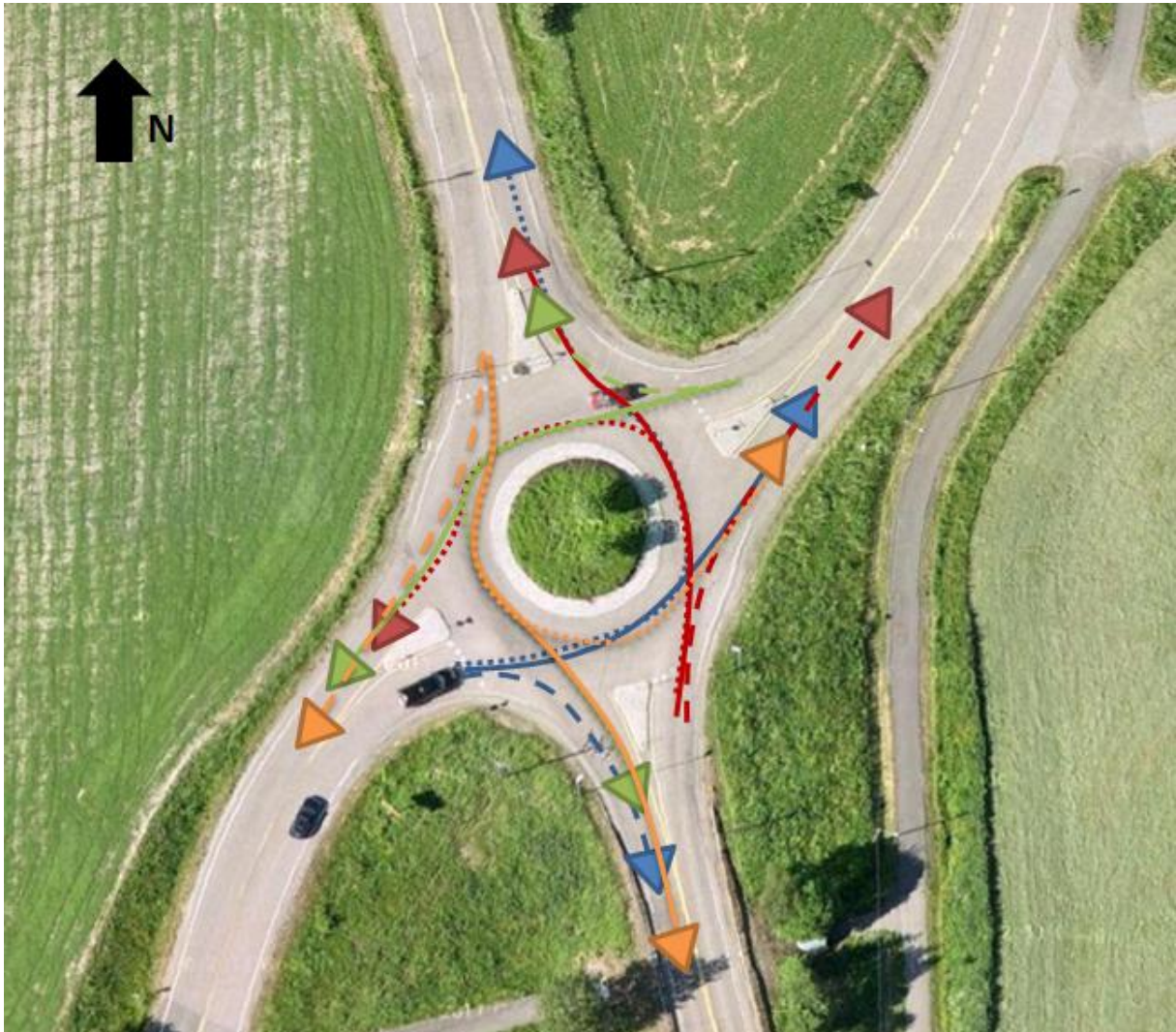


Figur 73 Vær og føreforhold 8. mai.

5.2.2.9 Kjøretøybevegelse

Rundkjøringen på Frogner har relativ lik geometri som rundkjøringen på Gjetsum. Også her måtte det vurderes om det var ett eller to felt i sirkulasjonsarealet.

Figur 74 viser hvordan kjøretøyene posisjonerte seg i rundkjøringen. Hver fargekode illustrerer hvilken tilfart kjøretøyene kom fra, mens linjeskravuren viser om de kjørte rett frem, til høyre eller venstre. Fra figuren ser en at kjøretøy som skulle rett frem holder seg innerst i rundkjøringen. Det avviker fra normal rundkjøring-oppførsel (jfr. 6.2.1.1) forutsatt at det er to felt i rundkjøringen.



Figur 74 Kjøremønster i rundkjøringen på Frogner (google, 2012).

Av Figur 74 kan en se at det er områder i sirkulasjonsarealet som ikke ble benyttet. Områdene er skravert med rødt i Figur 75. Denne observasjonen gjelder kun for personbilkjøretøy. Tunge kjøretøy trenger større plass i rundkjøringen og la seg lenger ut.



Figur 75 Områder i sirkulasjonsarealet som ikke blir benyttet av personbilkjøretøy (google, 2012).

5.2.2.10 Fartsgrense

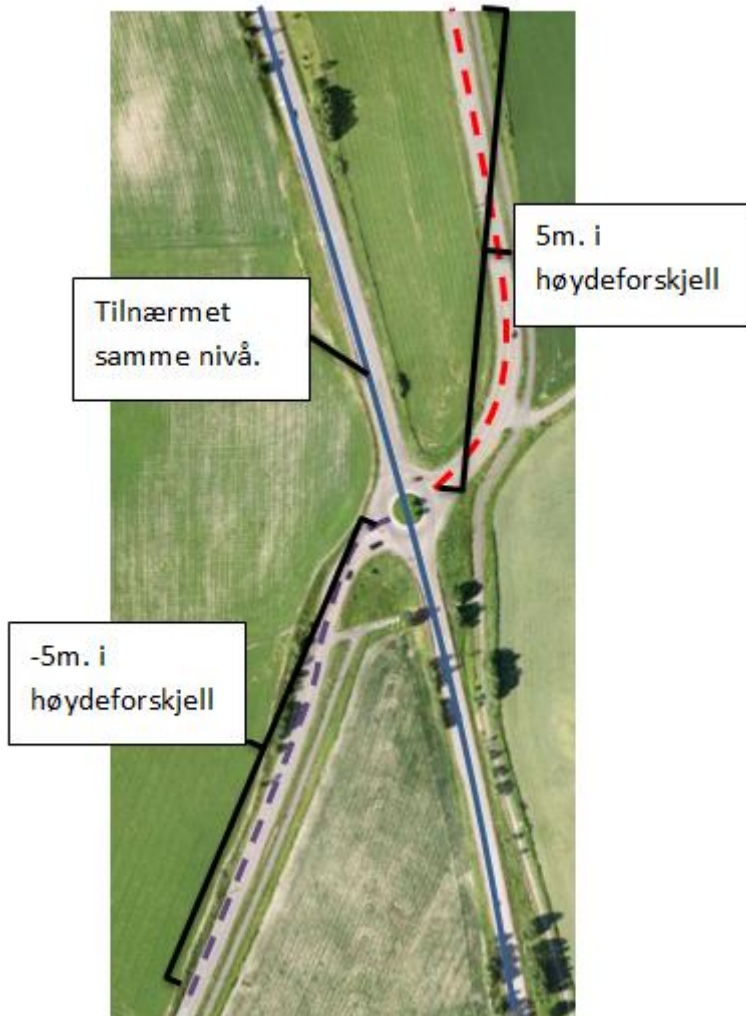
Figur 76 viser fartsgrensene på tilfartene i Frogner. Alle tilfarter har fartsgrense 60 km/t i det en kjører inn i rundkjøringen, og tre av tilfartene har høyere fartsgrense lengre unna.



Figur 76 Fartsgrense i Frogner (google, 2012).

5.2.2.11 Terrengnivå

Figur 77 viser høydenivået på tilfartene i rundkjøringen. Sentraløyen har null i høydeverdi, og de andre verdiene er relative i forhold til den. Tilfart 2 og -4 ligger på samme nivå som sentraløyen, mens tilfart 1 og -3 ligger på hhv. minus fem- og fem meter.



Figur 77 Terrengnivå på Frogner (google, 2012).

5.2.2.12 Kjøretider

De registrerte kjøretidene (s) for rundkjøringen er oppgitt i Tabell 10. Ved registrering ble det kun tatt vare på kjøretider som stammet fra uavhengig kjøring. Det vil si at ferden gjennom rundkjøringen ikke ble påvirket av andre kjøretøy.

Tabell 10 Registrerte kjøretider for rundkjøringen i Frogner.

		Kjøretider (s)			
Til tilfart:		1	2	3	4
Fra tilfart:	1		2,4	4,2	7,2
	2	8,2		2,5	4,1
	3	4,3	7,6		2,3
	4	2,6	3,2	8,0	

5.3 Likhet mellom utvalgte rundkjøringer

Egenskaper og relevante opplysninger om rundkjøringene gjorde det klart at det var både likheter og ulikheter mellom dem. Tabell 11 oppsummerer kort observasjonene fra hver rundkjøring, og forteller om det var samsvar mellom dem. De viktigste temaene, med tanke på sammenligning, er markert med sort utheving. Trafikkvolumet var vesentlig større i rundkjøringen på Gjettum. Andel tunge kjøretøy var til gjengjeld større i rundkjøringen på Frogner. Den geometriske utformingen var lik i begge tilfeller, og kjøretøyene posisjonerte seg likt i sirkulasjonsarealet. Det skulle senere vise seg å ha stor betydning for modellering av rundkjøringen, og derfor var det viktig at de to rundkjøringene var like på dette punktet. Det gjorde det mulig å dra generelle slutninger om modellering av denne type rundkjøringer i Aimsun.

Tabell 11 Sammenligning mellom de to utvalgte rundkjøringene.

	Gjettum	Frogner	Likhet
Mulighet for filmopptak:	God.	Mindre god.	Nei
Påvirkning av andre trafikale elementer:	Stor. Busstopp, sidegate og gangfelt i umiddelbar nærhet. Spesielt tilfart 2 blir påvirket.	Liten	Nei
Trafikkvolum:	Tydelig trafikkmønster med hovedstrøm mellom tilfart 1 og -3. Det fører til større forsinkelse på tilfart 2 og -4, enn for tilfart 1 og -3.	Klart mest trafikk i tilfart 4. Det gir igjen forsinkelse for tilfart 1. Vesentlig mindre trafikkvolum enn på Gjettum, men større andel tungtrafikk.	Nei.
Geometrisk utforming:	Firearmet rundkjøring med ett felt i hver tilfart, og bredt sirkulasjonsareal.	Firearmet rundkjøring med ett felt i hver tilfart, og bredt sirkulasjonsareal.	Ja.
Områdebeskrivelse:	Urban	Landlig	Nei
Forsinkelse:	Størst forsinkelse på tilfart 2 og -4.	Tilfart 1 er eneste tilfart med betydelig forsinkelse.	Nei
Vær og føreforhold:	Vinter, men bar vegbane.	Vår, og tørr vegbane.	Bar vegbane i begge tilfeller, men forskjell i årstid.
Kjøretøybevegelse:	Kjøretøy som skal rett frem legger seg innerst i rundkjøringen.	Kjøretøy som skal rett frem legger seg innerst i rundkjøringen.	Ja.
Fartsgrense:	50- og 60 km/t.	60-, 70- og 80 km/t	Delvis likt.
Terrengnivå:	Tilfart 4 heller ned mot rundkjøringen.	Tilfart 1 og -3 har hhv positiv og negativ helning inn mot rundkjøringen.	Ja, største del av begge rundkjøringene ligger på samme plan.

6 Effekt av parametere

Målet med oppgaven var å komme frem til anbefalinger om hvordan en rundkjøring skal modelleres i Aimsun. Det innebar å vite effektene av parameterne (jfr. 3.8) som inngår i en simulering. Ettersom det ikke fantes noen generelle anbefalinger for hvordan rundkjøringer skulle modelleres, startet forsøkene med standard-parameterverdier. Effekten fra hver parameter ble funnet ved å kjøre simuleringer, der en varierte verdien til én utvalgt parameter av gangen. De andre parameterne beholdt standardverdiene.

To forskjellige modeller ble laget i programmet. Den ene tok for seg rundkjøringen på Gjettum, og den andre var for rundkjøringen på Frogner. Med to tilgjengelige trafikkvolum for hver modell, ble det til sammen fire forskjellige simuleringsgrunnlag. Trafikkvolum, geometri, fartsgrense og terrengnivå ble modellert i henhold til opplysningene fra 5.2.1 (Gjettum) og 5.2.2 (Frogner).

6.1 Standard-parameterverdier

Programmets standardverdier for inngangsparameterne ble brukt som utgangspunkt for simulering av de to rundkjøringene. Tabell 12 viser de globale parameterverdiene. *Reaksjonstid* (ikke ved stopp) var satt til samme verdi som *simulation step*.

Tabell 12 Standardverdier for globale parametere.

Parameter	Verdi
<i>Simulation step</i>	0,75
<i>Reaksjonstid</i>	1:1 (Samme som <i>simulation step</i>)
<i>Reaksjonstid ved stopp</i>	1,35 sekunder
<i>Headway</i>	Ekspontialfordeling

Tabell 13 viser de lokale parameterne. *Variasjon i viketid* og *variasjon i reaksjonstid* har begge verdien 0, og er i utgangspunktet ikke med i simuleringer. Fartsgrense på lenkene ble oppgitt i henhold til Figur 57 og Figur 76. **Yellow box**-funksjonalitet i kryss er ikke med i et standardoppsett. Dersom ikke annet blir definert av brukeren, er det ikke helning på en lenke.

Tabell 13 Standardverdier for lokale parametere

Parameter	Verdi
<i>Siktavstand</i>	30 meter
<i>Oppgitt fartsgrense på strekningen</i>	Figur 57 og Figur 76
<i>Variasjon i reaksjonstid</i>	0
<i>Variasjon i viketid</i>	0 sekund
Yellow box	Ikke brukt
<i>Helning</i>	0

Kjøretøyparameterne for biler er oppgitt i Tabell 14. *Minimum headway* var satt til 0 sekund. Det betyr at kravet om minste tidsavstand mellom kjøretøy ikke var med. Det samme gjelder for *sensitivitetsparameteren* α , ettersom verdien var satt til 1.

Tabell 14 Standardverdier for kjøretøyparametere (bil).

Parameter	Gj.verdi	Avvik	Min. Verdi	Max. Verd
<i>Kjøretøyets lengde</i>	4 m	0,5 m	3,5 m	4,5 m
<i>Kjøretøyets maksimal ønskede fart</i>	110 km/t	10 km/t	80 km/t	150 km/t
<i>Maksimal akselerasjon</i>	3 m/s ²	0,2 m/s ²	2,6 m/s ²	3,4 m/s ²
<i>Normal retardasjon</i>	4 m/s ²	0,25 m/s ²	3,5 m/s ²	3,5 m/s ²
<i>Maksimal retardasjon</i>	6 m/s ²	0,5 m/s ²	5 m/s ²	7 m/s ²
<i>Kjøretøyets villighet til å akseptere fartsgrensen θ</i>	1,1	0,1	0,9	1,3
<i>Minste avstand kjøretøy</i>	1m	0,3 m	0,5 m	1,5 m
<i>Viketid</i>	10 s	2,5 s	5 s	15 s
<i>Sensitivitetsparameteren α</i>	1	0	1	1
<i>Minimum headway</i>	0 s	0 s	0 s	0 s

Kjøretøysparameterne for tunge kjøretøy er oppgitt i Tabell 15. De tunge kjøretøyene hadde lavere retardasjon og akselerasjonsegenskaper enn bilene, og de var lengre. *Viketiden* var også større. Også her var *sensitivitetsparameteren α* og kravet til *minimum headway* utelatt.

Tabell 15 Standardverdier for kjøretøyparametere (tunge kjøretøy).

Parameter	Gj.verdi	Avvik	Min. Verdi	Max. Verd
<i>Kjøretøyets lengde</i>	8 m	2 m	6 m	10 m
<i>Kjøretøyets maksimal ønskede fart</i>	85 km/t	10 km/t	70 km/t	100 km/t
<i>Maksimal akselerasjon</i>	1 m/s ²	0,5 m/s ²	0,6 m/s ²	1,8 m/s ²
<i>Normal retardasjon</i>	3,5 m/s ²	1 m/s ²	2,5 m/s ²	4,8 m/s ²
<i>Maksimal retardasjon</i>	5 m/s ²	0,5 m/s ²	4 m/s ²	6 m/s ²
<i>Kjøretøyets villighet til å akseptere fartsgrensen θ</i>	1,05	0,1	1	1,1
<i>Minste avstand kjøretøy</i>	1.5m	0,5 m	1 m	2,5 m
<i>Viketid</i>	35 s	10 s	20 s	60 s
<i>Sensitivitetsparameteren α</i>	1	0	1	1
<i>Minimum headway</i>	0 s	0 s	0 s	0 s

Tabell 16 inneholder kjøretøysparameterne for bussene i modellen. Egenskapene var tilnærmet like som for tunge kjøretøy, men bussene var lengre med forskjellige akselerasjonsegenskaper.

Tabell 16 Standardverdier for kjøretøyparametere (Buss).

Parameter	Gj.verdi	Avvik	Min. Verdi	Max. Verd
<i>Kjøretøyets lengde</i>	12 m	0 m	12 m	12 m
<i>Kjøretøyets maksimal ønskede fart</i>	90 km/t	10 km/t	70 km/t	100 km/t
<i>Maksimal akselerasjon</i>	1 m/s ²	0,3 m/s ²	0,8 m/s ²	1,8 m/s ²

<i>Normal retardasjon</i>	2 m/s ²	1 m/s ²	1,5 m/s ²	4,5 m/s ²
<i>Maksimal retardasjon</i>	5 m/s ²	1 m/s ²	4 m/s ²	6 m/s ²
<i>Kjøretøyets villighet til å akseptere fartsgrensen θ</i>	1,05	0,1	0,9	1,1
<i>Minste avstand kjøretøy</i>	1.5 m	0,5 m	1 m	2,5 m
<i>Viketid</i>	35 s	10 s	20 s	60 s
<i>Sensitivitetsparameteren α</i>	1	0	1	1
<i>Minimum headway</i>	0 s	0 s	0 s	0 s

6.2 Forsøk med forskjellig geometrisk utforming av rundkjøringene

Simuleringer i Aimsun starter med å opprette den geometriske utformingen av modellområdet med tillatte svingebevegelser. Avsnitt 6.2.1 og 6.2.2 tar for seg hvordan geometrien til gjettum- og frognermodellen ble definert.

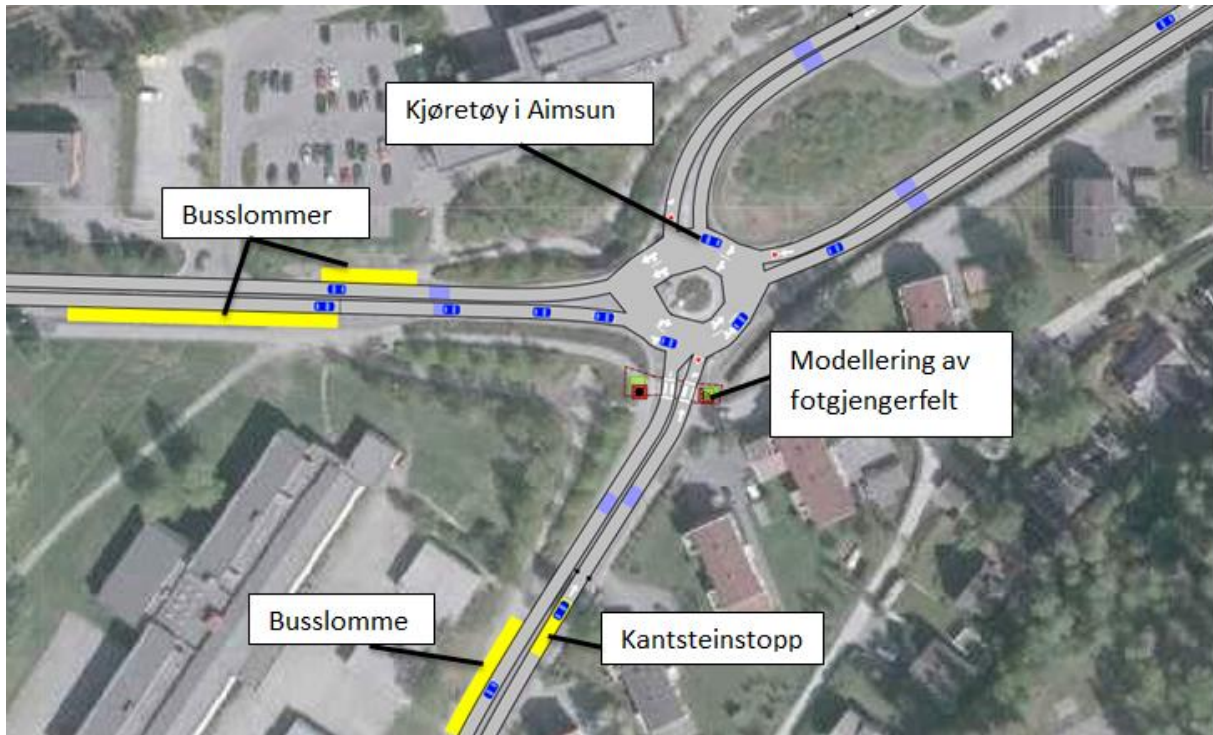
6.2.1 Gjettum

Figur 78 viser hvordan hele modellen av rundkjøringen så ut ved første simulering. Et ortofoto ble brukt som bakgrunnsmateriale (Bærum kommune, 2012). Modellen bestod av fire veier som var bundet sammen av en rundkjøring. Det var rundkjøringen som var avgjørende for resultatet, og fokuset vil naturlig nok ligge på den.



Figur 78 Gjettummodellen.

I Figur 79 er fokuset rettet mot rundkjøringen og de nærliggende trafikale elementene. Busstopp var markert med gult i modellen, og kjøretøy ble markert som blå rektangler. I forbindelse med modellering av fotgjengere i tilfart 2, var det også noen grafiske elementer som er med på figuren.



Figur 79 Forklaring av aimsunelementer.

Tilfart 1,-2 og -3 antas å ligge i samme plan, mens tilfart 4 har helning i samsvar med Figur 58.

Resultater fra simuleringer presentert i kapittel 6, er et gjennomsnitt fra et eksperiment med 10 replikasjoner.

6.2.1.1 Rundkjøring med to kjørefelt

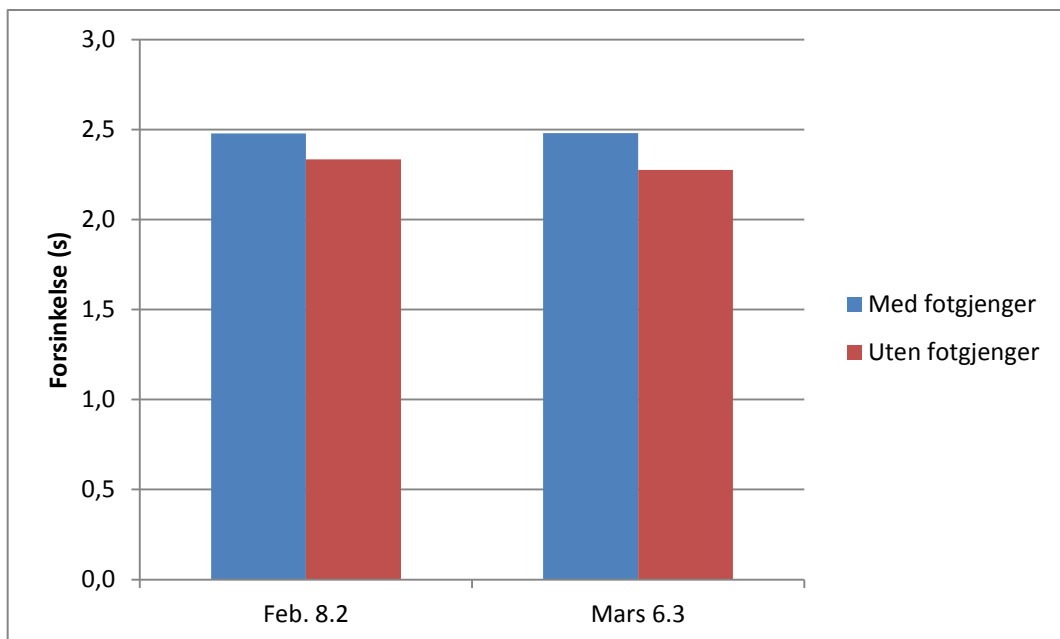
Rundkjøringen ble først modellert som en tofelts rundkjøring. Trafikkreglene, med hensyn på posisjonering i rundkjøring, sier at kjøretøy som skal rett frem eller til høyre skal holde ytre kjørefelt. Kjøretøy som skal til venstre skal holde indre kjørefelt før avkjøring (Statens Vegvesen, 2012). Figur 80 illustrerer prinsippet og lister opp hovedregler for rundkjøringer. Det står spesifikt at dersom det er plass til to biler i bredden, har rundkjøringen to kjørefelt, selv om feltene ikke er oppmerket.



Figur 80 Ordinær posisjonering i rundkjøring (Statens Vegvesen, 2012).

Gjettummodellen ble kodet etter hovedreglene i Figur 80. Underveis i arbeidet kom det frem at dersom fotgjengere skal brukes i modellen, må *simulation step* ha en verdi på 0,6. Årsaken skyldtes et problem med hvordan Legion implementeres i Aimsun 7 (Andreu, 2012). Det la klare begrensninger for utprøving av verdier for *simulation step* og *reaksjonstid*.

Simuleringer med og uten fotgjengere i tilfart 2 ble gjennomført. Figur 81 viser effekten av fotgjengere i modellen. Det er forsinkelsesverdier på tilfart 2 som blir vist, og trafikkgrunnlaget fra 8. februar og 6. mars lå til grunn. Forskjellen med og uten fotgjengere var minimale 0,2 sekund. Sammenligner en forsinkelsesverdiene med verdiene oppgitt i avsnitt 5.2.1.7, er de et stykke unna. Det kom av at kalibreringen av modellen kun var i startfasen, og at forsinkelse fra svingebevegelser ikke var tatt med. Effekten av fotgjengere stemte også overens med det som er observert på befaring (jfr. 5.2.1.1). Nemlig at fotgjengere hadde liten betydning på trafikkavviklingen i rundkjøringen.



Figur 81 Effekt av fotgjengere på tilfart 2.

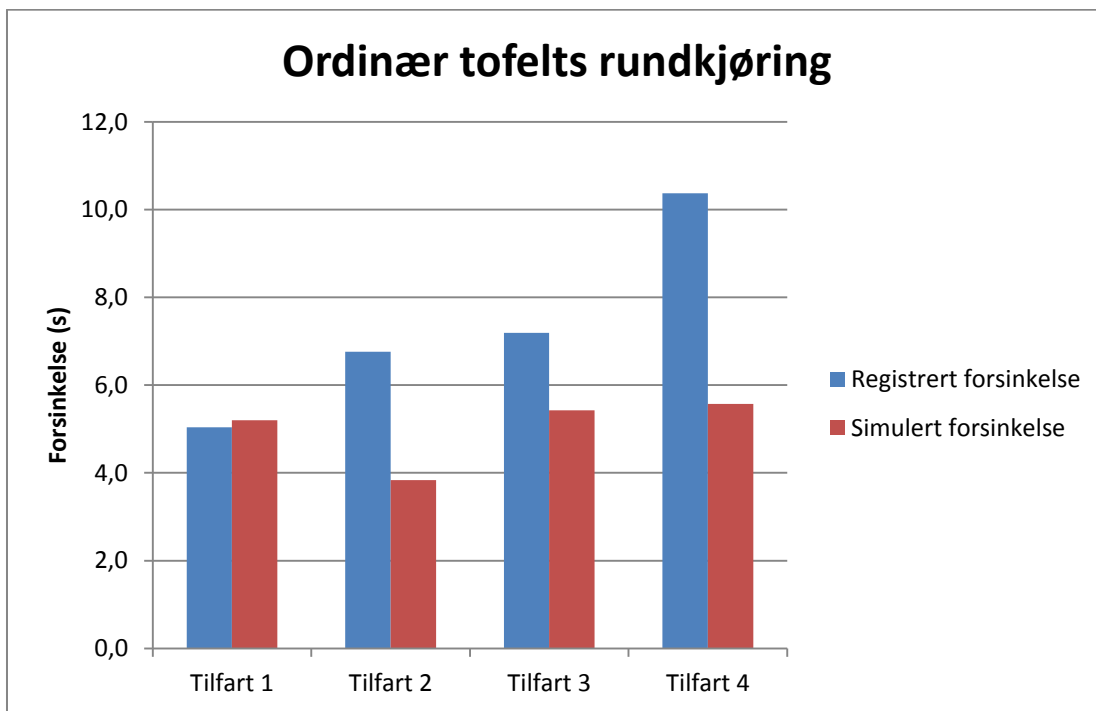
På bakgrunn av effekten fotgjengere hadde på forsinkelsesverdiene og begrensningene de satt for parameterverdiene, ble det besluttet å utelate gangfeltet i tilfart 2. *Simulation step* og *reaksjonstid* er blant de mest sentrale parameterne, og ved å fastlåse verdien av dem ville forsøkene blitt mangelfull.

Den neste simuleringen ble gjennomført med standard parameterverdier som inndata. Kjøretøybevegelsene var kodet til å følge reglene i Figur 80. Geometrien til rundkjøringen forsøkte å følge den originale utformingen (Figur 82). I programmet fremstår den som «kantete», men det hadde ikke betydning for svingebevegelsene.



Figur 82 Modell av ordinær tofelts rundkjøring.

Figur 83 viser registrert og simulert forsinkelse fra forsøket. Trafikkgrunnlaget var fra 8. februar. Det var klart at modellen gav for lav forsinkelse, med unntak av tilfart 1. Årsaken til det var rundkjøringen var modellert med to felt, og det gav stor avviklingskapasitet.



Figur 83 Sammenligning mellom registrerte og simulerte forsinkelser med 2 felt i rundkjøringen.

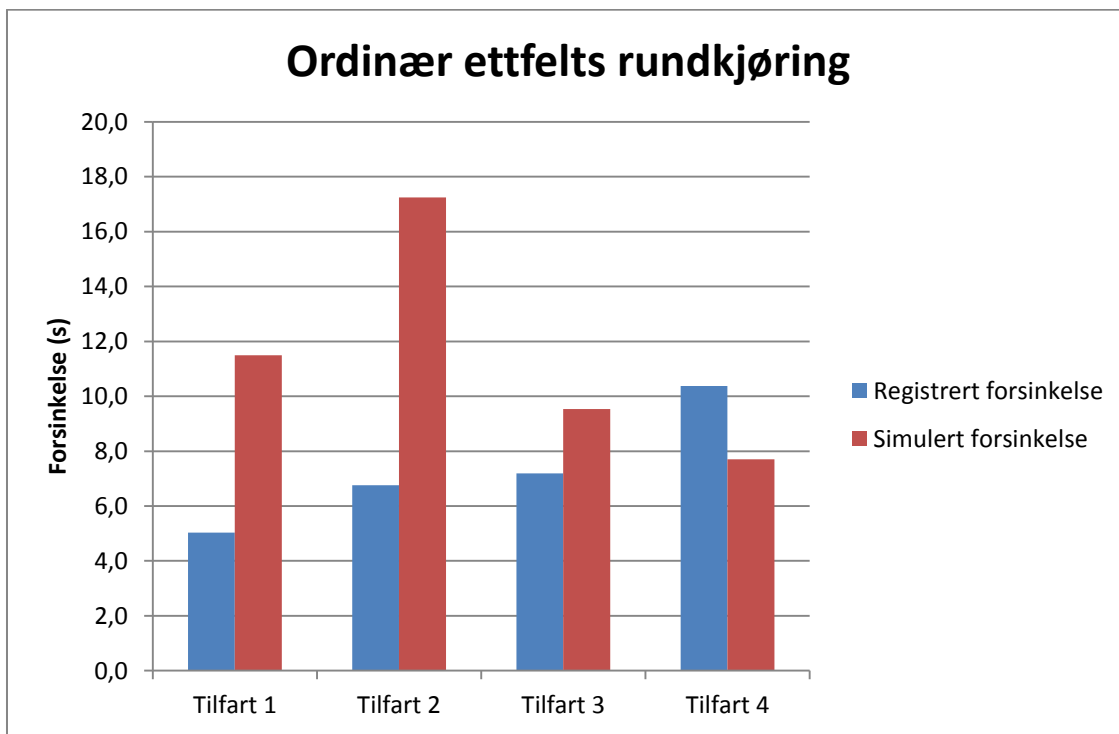
6.2.1.2 Ettfelts rundkjøring

Rundkjøringen med to felt hadde for stor kapasitet. Derfor ble det modellert en ettfelts rundkjøring (Figur 84). Et nytt forsøk ble gjennomført med trafikkgrunnlaget fra 8. februar. Geometrien avvek noe fra den originale utformingen.



Figur 84 Utforming av ettfelts rundkjøring.

Figur 85 viser resultatet fra simuleringen. Forsinkelsen økte betraktelig for alle tilfarer. Tilfart 1 og -2 hadde simulerte forsinkelsesverdier langt over de registrerte. Det var klart at å modellere rundkjøringen med ett felt ikke var en tilfredsstillende løsning.

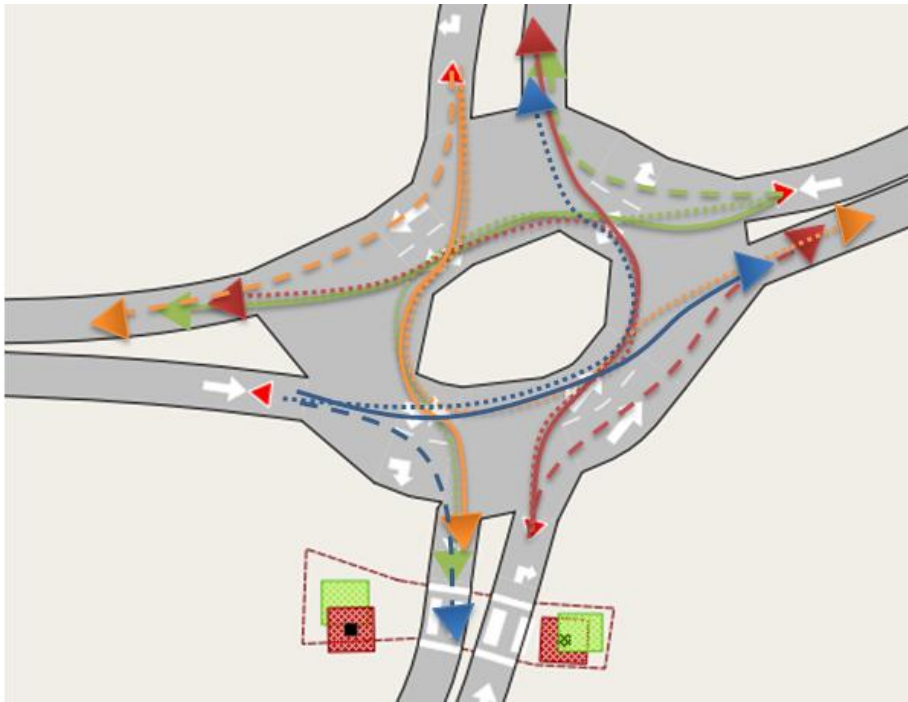


Figur 85 Sammenligning av registrerte og simulerte forsinkelser med ettfelts rundkjøring.

6.2.1.3 Modifisert Geometrisk rundkjøring

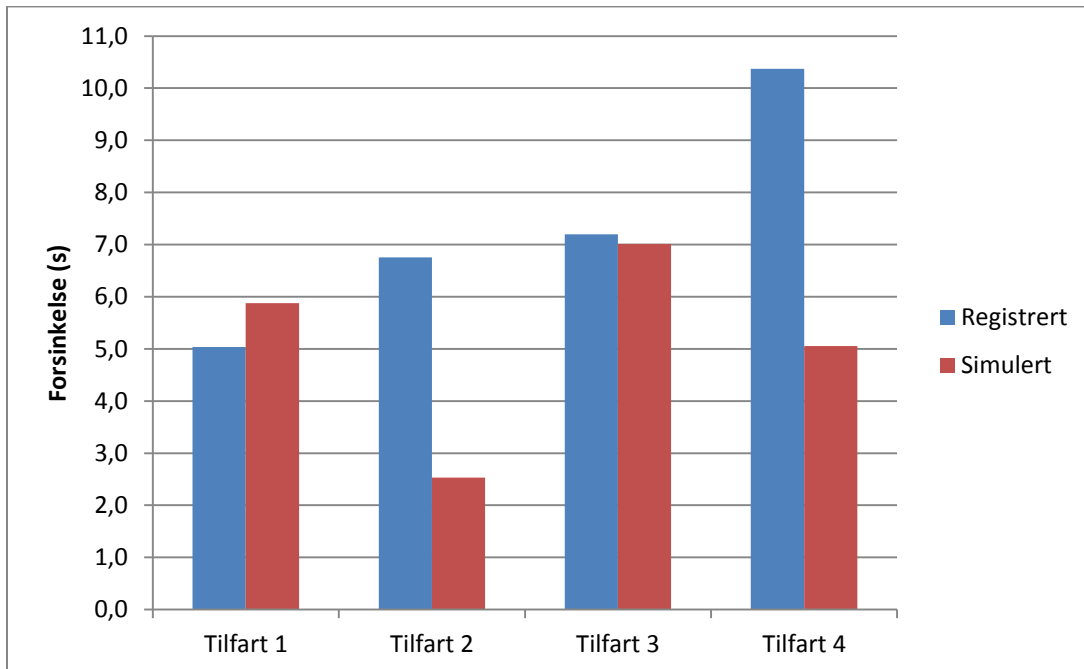
I avsnitt 6.2.1.1 og 6.2.1.2 ble rundkjøringen modellert med hhv. ett og to felt med ordinær vikepliktsoppførsel og standard parameterverdier. Det stemte ikke overens med kjøretøybevegelsen beskrevet i 5.2.1.9. I dette avsnittet vises det hvordan modellen responderte på manipulasjon av kjøretøybevegelsene, ved hjelp av å endre den geometriske utformingen og tillatte svingebevegelser.

Rundkjøringen ble kodet på nytt med to felt. Forskjellen fra de tidligere forsøkene var at svingebevegelsene ble kodet i samsvar med Figur 54. Prinsippet er illustrert i Figur 86.



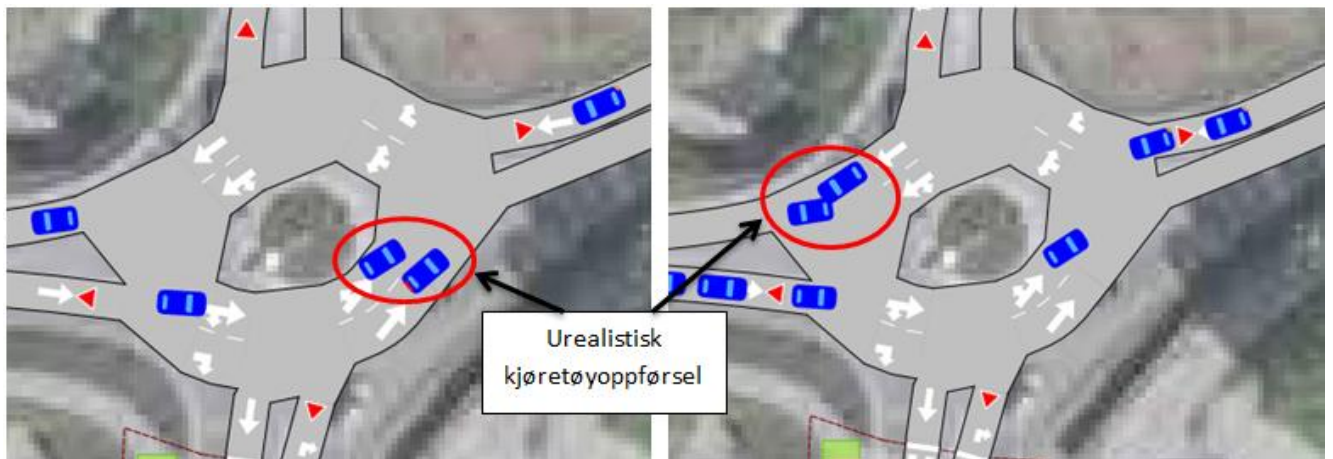
Figur 86 Nye kjøremønstre i Aimsun

Resultatet fra simulering med oppdatert geometri er vist i Figur 87. Tilfart 1 og -3 har verdier i nærheten av de registrerte, mens tilfart 2 og -4 har markant lavere simulert forsinkelse. Det var fortsatt trafikkgrunnlaget fra 8. februar som ble brukt.



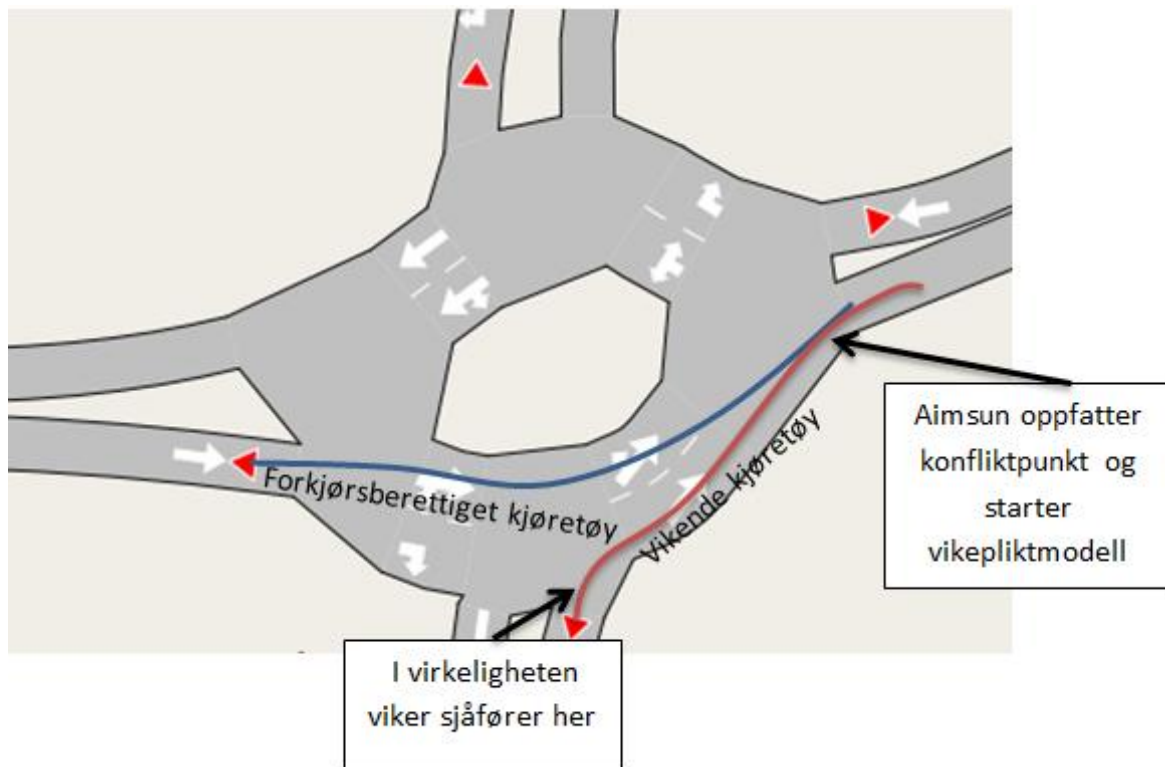
Figur 87 Resultat fra modifisert rundkjøring 8.2.

Ved å studere de grafiske presentasjonene av kjøretøyene underveis i simuleringen, ble årsaken til de lave forsinkelsesverdiene i tilfart 2 og -4 oppdaget. Problemet er vist i Figur 88. Det oppstod urealistisk kjøretøyoppførsel etter tilfart 2 og -4 i sirkulasjonsarealet. Grunnen til dette var hvordan Aimsun forholder seg til vikeplikt.



Figur 88 Urealistisk oppførsel

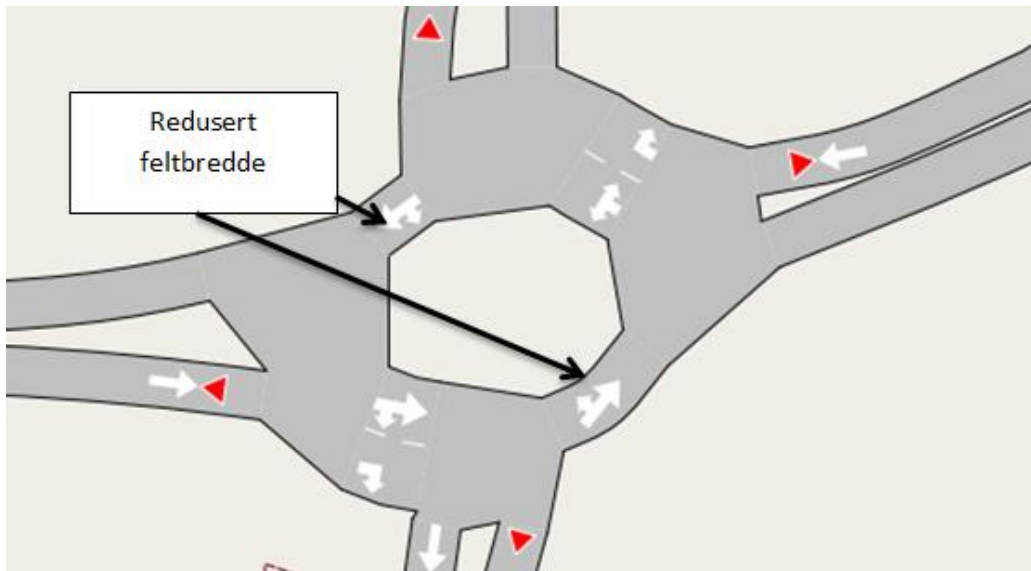
Aimsun beregner vikeplikt ut ifra hvor kjøretøy fysisk ville komme i konflikt. Det samstemte ikke med observasjonene fra Gjetnum. Figur 89 viser forskjellen på hvor vikeoppførselen oppstod. I virkeligheten viker sjåførene ved inngangen til sirkulasjonsarealet, mens aimsunsjåfører viker inne i sirkulasjonsarealet. Det førte til at det i modelleringen var flere kjøretøy inne i sirkulasjonsarealet av gangen, enn det som var tilfellet på Gjetnum. Det gav igjen større avviklingskapasitet i rundkjøringen.



Figur 89 Forskjell i vikeoppførsel

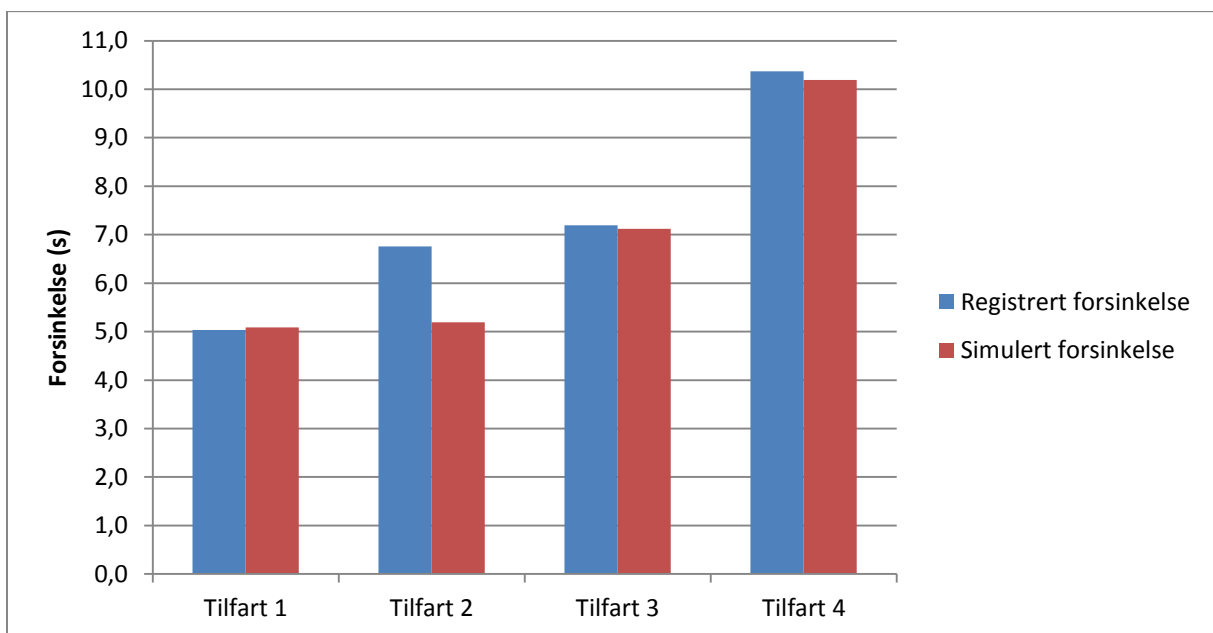
Problemet oppstod i mye mindre grad for tilfart 1 og -3. Det var fordi det var mindre trafikk som skal til høyre (jfr. Figur 44). Problemet var derfor neglisjerbart for tilfart 1 og -3.

Løsningen på vikepliktsproblemet ble å redusere antall felt i sirkulasjonsarealet etter tilfart 2 og -4 (Figur 90). Det førte til at kjøretøy som skulle til høyre fra tilfart 2 og -4, hadde avvikende kjøremønster fra Figur 54. I modellen benyttet de det innerste feltet.



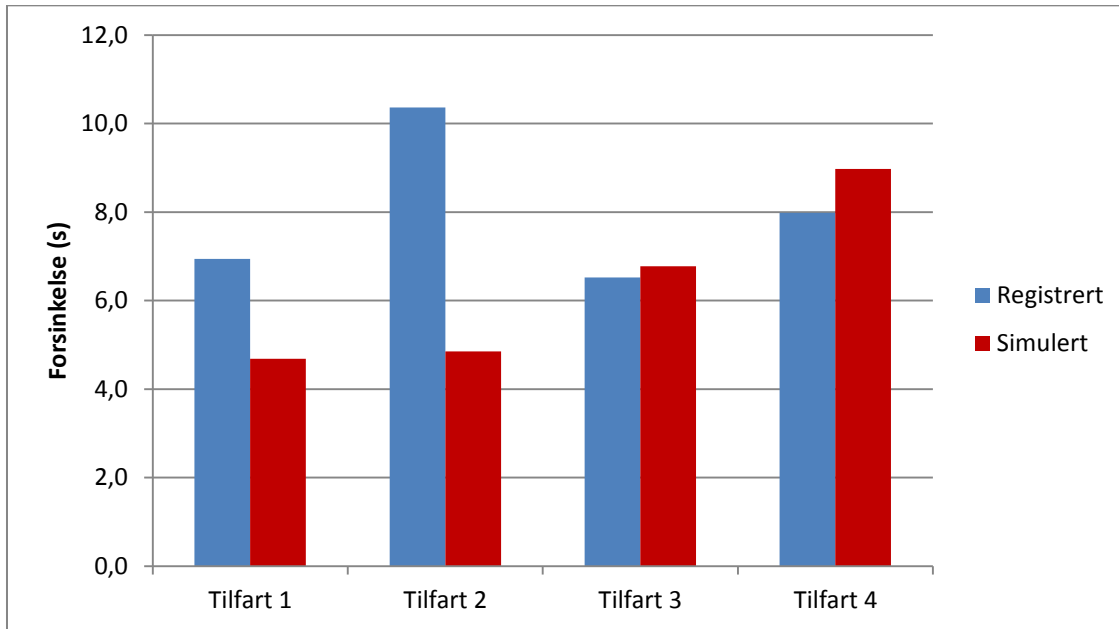
Figur 90 Redusert feltbredde

Ved å observere kjøretøybevegelsene etterhvert som en nye simulering ble gjennomført, kunne en slå fast at de stemte godt overens med Figur 54. Resultatet fra simuleringen er vist i Figur 91. Forsinkelsen for tilfart 1, -3 og -4 stemte veldig bra med de registrerte verdiene. Tilfart 2 har fortsatt for lav simulert forsinkelse, men avviket er ikke stort. Ettersom kjøretøybevegelsene og resultatet var tilfredsstillende, ble det besluttet at den geometriske utformingen med kombinasjon av ett og to felt var best egnet til videre simuleringer.



Figur 91 Forsinkelse fra gjettummodell med ett og to felt.

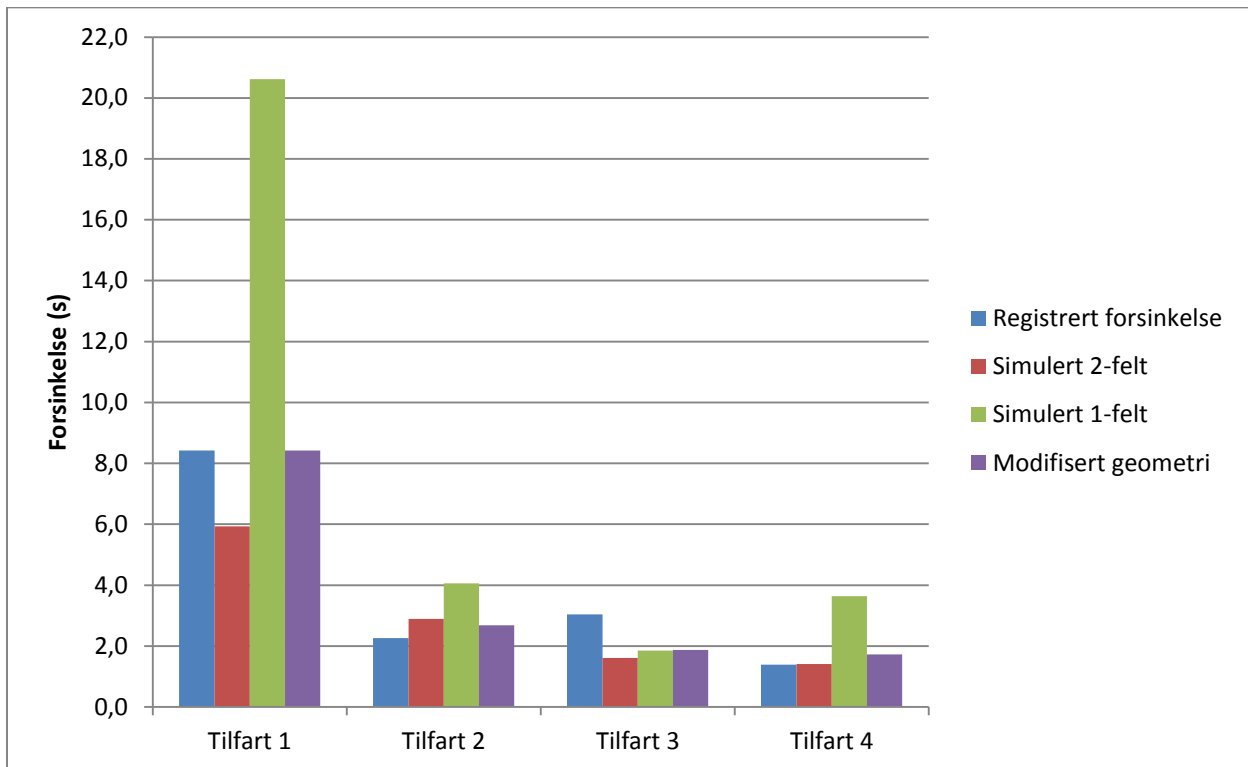
De registrerte og simulerte forsinkelsesverdiene stemte godt overens da inndata fra 8. februar ble brukt. Derfor var det interessant å se om modellen var like god med trafikkvolum fra 6. mars. Resultatet er vist i Figur 92. Modellen gav ikke like nøyaktige resultater som for 8. februar. Tilfart 3 og -4 hadde god overenstemmelse mellom de registrerte og simulerte forsinkelsesverdiene, mens tilfart 1 og -2 hadde store avvik.



Figur 92 Resultat fra simulering av 6. mars

6.2.2 Frogner

Rundkjøringen på Frogner ble også forsøkt modellert med både ett og to felt i sirkulasjonsarealet, og et tredje modifisert alternativ. Resultatet fra simuleringene er vist i Figur 93. Det var trafikkvolumet fra 17. april som lå til grunn for dette resultatet. En modell med ett felt gav alt for store forsinkelsesverdier for tilfart 1. En tofelts rundkjøring lå nærmere de registrerte verdiene, mens rundkjøringen med modifisert geometri hadde forsinkelsesverdier tett opptil de registrerte forsinkelsesverdiene for alle tilfarter. Derfor ble det besluttet å bruke rundkjøringen med modifisert geometri videre.



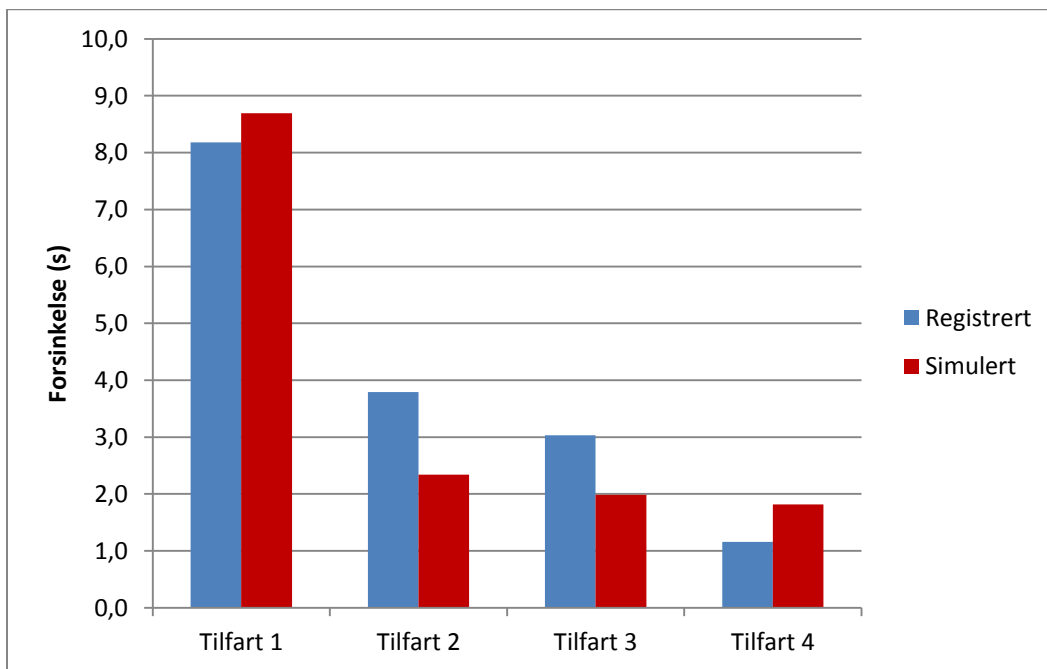
Figur 93 Testing av utforming av rundkjøring i frognermodellen.

Figur 94 viser hvordan den modifiserte geometrien så ut i Aimsun med tilhørende svingebevegelser. Det er en kombinasjon av ett og to felt som er brukt i kodingen. Svingebevegelserne er modellert i samsvar med Figur 74.



Figur 94 Rundkjøring på Frogner med modifisert geometri

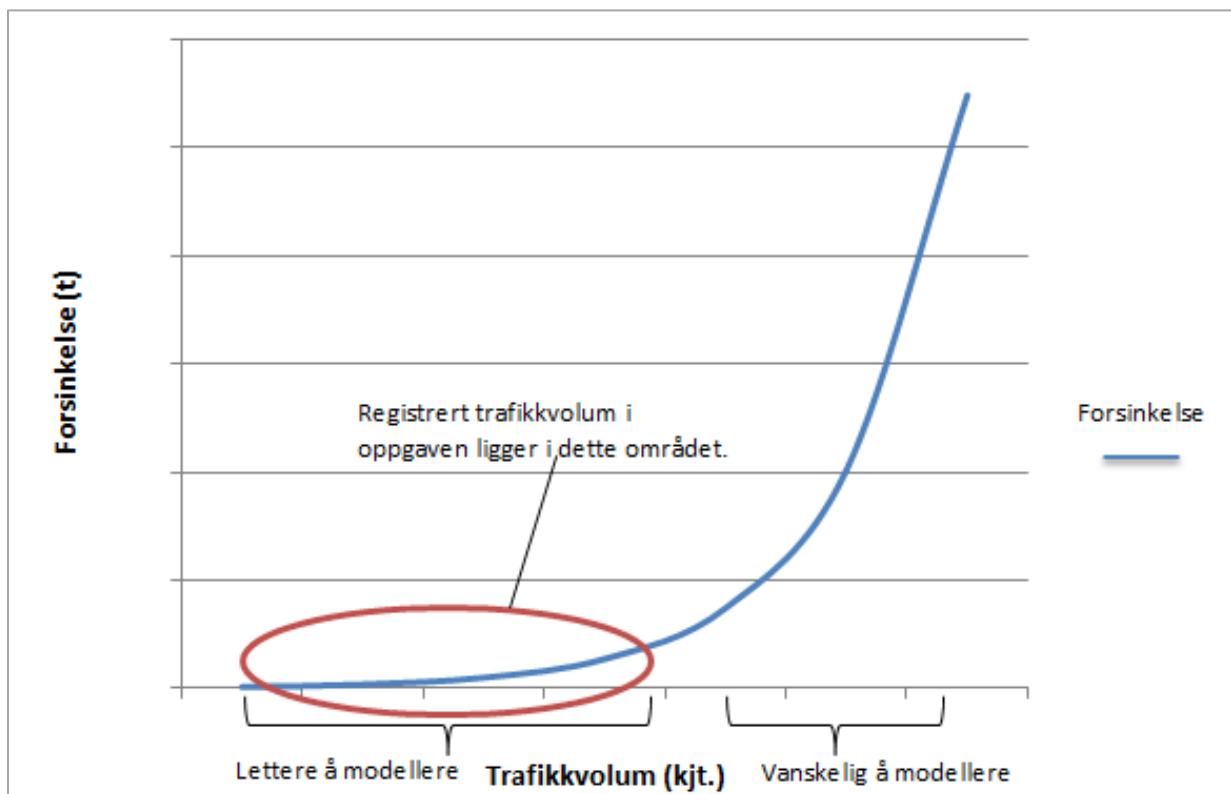
Figur 95 viser forsinkelsesverdier på de fire tilfartene da trafikkvolumet fra 8. mai lå til grunn for simuleringen. De simulerte verdiene var i nærheten av de registrerte, men de var ikke helt nøyaktig. En kan se at tendensene fra modellen var riktig. Det vil si at det oppstod forsinkelse på tilfart 1, mens de andre tilfartene hadde lav forsinkelse.



Figur 95 Forsinkelse fra frognermodellen med trafikkvolum fra 8. mai.

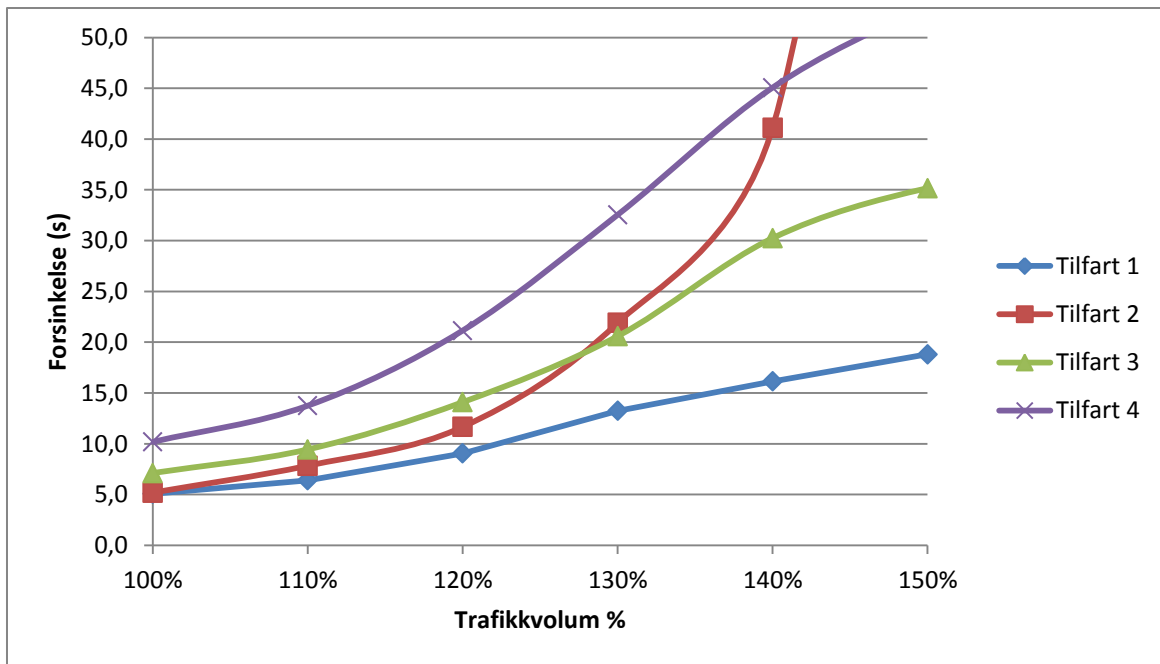
6.3 Variasjon i trafikk

Når en skal tolke resultater fra en modell, er det viktig å være klar over hvor mye trafikkvolumet har å si for resultatene. I Figur 96 er forholdet mellom trafikkvolum og forsinkelse skissert. Ettersom det kun er en skisse, er det ingen verdier for forsinkelse eller trafikkvolum. Poenget er at forholdet mellom dem ikke er lineært. Ved allerede høyt trafikkvolum vil små økninger i antall kjøretøy bidra til betydelig forsinkelse (Aakre A. , 2012d). Trafikkvolumet fra rundkjøringene på Gjetnum og Frogner var relativt lavt, og forsinkelsen var deretter. Derfor vil forsinkelse fra aimsunmodellene i denne oppgaven aldri ha store avvik fra registrert forsinkelse. Det betyr ikke at modellen er feil, men ikke nødvendigvis at den er korrekt heller. Derfor hadde det vært ønskelig med et større registrert trafikkvolum.



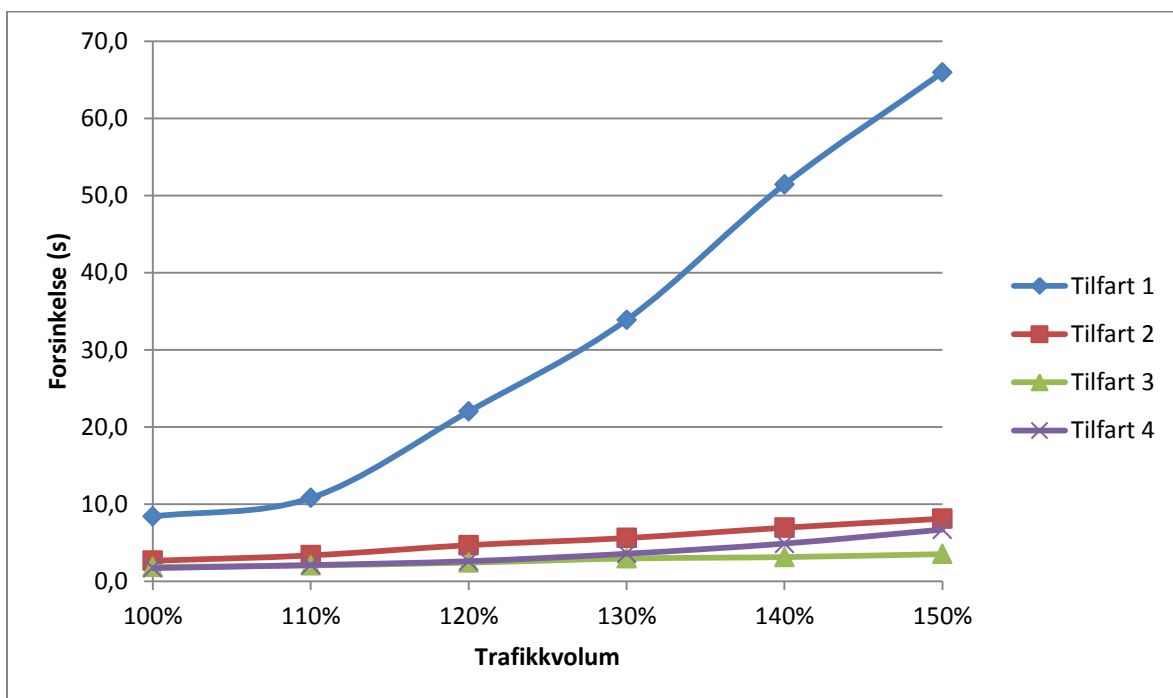
Figur 96 Forhold mellom forsinkelse og trafikkvolum.

Det ble gjort flere simuleringer der en økte trafikkvolumet. Figur 97 viser hvordan forsinkelsesverdiene i gjetnummodellen økte i takt med større trafikkvolum. Trafikkgrunnlaget fra 8. februar var utgangspunkt, og det ble prosentvis forstørret. Tilfart 2 og -4 fikk en eksponentiell økning. Det er klart at det hadde vært vanskeligere å få til en god modell dersom trafikkvolumet hadde vært større.



Figur 97 Variasjon av trafikkvolum i gjetnummodellen, 8.2.

Figur 98 viser resultater fra et tilsvarende forsøk i frognermodellen. Trafikkgrunnlaget fra 17. april var utgangspunktet. Det var kun tilfart 1 som fikk stor økning i forsinkelsesverdiene. Forsøket viser hvor lite trafikkvolumet faktisk var i denne rundkjøringen. De tre andre tilfartene fikk kun minimal økning i forsinkelse, til tross for at trafikkvolumet steg med 50 %. Det ble klart at tilfart 2, -3 og -4 aldri ville ha store avvik mellom registrert og simulert forsinkelse.



Figur 98 Variasjon i trafikkvolum i frognermodellen, 17.4.

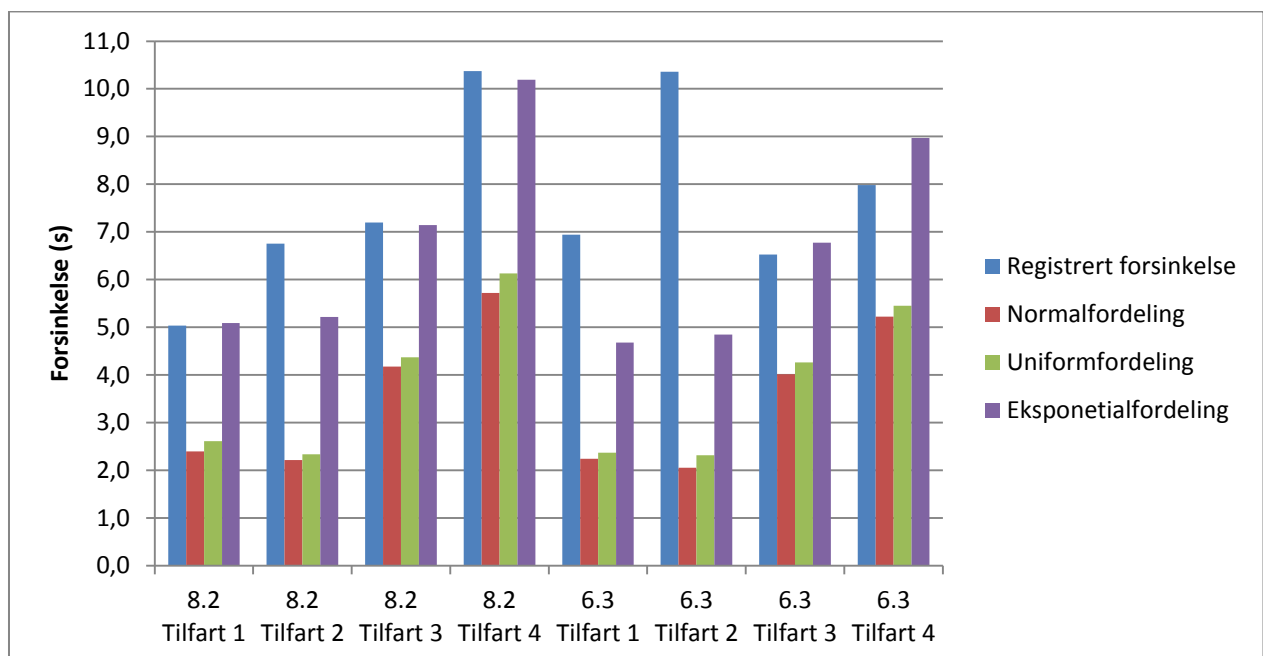
6.4 Globale parametere

Da en skulle fastsette passende parameterverdier til modellene, var det naturlig å begynne med de globale parameterne. De har innvirkning på hele modellen, og små endringer viste seg å gi store utslag. Det ble gjennomført simuleringer der effekten av alle globale parametere ble belyst.

6.4.1 Headway

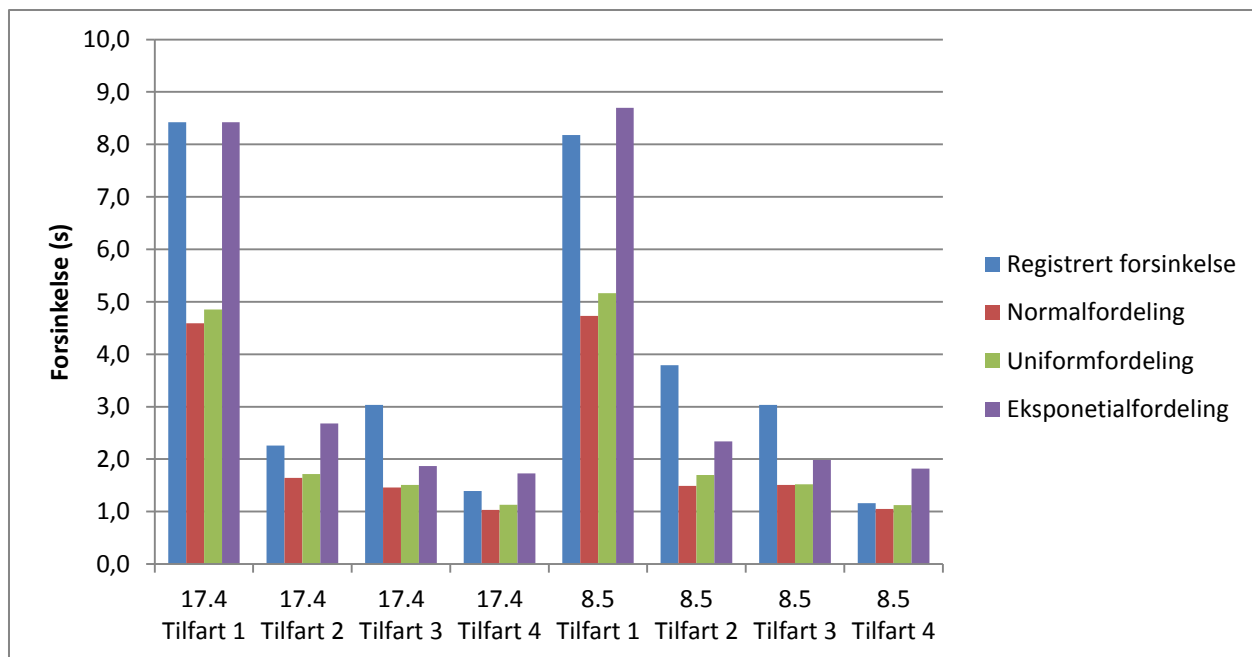
Standardverdi: Eksponentialfordeling.

Valg av *headway* hadde så langt blitt satt til eksponentialfordeling. Årsaken var at det stemte best overens med hvordan trafikkbildet ble oppfattet ved registreringene i felt. For å være sikker på at det var riktig valg av *headway*, ble det gjennomført forsøk på de to modellene. De aktuelle fordelingene var normal-, uniform- og eksponentialfordeling (jfr. 3.6). Figur 99 viser hvordan forskjellig valg av *headway* innvirket på forsinkelsesverdier fra gjetnummodellen. I alle tilfeller var det eksponentialfordelingen som gav best resultat.



Figur 99 Valg av *headway* i gjetnummodellen.

Figur 100 viser hvordan valg av *headway*-fordeling påvirket resultatene fra frognermodellen. Med unntak av tilfart 4, 8.5, gav eksponentialfordelingen best resultat.



Figur 100 Valg av *headway* til frognermodellen.

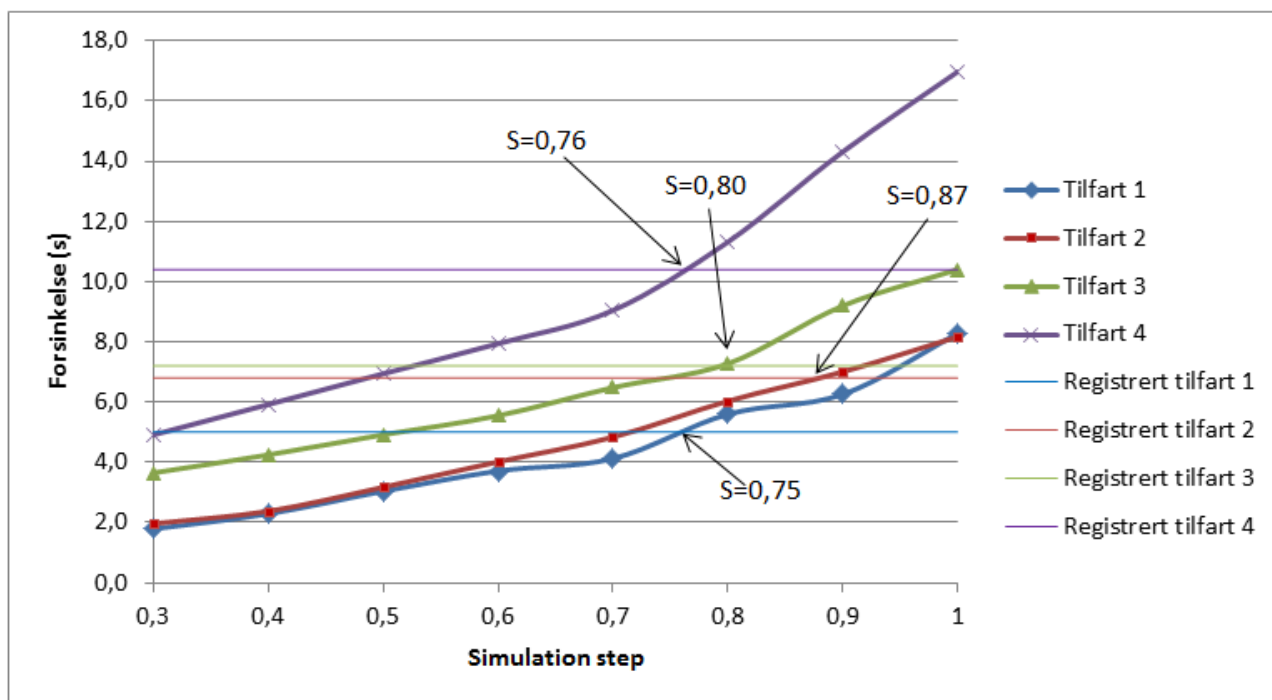
Det er verd å merke seg at normal- og uniformfordeling gir langt lavere forsinkelsesverdier enn eksponentialfordeling. Uniformfordeling gir i alle tilfeller større forsinkelse enn normalfordeling, men forskjellen er ikke stor (0,1-0,4 sekund).

Ved forsøkene for å finne beste geometriske utforming av rundkjøringene, ble eksponentialfordelingen brukt. Det kan ha ført til at fordelingen fikk et fortrinn. Likevel ble den beste geometriske utformingen tilrettelagt etter hvordan kjøretøy posisjonerer seg i de to rundkjøringene. Derfor var det ingen grunn til å tvile på at eksponentialfordeling var det beste valget for modellene.

6.4.2 Simulation step

Standardverdi: 0,75. Forhold 1:1 mellom reaksjonstid og simulation step.

Figur 101 viser effekten av å variere verdien av simulation step fra 0,3 til 1 i gjetummodellen. Simuleringen ble gjennomført med trafikkvolumet fra 8. februar. Det er indikert på figuren hvilken *simulation step*-/*reaksjonstid*-verdi som gav riktig forsinkelsestid for hver tilfart.



Figur 101 Variasjon av simulation step 8.2

Det ble laget tilsvarende figurer som Figur 101 for de tre andre registreringsdagene. De er oppgitt i Bilag 4, og resultatet fra dem er vist i Tabell 17. *Simulation step*-verdiene, som gav riktig forsinkelse for hver tilfart, varierer fra 0,42 til 1,05. I tre tilfeller stemte ikke registrert- og simulert forsinkelsesverdi overens. De er markert med en strek i tabellen.

Tabell 17 Variasjon av *simulation step*.

	Gjettum 8.2	Gjettum 6.3	Frogner 17.4	Frogner 8.5
Tilfart 1	0,75	1,0	0,78	0,71
Tilfart 2	0,87	1,05*	0,70	-
Tilfart 3	0,80	0,73	0,56	-
Tilfart 4	0,76	0,64	-	0,42

*stipulert verdi

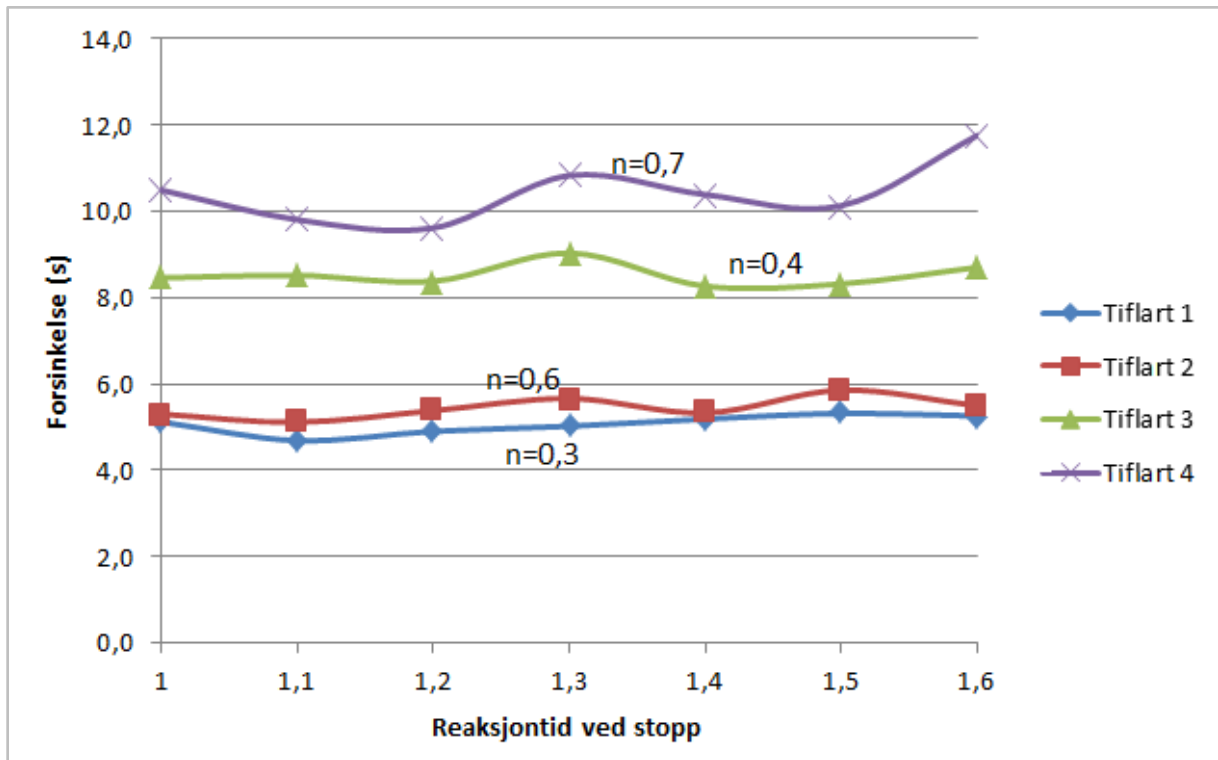
Gjennomsnittet av alle *simulation-step*-verdiene i Tabell 17 er 0,73. Resultatene i Tabell 17 sier like mye om *reaksjonstid*. *Reaksjonstid* er, som tidligere forklart, et multiplum av *simulation step*. I dette tilfellet var forholdet mellom dem 1:1.

Det må bemerkes at resultatene i Tabell 17 viser beste *simulation step*-verdi dersom alle andre parametere har standardverdier. Det kan tenkes at det er andre parametere som bør ha en annen verdi. Det vil igjen innvirke på hvilken *simulation step*-verdi som er best. Kapittel 6 tar kun for seg effekten av å endre én parameter av gangen. Effekten av å endre flere parameterverdier i samme simulering blir tatt opp i kapittel 8.

6.4.3 Reaksjonstid ved stopp

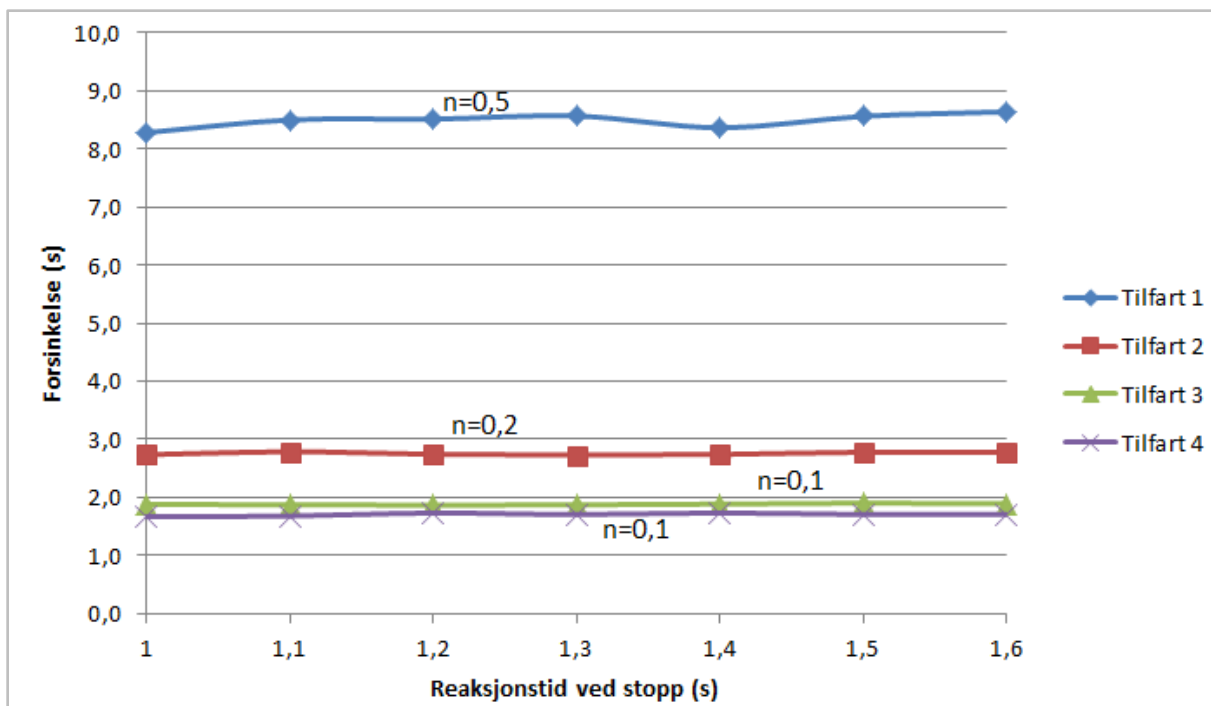
Standardverdi: 1,35 sekund.

Figur 102 viser hvordan forsinkelse på de fire tilfartene varierer med forskjellig verdi av *reaksjonstid ved stopp* (s). Forsøket ble utført i gjettrummodellen med trafikkgrunnlag fra 8. februar. Det var tilfart 4 som fikk størst påvirkning av tiltaket. Det kommer av at tilfarten hadde størst forsinkelse, og følgelig flest kjøretøy som må stoppe helt opp. Gjennomsnittlig antall stopp (n) er markert på figuren. Effekten av tiltaket øker i takt med økende antall stopp.



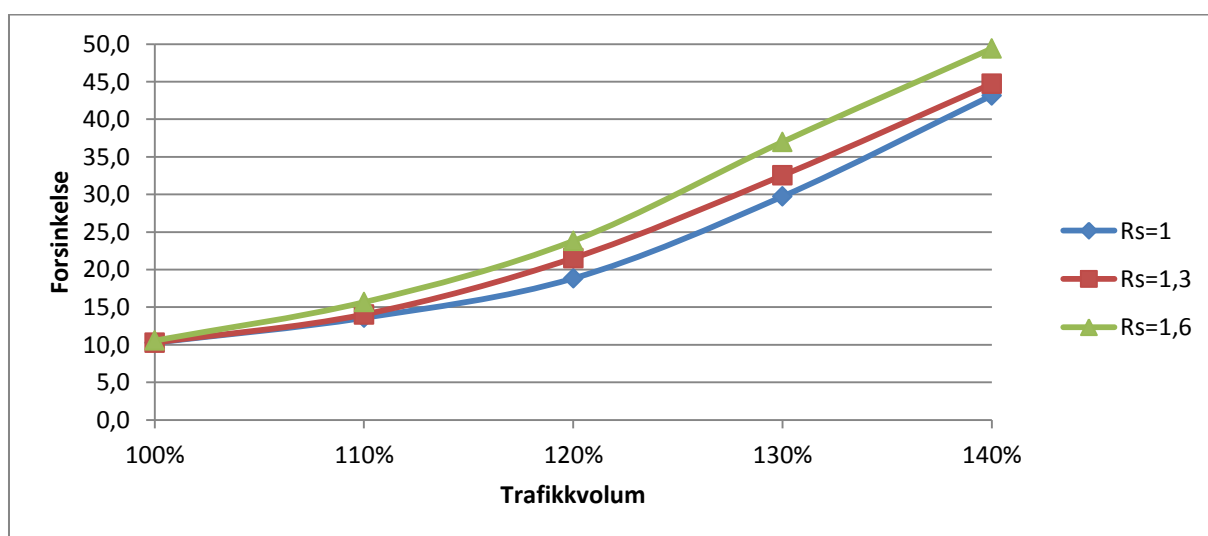
Figur 102 Variasjon av reaksjonstid ved stopp 8.2.

Det samme forsøket ble gjort i frognermodellen. Da ble trafikkvolumet fra 17. april lagt til grunn. Resultatet er vist i Figur 103. En kan se at effekten av å endre parameteren var mindre i dette tilfellet. Gjennomsnittlig antall stopp var vesentlig lavere enn for tilsvarende forsøk i gjettrummodellen.



Figur 103 Variasjon av reaksjonstid ved stopp 17.4.

Endring av *reaksjonstid ved stopp*-verdier hadde neglisjerbar påvirkning for forsinkelsesverdiene fra frognermodellen, men større påvirkning på Gjettummodellen. Det gjaldt særlig tilfart 4. Det gav grunn til å tro at parameteren hadde større innvirkning ved høyere trafikkvolum. Figur 104 viser hvordan forsinkelsen på tilfart 4 øker i takt med økende trafikkvolum. Det var gjettummodellen som ble brukt til dette forsøket med trafikkvolumet fra 8. februar som grunnlag. Av grafen kan en tydelig se at forsinkelsesverdiene ble påvirket av verdien til *reaksjonstid ved stopp*-parameteren. Ved større trafikkvolum er det snakk om forskjell i forsinkelse på flere sekunder, avhengig av parameterverdien (R_s). Som forventet gav større verdi av R_s økt forsinkelse.

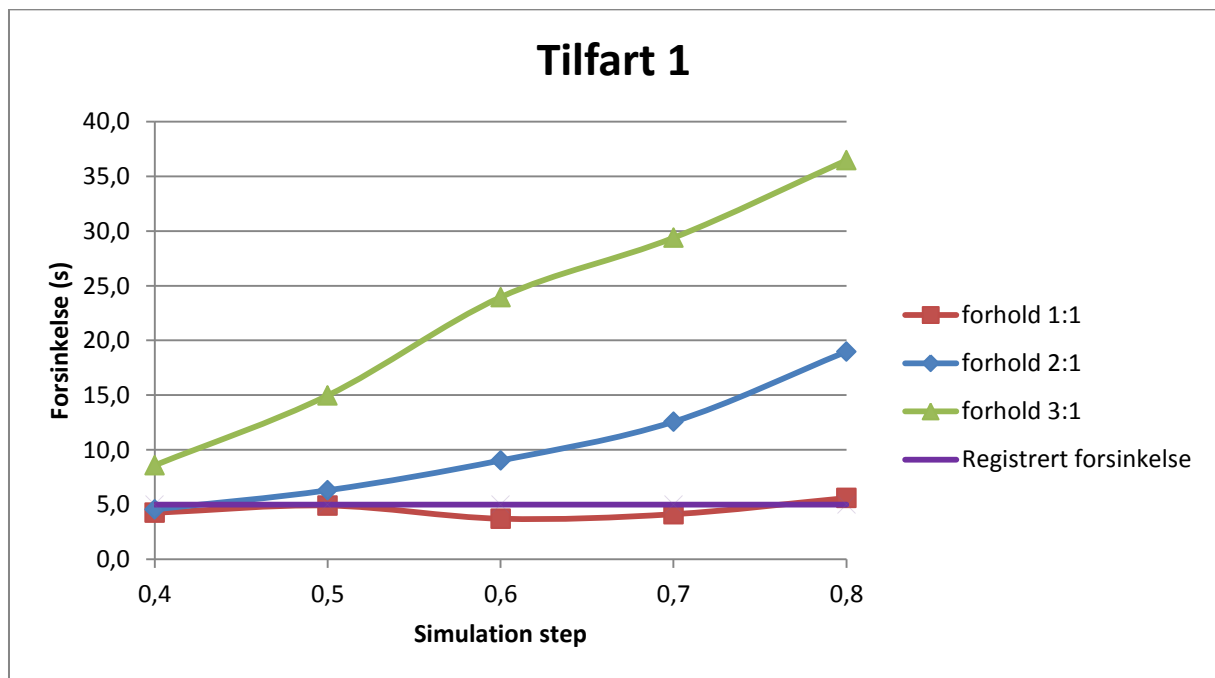


Figur 104 Forsinkelse i tilfart 4 med varierende trafikkvolum og *reaksjonstid ved stopp*.

6.4.4 Forhold mellom reaksjonstid og simulation step

Standardverdi: forhold 1:1

Reaksjonstid må være et multiplum av *simulation step*, og det legger begrensninger for hvilken *reaksjonstid*-verdier en kan bruke. Derfor var det interessant å se på hvordan forholdet mellom dem virker inn på forsinkelsen til tilfartene. Figur 105 viser hvor store utslag forholdet gav for tilfart 1 i gjetnummodellen, 8. februar. *Simulation step*-verdier mellom 0,4 og 0,5 gav forsinkelsesverdier i nærheten av de registrerte for forholdet 1:1 og 2:1. Etter hvert som *simulation-step* verdien økte, var det kun forholdet 1:1 som gav korrekte verdier.



Figur 105 Forhold mellom *simulation step* og *reaksjonstid* i gjetnummodellen med 8. februar som trafikkgrunnlag.

Tilsvarende undersøkelser ble gjort for alle tilfarter i gjetnummodellen og frognermodellen. Grafene fra forsøkene er oppgitt i Bilag 5. Resultatet av undersøkelsene er oppsummert i Tabell 18. Dersom de simulerte forsinkelsesverdien var i nærheten av de registrerte (+/- 1,5 sekunder), ble *simulation step*-verdien (S) oppgitt i tabellen. Hvis det ikke var tilfellet, ble det ført opp et minustegn (-).

Tabell 18 Forhold mellom reaksjonstid og *simulation step*.

8.2	1:1	2:1	3:1
Tilfart 1	0,4-0,8	0,4-0,5.	-
Tilfart 2	0,6-0,8	0,4-0,5.	-
Tilfart 3	0,6-0,8	0,4-0,5.	-
Tilfart 4	0,6-0,8	0,4-0,5.	-
6.3	1:1	2:1	3:1
Tilfart 1	-	0,6	-
Tilfart 2	-	-	0,8
Tilfart 3	0,6-0,8	0,4	-
Tilfart 4	0,6	-	-
17.4	1:1	2:1	3:1
Tilfart 1	0,6-0,8	0,4	-
Tilfart 2	0,6-0,8	0,4-0,5	-
Tilfart 3	-	0,4-0,8	0,4-0,6
Tilfart 4	0,4-0,8	0,4-0,5	0,4
8.5	1:1	2:1	3:1
Tilfart 1	0,6-0,7	-	-
Tilfart 2	0,8	0,4-0,7	0,4-0,5
Tilfart 3	0,5-0,8	0,4-0,8	0,4-0,6
Tilfart 4	0,4-0,8	0,4	-

Fra Tabell 18 kan en observere følgende:

- Forholdet 3:1 gav sjelden riktige forsinkelsesverdier.
- Forholdet 2:1 gav oftest gode forsinkelsesverdier med *simulation step*-verdi mellom 0,4 og 0,5.
- Forholdet 1:1 hadde større intervaller for *simulation step* som gav riktige forsinkelsesverdier, og det var oftest $S = 0,6-0,8$ som gav riktige verdier.
- Gjettum 6.3 hadde færrest godkjente verdier.
- For Gjettum 8.2 hadde alle tilfarter godkjente forsinkelsesverdier med forhold 1:1 og 2:1.

Ut ifra dette forsøket kunne en konkludere med at den beste *reaksjonstiden* burde ligge i området 0,6 – 1 sekund, og at forholdet mellom *reaksjonstid* og *simulation step* burde være enten 1:1 eller 2:1.

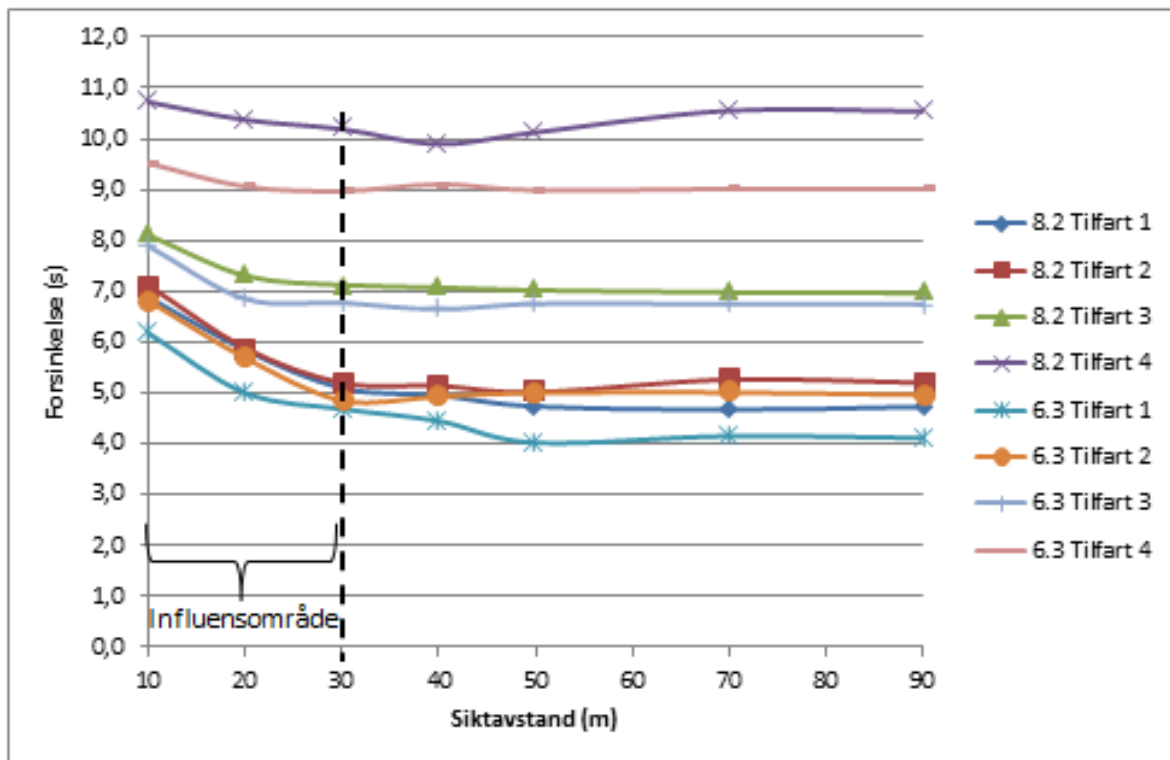
6.5 Lokale parametere

Det er kun de lokale parameterne som er i stand til å endre de trafikale forholdene på en tilfart, uten at det går nevneverdig utover andre tilfarter i modellen.

6.5.1 Siktavstand

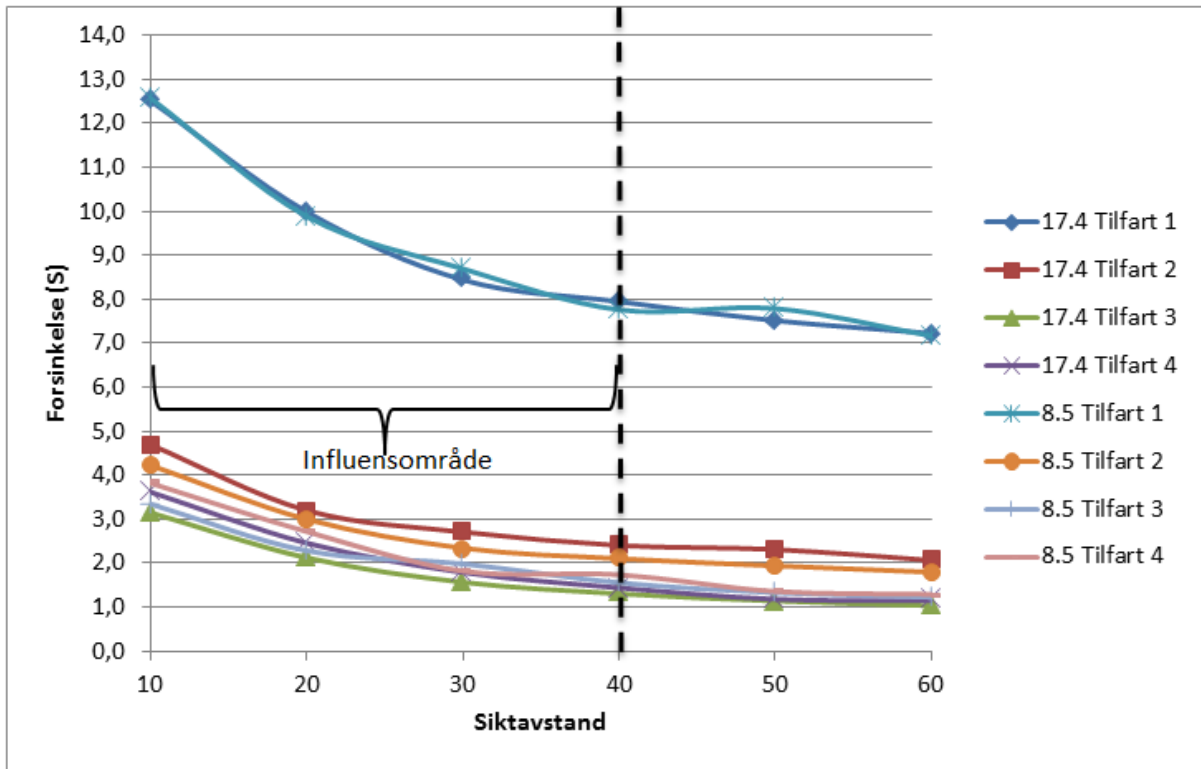
Standardverdi: 30 meter.

Den lokale parameteren *siktavstand* angir når vikepliktsmodellen kobles inn i modellen. Figur 106 viser hvordan variasjon i *siktavstand* påvirket forsinkelsestiden i gjetummodellen. Det var tydelig at *siktavstanden* hadde størst innvirkning i intervallet mellom 10- og 30 meter. Lengre *siktavstand* gav lavere forsinkelse innenfor nevnte intervall. Årsaken til det kan være at kjøretøyene hadde lengre tid/avstand å reagere på, og derfor kunne tilpasse farten for å unngå kraftige nedbremsninger. *Reaksjonstid ved stopp* har, som forklart i 6.4.3, større verdi enn *reaksjonstid* i fart. Det gjør at kjøretøy som stopper helt opp vil få en ekstra forsinkelse.



Figur 106 Variasjon av siktavstand i gjetummodellen.

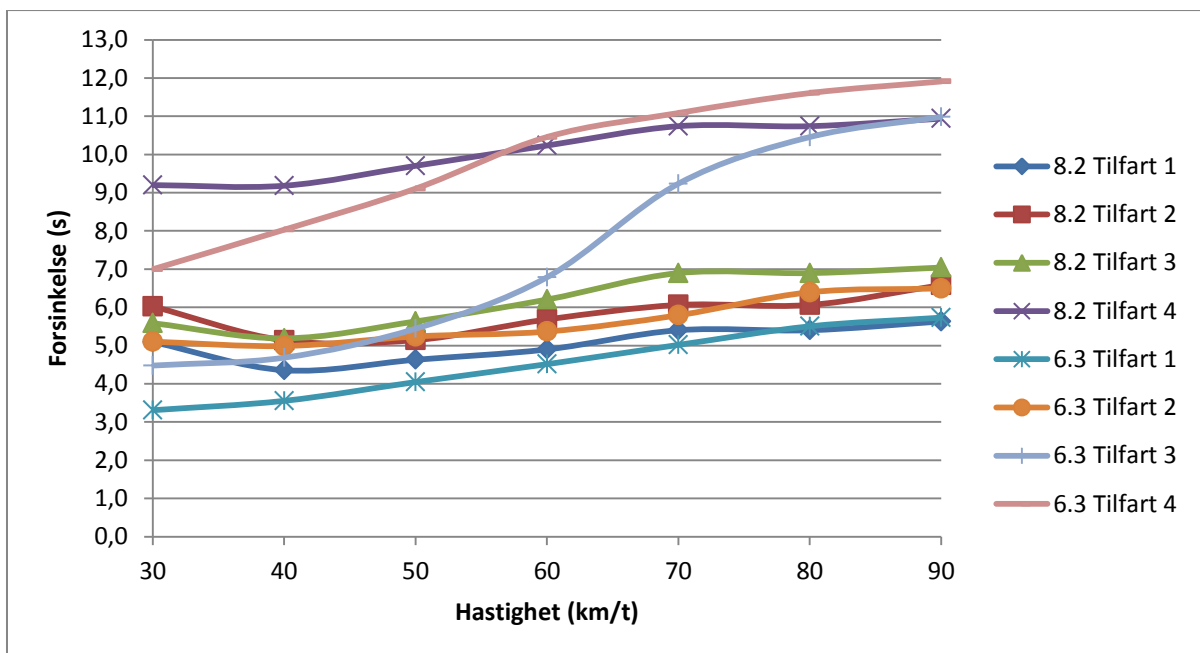
Figur 107 viser variasjon av *siktavstand*-verdier for alle tilfartene i frognermodellen. Influensområdet var større i dette tilfellet med en verdi på 40 meter. Her vises det også at økende siktavstand gir lavere forsinkelsesverdier innenfor influensområde.



Figur 107 Variasjon av siktavstnsnd, Frogner

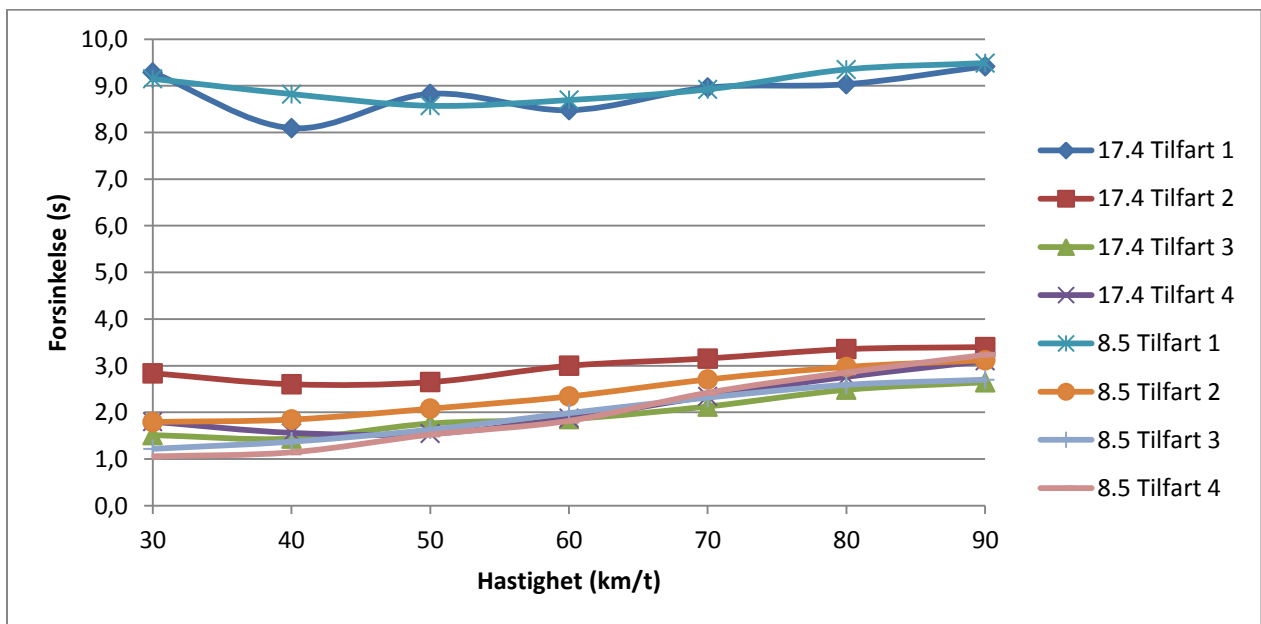
6.5.2 Hastighet

Figur 108 viser hvordan tillat hastighet på lenkene påvirket forsinkelsesverdiene på tilfartene. Det var gjettummodellen som ble brukt i dette tilfellet. Endring av hastighet gav store utslag på tilfart 3 og -4, 6.3. De resterende tilfartene hadde ikke like drastiske endringer i forsinkelsesverdiene. Figuren antyder at forsinkelsene øker i intervallet 30 km/t – 60 km/t for og deretter flate ut.



Figur 108 Variasjon av hastighet i gjettummodellen.

Det ble også gjort forsøk med å variere hastigheten i frognermodellen. Resultatet er vist i Figur 109. Det var mindre forskjell i hastighetene mellom de to registreringsdagene, enn tilsvarende for gjetnummodellen. Økt fart medfører en svak forsinkelse.

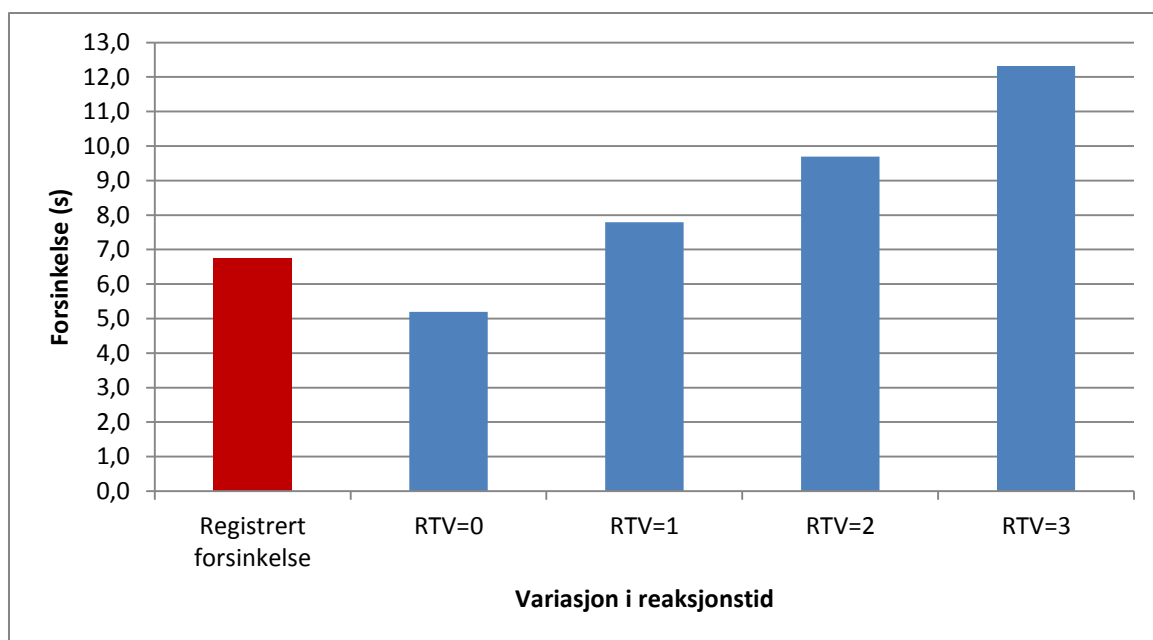


Figur 109 Variasjon av hastighet i frognermodellen.

6.5.3 Variasjon av reaksjonstid

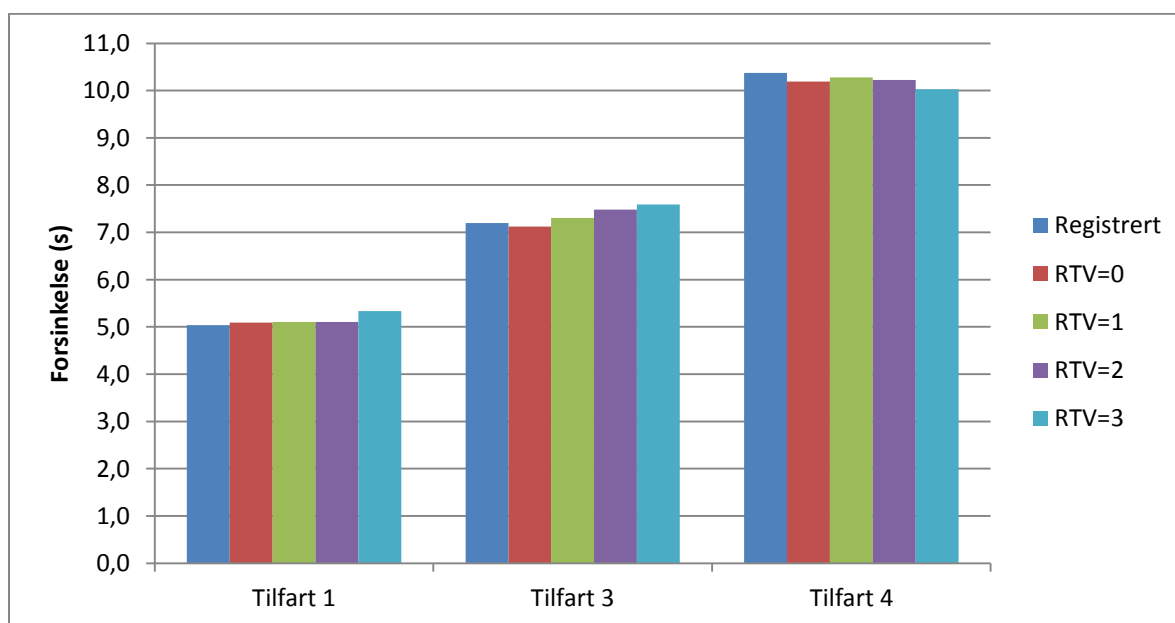
Standardverdi: 0.

Lokal variasjon av reaksjonstid kan være et viktig virkemiddel hvis en vet effektene av den globale reaksjonstiden. Simulering av rundkjøringen på Gjetnum (med trafikkvolum fra 8. februar), var et godt eksempel på hvordan parameteren kan brukes. Av Figur 91 ser en at tilfart 2 hadde for lav forsinkelse, mens de andre tilfartene hadde korrekte verdier. Figur 110 viser resultatene fra simuleringer med varierende reaksjonstidstillegg på tilfart 2. En reaksjonstidstilleggsverdi på én gav det beste resultatet. Det er viktig å huske på at et tilleggsværdi på én, ikke betyr en økning i reaksjonstiden på ett sekund. Reaksjonstidtillegget multipliseres med *simulation step*-verdien. I dette tilfellet vil det gi en økning av reaksjonstiden med 0,75 sekunder for hvert reaksjonstidtillegg.



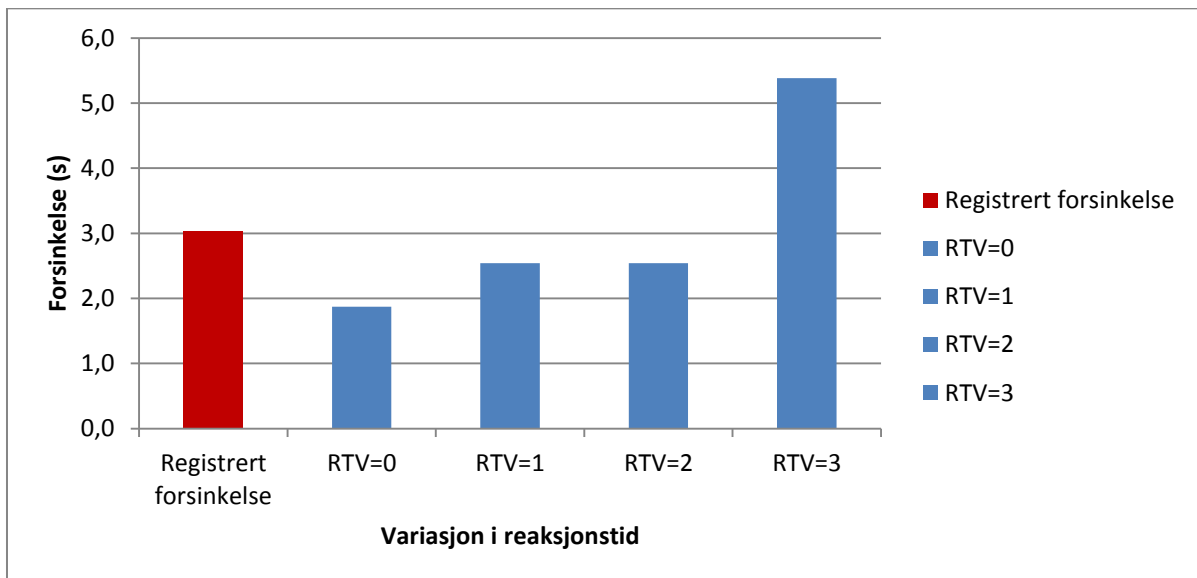
Figur 110 Variasjon av reaksjonstid for Gjettum, 8.2

Figur 111 viser effekten tillegget av *reaksjonstid* på tilfart 2 hadde på de andre tilfartene. Forsinkelsesverdier for tilfarter er avhengige av hverandre. Hvis en tilfart får økt forsinkelse, kan det medføre at en annen får lavere forsinkelsesverdier. Det skyldes at det blir lettere å entre inn i sirkulasjonsarealet. Av figuren ser en at tilfart 1 var tilnærmet upåvirket av endringene i reaksjonstid på tilfart 2. Det er naturlig siden kjøretøy fra tilfart 1 aldri viket for kjøretøy fra tilfart 2. Tilfart 3 må derimot vike for to av svingebevegelesene fra tilfart 2, og det kommer frem av Figur 111. Forsinkelsesverdien på den tilfarten økte med 0,2 sekund for hver gang *variasjon i reaksjonstid* øktes med én. Det var kanskje en ubetydelig påvirkning, men den er stabil. Tilfart 4 fikk gradvis redusert forsinkelse. Det kan skyldes at tilfart 3 fikk en økning, og dermed ble forholdene bedre for tilfart 4.



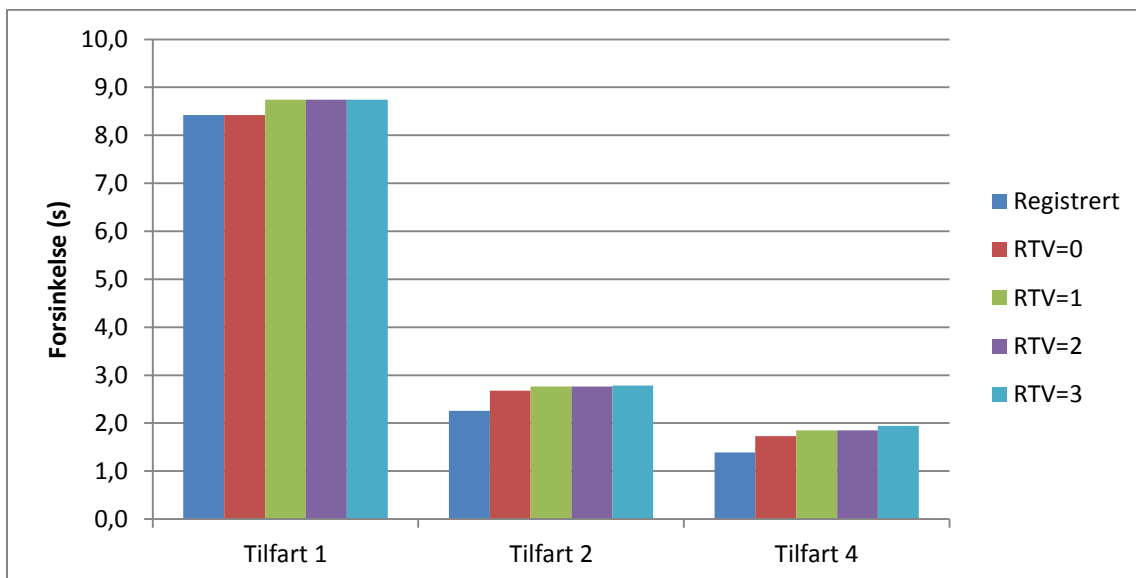
Figur 111 Effekt av variasjon i viketid på andre tilfarter, 8.2.

Det ble også vurdert hvilken effekt *variasjon i reaksjonstid* hadde på frognermodellen. Reaksjonstiden ble variert for tilfart 3, og trafikkgrunnet fra 17. april ble brukt. Resultatet er vist i Figur 112. En kan se at forsinkelsen blir større etterhvert som *variasjonen i reaksjonstid*-verdien øker. Det er ingen forskjell mellom RTV=1 og RTV=2, men stor forskjell fra RTV=2 og RTV=3.



Figur 112 Variasjon av reaksjonstid for tilfart 3, Frogner 17.4

Figur 113 viser hvordan forsinkelsesverdiene på de andre tilfartene ble endret som følge av *variasjon i reaksjonstid* på tilfart 3. Tilfart 1 fikk en konstant økt forsinkelse. Tilfart 2 og -4 fikk en gradvis økning, men det var marginale forsinkelsesverdier.



Figur 113 Effekt av *variasjon i vikeid* på andre tilfarter, 17.4

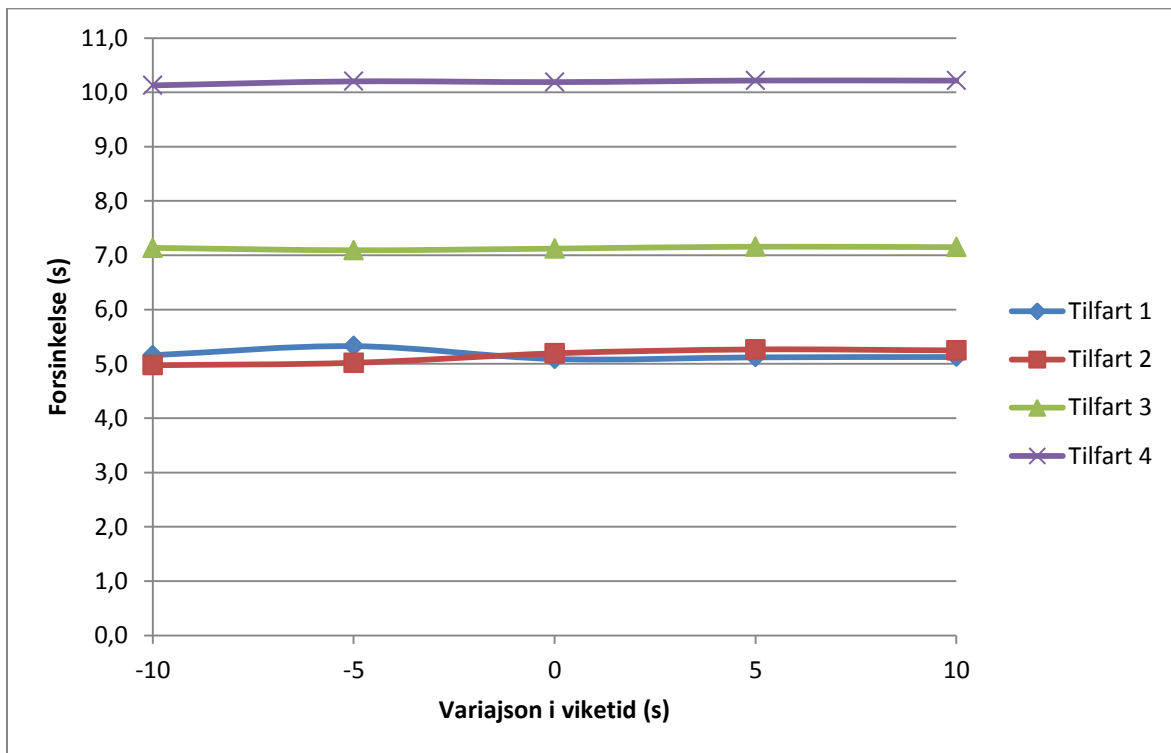
Forsøkene viste at modellene, av rundkjøringene på Gjetnum og Frogner, reagerte forskjellig på lokal økning i *reaksjonstid*. Tilfartene i gjetnummodellen viste tendenser til både positiv og

negative forsinkelsesverdiendringer, mens tilfartene i frognermodellen fikk utelukkende økte forsinkelsesverdier. Det må merkes at endringen var marginal i de to tilfellene.

6.5.4 Variasjon i vikeid

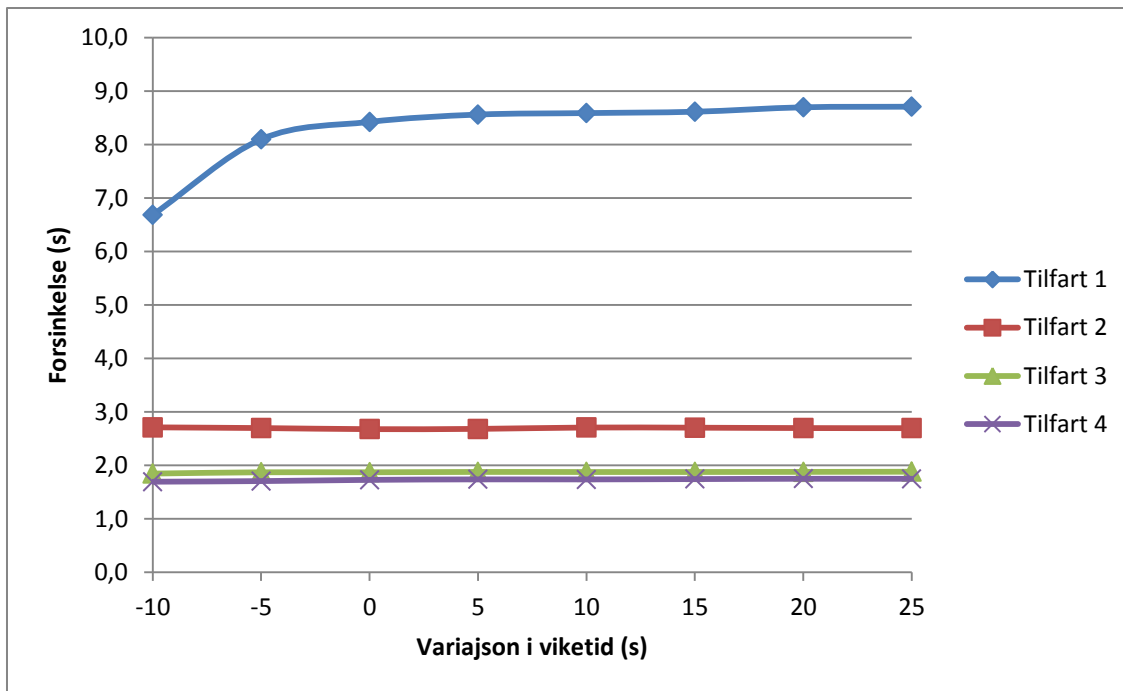
Standardverdi: 0 sekund.

Effekten av å variere *vikeid*-verdier ble forsøkt i gjetnummodellen på tilfart 2. Det var trafikkgrunnlaget fra 8. februar som ble brukt. De andre tilfartene fikk ingen endringer fra standardoppsettet. Resultatet er vist i Figur 114, og det var tydelig at tiltaket hadde liten effekt på tilfart 2. Variasjon på minus ti sekunder vil si at *vikeiden* er null for tilfarten. Det betyr videre at kjøretøy opererer uten sikkerhetsmargin i vikepliktsmodellen. Derfor var det overraskende at tiltaket ikke hadde større effekt.



Figur 114 Variasjon av *vikeid* for tilfart 2 i gjetnummodellen.

Effekten av å variere *vikeid* ble også forsøkt i frognermodellen. Det var tilfart 1 som fikk *variasjon i vikeiden*. Tilfart 1 hadde størst forsinkelse i utgangspunktet, og det kunne tenkes at tiltaket derfor ville ha større effekt. Resultatet av forsøket er vist i Figur 115. Tilfart 1 fikk store endringer i forsinkelsesverdiene da *vikeiden* hadde negativ variasjon. Økning i *vikeid* hadde minimal innvirkning. Tiltaket hadde ingen innvirkning på de andre tilfartene.



Figur 115 Variasjon av veketid for tilfart 1 i frognermodellen.

6.5.5 Yellow box

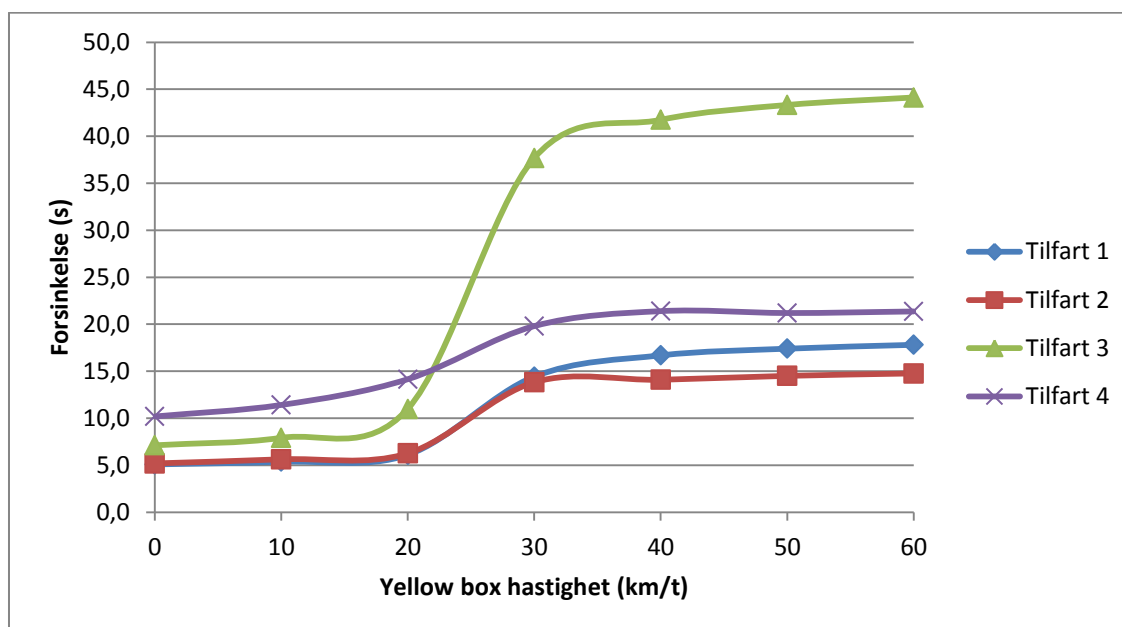
Standardverdi: ikke benyttet.

Det kan diskuteres om det er riktig å innføre *yellow box* i en rundkjøring. Figur 116 viser hvordan modellen for rundkjøringen på Gjettrum så ut med *yellow box*. En kan se at det var store områder i rundkjøringen som er skravert med gult. Problemet med *yellow box* er at den ikke kan skille på hvor kjøretøyene skal. På figuren er det indikert en rød bil som skal til høyre fra tilfart 3. Med *yellow box*, dersom farten er stor nok, vil den vente til den blå bilen har passert. Det til tross for at de ikke har bevegelser som er i konflikt med hverandre.



Figur 116 Bruk av yellow box i gjettrummodellen.

Figur 117 viser hvordan bruken av *yellow box* påvirket forsinkelsesverdiene for gjetnummodellen. Det var trafikkvolumet for 8. februar som lå til grunn for forsøket. *Yellow box*-hastighet lik null gjør at effekten av tiltaket faller bort. Det var tydelig endring i forsinkelsesverdiene når hastigheten ble over 20 km/t. Det gjelder spesielt for tilfart 3. Årsaken er den samme som ble forklart i forbindelse med Figur 116. Det tyder på at flere av kjøretøyene holdt en hastighet på mellom 20- og 30 km/t gjennom rundkjøringen.



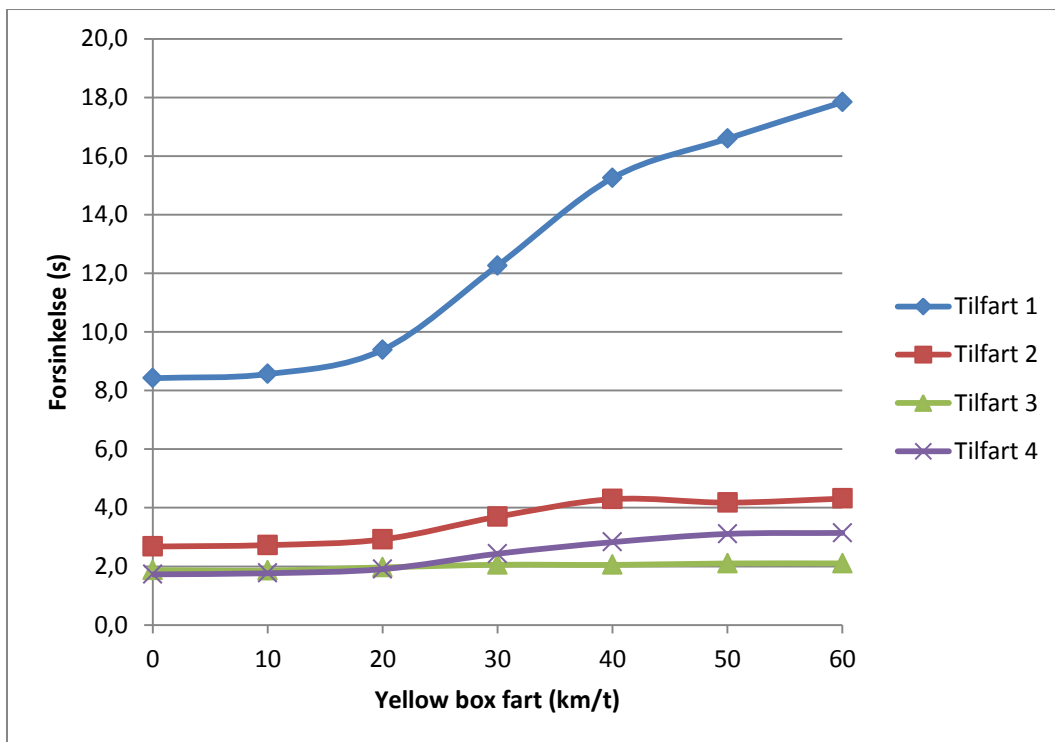
Figur 117 Effekt av *yellow box*, 8.2

Frognermodellen har ulik oppbygning fra gjetnummodellen, og det var ikke sikkert at innføring av *yellow box* ville ha samme effekt. Figur 118 viser hvordan modellen så ut. Arealene med *yellow box* var mindre, og det var kun tilfart 4 som kunne oppleve samme problem som gjetnummodellen fikk.



Figur 118 Yellow box i frognermodellen.

Figur 119 viser hvilken effekt bruken av **yellow box** hadde på frognermodellen, da trafikkgrunnlaget fra 17. april lå til grunn. Tiltaket hadde stor betydning for tilfart 1 ved hastigheter over 20 km/t. Tilfart 1 hadde den største forsinkelsen i utgangspunktet, og tiltaket med **yellow box** bidro ytterligere til det. Tilfart 3 var tilnærmet upåvirket, mens de resterende tilfartene fikk små forsinkelser.

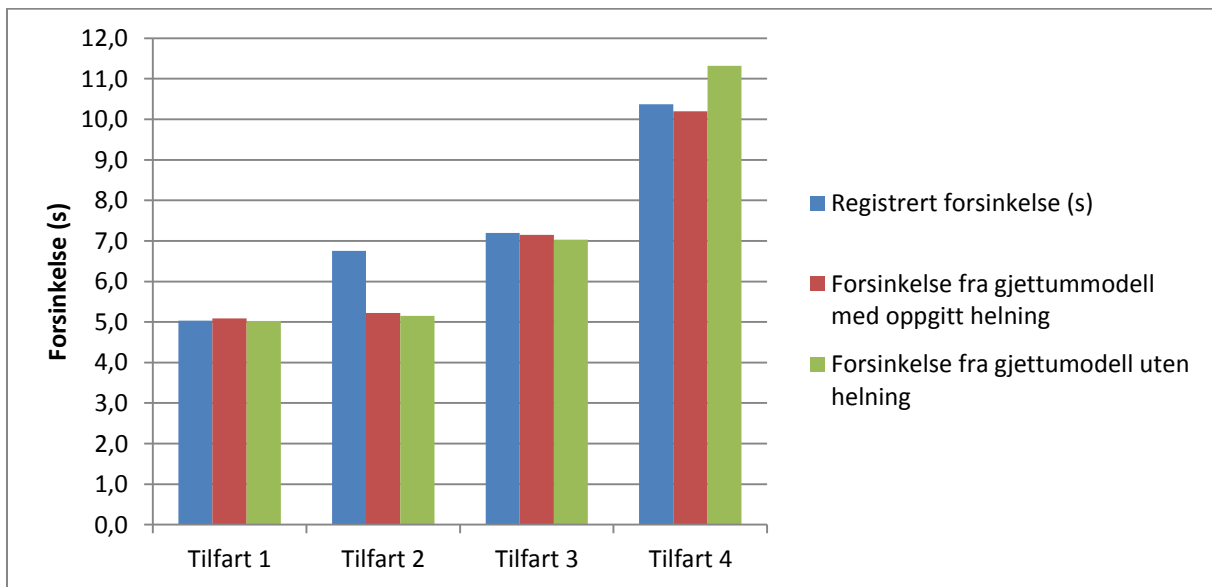


Figur 119 Effekt av yellow box i frognermodellen.

6.5.6 Helning

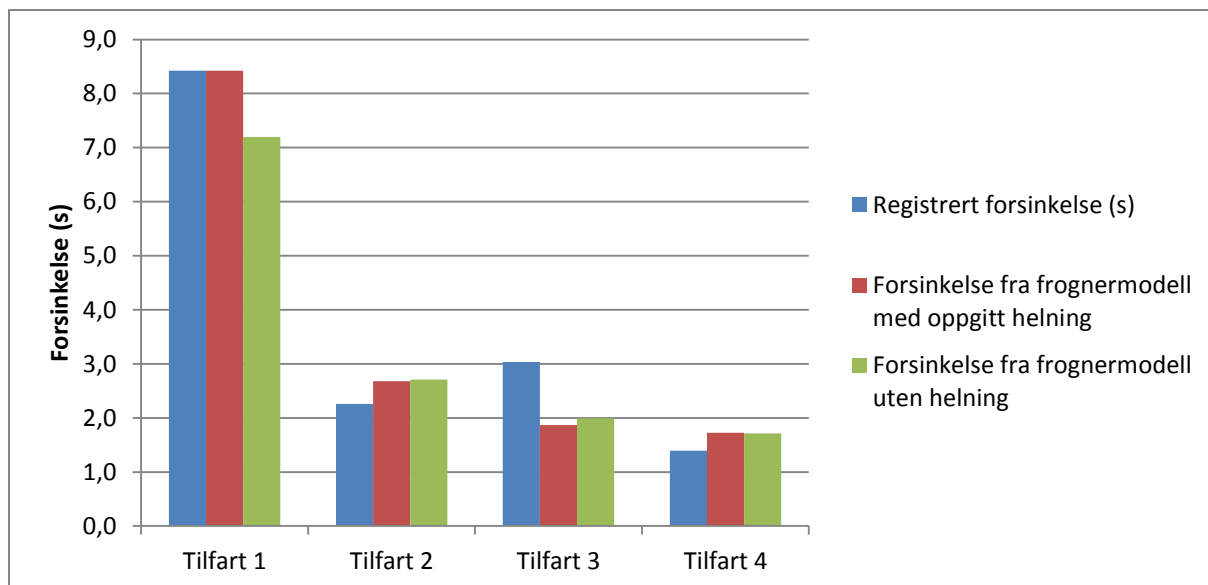
Standardverdi: ikke benyttet.

I gjetnummodellen var det innlagt *helning* på tilfart 4, i samsvar med avsnitt 5.2.1.11. For å finne effekten av den lokale parameteren *helning*, ble det gjort simuleringer der det ikke var innlagt noen verdier for *helning*. Trafikkvolumet fra 8. februar ble brukt som grunnlag. Resultatet er vist i Figur 120. En kan se at det er kun tilfart 4 som får endring i forsinkelsesverdiene. Det var også forventet, ettersom det var den eneste tilfarten med *helning*-verdi forskjellig fra null. Simulert forsinkelsesverdi varierte med 1,1 sekunder med og uten *helning*. Den simulerte forsinkelsesverdien med *helning*, var nærmere de registrerte forsinkelsesverdiene enn tilsvarende uten *helning*.



Figur 120 Effekt av *helning* i gjetnummodellen.

Det samme forsøket ble utført i frognermodellen. Den hadde innlagt *helning* på tilfart 1 og -3 i tråd med avsnitt 5.2.2.11. Trafikkgrunnlaget var fra registreringer gjort 17. april. Resultatet av forsøket er vist i Figur 121. En kan se at tilfart 1 fikk stor påvirkning av tiltaket, mens tilfart 3 hadde mindre påvirkning. For tilfart 1 lå forsinkelsesverdiene nært de registrerte forsinkelsesverdiene da *helning* ble brukt. Forsinkelsesverdiene, fra forsøk uten *helning*, avvek 1,2 sekunder fra registrert forsinkelse.



Figur 121 Effekt av *helning* i frognermodellen.

Basert på forsøkene gjort i avsnitt 6.5.6, ble det besluttet å beholde de innlagte *helning*-verdiene. Det gav bedre resultater enn å ikke bruke *helning*. Det kunne selvfølgelig vært sett nærmere på effekten av varierende *helning*-verdier, men det ville blitt tungvint å operere med verdier som avvok fra de registrerte. Derfor ble det utelukkende vurdert om *helning* skulle brukes eller ikke, og hva som gav best resultat.

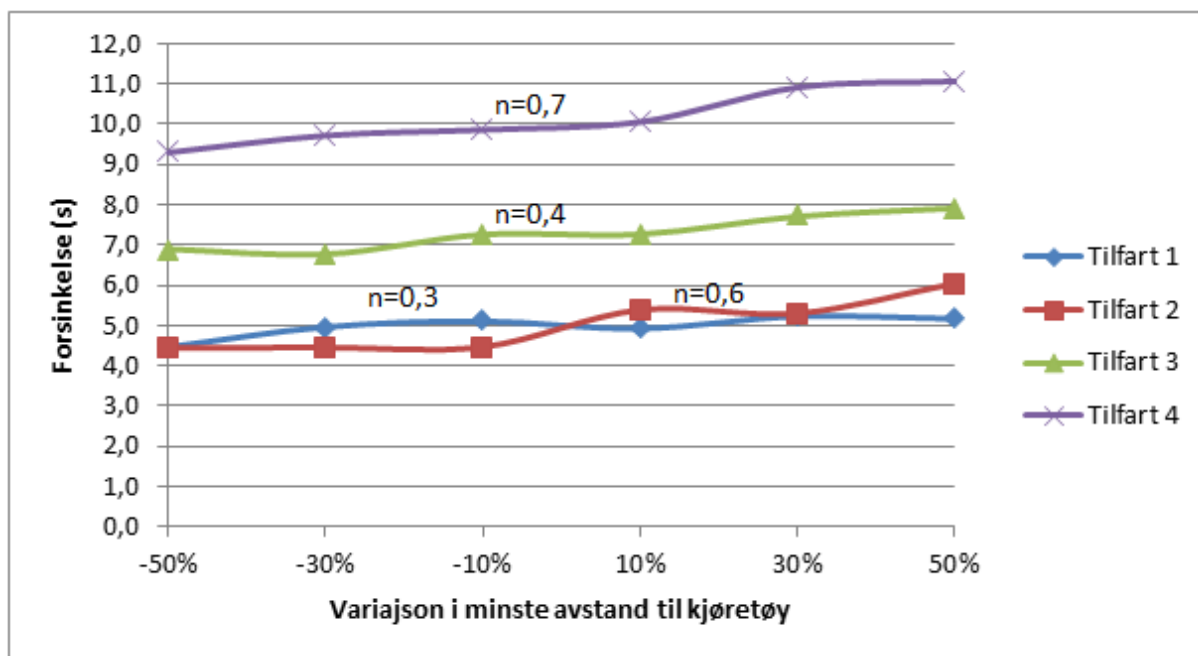
6.6 Kjøretøysparametere

Det var ikke alle kjøretøysparametere som ble studert nærmere. Alle parametere som omhandler de fysiske egenskapene til et kjøretøy, ble antatt å ha en tilfredsstillende verdi. Det vil si at kjøretøyets *lengde*, *-maksimale fart*, *-akselerasjon* og *retardasjonsegenskaper* og *villighet til å akseptere fartsgrensen* beholdt standardverdiene.

6.6.1 Minste avstand kjøretøy

Standardverdi: 1 meter.

Minste avstand kjøretøy angir hvor tett kjøretøy kan ligge ved stopp. Figur 122 viser hvordan gjettummodellen reagerte på variasjon i *minste avstand kjøretøy*. Det var trafikkvolumet fra 8. februar som lå til grunn for modellkjøringen. Standardverdiene fikk en prosentvis variasjon. En kan se at en negativ variasjon førte til lavere forsinkelse på tilfartene. Tilsvarende førte en positiv variasjon til økt forsinkelse. Gjennomsnittlig antall stopp (n) er angitt for hver tilfart.



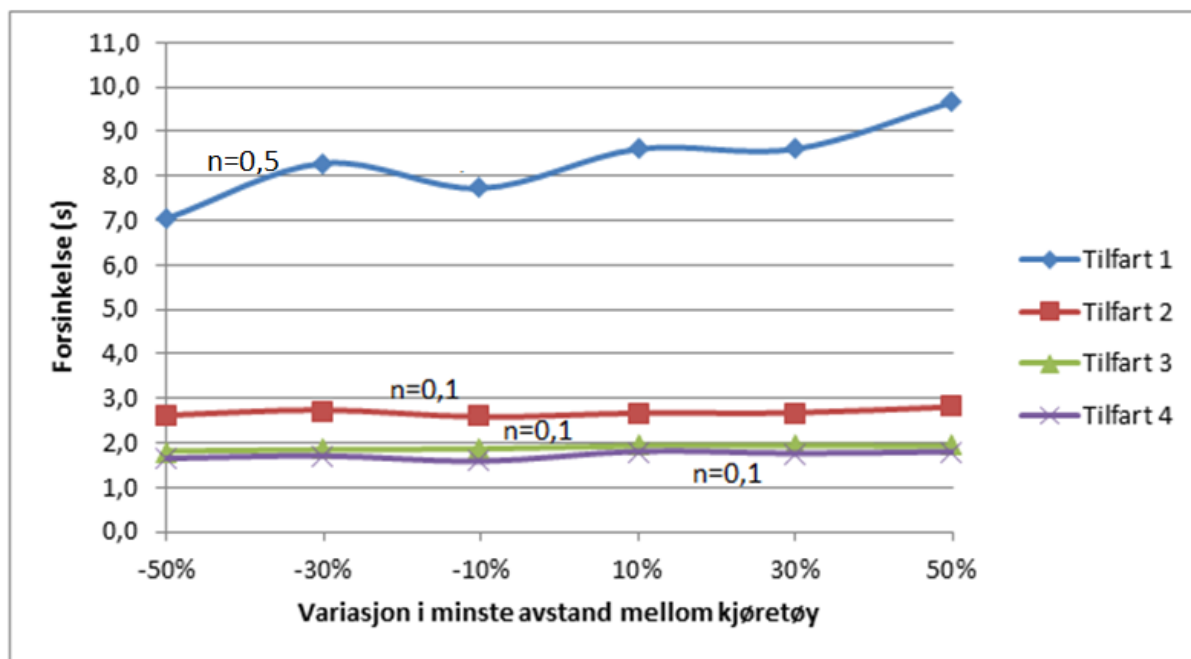
Figur 122 Variasjon av *minste avstand kjøretøy* i gjettummodellen

Det var tydelig at høyere antall stopp førte til større effekt av tiltaket. Tabell 19 viser sammenhengen mellom antall stopp og økning/nedgang. En kan se at høyere antall stopp medfører større effekt av tiltaket.

Tabell 19 Sammenheng mellom antall stopp og effekt av variasjon i *minste avstand kjøretøy* for gjettummodellen.

	Gj. antall stopp	Nedgang – 50 % (s)	Økning 50 % (s)
Tilfart 1	0,3	-0,6	0,1
Tilfart 2	0,6	-0,8	0,8
Tilfart 3	0,4	-0,2	0,8
Tilfart 4	0,7	-0,9	0,9

Figur 123 viser hvordan frognermodellen reagerte på samme forsøk. Trafikkvolumet fra 17. april lå til grunn. Det var kun tilfart 1 som fikk effekt av tiltaket. Det kommer av at det var flest kjøretøy som opplevde full stans i den tilfarten. Gjennomsnittlig antall stopp (n) er oppgitt på figuren.



Figur 123 Variasjon av *minste avstand kjøretøy* i frognermodellen.

Tabell 20 viser sammenhengen mellom gjennomsnittlig antall stopp og effekt av *minste avstand kjøretøy*. En prosentvis økning av *minste avstand kjøretøy* på 50 %, medførte økt forsinkelse på 1,2 sekunder på tilfart 1. En reduksjon på 50 % reduserte forsinkelsen med 1,4 sekund. De andre tilfartene hadde få stopp (n=0,1), og derav liten effekt av tiltaket.

Tabell 20 sammenheng mellom antall stopp og effekt av variasjon i *minste avstand kjøretøy* for frognermodellen.

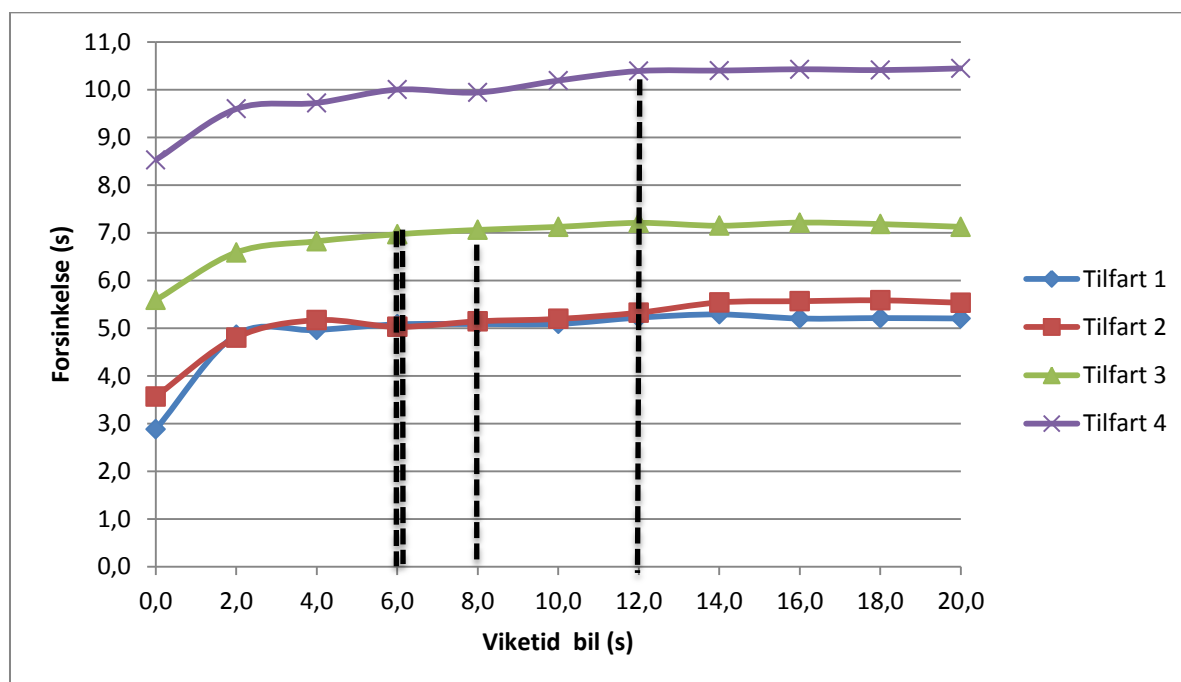
	Gj. antall stopp	Nedgang – 50 % (s)	Økning 50 % (s)
Tilfart 1	0,5	-1,4	1,2
Tilfart 2	0,1	-0,1	0,1
Tilfart 3	0,1	-0,1	0,1
Tilfart 4	0,1	-0,1	0,1

6.6.2 Viketid

Standardverdi: 10 sekund (bil), 35 sekund (tunge kjøretøy og buss).

Viketid forteller hvor lenge kjøretøyene skal beholde sikkerhetsmarginen gitt fra vikepliktsmodellen. Figur 124 viser hvordan *viketiden* spilte inn på forsinkelsesresultatene i gjetummodellen. Det var trafikkvolum fra 8. februar som ble brukt i forsøket. En kan se at forsinkelsene økte med økt viketid, helt til forsinkelsesverdien ble lik *viketiden* (markert på

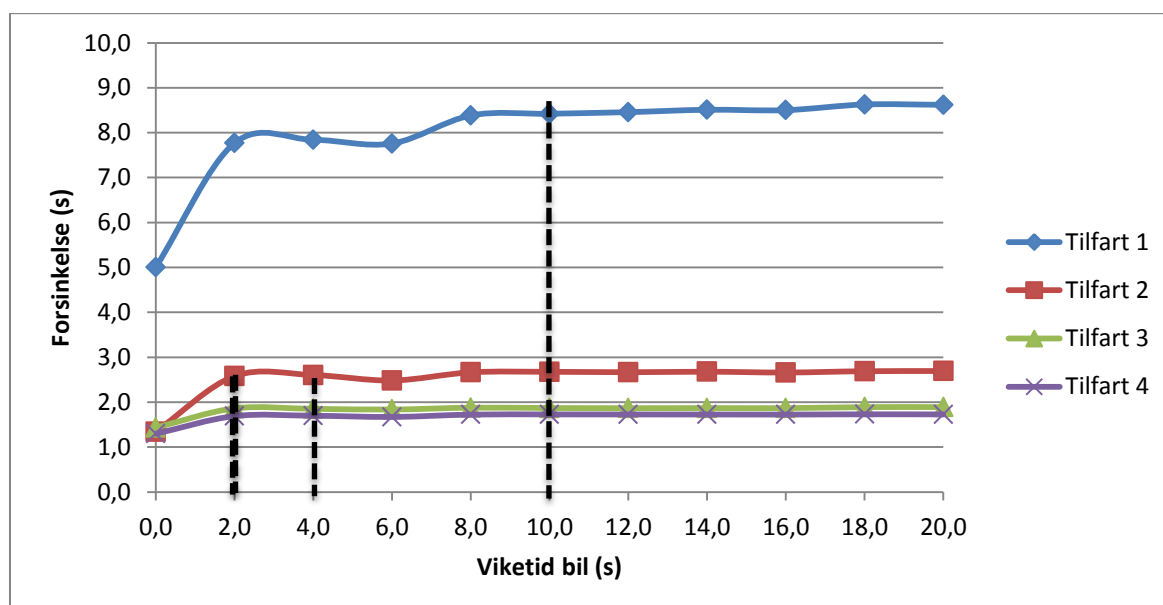
viketidsregistreringen etter at forsinkelsesverdien ble nådd). Det gav liten effekt å ha større viketid en registrert forsinkelse.



Figur 124 Effekt av viketid i gjetnummodellen.

Det var forventet at en viketid på null ville gi stor reduksjon i forsinkelse, ettersom det betyr at kjøretøyene kjører helt uten sikkerhetsmargin.

Figur 125 viser hvordan frognermodellen reagerte på endring i viketid. Trafikkvolumet fra 17. april ble brukt. En kunne observere det samme som for gjetnummodellen. Viketid større enn registrert forsinkelse gav ikke utslag i modellen (markert på figur med stiplet linje).



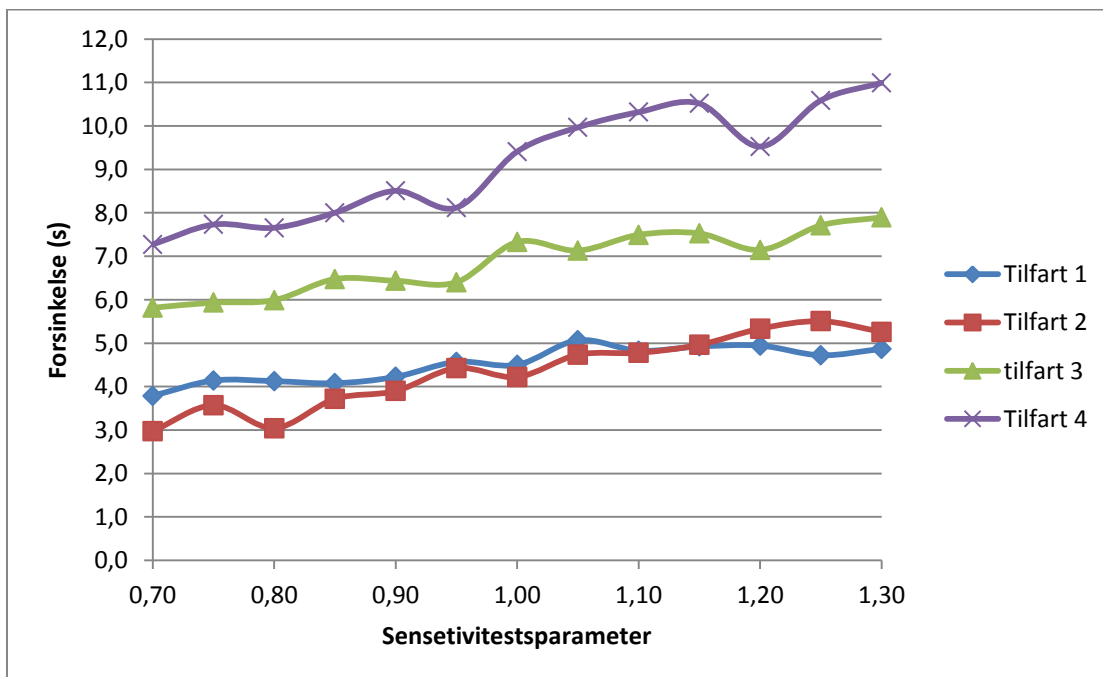
Figur 125 Effekt av viketid i frognermodellen.

6.6.3 Sensitivitetsparameteren α

Standardverdi: 1.

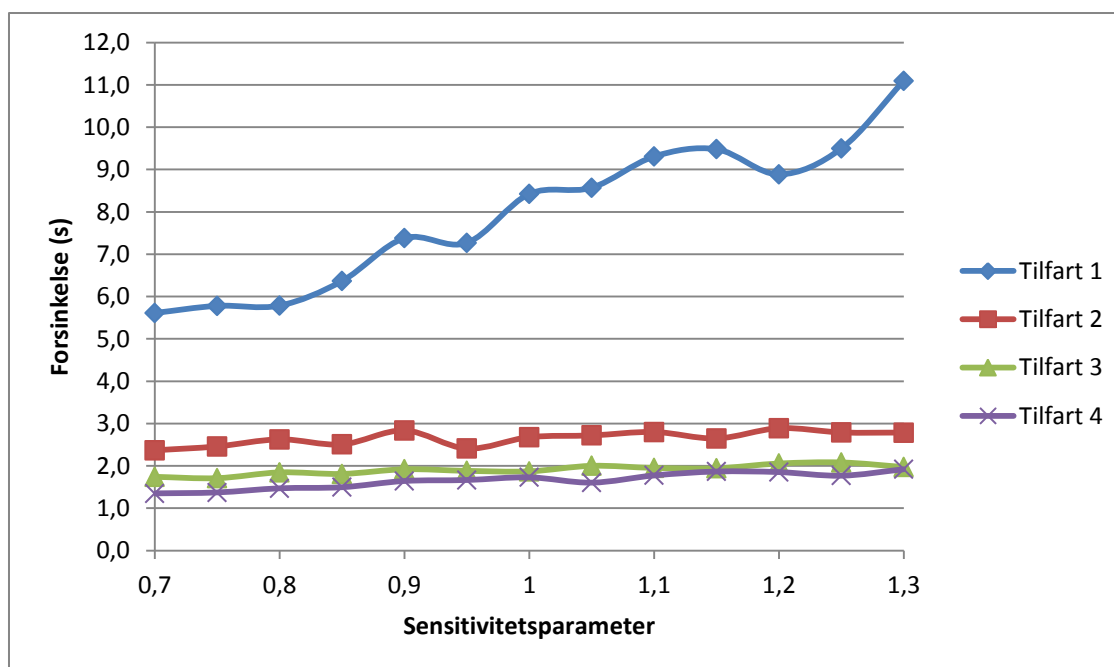
Fra bilfølgemodellen, omtalt i 3.3.1.2, vet en at *sensitivitetsparameteren* α påvirker hvordan følgekjøretøy forholder seg til ledene kjøretøy. Hvis α er mindre enn én, vil følgekjøretøyet undervurder retardasjonen til bilen foran. Konsekvensen blir at følgekjøretøyet kommer nærmere ledende kjøretøy og i så måte oppfører seg aggressivt i trafikken. Verdi større enn én vil gi motsatt effekt og føre til en roligere følgesjåfør.

Simuleringer i gjetnummodellen ble gjennomført der verdien av *sensitivitetsparameteren* α varierte mellom 0,7 og 1,3. Trafikkvolumet fra 8. februar lå til grunn for forsøket. Resultatet er vist i Figur 126. Reduksjon av *sensitivitetsparameteren* gir lavere forsinkelse, mens en økning gir høyere forsinkelse. Dette gjelder for alle tilfarter. Det er verd å merke seg at tilfartene som hadde høyere forsinkelse i utgangspunktet opplevde større effekt av tiltaket. Tilfart 4 har et sprang i forsinkelsesverdier på 3,8 sekunder i intervallet $\alpha = 0,7-1,3$. Tilfart 2 hadde om lag 2,2 sekunder forskjell i samme intervall.



Figur 126 Variasjon av sensitivitetsparameteren i gjetnummodellen.

Det samme forsøket ble utført i frognermodellen med trafikkgrunnlag fra 17. april. Resultatet er oppgitt i Figur 127. Det var kun tilfart 1 som fikk endringer i forsinkelsesverdiene, og de var til gjengjeld store. Det skiller 5,4 sekunder mellom største og minst forsinkelsesverdi for tilfart 1. Det stemmer bra med det en observerte fra gjetnummodellen. Tilfarter med de største forsinkelsene reagerer mer på endring i *sensitivitetsparameteren* α , enn tilfarter med lavere forsinkelse.

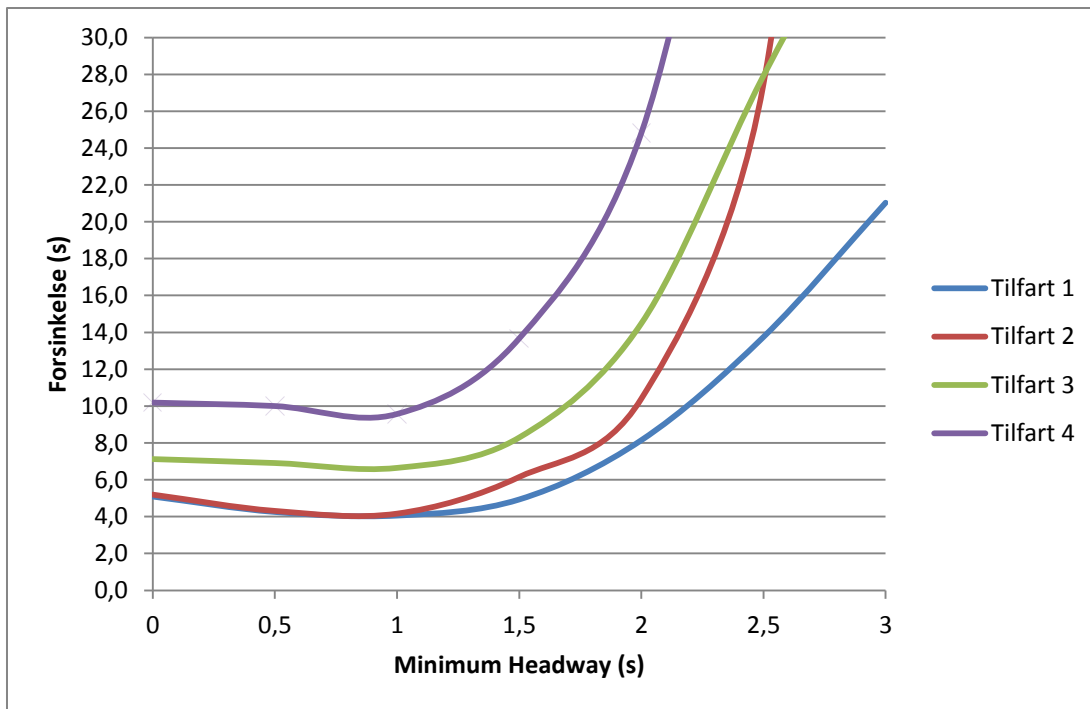


Figur 127 Variasjon av sensitivitetsparameter i frognermodellen.

6.6.4 Minimum headway

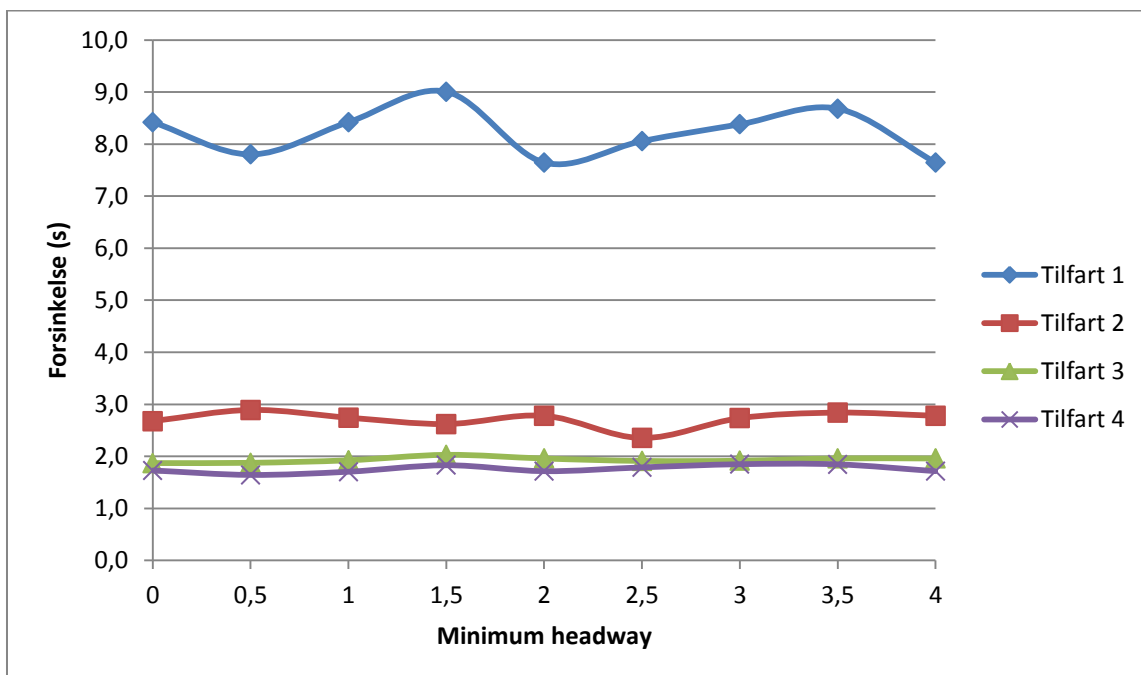
Standardverdi: 0 sekund.

Minimum headway er et tillegg i bilfølgemodellen som stiller krav til minste tidsavstand mellom kjøretøyene. Effekten av parameteren ble testet ut i aimsunmodellen for rundkjøringen på Gjettum. Trafikkvolumet var det som ble registrert 8. februar. Resultatet av modellkjøringen er oppgitt i Figur 128. En kan se at tiltaket har liten effekt for tidsverdier mellom null og ett sekund. Det fører overraskende nok til redusert forsinkelse for tilfart 1 og tilfart 2 i samme intervall. For *minimum headway*-verdier over ett sekund stiger forsinkelsen drastisk for alle tilfarer. Ingen andre tiltak har at så stor effekt på samtlige forsinkelsesverdier.



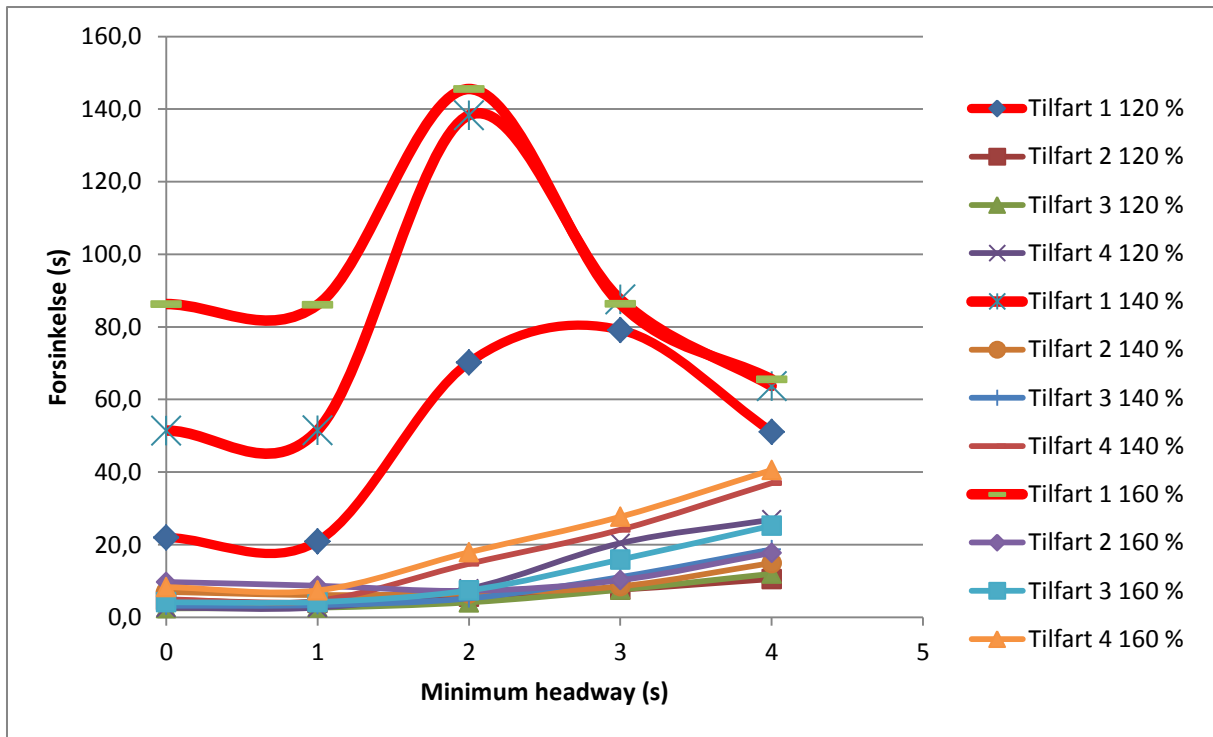
Figur 128 Variasjon av *minimum headway* i gjetnummodellen.

Figur 129 viser hvordan frognermodellen reagerte på tillegget av *minimum headway*. Trafikkgrunnlaget ble hentet fra 17. april. Effekten var ikke like markant som i gjetnummodellen. Tilfart 1, som hadde den største forsinkelsen, merket størst effekt av tiltaket. Det var overraskende at forsinkelsen ikke økte i takt med økt *minimum headway*, men heller tok form som en sinuskurve. De andre tilfartene opplevde liten endring i forsinkelsesverdiene.



Figur 129 Variasjon av *minimum headway* i frognermodellen.

Forsøket ble repetert i frognermodellen, men med økt trafikkvolum. Figur 130 viser resultater fra forsøket. Tilfart 1 er markert med tykke røde linjer. En kan se at en *minimum headway*-verdi på to sekunder gav de største forsinkelsene på tilfart 1. Dette brøt med hvordan gjettnummodellen reagerte på variasjon i *minimum headway*-verdier, og også hvordan de andre tilfartene i frognermodellen reagerte. Det viktigste fra denne figuren er at tilfart 1 hadde en uforklarlig oppførsel, mens at de andre tilfartene hadde forventet oppførsel. Den nøyaktige forsinkelsesverdien er mindre viktig, og kommer ikke tydelig fram av figuren.



Figur 130 Økt trafikkvolum og variasjon av *minimum headway*.

6.7 Oppsummering

Tabell 21 oppsummerer de viktigste resultatene fra forsøkene presentert så langt i kapittel 6. Hver parameter har fått en rangering etter hvor mye innvirkning den har på resultatet/forsinkelse. Rangeringen skiller mellom stor, middels og liten innvirkning. Der det er mulig er det også oppgitt en anbefalt verdi, eller hvilken effekt parameteren har.

Geometrisk utforming av rundkjøringen (med tilhørende svingebevegelser), og de globale parameterne hadde størst innvirkning på resultatet. Unntaket er parameteren *reaksjonstid ved stopp*. Ved større trafikkvolum/forsinkelse ville også den hatt stor betydning. I denne sammenhengen er definisjon av geometri og tillatte svingebevegelser benevnt parameter. Det er ikke definisjonsmessig riktig, men for enkelthets skyld er alle avgjørende faktorer sammenfattet i en tabell.

Tabell 21 Effekter av parametere.

	Parameter	Egenskap	Påvirkning på resultat	Anbefaling/effekt
	Geometrisk utforming og tillatte svingebevegelser.	Avgjør posisjonering av kjøretøy gjennom rundkjøringen.	Stor	-
Globale:	<i>Headway</i>	Avgjør tidsfordelingen mellom kjøretøy som skal inn i modellen.	Stor	Ekspontensialfordeling.
	<i>Simulation step</i>	Bestemmende for reaksjonstid og hvor ofte modellen oppdaterer seg.	Stor	0,6-0,8 (1:1 reaksjonstid) 0,4-0,5 (2:1 reaksjonstid)
	<i>Reaksjonstid</i>	Multiplum av simulation step.	Stor	0,7-1. Ses i sammenheng med simulation step
	<i>Reaksjonstid ved stopp</i>	Trenger ikke være multiplum av simulation step. Gjelder kun når kjøretøyet er i ro.	Liten i dette tilfellet, men større påvirkning med økende trafikkvolum.	1-1,6
Lokale:	<i>Siktavstand</i>	Bestemmer når vikepliktsmodellen skal starte.	Middels for verdier mellom 10-30m, Gjettum, og 10-40m, Frogner.	Lave verdier fører til økt forsinkelse. Effekten avtar med økende verdi.
	<i>Oppgitt fartsgrense på strekningen</i>	Avgjør hastigheten til uhindrede kjøretøy.	Middels/liten.	Økt fart gir økt forsinkelse.
	<i>Variasjon i reaksjonstid</i>	Endrer reaksjonstiden til kjøretøy på en gitt lenke. Kan kun øke verdien på reaksjonstiden.	Middels	Gir økt forsinkelse
	<i>Variasjon i viketid</i>	Bestemmer hvor lenge	Liten på tilfarer	Gir lavere

	sikkerhetsmarginen skal gjelde i vikepliktsmodellen.	med lav forsinkelse, men stor påvirkning for tilfarer med høy forsinkelse.	forsinkelse med reduksjon av viketid. Økning av viketid utover gj. forsinkelse har liten påvirkning.
Yellow box	Gjør at kun ett kjøretøy av gangen kan være i aktuelle kryss dersom farten er under en gitt verdi.	Potensielt stort.	Gir økt forsinkelse.
Helning	Påvirker kjøretøyets akselerasjonsevne	Middels	Bør bruke reelle høydemål.
Kjøretøy:			
Minste avstand kjøretøy	Bestemmer minste avstand (m) mellom kjøretøy ved stopp.	Liten for tilfarer med lavt antall stopp, men stor effekt på tilfarer med høyt antall stopp.	Effekten er større, jo større antall stopp er i utgangspunktet.
Viketid	Bestemmer hvor lenge sikkerhetsmarginen skal inkluderes i vikepliktsmodellen.	Stor ved verdier under registrert forsinkelse. Ellers Liten.	Forsinkelsen øker i etter hvert som viketid øker, helt til registrert forsinkelse er nådd.
Sensitivitetsparameteren α	Påvirker hvordan følgekjøretøy forholder seg til ledene kjøretøy.	Middels	Økt verdi gir økt forsinkelse, mens lavere verdi gir lavere forsinkelse.
Minimum headway	Stiller krav til minste tidsavstand mellom kjøretøyene.	Stor for Gjettum. Liten for Frogner.	Gav forskjellig effekt i gjettrummodellen og frognermodellen. Intuitivt vil økt headway gi økt forsinkelse.

De lokale parameterne hadde middels til liten påvirkning. Det var ikke mulig å fastsette anbefalte verdier, ettersom det vil være forskjellig fra modell til modell. Det er effekten av de lokale parameterne som er viktig å være klar over, og det blir tatt med i det videre arbeidet.

Kjøretøyparameterne har generelt større påvirkning ved større trafikkvolum/forsinkelse. **Minimum headway** gav uklare resultater. De andre kjøretøyparameterne er det viktigere å være klar over effekten av, enn eksakte verdier.

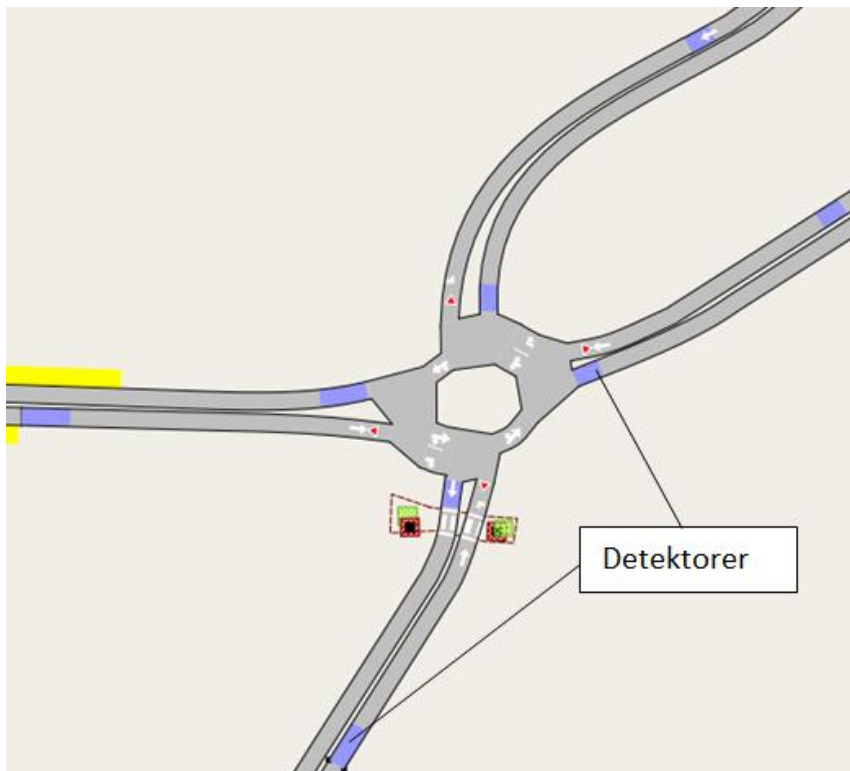
7 Bruk av detektorer

Resultater fra aimsunmodellene har til nå blitt hentet fra svingebevegelse-databasen (jfr. avsnitt 3.11.1). Dette kapitlet ser nærmere på resultater der detektorer ble brukt til å hente ut data fra modellen.

7.1 Forsinkelse

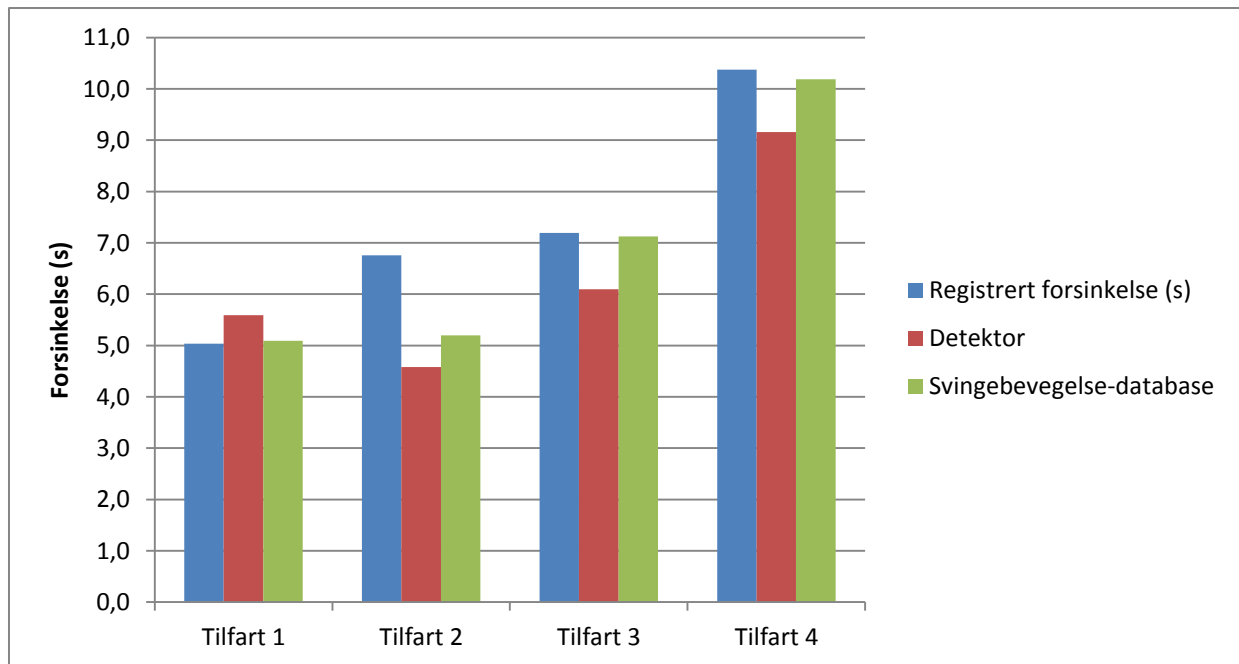
Som nevnt i avsnitt 3.11.1, kan en beregne forsinkelse ved å bruke detektorer. Tidligere har forsinkelsesverdier blitt hentet direkte fra svingebevegelse-databasen. Dette kapitlet ser nærmere på om det er forskjell i resultatene mellom de to metodene. Det var gjettummodellen som ble brukt med trafikkgrunnlag fra 8. februar.

Figur 131 viser hvor detektorene ble plassert. Det var viktig at detektorene på tilfartene var plassert slik at kølengden aldri var lengre enn avstand mellom detektor og innkjøring til sirkulasjonsareal. Var det tilfelle ville en gå glipp av kjøretøy med forsinkelse, og den beregnede forsinkelsen vil bli for lav. For å finne gjennomsnittlig uforstyrret reisetid mellom tilfartene, ble det utført en simulering med 5 % av det vanlige trafikkvolumet. Det ble brukt 10 replikasjoner i forsøket, og resultatet var gjennomsnittet av dem.



Figur 131 Plassering av detektorer i gjettummodellen.

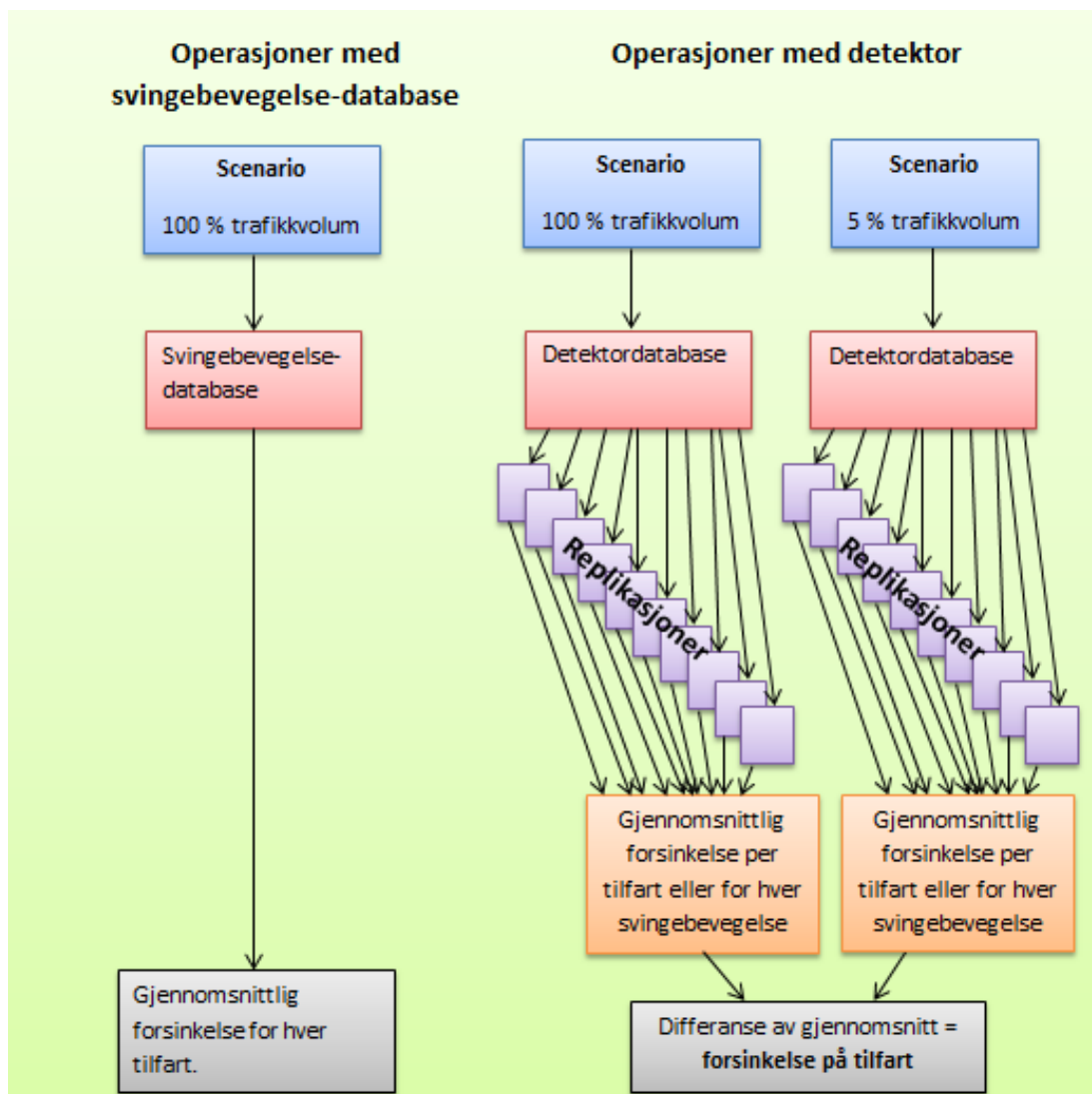
Figur 132 viser resultatet fra detektorforsøket, og sammenligner forsinkelsesverdiene med registrert forsinkelse og forsinkelse fra svingebevegelse-databasen. En kan se at det for tre av fire tilfarter, var lavere forsinkelse beregnet fra detektorene. Forskjellen varierer fra 0,5 - 1 sekund.



Figur 132 Forsinkelse fra gjettummodellen ved forskjellige metoder, 8,2.

Resultatene i Figur 132 viser også at resultatene fra svingebevegelse-databasen lå nærmere de registrerte forsinkelsene, enn det som var tilfellet for detektorverdiene.

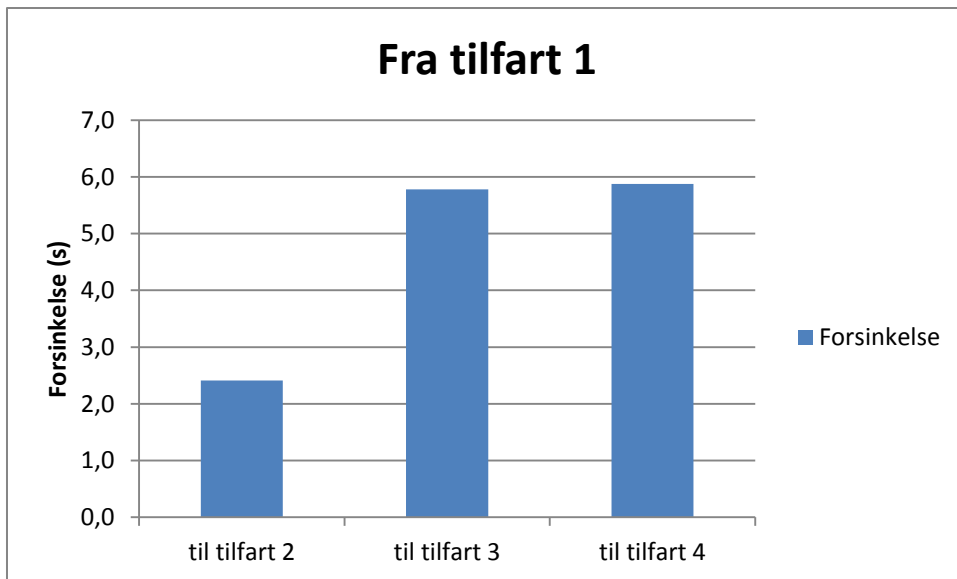
Forsinkelsesverdier fra svingebevegelses-databasen ble hentet ut som et gjennomsnitt av alle replikasjonene. Programmet sørget selv for å regne ut gjennomsnittet. Det er ikke en mulighet i detektordatabasen. Brukeren må selv hente ut data fra hver replikasjon og beregne gjennomsnittet manuelt. Det medfører et større arbeid. Figur 133 illustrerer forskjellen i arbeidsmengde. Hver sorte strek representerer at brukeren aktivt må bearbeide data. Å bruke detektorer til å beregne forsinkelse var en omfattende og tidkrevende prosess.



Figur 133 Forskjell i arbeidsmengde mellom de to metodene.

Det var svært tungvint å bruke detektorer til å beregne forsinkelse, og resultater fra svingebevegelse-databasen gav resultater nærmere de registrerte forsinkelsene. Derfor ble forsinkelse ved bruk av detektorer ikke brukt i det videre arbeidet.

Det er imidlertid en fordel med å bruke detektorer. Dataen må bearbejdes manuelt, og det gir en mulighet til å beregne forsinkelse per svingebevegelse. Det vil si at en kan skille mellom kjøretøy som skal til venstre, rett frem eller til høyre i en tilfart. Fra svingebevegelsesdatabasen kan en kun få ut gjennomsnittlig forsinkelse for alle kjøretøy (navnet på databasen er misvisende). Det er kun ved detektorbruk en kan finne forsinkelse per svingebevegelse. Figur 134 viser et eksempel på resultatet fra en slik beregning i gjetnummodellen. Eksempelet viser at det var store forskjeller i forsinkelse for kjøretøyene i tilfart 1, avhengig av destinasjon i rundkjøringen.



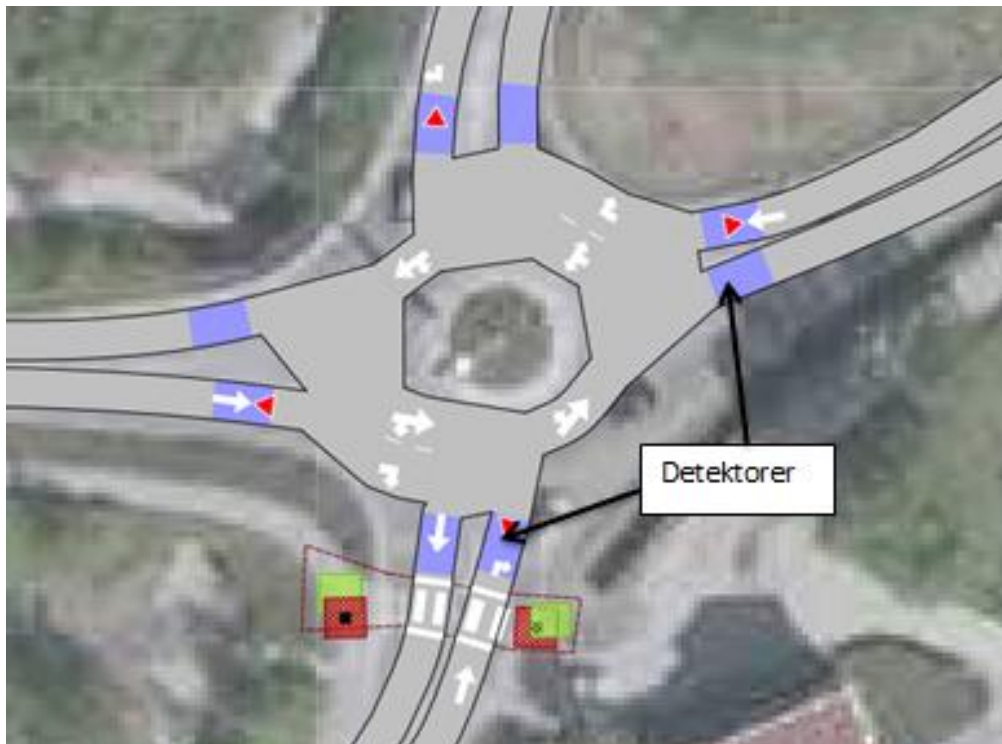
Figur 134 Forsinkelse per svingebevegelse fra tilfart 1 i gjetnummodellen, 8.2

7.2 Kjøretider

Detektorer kan også brukes til å beregne simulert kjøretid mellom tilfarter og utfarter. Det ble foretatt egne målinger av hvor lang tid det tar å kjøre mellom hver tilfart (jfr. 5.2.1.12 og 5.2.2.12). Det var interessant å se hvordan egne registrerte kjøretider stemte overens med simulerte kjøretider fra modellene.

7.2.1 Gjettummodellen

Figur 135 viser hvordan detektorene ble plassert i gjettummodellen. Det avviker fra hvordan de var plassert da en skulle beregne forsinkelse (jfr. Figur 131) Det skyldes at detektorene var plassert i samsvar med referansepunktene som ble brukt ved fysisk registrering av kjøretider i rundkjøringen.



Figur 135 Detektorer i gjettummodellen.

Simulerte kjøretider, ved uforstyrret kjøring, fra gjettummodellen er oppgitt i Tabell 22. For å modellere uforstyrret kjøring, ble det kjørt en simulering der trafikkgrunnlaget fra 8. februar var redusert til 5 % av utgangspunktet.

Tabell 22 Simulerte kjøretider fra gjettummodellen ved uforstyrret kjøring.

		Kjøretider (s)			
Til tilfart:		1	2	3	4
	1		1,5	3,2	4,2
Fra tilfart:	2	4,6		2,4	3,6
	3	4,3	4,9		2,7
	4	4,0	4,7	6,1	

Fra Tabell 7 vet en de registrerte kjøretidene. Differansen mellom simulerte og registrerte kjøretider er oppgitt i Tabell 23. En kan se at de registrerte kjøretidene er høyere enn de simulerte, med unntak av to tilfeller i tilfart 4. Det er størst forskjell i kjøretider for alle kjøretøy som skal til venstre fra en tilfart (uthevet med svart). Fra tilfart 1 til -2 er det hele 3,9 sekunder forskjell. Det er forventet at det vil være differanse mellom registrerte og simulerte tider. De registrerte kjøretidene er avhengig av sjåføren, mens de simulerte er et gjennomsnitt av flere kjøretøy. Forskjellen for venstrekjørende var likevel så stor, at det var grunn til å tro at modellen ikke var gav en riktig representasjon.

Tabell 23 Differanse mellom simulerte og registrerte kjøretider.

		Kjøretider (s)			
Til tilfart:		1	2	3	4
	1	x	-1,0	-1,1	-2,8 (v)
Fra tilfart:	2	-3,9 (v)	x	-0,6	-1,3
	3	-0,3	-2,0 (v)	x	-0,4
	4	1,3	0,3	-1,4 (v)	x

7.2.2 Frognermodellen

Figur 136 viser hvordan frognermodellen så ut med detektorer.



Figur 136 Detektorer i frognermodellen.

Simulerte kjøretider, ved uforstyrret kjøring, er gitt i Tabell 24. For å modellere uforstyrret kjøring, ble det kjørt en simulering der trafikkgrunnlaget fra 17. april var redusert til 5 % av utgangspunktet.

Tabell 24 Simulerte kjøretider fra frognermodellen.

		Kjøretider (s)			
Til tilfart:		1	2	3	4
	1		1,8	3,5	5,3
Fra tilfart:	2	5,7		2,0	3,5
	3	3,6	4,6		1,6
	4	2,3	3,4	5,1	

Fra Tabell 10 vet en de registrerte kjøretidene. Differansen mellom simulerte og registrerte kjøretider vises i Tabell 25. Også i dette tilfellet var det størst avvik for venstrekjørende kjøretøy (uthevet med svart i tabellen). Kjøretøy som skulle rett frem eller til høyre hadde ikke like store avvik.

Tabell 25 Differanse mellom simulerte og registrerte kjøretider.

		Kjøretider (s)			
Til tilfart:		1	2	3	4
	1	x	-0,6	-0,7	-1,9 (v)
Fra tilfart:	2	-2,5 (v)	x	-0,5	-0,6
	3	-0,7	-3,0 (v)	x	-0,7
	4	-0,3	0,2	-2,9 (v)	x

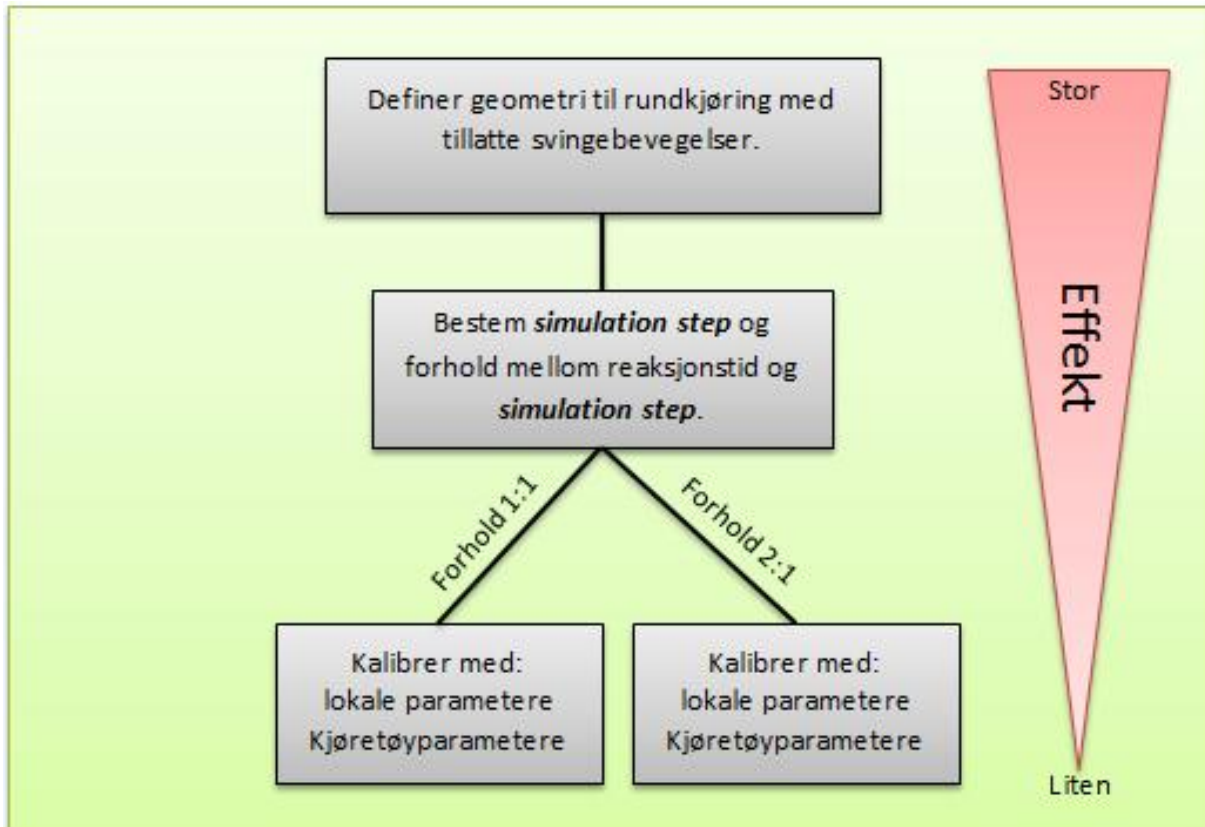
7.2.3 Kommentar

Det var tydelig at hverken gjetjum- eller frognermodellen klarte å produsere reelle kjøretider for venstresvingene kjøretøy. En kan ikke si det samme for kjøretøy som skal rett frem eller til høyre. Selv om det var gjennomgående større registrert kjøretid enn simulert kjøretid, kan mindre avvik skyldes egenskaper hos sjåføren og unøyaktighet i tidtaking.

Problemet med for lav simulert kjøretid, for venstrekjørende kjøretøy, lot seg ikke reparere. I teorien kan brukeren senke fartsgrensen til utvalgte lenker og svingebevegelser, og dermed tvinge kjøretøyene til å redusere hastigheten. Simulert kjøretid ville følgelig steget. Problemet er at kun venstrekjørende kjøretøy skal ha denne effekten. Endring av fartsgrense på lenke og svingebevegelse vil påvirke alle kjøretøy, uavhengig av retningsvalg.

8 Kalibrere modellene

Forsøkene i kapittel 6 avduket effektene av hver enkelt parameter. Det gjorde det mulig å starte arbeidet med å kalibrere modellene slik at de gav bedre forsinkelsesverdier. Basert på erfaringen fra de tidligere forsøkene, ble det laget en skisse av hvordan en kan kode en rundkjøring i Aimsun. Den er vist i Figur 137.



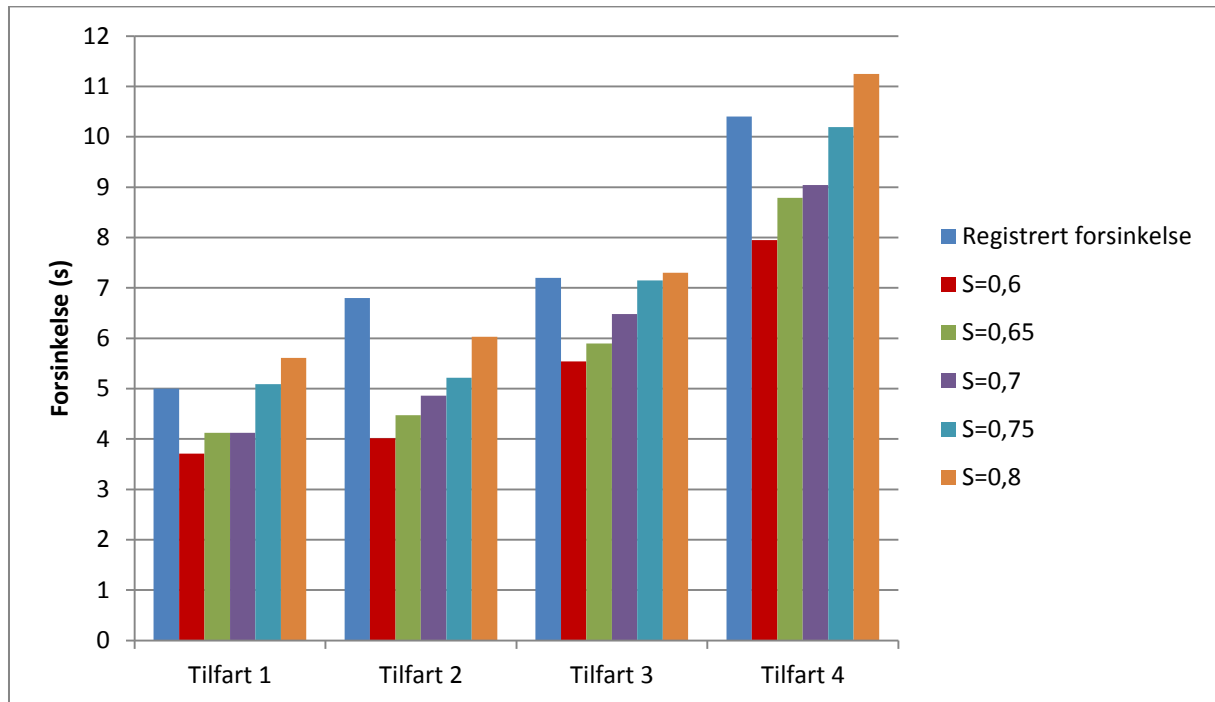
Figur 137 Skisse for koding av rundkjøringer i Aimsun

Geometrien og de tillatte svingebevegelsene i rundkjøringen var allerede definert. Det neste som måtte bestemmes var valg av *simulation step*, og forholdet mellom *reaksjonstid* og *simulation step*. Fra de tidligere simuleringene (jfr. avsnitt 6.4.4) kunne en slå fast at et forhold mellom *reaksjonstid* og *simulation step* på 1:1, gav best modellresultater med *simulation step*-verdi mellom 0,6 og 0,8. Et forhold på 2:1 gav best modellresultater med *simulation step*-verdi mellom 0,4 og 0,5. Det ble innledet forsøk for å finne ut hvilken av forholdene som var best egnet til å kode rundkjøringer i Aimsun 7, og også for å finne ut hvordan en best kan kalibrere modellene.

Hvordan kalibreringen ble gjort blir forklart i kapittel 8.1 og 8.2. Det blir presentert to eksempler på hvordan frognermodellen og gjetnummodellen ble kalibrert. Ettersom det er to modeller, med to trafikkvolum og to mulige forhold mellom *reaksjonstid* og *simulation step*, var det åtte tilfeller som måtte kalibreres. Hvordan hvert enkelt tilfelle ble vurdert er forklart i Bilag 6. Det er ikke hensiktsmessig å gå inn i detalj på hvert enkelt tilfelle, men erfaringene og resultatene fra hver kalibrering blir presenter i kapittel 8.3.

8.1 Gjetnummodellen med trafikkvolum fra 8. februar

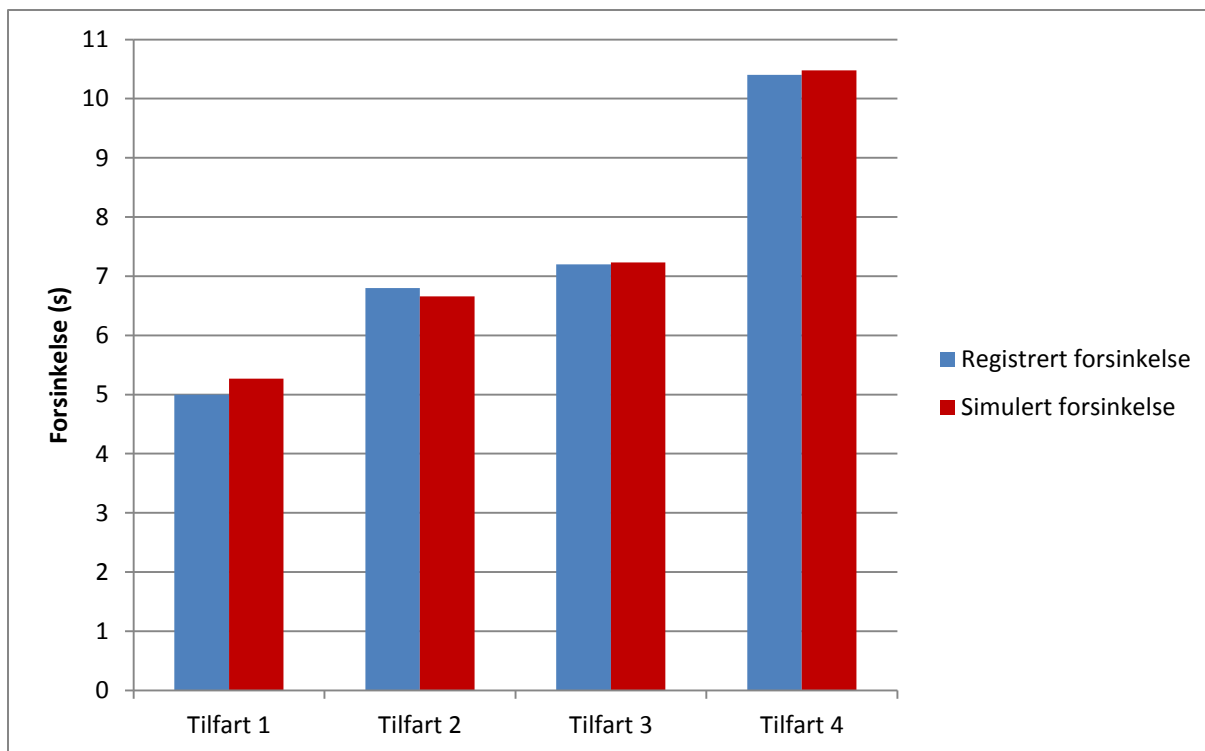
Figur 138 viser hvordan forsinkelsesverdiene i gjetnummodellen varierte med forskjellige *simulation step*-verdi (S). En verdi på 0,75 gav svært gode resultater for tilfart 1, -3 og -4, men tilfart 2 hadde for lav forsinkelse. Forholdet mellom *reaksjonstid* og *simulation step* var 1:1 i dette tilfellet.



Figur 138 Variasjon av *simulation step*, 8,2.

Ettersom tilfart 2 ikke hadde tilfredsstillende forsinkelsesverdier, måtte forsinkelsen økes med bruk av lokale parametere. Etter å ha valgt *simulation step* = 0,75, ble *variasjon i reaksjonstid* økt med 1. *Siktavstanden* ble redusert til 20 meter.

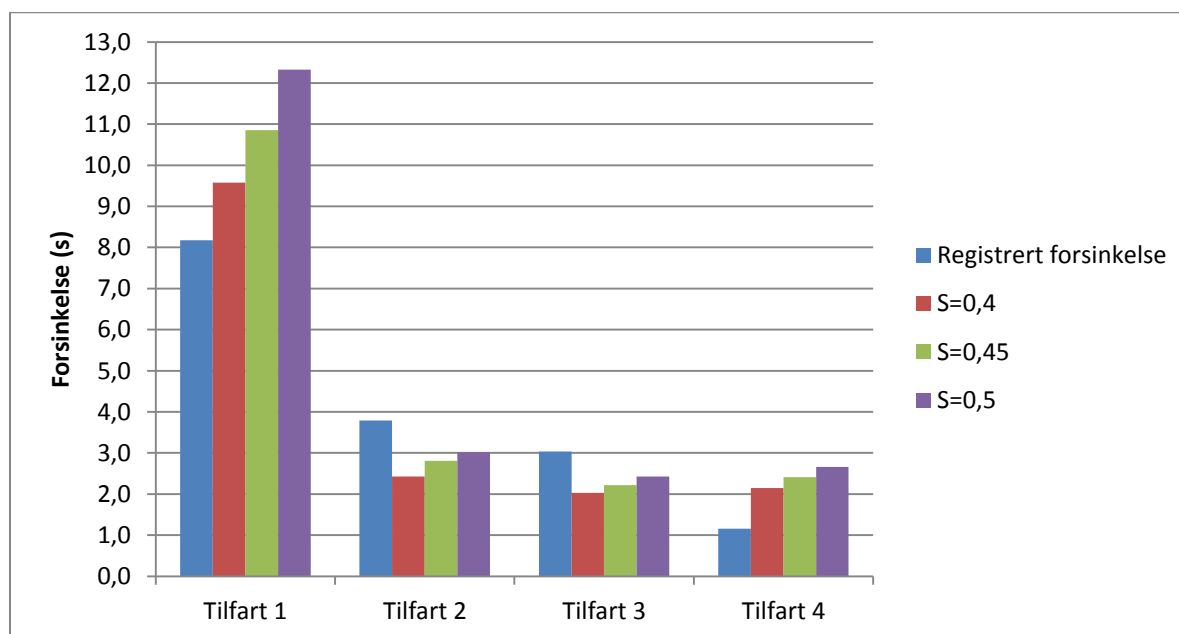
Resultatet etter endring av lokale parametere er oppgitt i Figur 139. En kan se at simulerte forsinkelsesverdier var svært nærme de registrerte. Tilfart 1 hadde den største forskjellen i forsinkelsesverdier på 0,3 sekunder.



Figur 139 Resultat etter kalibrering av gjetnummodellen, 8.2.

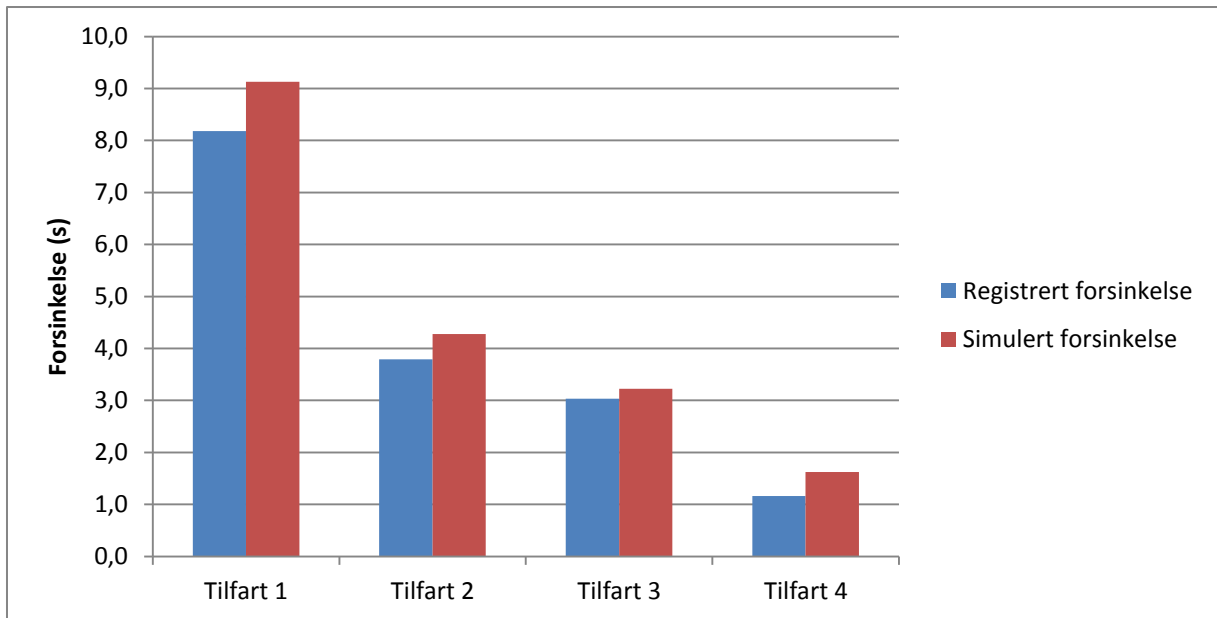
8.2 Frognermodellen med trafikkvolum fra 8. mai

Figur 140 viser hvordan frognermodellen reagerte på endring i *simulation step*-verdier (S). I dette tilfellet var forholdet mellom *reaksjonstid* og *simulation step* 2:1. Trafikkvolumet stammet fra 8. mai. Tilfart 1 ble dimensjonerende, da økt S-verdi førte til store forsinkelser. S=0,4 ble derfor valgt.



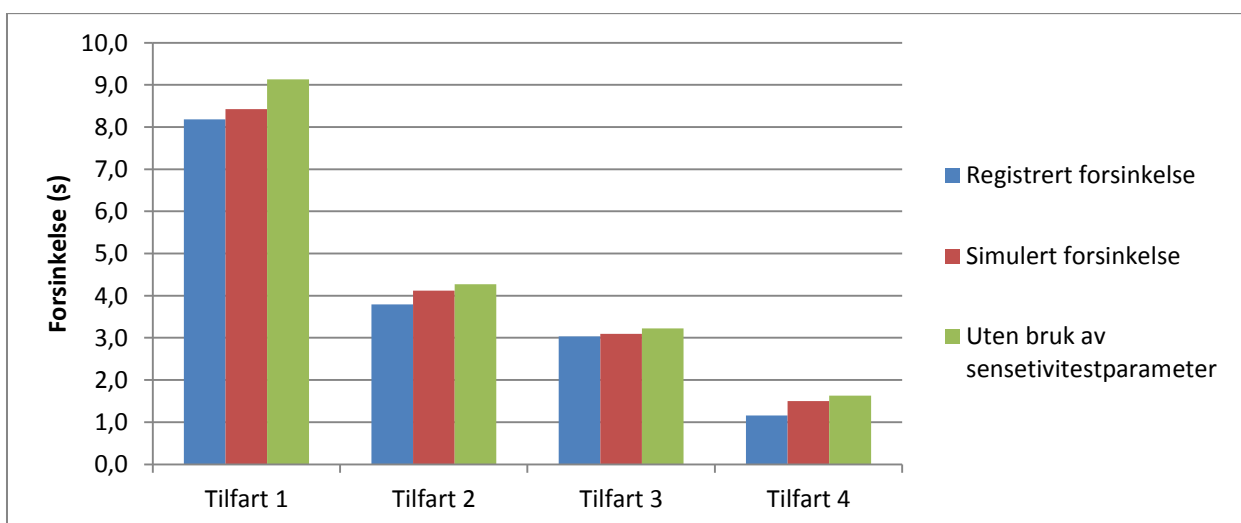
Figur 140 Variasjon av simulation step, 8.5.

En ser av Figur 140 at tilfart 2 og -3 hadde for lave forsinkelsesverdier. Det ble løst ved å øke den lokale parameteren *variasjon i reaksjonstid* med to, for begge tilfarter. Tilfart 4 hadde for høye verdier, og siktavstanden ble derfor økt til 60 meter. Tilfart 1 fikk ingen endringer. Resultater, grunnet de nye lokale parameterne på tilfartene, er vist i Figur 141. En kan se at samtlige tilfarter hadde for høye simulerte verdier, og at avviket mellom registrert og simulert forsinkelse var relativt lik. Da var det ikke hensiktsmessig å endre lokale parametere på alle tilfarter, men heller endre på kjøretøysparametere.



Figur 141 Resultat fra frognermodellen etter endring av lokale parametere.

Sensitivitetsparameteren α ble redusert til 0,9. Dette var det eneste tilfellet der en kjøretøysparameter ble benyttet til å kalibrere en modell. Figur 142 viser resultatet av simuleringen, og effekten som bruken av *sensitivitetsparameteren α* hadde på modellen. De simulerte- og registrerte forsinkelsesverdiene var svært like. Tilfart 2 og -4 hadde størst avvik med 0,4 sekunder.



Figur 142 Resultat etter kalibrering, 8.5

8.3 Resultat fra kalibrering

Forskjellen mellom registrert- og simulert forsinkelse for de kalibrerte modellene er oppgitt i Tabell 26. I dette tilfellet var forholdet 1:1 mellom *reaksjonstid* og *simulation step*. Det største avviket var på 0,9 sekund. Det var tre tilfeller der det prosentvise avviket oversteg 10 %. I to av tilfellene skyldtes det at forsinkelsen var lav i utgangspunktet. Da gav små relative avvik store utslag på prosentverdiene. Det gjennomsnittlige avviket (beregnet fra absoluttverdi fra alle tilfarer) var 0,20 sekund. *Variasjon i reaksjonstid* og *siktavstand* var de eneste lokale parameterne som ble brukt i kalibreringen. *Simulation step*-verdiene varierte mellom 0,6 og 0,75.

Tabell 26 Forhold 1:1 mellom *reaksjonstid* og *simulation step*.

	Registrert forsinkelse (s)	Simulert forsinkelse (s)	Avvik %	Avvik (s)	Hva er endret?	Simulation Step:	
8.2	Tilfart 1	5	5,3	5 %	0,3	-	0,75
	Tilfart 2	6,8	6,7	-2 %	-0,1	<i>Variasjon i reaksjonstid:1. Siktavstand:20m.</i>	
	Tilfart 3	7,2	7,2	0 %	0,0	-	
	Tilfart 4	10,4	10,5	1 %	0,1	-	
6.3	Tilfart 1	6,9	7,0	1 %	0,1	<i>Variasjon i reaksjonstid:1.</i>	0,65
	Tilfart 2	10,4	10,6	2 %	0,2	<i>Variasjon i reaksjonstid:3. Siktavstand:20m.</i>	
	Tilfart 3	6,5	6,1	-7 %	-0,4	<i>Siktavstand:20m.</i>	
	Tilfart 4	8	8,0	-1 %	0,0	-	
17.4	Tilfart 1	8,4	7,5	-11 %	-0,9	<i>Siktavstand:20m.</i>	0,6
	Tilfart 2	2,3	2,2	-3 %	-0,1	-	
	Tilfart 3	3,0	2,6	-15 %	-0,5	<i>Variasjon i reaksjonstid:2 Siktavstand:20m.</i>	
	Tilfart 4	1,4	1,5	8 %	0,1	-	
8.5	Tilfart 1	8,2	8,4	3 %	0,2	<i>Siktavstand:20m.</i>	0,7
	Tilfart 2	3,8	3,7	-1 %	0,0	<i>Variasjon i reaksjonstid.1.</i>	
	Tilfart 3	3,0	3,1	1 %	0,0	<i>Variasjon i reaksjonstid.1. Siktavstand:20m.</i>	
	Tilfart 4	1,2	1,3	13 %	0,1	<i>Siktavstand:60m.</i>	

Tabell 27 inneholder resultater fra de kalibrerte modellene da forholdet mellom *reaksjonstid* og *simulation step* var 2:1. Det største relative avviket var på 0,5 sekund. Det største prosentmessige avviket var på hele 29 %. Også her skyldtes det at lave forsinkelsesverdier gjorde at små endringer gav store utslag. Det gjennomsnittlige avviket (beregnet ut ifra absoluttverdi fra alle tilfarer) var 0,23 sekund. *Variasjon i reaksjonstid* og *siktavstand* var de

eneste lokale parameterne som ble brukt i kalibreringen, og i et tilfelle ble kjøretøysparameteren α benyttet. *Simulation step*-verdiene varierte mellom 0,4 og 0,45.

Tabell 27 Forhold 2:1 mellom *reaksjonstid* og *simulation step*.

	Registrert forsinkelse (s)	Simulert forsinkelse (s)	Avvik %	Avvik (s)	Hva er endret?	Simulation step:	
8.2	Tilfart 1	5,0	5,2	3 %	0,1	-	0,45
	Tilfart 2	6,8	7,0	3 %	0,2	Variasjon i reaksjonstid:1.	
	Tilfart 3	7,2	7,7	7 %	0,5	-	
	Tilfart 4	10,4	10,5	2 %	0,2	-	
6.3	Tilfart 1	6,9	6,7	-4 %	-0,3	Variasjon i reaksjonstid:1. Siktavstand: 22m.	0,4
	Tilfart 2	10,4	10,1	-3 %	-0,3	Variasjon i reaksjonstid:4. Siktavstand: 20m.	
	Tilfart 3	6,5	6,7	3 %	0,2	-	
	Tilfart 4	8,0	8,4	5 %	0,4	-	
17.4	Tilfart 1	8,4	8,7	3 %	0,2	Siktavstand:60m.	0,4
	Tilfart 2	2,3	2,3	3 %	0,1	Siktavstand:50m.	
	Tilfart 3	3,0	3,1	3 %	0,1	Variasjon i reaksjonstid:3.	
	Tilfart 4	1,4	1,5	7 %	0,1	Siktavstand:60m.	
8.5	Tilfart 1	8,2	8,4	3 %	0,2	$\alpha=0,9$	0,4
	Tilfart 2	3,8	4,1	9 %	0,3	Variasjon i reaksjonstid:2. $\alpha=0,9$	
	Tilfart 3	3,0	3,1	2 %	0,1	Variasjon i reaksjonstid:2. $\alpha=0,9$	
	Tilfart 4	1,2	1,5	29 %	0,3	Siktavstand:60m. $\alpha=0,9$	

Forhold mellom *reaksjonstid* og *simulation step* 1:1 og 2:1 gav i begge modellene svært gode verdier. Undervegs i forsøkene ble det forsøkt med endringer av alle parametere, og i et stort antall forskjellige kombinasjoner. Det er kun den beste utformingen for hvert tilfelle som er presentert i Tabell 26 og Tabell 27. De lokale parameterene *variasjon i reaksjonstid* og *siktavstand* var gode verktøy til å kalibrere modellen. I kun et tilfelle var det hensiktsmessig å bruke kjøretøysparameteren α .

Ut ifra forsøkene var det ikke mulig å anslå en eksakt *simulation step*-verdi. Det var heller ikke mulig å bestemme om forholdet mellom *reaksjonstid* og *simulation step* burde være 1:1 eller 2:1. Begge forholdene gav grunnlag til gode modeller. Med forhold 1:1 varierte

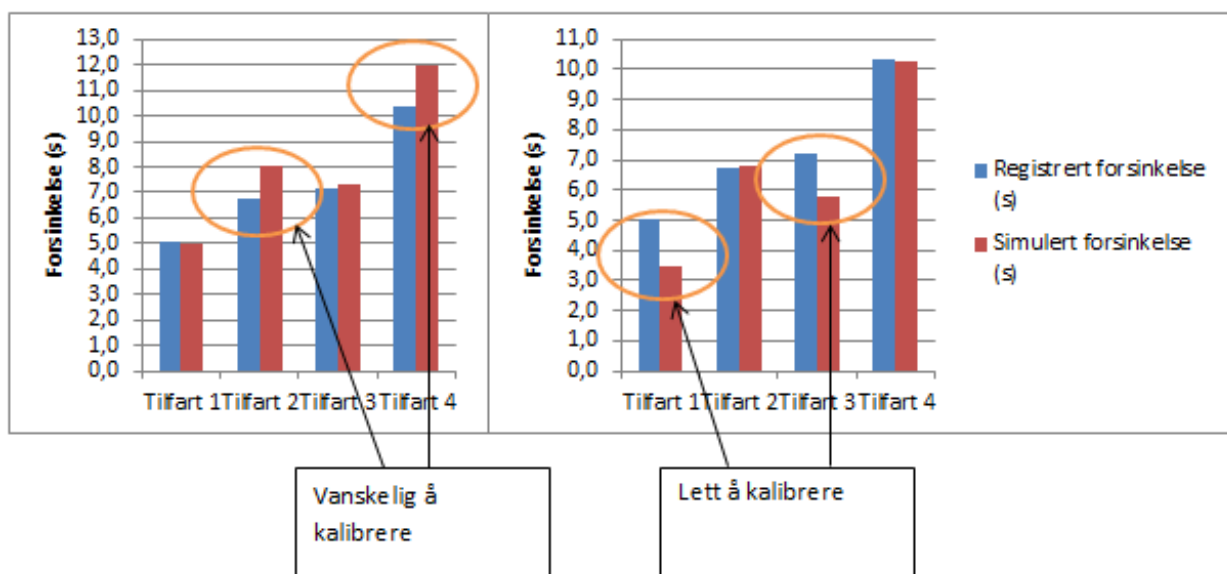
simulation step mellom 0,65 og 0,75. Med forhold 2:1 gav det i tre av tilfellene best resultat med *simulation step*-verdi på 0,4, og i ett tilfelle 0,45.

Som en generell regel bør det etterstrebtes å kalibrere ved å endre færrest mulige parametere. Flere endringer førte til en uforutsigbar og vanskelig modell.

Det ble satt som krav at *siktavstanden* ikke kunne være under 20 meter. I enkelte av tilfellene ville det gitt enda mer nøyaktig resultat med lavere *siktavstand*. Det ble forøvrig ansett som urealistisk at kjøretøy bruker under 20 meter til å avpasse farten til andre kjøretøy.

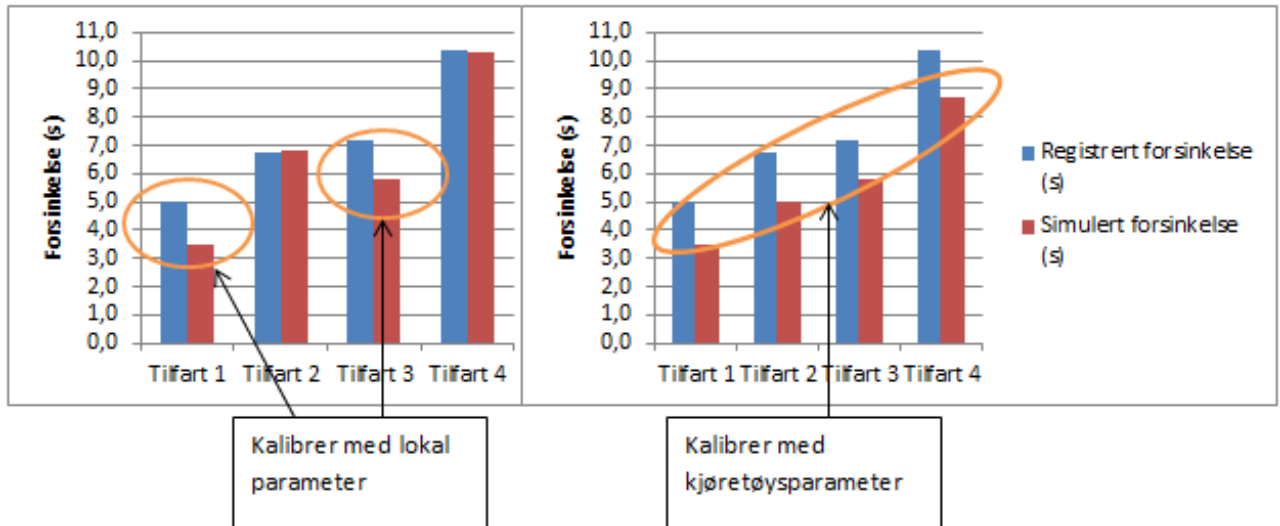
Reduksjon i viketid ble ikke benyttet. At kjøretøy kjører uten sikkerhetsmargin er ikke reelt, og det fører til urealistisk kjøretøyoppførsel. Det ble heller lagt vekt på bruken av *variasjon i reaksjonstid* for å få realistiske forhold for sikkerhetsmarginene.

En annen viktig erfaring fra forsøkene var at det var lettere å øke forsinkelser enn å redusere dem. Derfor var det hensiktsmessig å velge *simulation step*-verdi/*reaksjonstid* som gav resultater oppunder registrerte verdier. Figur 143 illustrerer poenget. Tilfellet til venstre er vanskelig å kalibrere fordi den simulerte forsinkelsen er for stor. Tilfellet til høyre i figuren er lettere å kalibrere, ettersom den simulerte forsinkelsen er lavere enn den registrerte.



Figur 143 Kalibrering av modeller.

Erfaringsmessig var det forskjell om en skulle kalibrere et par tilfarter, eller alle sammen. Figur 144 illustrerer forskjellen. Hvis ikke alle tilfartene skal kalibreres, er det mest hensiktsmessig å bruke lokale parametere. Dersom alle skal endres er det aktuelt å benytte kjøretøysparametere.



Figur 144 Bruk av lokal- og kjøretøysparameter.

8.4 Kalibrerte modeller i makstimen

De kalibrerte modellene gav svært gode resultater for hele registreringsperioden (15:30-17:00). Det var interessant å se om modellene var like gode, dersom en kun brukte trafikkvolumet fra makstimen (jfr. 5.2.1.4 og 5.2.2.4).

Tabell 28 viser forskjellen i gjennomsnittlig forsinkelse mellom hele registreringsperioden og makstimen. En kan se at det var tilfart 3 (8.2), tilfart 2 (6.3), tilfart 1 (17.4), tilfart 2 (8.5) og tilfart 4 (8.5) som hadde over ett sekund differanse mellom forsinkelsesverdiene. De nevnte tilfartene er uthevet med fet skrift i tabellen.

Tabell 28 Forsinkelse

	Gj. forsinkelse (s) 15.30 -17.00	GJ. forsinkelse(s) makstime	Differanse (s)
8.2 Tilfart 1	5,0	5,8	0,8
8.2 Tilfart 2	6,8	7,6	0,8
8.2 Tilfart 3	7,2	8,4	1,2
8.2 Tilfart 4	10,4	11,3	0,9
6.3 Tilfart 1	6,9	7,9	1,0
6.3 Tilfart 2	10,4	13,9	3,5
6.3 Tilfart 3	6,5	6,7	0,2
6.3 Tilfart 4	8,0	8,3	0,3
17.4 Tilfart 1	8,4	9,9	1,5
17.4 Tilfart 2	2,3	2,6	0,3
17.4 Tilfart 3	3,0	2,8	-0,3
17.4 Tilfart 4	1,4	1,4	0,0
8.5 Tilfart 1	8,2	8,5	0,3
8.5 Tilfart 2	3,8	6,2	2,4
8.5 Tilfart 3	3,0	2,9	-0,2
8.5 Tilfart 4	1,2	2,7	1,5

For å se om modellene gav samsvar med de økte forsinkelsene i makstimen, ble det gjort forsøk med makstimen som trafikkgrunnlag. Forholdet mellom *reaksjonstid* og *simulation step* var 1:1. Tabell 29 viser forskjellen mellom registrert- og simulert forsinkelse for de kalibrerte modellene. Det er kun tilfarter som hadde nevneverdig endring i forsinkelsesverdiene som er tatt med. En kan se at det er kun for tilfart 3, 8.2, at en av modellene klarte å få med seg endringen i forsinkelse.

Tabell 29 Forsinkelse fra kalibrerte modeller forhold 1:1

Trafikkgrunnlag		Registrert forsinkelse makstime (s)	Simulert forsinkelse (s)	Avvik %	Avvik (s)
8.2	Tilfart 3	8,4	7,8	-7 %	-0,5
6.3	Tilfart 2	13,9	11,5	-17 %	-2,3
17.4	Tilfart 1	9,9	8,3	-16 %	-1,6
8.5	Tilfart 2	6,2	4,1	-34 %	-2,1
8.5	Tilfart 4	2,7	1,4	-46 %	-1,2

Førsøket med å se hvor gode modellene var, da makstimen gav trafikkgrunnlaget, ble også prøvd for forholdet 2:1 mellom *reaksjonstid* og *simulation step*. Resultatet er oppgitt i Tabell 30. Med forholdet 2:1 klarte modellene i to av tilfellene å få med seg endringen i forsinkelse. I tillegg til tilfart 3, 8.2, klarte også frognermodellen å gi riktig verdi for tilfart 1, 17.4.

Tabell 30 Forsinkelse fra kalibrerte modeller forhold 2:1

Trafikkgrunnlag		Registrert forsinkelse makstime (s)	Simulert forsinkelse (s)	Avvik %	Relativt avvik (s)
8.2	Tilfart 3	8,4	8,0	-4 %	-0,3
6.3	Tilfart 2	13,9	11,1	-20 %	-2,8
17.4	Tilfart 1	9,9	10,0	1 %	0,1
8.5	Tilfart 2	6,2	4,3	-31 %	-1,9
8.5	Tilfart 4	2,7	1,6	-39 %	-1,0

Forsinkelsesverdier for alle tilfarter, med makstimen som trafikkvolum, er oppgitt i Bilag 7. For tilfartene med liten endring i forsinkelse, gav modellene fortsett gode forsinkelsesverdier.

8.5 Generell gjettummodell

I de tidligere forsøkene har gjettummodellen hatt to sett med parameterverdier, ut ifra hvilket trafikkvolum som ble brukt. I tilfeller der en har flere trafikkvolum til samme modell, er det mest hensiktsmessig å ha generelle parameterverdier for modellen. Tidligere er det blitt vist at den kalibrerte gjettummodellen, med to sett lokale parametere, gir svært gode forsinkelsesverdier. I dette kapitlet ses det nærmere på om det er mulig å finne et sett med parameterverdier som gir gode forsinkelsesverdier uansett hvilket av trafikkvolumene man velger.

Det ble gjort to forsøk. Ett med forhold 1:1 mellom *reaksjonstid* og *simulation step* og et med forhold 2:1. Oppsettet som gav best resultater, under forhold 1:1, er gitt i Tabell 31. *Simulation step*-verdien var 0,75. Det gjennomsnittlige avviket var 0,7 sekund. Tilfart 2, 6,3, hadde verdier lengst unna det registrerte. Avviket for tilfartene var betydelig større enn da en brukte separate parametersett for de to dagene.

Tabell 31 Beste oppsett for gjettummodellen, 1:1.

		Registrert forsinkelse (s)	Simulert forsinkelse (s)	Avvik %	Relativt avvik (s)	Hva er endret?
8.2	Tilfart 1	5	5,8	15 %	0,8	Siktavstand:25m.
	Tilfart 2	6,8	8,3	22 %	1,5	Tillegg i reaksjonstid:2 Siktavstand:20m.
	Tilfart 3	7,2	7,3	1 %	0,1	-
	Tilfart 4	10,4	10,0	-3 %	-0,4	-
6.3	Tilfart 1	6,9	5,0	-27 %	-1,9	Samme som 8.2.
	Tilfart 2	10,4	8,0	-23 %	-2,4	Samme som 8.2.
	Tilfart 3	6,5	7,2	11 %	0,7	-
	Tilfart 4	8	9,3	16 %	1,3	-

Oppsettet som gav best resultater, under forhold 2:1 mellom *reaksjonstid* og *simulation step*, er gitt i Tabell 32. *Simulation step*-verdien var 0,4. Det gjennomsnittlige avviket var 1,0 sekund. Også i dette tilfellet var det tilfart 2, 6.3, som hadde størst forskjell mellom registrerte- og simulerte forsinkelsesverdier. Tilfart 2 var den tilfarten med størst påvirkning av andre trafikale elementer. Både gangfelt og busstopp kan ha medvirket til at den tilfarten har størst avvik mellom registrerte og simulerte forsinkelsesverdier.

Tabell 32 Beste oppsett for gjettummodellen, 2:1.

		Registrert forsinkelse (s)	Simulert forsinkelse (s)	Avvik %	Relativt avvik (s)	Hva er endret?
8.2	Tilfart 1	5	5,2	3 %	0,1	Siktavstand:20m.
	Tilfart 2	6,8	7,4	9 %	0,6	Tillegg i reaksjonstid:3 Siktavstand:20m.
	Tilfart 3	7,2	6,9	-5 %	-0,3	-
	Tilfart 4	10,4	9,1	-12 %	-1,2	-
6.3	Tilfart 1	6,9	4,6	-33 %	-2,3	Samme som 8.2.
	Tilfart 2	10,4	7,2	-30 %	-3,1	Samme som 8.2.
	Tilfart 3	6,5	6,7	3 %	0,2	
	Tilfart 4	8	8,4	5 %	0,4	

Ved å lage en generell gjettummodell gav forholdet 1:1 mellom *reaksjonstid* og *simulation step* det beste resultatet. Da var *simulation step* 0,75.

8.6 Generell frognermodell

Det ble også forsøkt å lage en generell frognermodell. Med forhold 1:1 mellom *reaksjonstid* og *simulation step*, gav oppsettet i Tabell 33 best resultat. *Simulation step*-verdien var 0,65. Det gjennomsnittlige avviket var 0,5 sekund. Det største avviket fantes for tilfart 2, 8,5. Det var på 1,2 sekunder. Den generelle frognermodellen med forhold 1:1, gav simulerte forsinkelsesverdier nærmere de registrerte forsinkelsesverdiene, enn den generelle gjetnummodellen gjorde i tilsvarende forsøk.

Tabell 33 Beste oppsett for frognermodellen, 1:1.

	Registrert forsinkelse (s)	Simulert forsinkelse (s)	Avvik %	Relativt avvik (s)	Hva er endret?	
17.4	Tilfart 1	8,4	7,4	-12 %	-1,0	Siktavstand:20m.
	Tilfart 2	2,3	3,0	32 %	0,7	Siktavstand:20m.
	Tilfart 3	3,0	2,8	-7 %	-0,2	Tillegg i reaksjonstid:1 Siktavstand:20m.
	Tilfart 4	1,4	1,3	-8 %	-0,1	Siktavstand:50m.
8.5	Tilfart 1	8,2	7,7	-6 %	-0,5	Samme som 17.4.
	Tilfart 2	3,8	2,6	-32 %	-1,2	Samme som 17.4.
	Tilfart 3	3,0	2,9	-3 %	-0,1	Samme som 17.4.
	Tilfart 4	1,2	1,2	4 %	0,0	Samme som 17.4.

Oppsettet som gav best resultater, med forhold 2:1 mellom *reaksjonstid* og *simulation step*, er gitt i Tabell 34. *Simulation step*-verdien var 0,4. Det gjennomsnittlige avviket var 0,5 sekund. I dette tilfellet hadde tilfart 2, 17.4, størst avvik med 1,2 sekunder.

Tabell 34 Beste oppsett for frognermodellen, 2:1.

	Registrert forsinkelse (s)	Simulert forsinkelse (s)	Avvik %	Relativt avvik (s)	Hva er endret?	
17.4	Tilfart 1	8,4	8,1	-4 %	-0,3	Siktavstand:60m.
	Tilfart 2	2,3	3,5	55 %	1,2	Tillegg i reaksjonstid:1 Siktavstand:25m.
	Tilfart 3	3,0	2,7	-12 %	-0,4	Tillegg i reaksjonstid:2
	Tilfart 4	1,4	1,6	12 %	0,2	Siktavstand:60m.
8.5	Tilfart 1	8,2	8,8	7 %	0,6	Samme som 17.4.
	Tilfart 2	3,8	3,3	-12 %	-0,4	Samme som 17.4.
	Tilfart 3	3,0	2,9	-4 %	-0,1	Samme som 17.4.
	Tilfart 4	1,2	1,6	39 %	0,5	Samme som 17.4.

Forhold 1:1 og 2:1, mellom *reaksjonstid* og *simulation step*, gav like gode resultater i den generelle frognermodellen.

9 Generelle parameterverdier for begge modeller

I kapittel 8.5 og 8.6 ble det forklart hvilke parameterverdier som gav best resultat for hhv. gjettummodellen og frognermodellen. De beste resultatene ble oppnådd ved å endre de lokale parameterne *reaksjonstid* og *siktavstand*, men parameterverdiene var ikke lik mellom modellene. Det ble derfor utført forsøk for å finne ut hvilke generelle verdier av *reaksjonstid* og *siktavstand* som gir de mest tilfredsstillende resultatene. Parameterverdier som ikke blir nevnt var innstilt etter standard oppsett (jfr. 6.1).

Erfaringsmessig har *simulation step*-verdi mellom 0,65 og 0,75 gitt beste resultater (forhold 1:1 mellom *reaksjonstid* og *simulation step*). Da ble imidlertid flere av tilfartene kalibrert med tillegg av *variasjon i reaksjonstid*. Det kan medføre at en generell *simulation step*-verdi vil ligge høyere enn det som var tilfelle i de tidligere forsøkene. Derfor ble det gjennomført forsøk der *simulation step*-verdien varierte mellom 0,65 og 0,9.

Verdien til parameteren *siktavstand* har variert mellom 20- til 60 meter. I de aller fleste tilfellene har den vært mellom 20- og 30 meter. Derfor ble alle forsøkene utført med *siktavstand*-verdiene 20, 25 og 30 meter.

Tabell 35 viser resultatet fra forsøkene. Det er det gjennomsnittlige avviket mellom registrert og simulert forsinkelse (s), for alle tilfarter, som er oppgitt i tabellen. Det var *simulation step*-verdi 0,75 som gav det det beste gjennomsnittlige resultatet (uthevet i tabellen). *Siktavstand* 25- og 30 meter gav like gode resultater.

Tabell 35 Gjennomsnittlig avvik mellom registrert og simulert forsinkelse (1:1).

	S= 0,65	S= 0,7	S= 0,75	S= 0,8	S = 0,85	S = 0,9
Siktavstand 20	1,3	1,2	1,2	1,4	1,7	2,2
Siktavstand 25	1,4	1,2	1,1	1,2	1,6	2,1
Siktavstand 30	1,5	1,3	1,1	1,2	1,5	1,9

Det samme forsøket ble repetert, men med forhold 2:1 mellom *reaksjonstid* og *simulation step*. Resultatet er vist i Tabell 36. *Simulation step*-verdi 0,4 gav best resultat med *siktavstand* 25- og 30 meter, og en *simulation step*-verdi på 0,45 gav like godt resultat med *siktavstand* 30 meter.

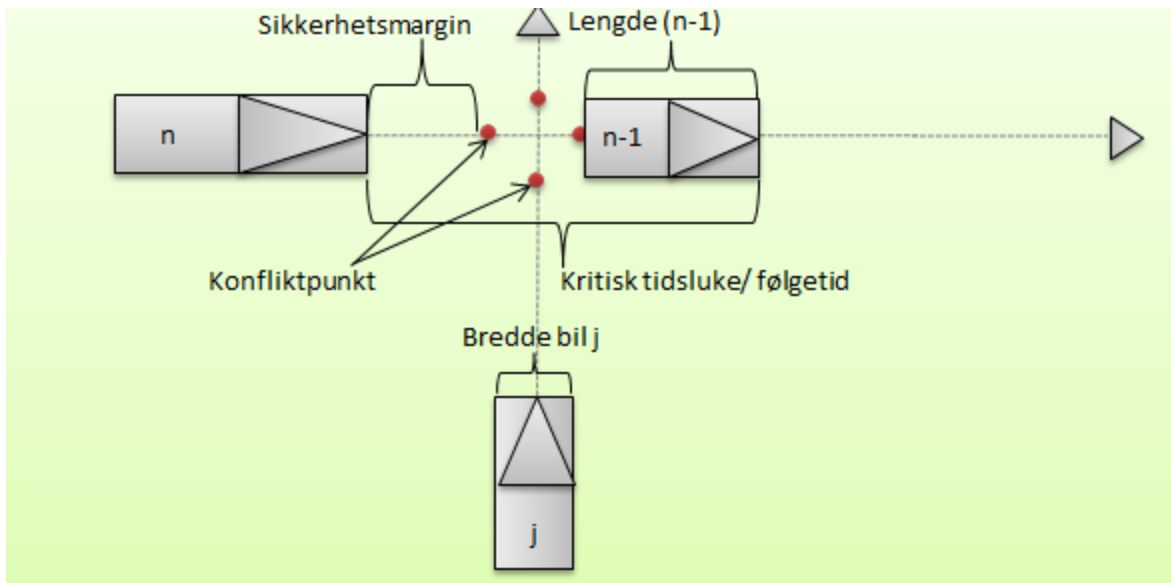
Tabell 36 Gjennomsnittlig avvik mellom registrert og simulert forsinkelse (2:1).

	S=0,4	S=0,45
Siktavstand 20	1,4	1,5
Siktavstand 25	1,3	1,4
Siktavstand 30	1,3	1,3

Forsøkene gjorde det klart at den generelle *simulation step*-verdien, som gir mest nøyaktige forsinkelsesverdier, er 0,75. Forholdet mellom *reaksjonstid* og *simulation step* var 1:1. *Siktavstand* bør være mellom 25 meter og 30 meter.

10 Forhold mellom tidsluker og reaksjonstid

Det ble forsøkt å finne en måte å benytte registrerte tidsluker som inngangsdata i modellen. Fra vikepliktsmodellen er sikkerhetsmarginen satt til $2 \cdot \text{reaksjonstid}$. Ved å bruke forholdet mellom sikkerhetsmarginen og luketid (kritisk tidsluke for stillestående kjøretøy og følgetid for kjøretøy i bevegelse) fantes det en kobling mellom *reaksjonstid* og tidsluker. Figur 145 viser hvordan sikkerhetsmarginen utgjør en del tidslukeverdien.



Figur 145 Forhold mellom sikkerhetsmargin og luketid.

Anta at kjøretøy n og n-1 holder konstant fart v (m/s).

$$\frac{(\text{Bredde bil } j + \text{lengde } (n - 1))}{v} = t_f \text{ (s)} \quad (\text{formel 20})$$

Det vil si at:

$$\text{Tidsluke (s)} = t_f + \text{sikkerhetsmargin} \quad (\text{formel 21})$$

Fra før har en forholdet:

$$\text{reaksjonstid (s)} = \frac{\text{sikkerhetsmargin}}{2} \quad (\text{formel 22})$$

Utrykket kan da omformuleres til:

$$\text{Reaksjonstid} = \frac{\text{tidsluke} - t_f}{2} \quad (\text{formel 23})$$

Gjennomsnittlig lengde og bredde for kjøretøy er inndata i programmet, og er derfor kjente verdier. Ved å sette inn en verdi for gjennomsnittlig fart (v), kan en få ut anbefalt *reaksjonstid* dersom tidsluken er kjent. Er tidsluken av typen kritisk tidsluke, får en ut *reaksjonstid ved stopp*. Er det følgetid som settes inn, får en ut *reaksjonstid*.

Til tross for antakelsene forklart tidligere, var det ikke mulig å bruke de registrerte tidslukene som inndata. *Reaksjonstid* og *reaksjonstid ved stopp* er globale parametere som gjelder for alle tilfarter. Metoden beskrevet over fører til forskjellig *reaksjonstid* for alle tilfarter. Riktignok kan *reaksjonstid* påvirkes for hver tilfart ved å bruke parameteren *variasjon i reaksjonstid*. *Variasjon i reaksjonstid* kan kun gi tillegg som tilsvarer verdien til ***simulation step***. Det gjør det umulig at alle tilfarter kan få *reaksjonstidsverdier* ut ifra tidslukeregistreringer. I tillegg inngår *reaksjonstid* i bilfølgemodellen, og setter føringer for hvilken ***simulation step***-verdi som kan brukes. Derfor vil valg av reaksjonstid, basert på tidsluker, påvirke hele modellen og gi effekter utover det tiltenkte.

11 Konklusjon

Etter å ha gjennomført et stort antall simuleringer, og sammenlignet resultatet med registreringer fra virkelige rundkjøringer, er det opparbeidet et visst grunnlag for å komme med generelle anbefalinger for hvordan rundkjøringer bør modelleres i Aimsun. Kvaliteten på resultatene fra en slik modellering avhenger av:

- Definert geometri med tilhørende svingebevegelser.
- Parameterbruk og kalibrering.
- Kunnskap om resultater fra modellen.

Geometri med tilhørende svingebevegelser

Det aller viktigste, når en skal modellere en rundkjøring, er at kjøretøybevegelsene stemmer overens med det en prøver å representere. Det vil si at kjøretøy i modellen posisjonerer seg i sirkulasjonsarealet på samme måte som det ble registrert på befaring. Det betyr også at vikepliktsoppførselen må være reell. Hvis dette ikke er tilfelle, er det ikke mulig å få til en god modell.

Parameterbruk og kalibrering

De globale parameterne har størst innvirkning på modellen. *Reaksjonstid*, *simulation step* og forholdet mellom dem er avgjørende for resultatet. Forhold 1:1 og 2:1, med *simulation step*-verdier på hhv. 0,6-0,75 og 0,4-0,45, gav de beste resultatene. En generell anbefaling er *simulation step*-verdi 0,75 og forhold 1:1 med *reaksjonstid*. *Reaksjonstid ved stopp* vil ha stor betydning i tilfeller med større trafikkvolum, men hadde liten innvirkning på rundkjøringene modellert i denne oppgaven. Det anbefales å velge eksponentialfordeling for *headway* inn i modellen.

De er en rekke lokale parametere som kan brukes til å kalibrere modellen. Forsøkene i oppgaven viser at en kan kalibrere de fleste modeller ved å aktivt bruke *variasjon i reaksjonstid* og *siktavstand*. De kalibrerte modellene gav svært gode resultater, og hadde et gjennomsnittlig avvik på kun 0,3 sekund mellom registrert og simulert forsinkelse. Det viste seg imidlertid at de kalibrerte modellene var lite egnet til å håndtere variasjon i trafikkvolumet, og i så måte var lite dynamiske. Forsøkene viste at en generell verdi for *siktavstand* bør være mellom 25- og 30 meter.

Når en skal kalibrere en modell, er det lettere å ta utgangspunkt i at modellen gir for lave forsinkelsesverdier enn for høye. Modellen kan gis høyere forsinkelse ved bruk av parameteren *variasjon i reaksjonstid* og *siktavstand*, men det er vanskelig å redusere forsinkelse uten å gjøre kritiske endringer. Forsinkelse kan reduseres ved å senke *viketiden*, men det fører til urealistisk kjøretøyoppførsel og lite troverdige resultater.

Det var ikke mulig å komme frem til noen generell anbefaling for kjøretøysparameterne. Kravet til *minimum headway* hadde varierende effekt i modellene. Verdier på kjøretøysparametere vil trolig ha større innvirkning i modeller med større trafikkvolum enn det som ble brukt i oppgaven.

Det er klart at det er en sammenheng mellom *reaksjonstid* og luketider (kritisk tidsluke og følgetid). På grunn av begrensede muligheter til å differensiere *reaksjonstid* for hver tilfart, er det ikke mulig å benytte luketider som inndata i en aimsunmodell.

Sammenligning av registrerte kjøretider mot modellens simulerte kjøretider antyder at venstresvingende kjøretøy holdt for stor fart gjennom rundkjøringen. Modellens oppbygging gjør det umulig å differensiere fart etter retningsvalg i rundkjøringen.

Kunnskap om resultater fra modellen.

I oppgaven er det forklart hvordan programmet beregner forsinkelsesverdier, hvordan lenkelengde påvirker resultater, og hvordan en kan bruke detektorer til å gjøre egne beregninger. Dersom en ikke vet hva som ligger til grunn for de forskjellige resultatene er det vanskelig å lage en god modell. Det er viktig å aktivt bruke de grafiske presentasjonene til å kontrollere modellen. Feilkoding i modellen oppdages lettest på den måten, og kan ikke alltid oppdages ut ifra en resultatdatabase. Dette gjelder spesielt for kjøretøybevegelse og vikepliktsoppførsel.

12 Videre arbeid

Det gjenstår fremdeles mye arbeid for å finne frem til den beste måten å modellere rundkjøringer i Aimsun på. Denne oppgaven har identifisert de viktigste parameterne og hvilke mekanismer en må være klar over, men trafikkvolumet brukt i simuleringene var for lavt. For at det skal være mulig å gi generelle anbefalinger om parameterverdier, må det gjennomføres modellforsøk der en har betydelig større forsinkelsesverdier på tilfartene. Anbefalte parameterverdier fra denne oppgaven må derfor ses i sammenheng med de lave forsinkelsesverdiene.

I det videre arbeidet vil det være nødvendig å utvide datagrunnlaget. Av kapasitetsårsaker ble det kun sett på to rundkjøringer.

Rundkjøringene som ble valgt ut til denne oppgaven hadde lik geometrisk utforming med samme kjøretøyoppførsel. Videre forsøk bør inkludere rundkjøringer med forskjellig geometrisk utforming og kjøretøysoppførsel.

Det er naturlig at en i videre undersøkelser ser nærmere på sammenhengen mellom rundkjøringer og andre nærliggende kryss. Styrken til Aimsun er at programmet har muligheten til å inkludere flere trafikale elementer i samme modell. Det bør derfor gjøres forsøk der en ser nærmere på hvordan modellene håndterer samspillet mellom flere kryss.

Kildeliste

- Aakre, A. (2011, Februar). Traffic Flow Theory part 2, Microscopic models - Forelesning. Trondheim.
- Aakre, A. (2012a, Februar). Trondheim: Capacity and level of service at non-signalised intersections - Forelesning.
- Aakre, A. (2012b, April 13). Personlig meddelelse.
- Aakre, A. (2012c, Juni 1). Personlig meddelelse.
- Aakre, A. (2012d, Mai 11). Personlig meddelelse.
- Akcelik, R. (2007). A Review of Gap-Acceptance Capacity Models. *29th Conference of Australian Institutes of Transport Research*, (s. 15).
- Andreu. (2012, April 25). Mailkorrespondanse Tss support.
- Bærum kommune. (2012, Februar 11). Hentet fra http://webhotel2.gisline.no/GISLINEWebInnsyn_Baerum/Map.aspx
- Bang, B. (2011, Mars 8). Traffic simulation - Forelesning NTNU. Trondheim.
- Finn. (2012, April 13). *Finn.no*. Hentet fra <http://kart.finn.no/>
- Gartner, M. o. (1997a). Monograph on Traffic flow Theory s8-2.
- Gartner, M. o. (1997b). Monograph on Traffic flow Theory s8-17.
- google. (2012). Hentet fra <http://maps.google.no/maps?hl=no&tab=wl>
- Gran. (2012, April 11). Oslo: Beregningsmodeller for bytrafikk - Foredrag på ingeniørenes hus.
- Gulesider. (2012). Hentet fra <http://kart.gulesider.no/>
- Rinelli, P. (2011, November 17). *Aimsunkurs*. (TSS, Artist) Trondheim.
- Rodegerdts, Blogg, Wemple, Myers, Kyte, Dixon, . . . Carter. (2007). *NCHRP 572 Roundabouts in the United States*. Washington D.C.: Transportation board Research Board og the National Academics.
- Sagen, R. (1993). *Trafikkstrømsteori*. Institutt for samferdselsteknikk, Norges tekniske høgskole.
- Statens Vegvesen. (2008). I *Håndbok 263: Geometrisk utforming av veg- og gatekryss* (s. 64).
- Statens Vegvesen. (2011a). Vegbygging: Håndbok 018 s522.
- Statens Vegvesen. (2011b). Vegbygging: Håndbok 018 s215.
- Statens Vegvesen. (2012, mai 25). Hentet fra http://www.vegvesen.no/_attachment/113251/binary/203631

- TSS. (2011a). *Aimsun 7 Dynamic Simulators User's Manual- kapittel 2*. Tss-Transport simulation Systems.
- TSS. (2011b). *Aimsun 7 Dynamic Simulators User's Manual - kapittel 15*. Tss-Transport Simulation Systems.
- TSS. (2011c). *Aimsun 7 Dynamic Simulators User's Manual - s275*. Tss-Transport Simulation Systems.
- TSS. (2011d). *Aimsun 7 Dynamic Simulators User's Manual - kapittel 2.2*. Tss-Transport Simulation Systems.
- TSS. (2011e). *Aimsun 7 Dynamic Simulators User's Manual - Kapittel 15 s 352*. Tss-Transport Simulation Systems.
- TSS. (2011f). *Aimsun 7 Dynamic Simulators User's Manual - Kapittel 9*. Tss-Transport Simulation Systems.
- TSS. (2011g). *Aimsun 7 Dynamic Simulators User's Manual - Appendix 5*. Tss-Transport Simulation Systems.
- TSS. (2011h). *Aimsun 7 Dynamic Simulators User's Manual - Kapittel 14 s 250-251*. Tss-Transport Simulation Systems.
- U.S Department of Transportation. (2010a). I *NCHRP* (ss. 4-3 - 4-4).
- U.S Department of Transportation. (2010c). I *NCHRP* (ss. 4-5).
- U.S Department of Transportation. (2010d). I *NCHRP* (ss. 4-17).
- U.S. Department of Transportation. (2010b). I *NCHRP* (ss. 4-8 - 4-9).

Vedlegg

CD med:

- Excelark (trafikkvolum, kølengder, tidsluker, egne kjøretider, beregninger og resultater fra simuleringer)
- Aimsunfiler (gjettummodell, frognermodell og kalibrerte modeller)

Bilag

1. Oppgavetekst
2. Kritisk tidsluke og følgetider for rundkjøringen på Gjettum
3. Kritisk tidsluke og følgetider for rundkjøringen på Frogner
4. Beste **simulation step**/*reaksjonstid* for alle tilfarer
5. Forhold mellom *simulation step* og *reaksjonstid*
6. Kalibrering av modeller
7. Simulering med makstime som trafikkgrunnlag

Bilag 1

Oppgavetekst:

Norges teknisk-
naturvitenskapelige universitet
NTNU

Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi
Institutt for bygg, anlegg og transport



Postadresse
Høgskoleringen 7a
7491 Trondheim
Telefon 73 59 46 40
Telefax 73 59 70 21

MASTEROPPGAVE

VÅREN 2012

for

Stig Alstad

Modellering av rundkjøringer i AIMSUN

Modelling of roundabouts in AIMSUN

Bakgrunn

AIMSUN er en anerkjent modell for å beskrive trafikkavvikling i et gatenett. I utgangspunktet er AIMSUN en detaljert simuleringsmodell som beskriver trafikken på mikronivå. Men modellen finnes også i en noe forenklet form som kan benyttes på mesonivå.

Det er viktig at en slik simuleringsmodell kan gi en realistisk beskrivelse av trafikkavviklingen. I byer og tettsteder vil kø og forsinkelse i stor grad henge sammen med utforming og regulering av kryss. Det er derfor særlig viktig å modellere kryssene så godt som mulig.

I Norge er rundkjøringer en vanlig kryssløsning, men det har vært noe usikkerhet knyttet til hvordan rundkjøringer kan modelleres i AIMSUN på en best mulig måte. Programmet er omfangsrikt, og det inneholder et stort antall parametere.

Oppgaven

Målsettingen med oppgaven er å teste ut ulike prinsipper for modellering av rundkjøringer i AIMSUN og komme med anbefalinger om hvordan dette bør gjøres. For å gjøre det må kandidaten finne frem til relevante parametere, og belyse effekten av dem.

Oppgaven kan deles i 4 deler:

I den første delen skal kandidaten gi en beskrivelse av AIMSUN med hovedvekt på teori og parametere for hvordan rundkjøringer kan modelleres.

I den andre delen skal det finnes fram til et begrenset antall rundkjøringer der en gjør observasjoner og samler inn nødvendig grunnlagsdata for å kjøre AIMSUN samt vurdere resultatene fra modellen. Utvalget skal være basert på en del forhåndsdefinerte kriterier som skal diskuteres og beskrives i rapporten.

I den tredje delen skal kandidaten benytte AIMSUN for å modellere disse rundkjøringene på en best mulig måte og sammenligne med observert trafikkavvikling.

Til slutt skal kandidaten gi en oppsummering av sine erfaringer med modellering av rundkjøringer i AIMSUN. Basert på resultater og erfaringer, så bør kandidaten forsøke å komme med generelle anbefalinger for hvordan rundkjøringer bør modelleres i AIMSUN.

Vekten på de ulike delene i oppgaven vurderes av kandidaten i samarbeid med faglærer og veileder.

Generelt om oppgaveinnhold og presentasjon:

Oppgaveteksten er ment som en ramme for kandidatens arbeid. Justeringer vil kunne skje underveis. Eventuelle justeringer må skje i samråd med veileder og faglærer ved instituttet samt med ekstern samarbeidspartner.

Ved bedømmelsen legges det vekt på grundighet i bearbeidingen og selvstendighet i vurderinger og konklusjoner, samt at framstillingen er velredigert, klar, entydig og ryddig uten å være unødig voluminøs.

Besvarelsen skal inneholde

- standard rapportforside
- oppgavetekst og sammendrag
- innholdsfortegnelse inkl. oversikt over vedlegg og bilag
- hovedteksten
- referanser til kildemateriale som ikke er av generell karakter, dette gjelder også for muntlig informasjon og opplysninger
- besvarelsen skal ha komplett paginering

Hva skal innleveres?

- Fra og med 2012 skjer innlevering av Masteroppgaven elektronisk via IVT-fakultetets webløsning for masteroppgaver, DAIM (Digital arkivering og innlevering av masteroppgaver) innen fristen. Studentene forutsettes å sette seg inn i hvordan dette skal gjøres i god tid før innleveringsfristen.
- Dette innebærer at det trykkes 3 innbundne kopier, hvorav 2 går til instituttet og 1 til studenten. Instituttet betaler for disse 3 kopiene. Studentene kan selv bestille ekstra kopier via DAIM-systemet
- I tillegg trykkes 2 avtalte tilleggskopier for formidling til ekstern samarbeidspartner. Disse kopiene dekkes av institutt / faggruppe.

Dokumentasjon samlet inn under arbeidet med oppgaven leveres inn sammen med besvarelsen som ZIP-fil gjennom DAIM-systemet.

Den innleverte masteroppgaven med bilag kan av NTNU fritt benyttes til undervisnings- og forskningsformål. Ved bruk ut over dette, som utgivelse og annen økonomisk utnyttelse, må det inngås særskilt avtale mellom NTNU og kandidaten.

HMS:

NTNU legger stor vekt på sikkerheten til den enkelte arbeidstaker og student. Den enkeltes sikkerhet skal komme i første rekke og ingen skal ta unødige sjanser for å få gjennomført arbeidet. Studenten skal derfor ved uttak av Masteroppgaven få utdelt brosjyren "Helse, miljø og sikkerhet ved feltarbeid m.m. ved NTNU".

Dersom studenten i arbeidet med masteroppgaven skal delta i feltarbeid, tokt, befarings, feltkurs eller ekskursjoner, skal studenten sette seg inn i "Retningslinje HMS ved feltarbeid m.m." Dokumentet finnes på fakultetets HMS-sider på nettet, se <http://www.ivt.ntnu.no/adm/hms/>.

Studenter har ikke full forsikringsdekning gjennom sitt forhold til NTNU. Dersom du som student ønsker samme forsikringsdekning som tilsatte ved universitetet, anbefales det at du tegner reiseforsikring og personskadeforsikring. Mer om forsikringsordninger for studenter finnes på samme lenke som ovenfor.

Oppstart og innleveringsfrist:

Arbeidet med oppgaven starter 16.01.2012.

Besvarelsen, som beskrevet ovenfor, skal leveres innen 11.06.2012 (utsatt til 18.06.2012).

Oppgaven utføres i samarbeid med Asplan Viak i Trondheim og Oslo. Kandidaten vil i hovedtrekk oppholde seg i Oslo i forbindelse med oppgaven.

Ansvarlig faglærer ved instituttet: Arvid Aakre
Veileder hos ekstern samarbeidspartner: Jenny Persson og Terje Simonsen

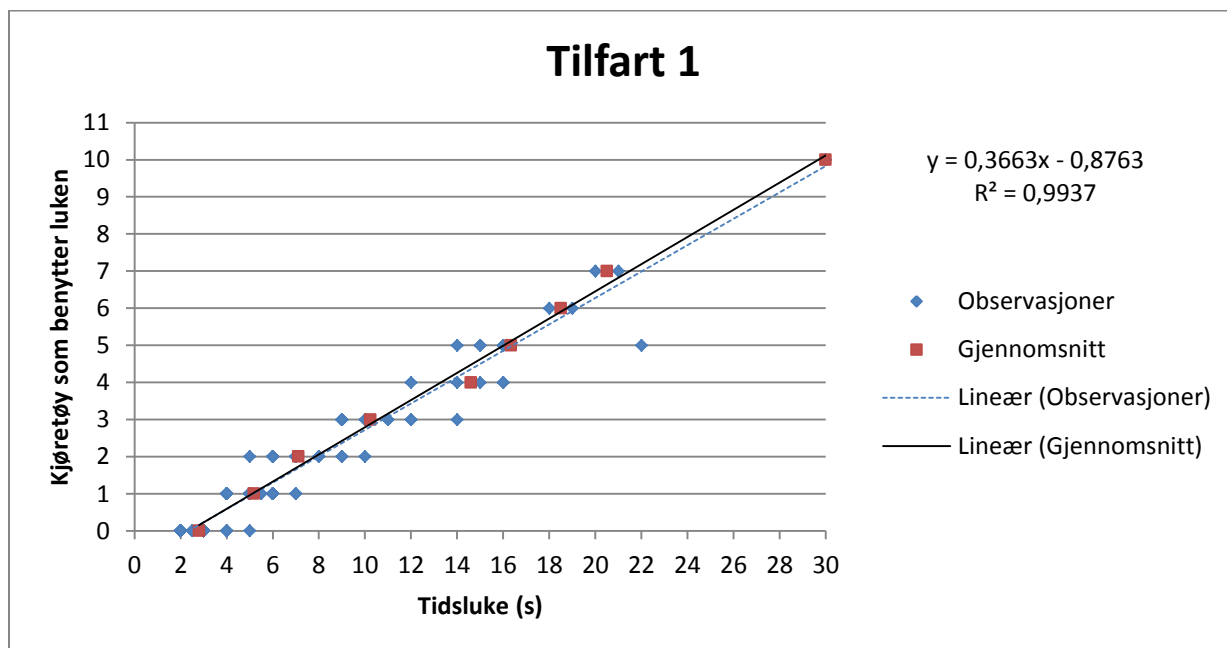
Trondheim, 16.01.2012



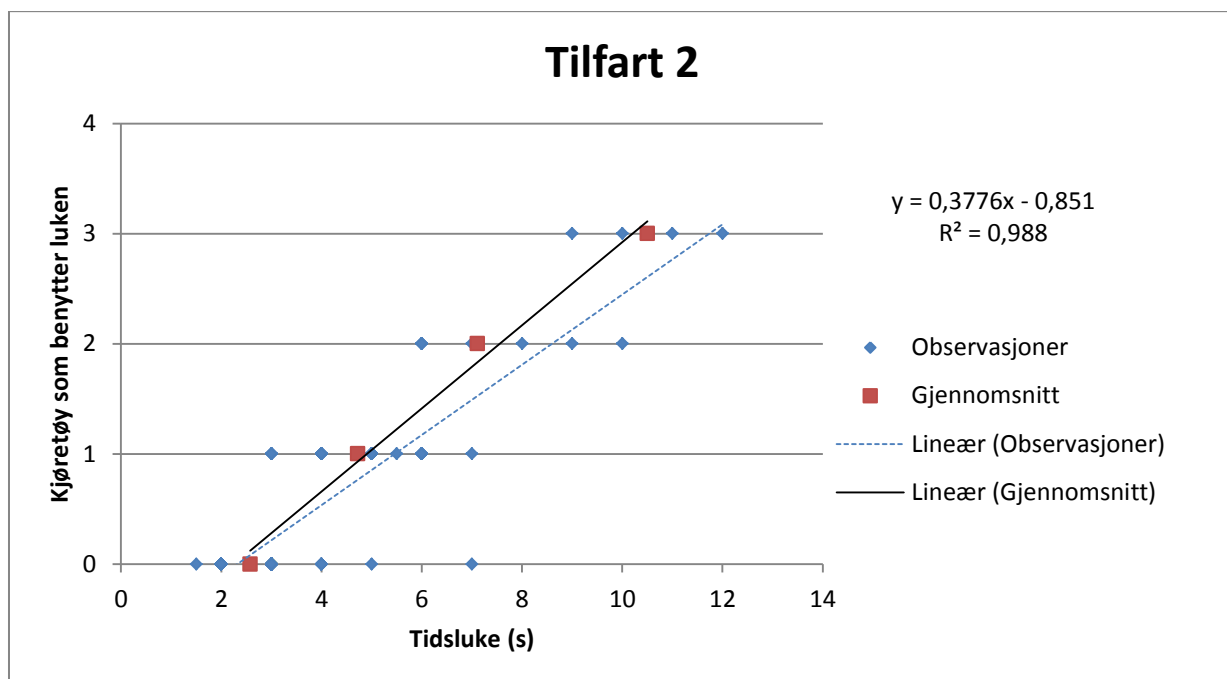
Arvid Aakre
Faglærer
Institutt for bygg, anlegg og transport

Bilag 2

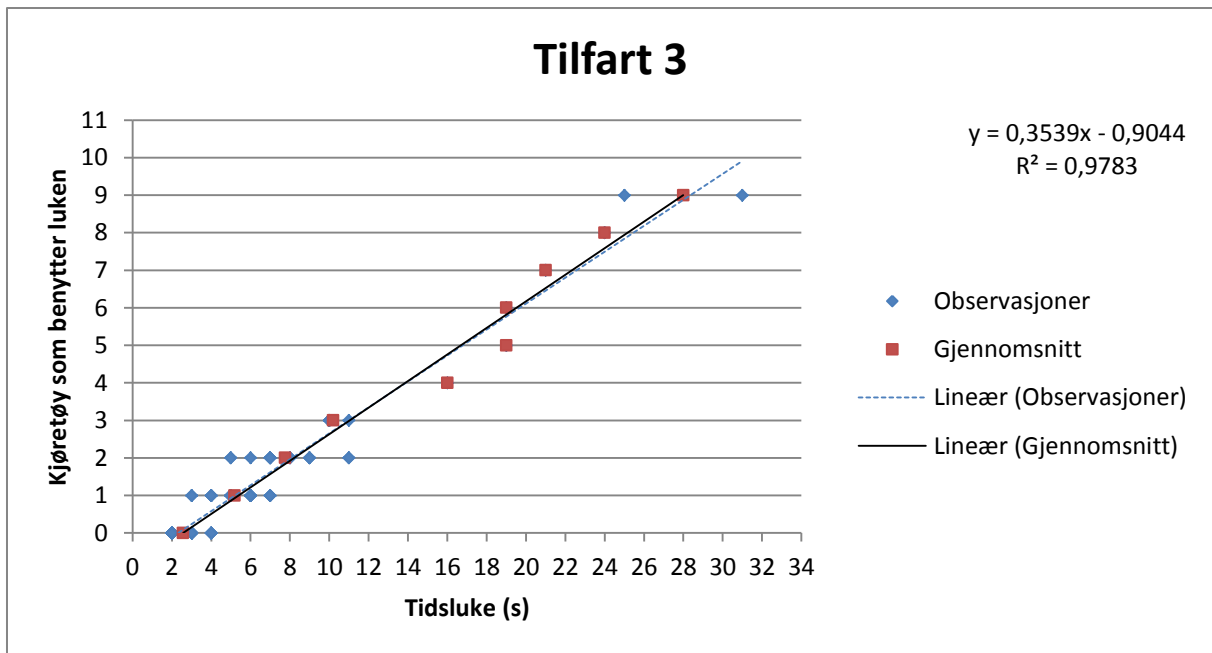
Kritisk tidsluke og følgetider for Gjettum, 8.2:



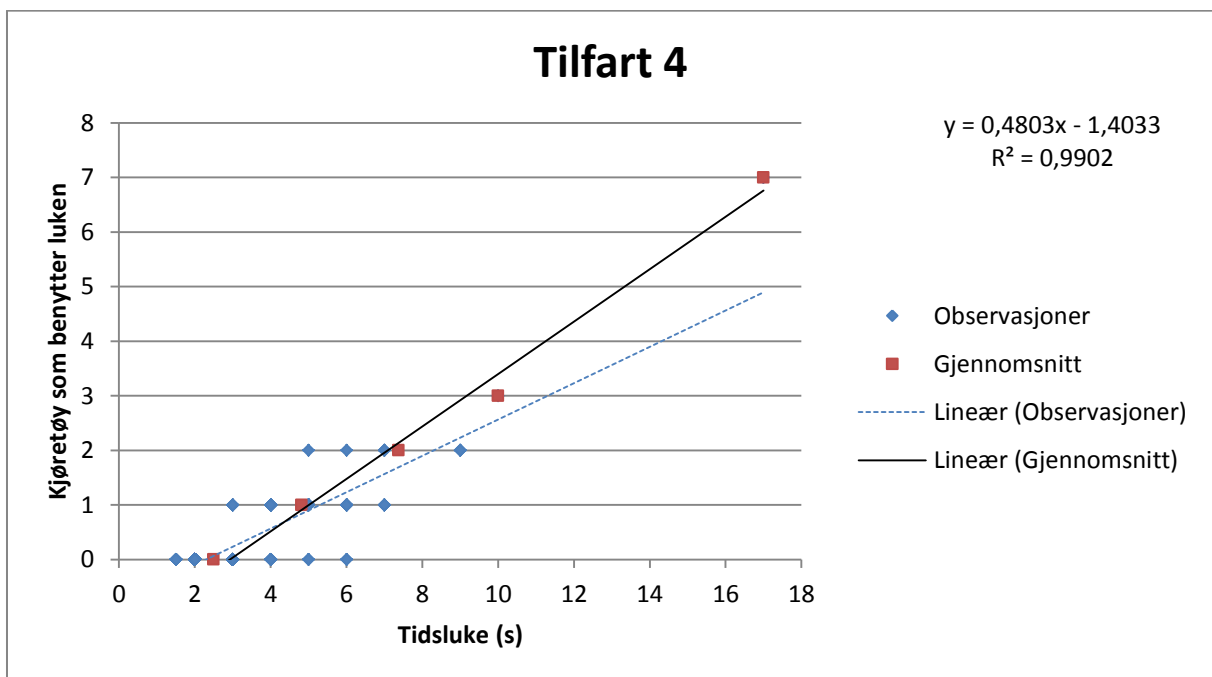
Figur 146 Regresjonsanalyse for tilfart 1, 8.2.



Figur 147 Regresjonsanalyse for tilfart 2, 8.2.

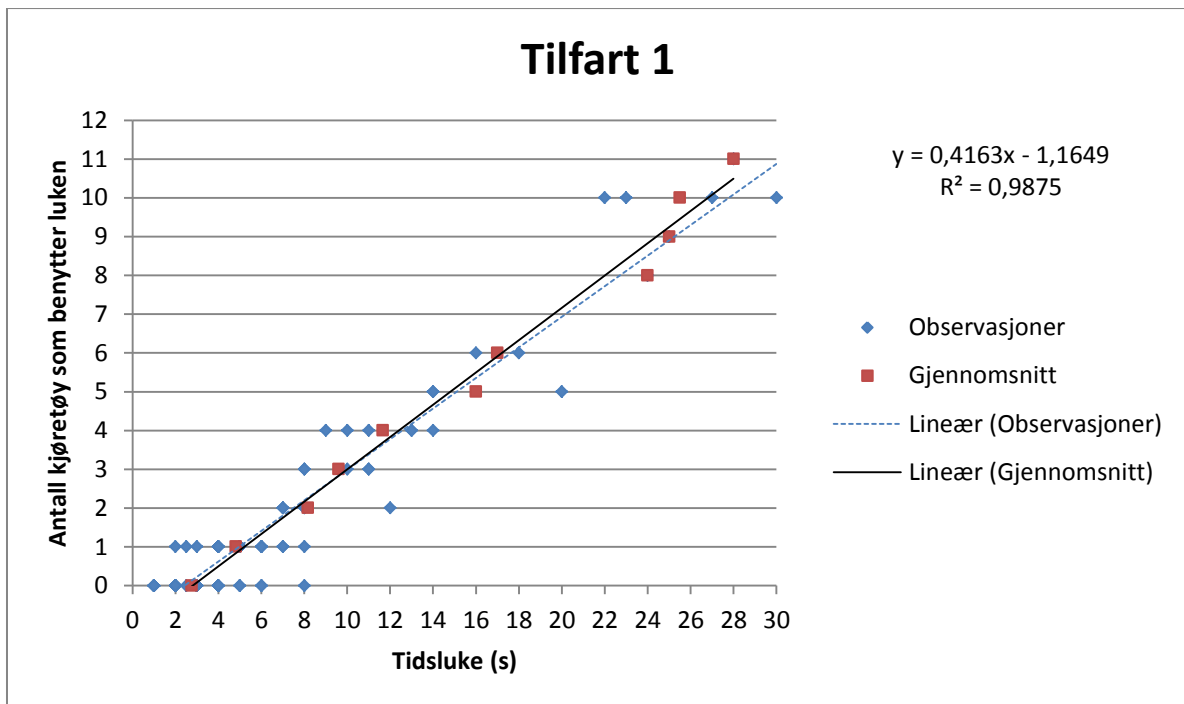


Figur 148 Regresjonsanalyse for tilfart 3, 8.2.

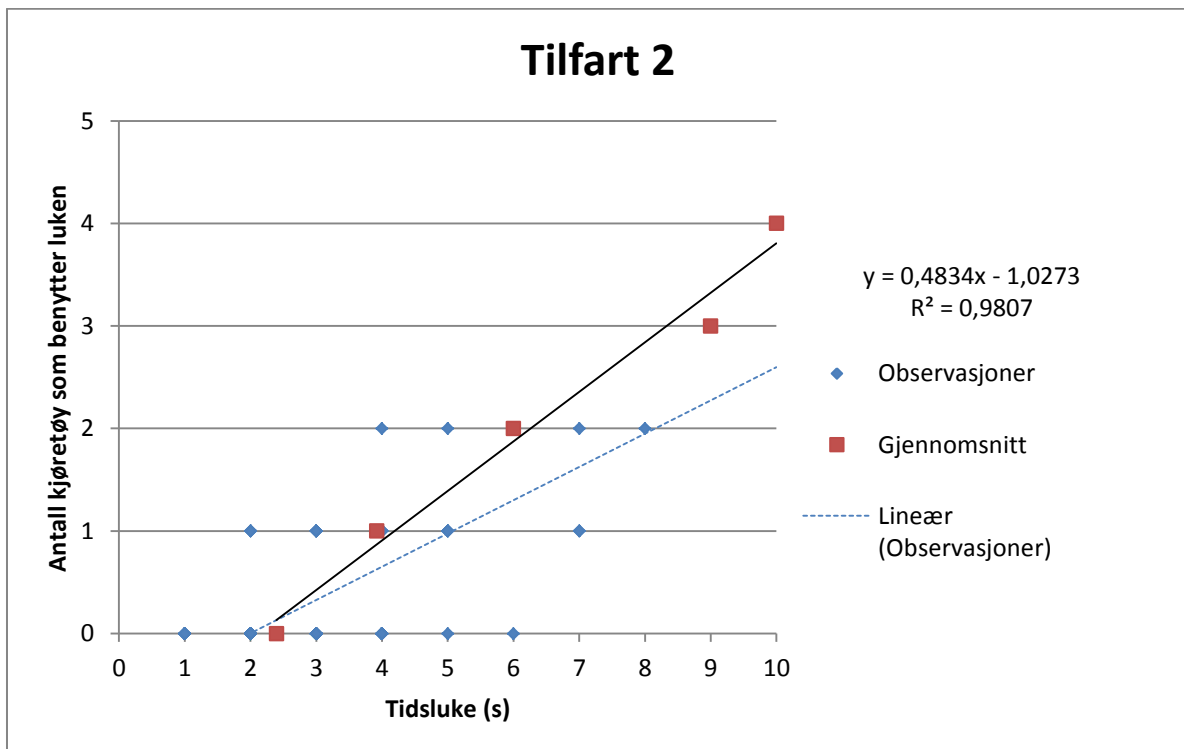


Figur 149 Regresjonsanalyse for tilfart 4, 8.2.

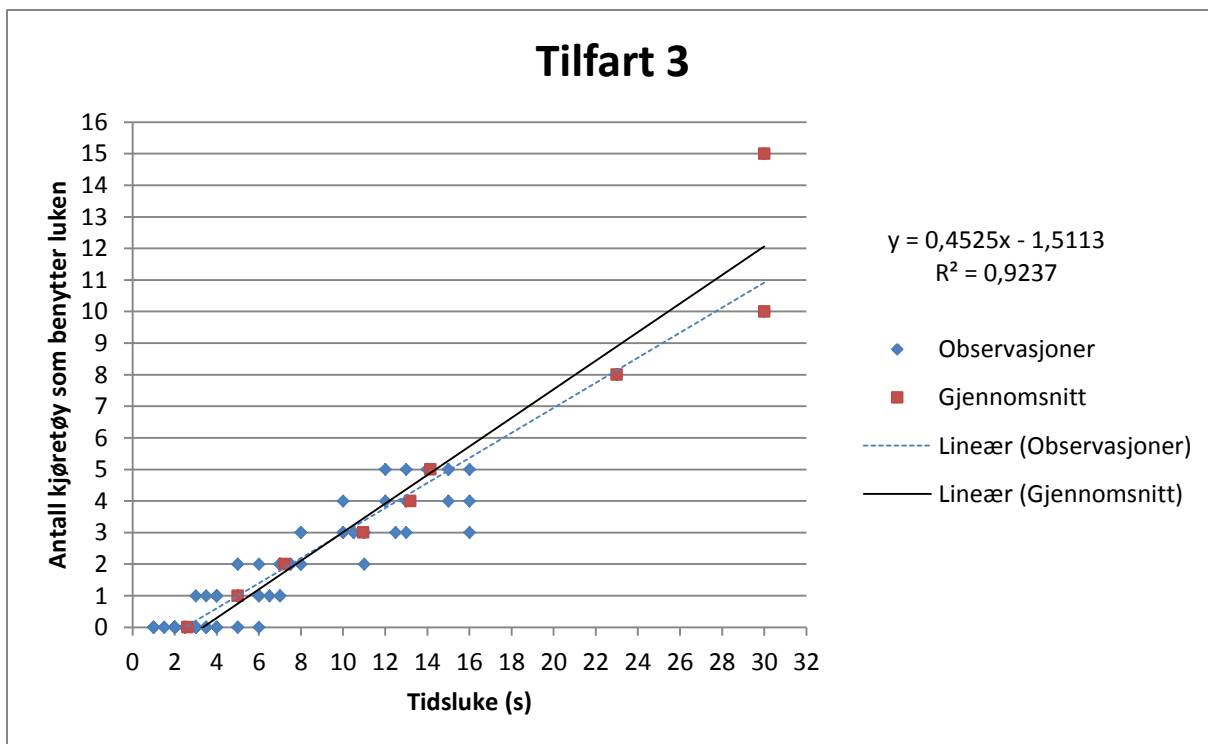
Kritisk tidsluke og følgetider for Gjetlum, 6.3:



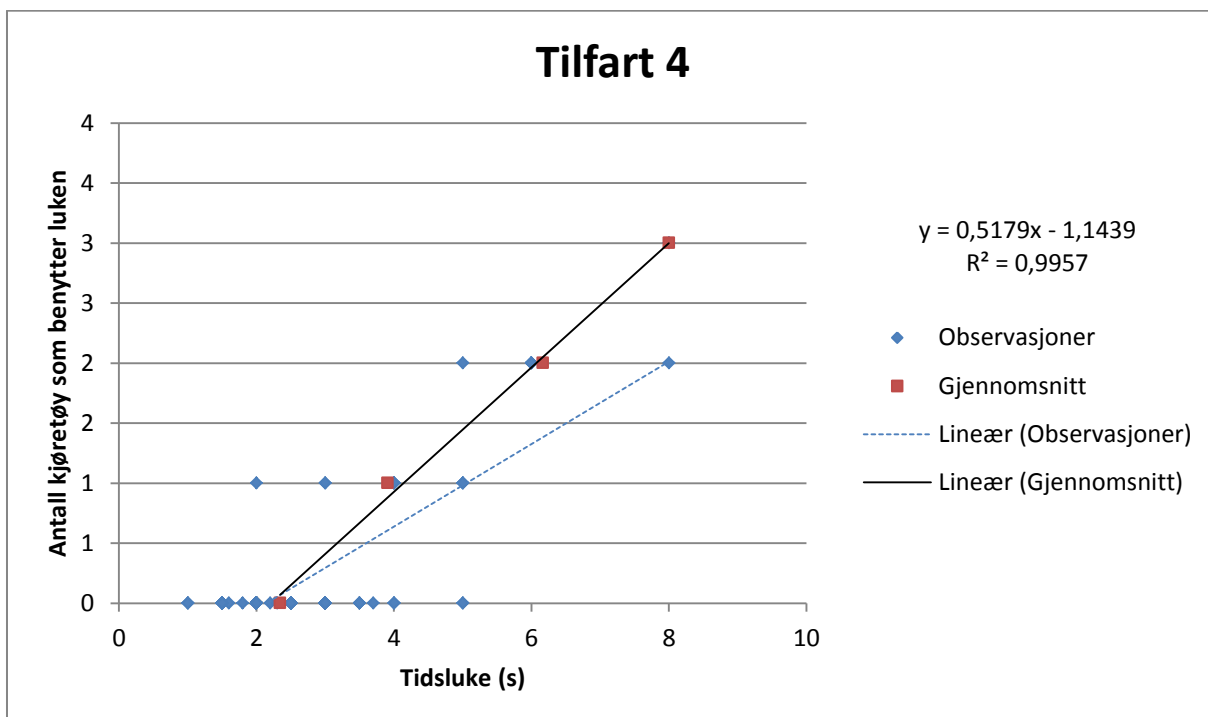
Figur 150 Regresjonsanalyse for tilfart 1, 6.3.



Figur 151 Regresjonsanalyse for tilfart 2, 6.3.



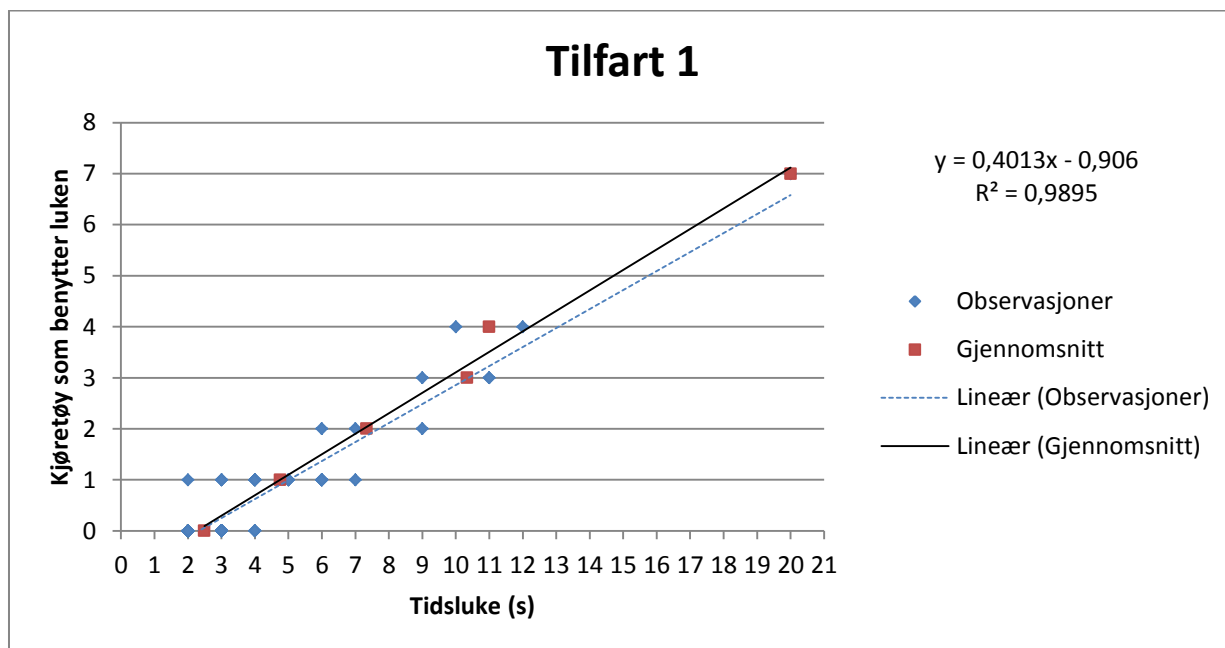
Figur 152 Regresjonsanalyse for tilfart 3, 6.3.



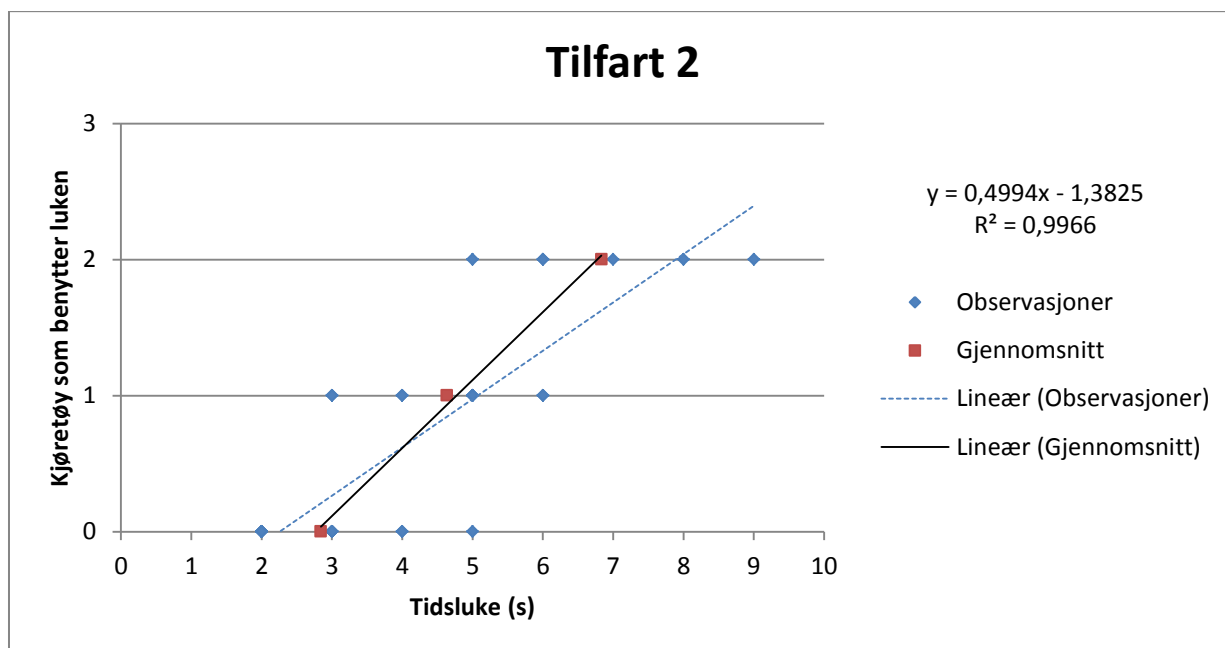
Figur 153 Regresjonsanalyse for tilfart 4, 6.3.

Bilag 3

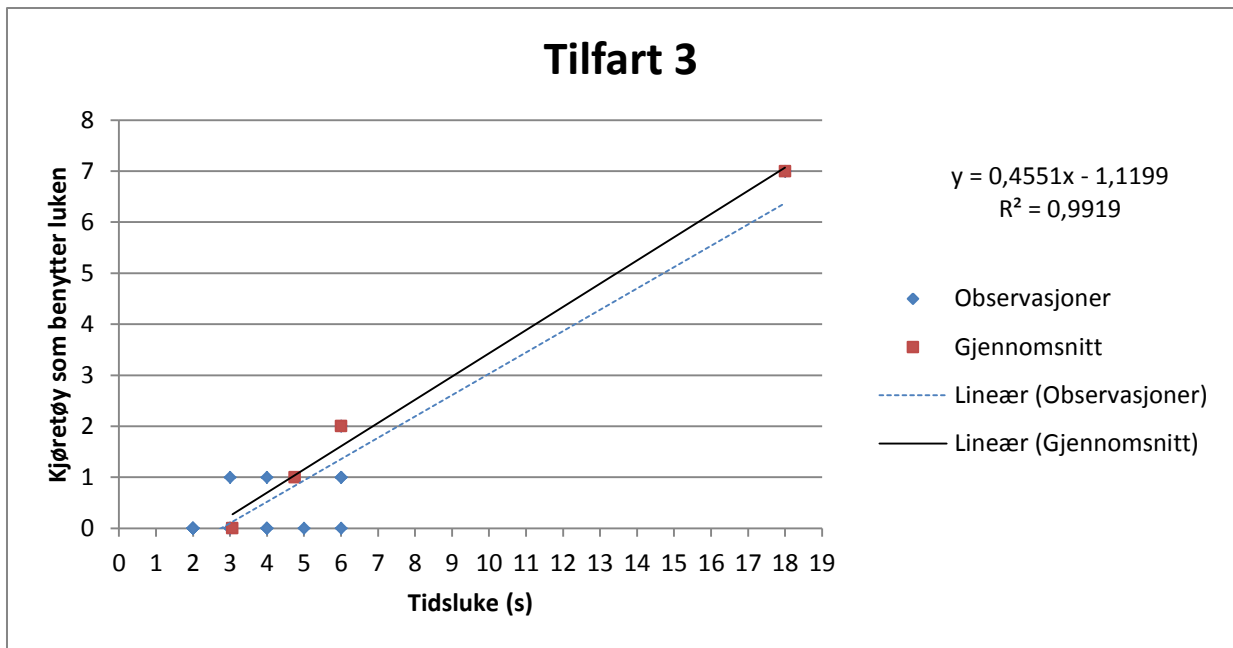
Kritisk tidsluke og følgetider for Frogner, 17.4:



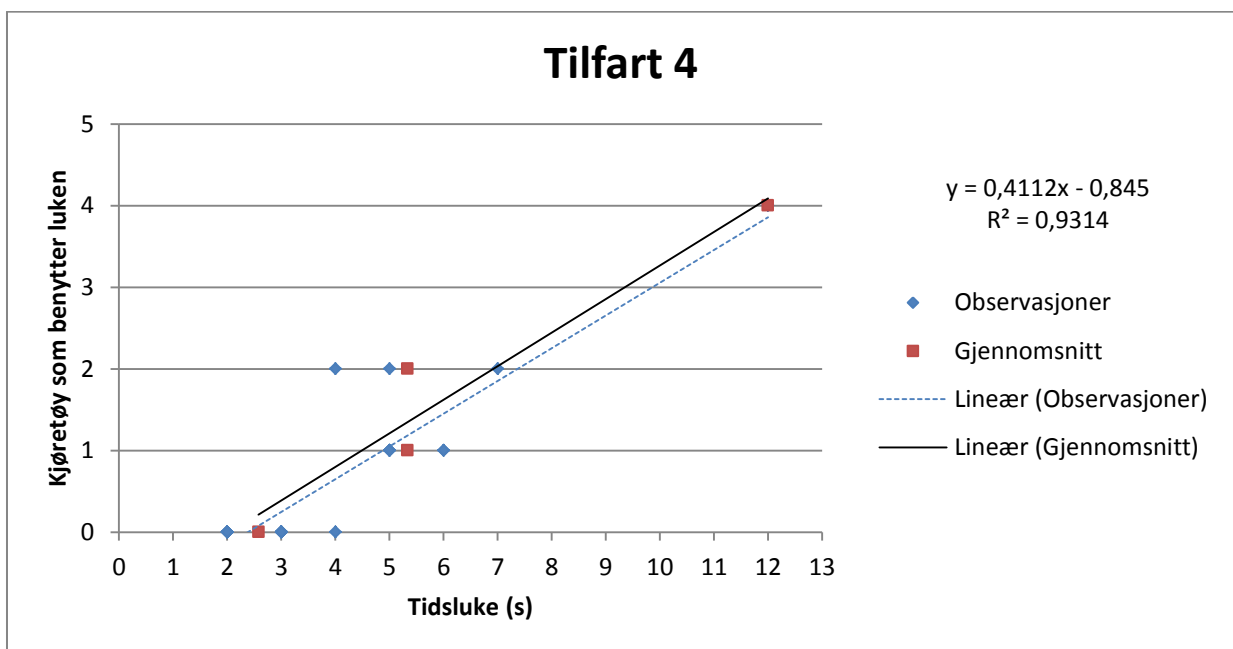
Figur 154 Regresjonsanalyse for tilfart 1, 17.4.



Figur 155 Regresjonsanalyse for tilfart 2, 17.4.

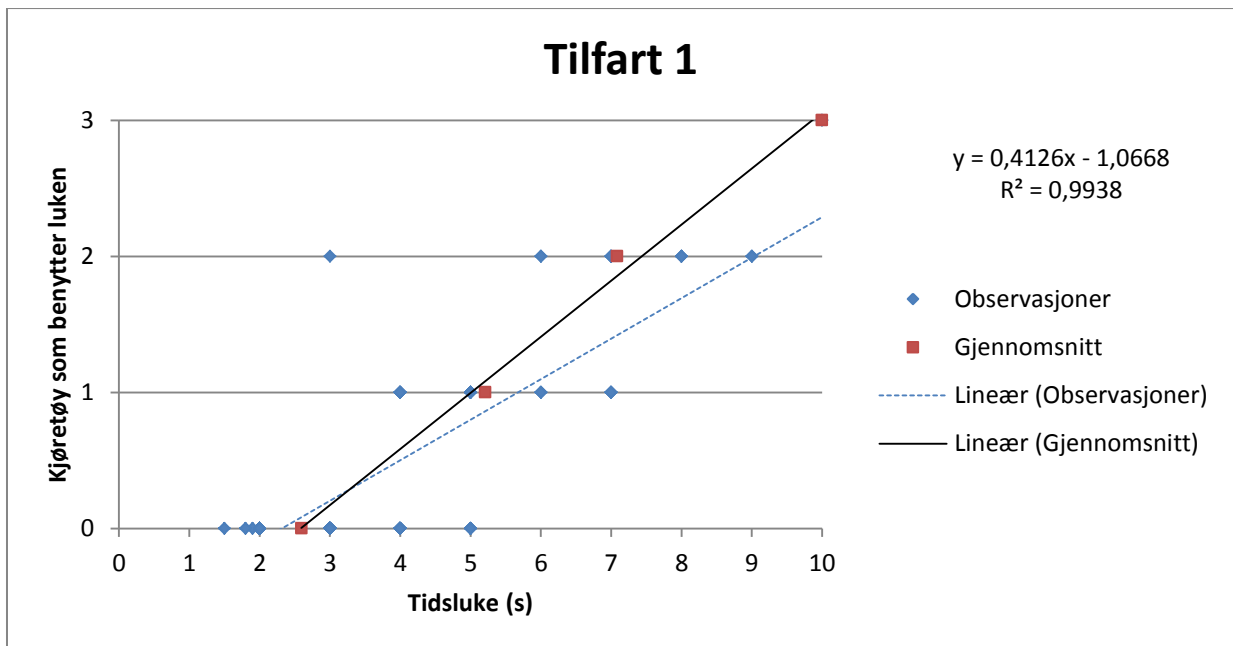


Figur 156 Regresjonsanalyse for tilfart 3, 17.4.

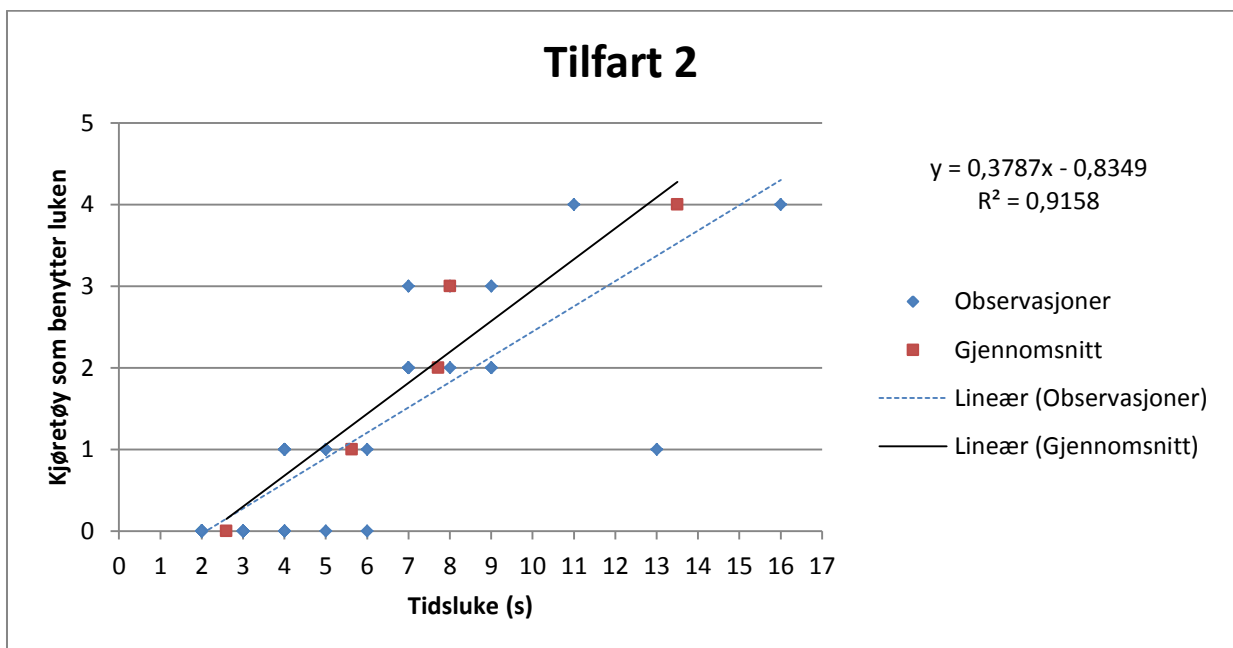


Figur 157 Regresjonsanalyse for tilfart 4, 17.4.

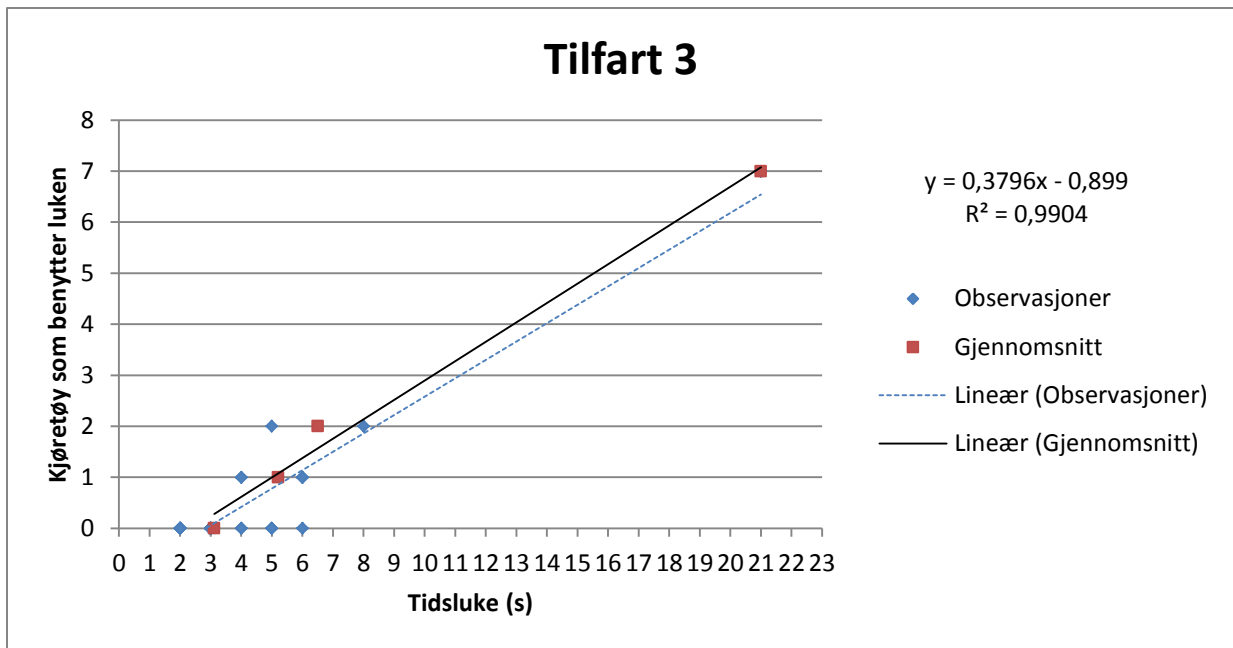
Kritisk tidsluke og følgetider for Frogner, 8.5:



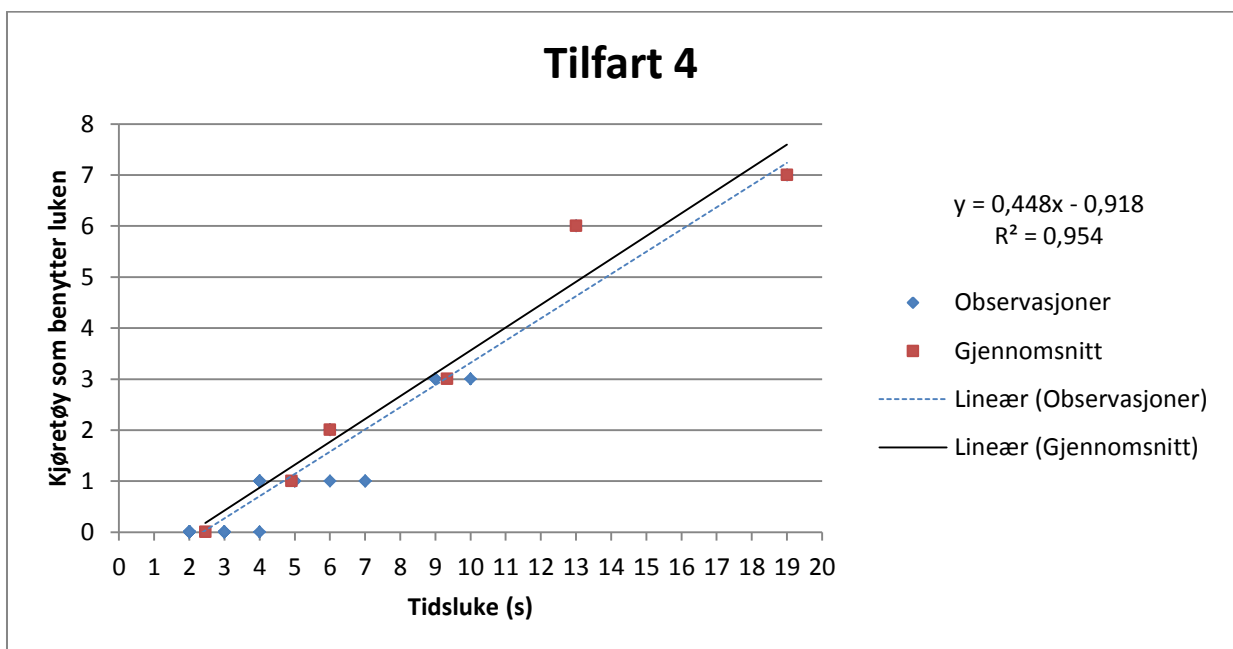
Figur 158 Regresjonsanalyse for tilfart 1, 8.5.



Figur 159 Regresjonsanalyse for tilfart 2, 8.5.



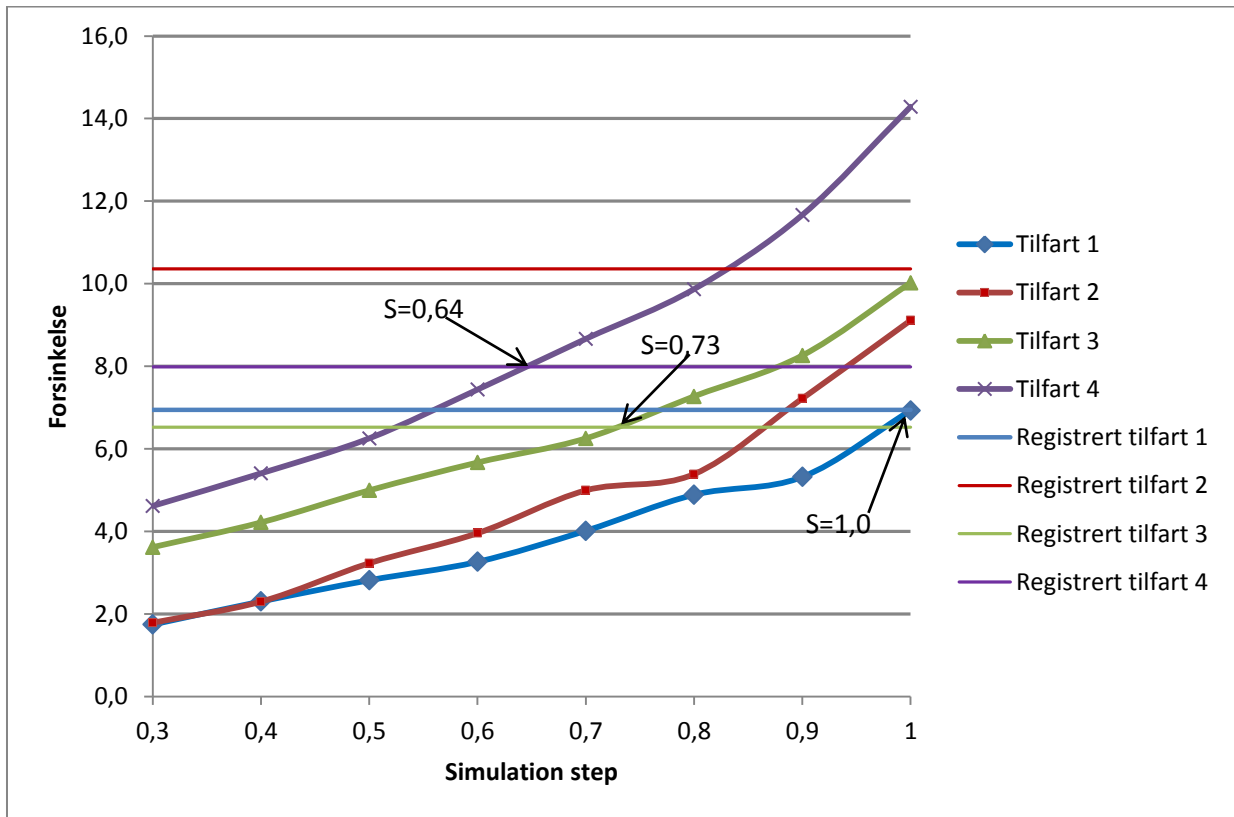
Figur 160 Regresjonsanalyse for tilfart 3, 8.5.



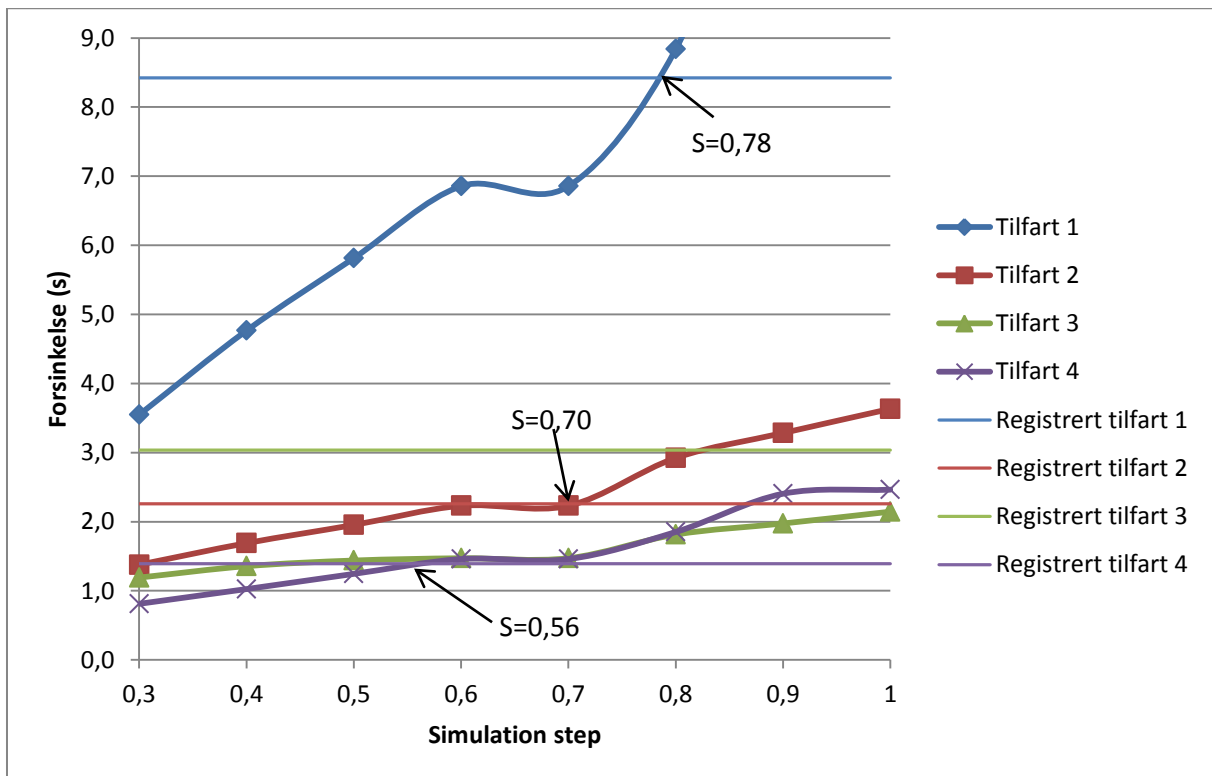
Figur 161 Regresjonsanalyse for tilfart 4, 8.5.

Bilag 4

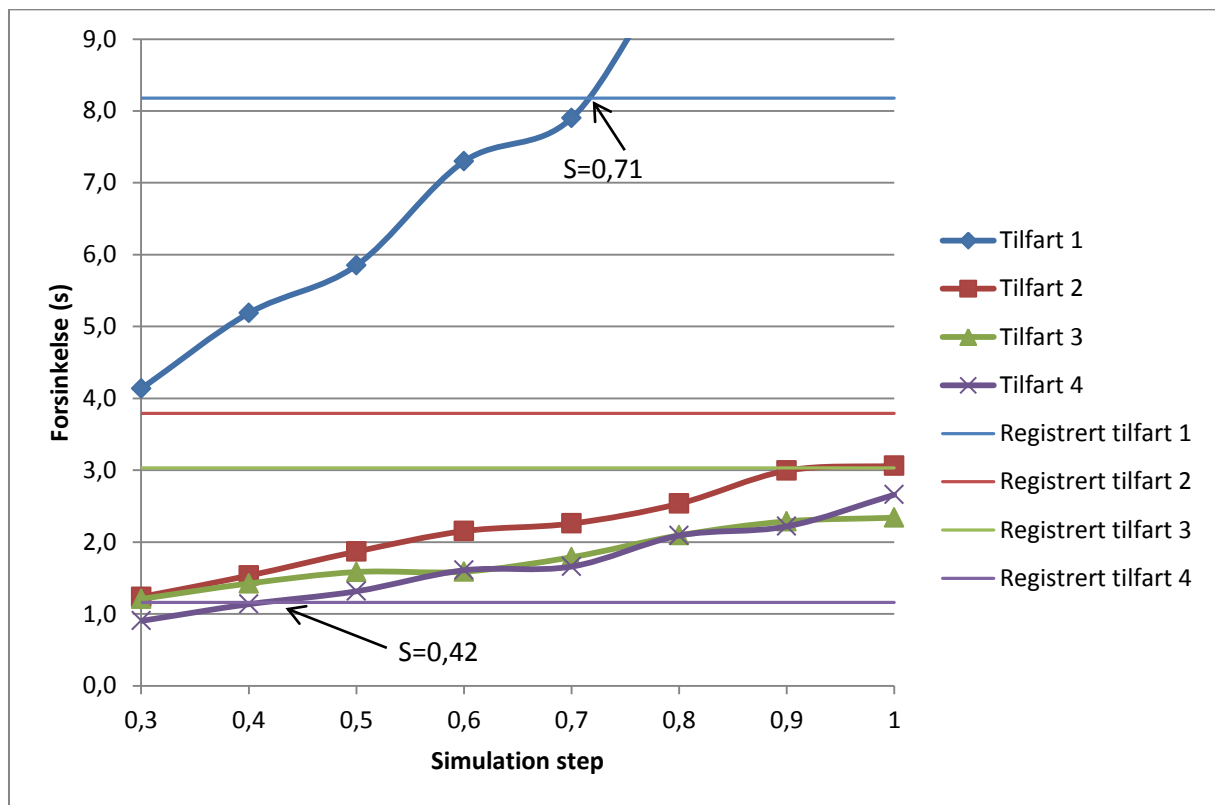
Hvilken *simulation step*/reaksjonstid som gir best resultat for hver tilfart.



Figur 162 Registrert og simulert forsinkelse for Gjøttum 6.3



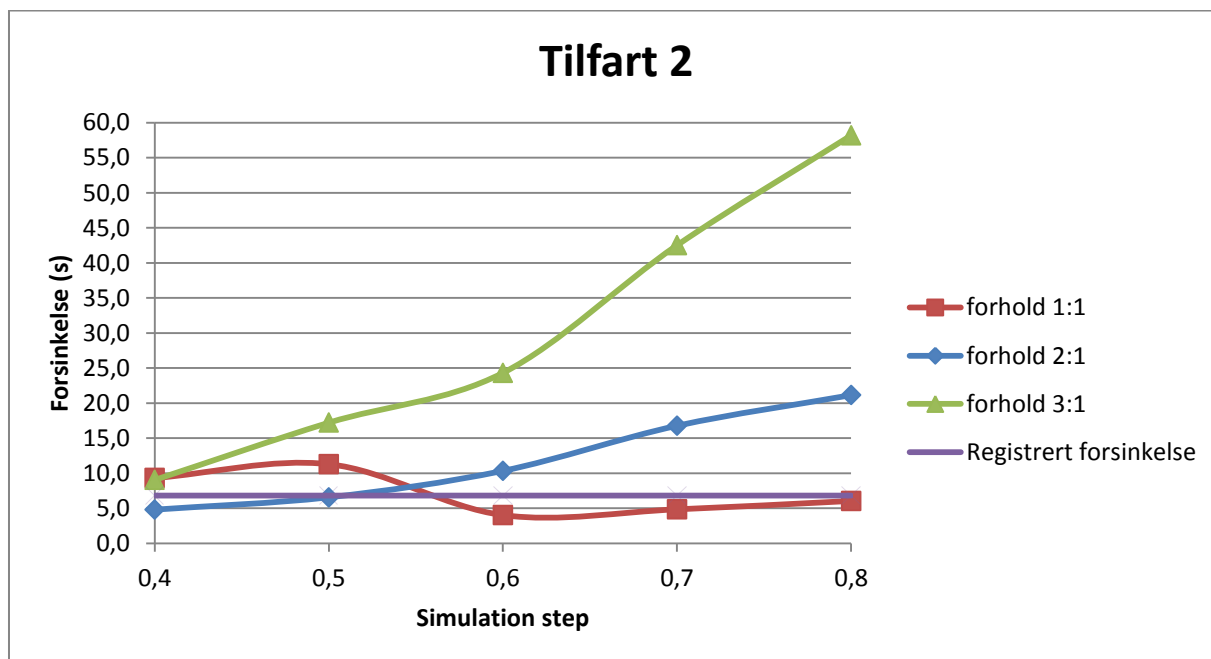
Figur 163 Registrert og simulert forsinkelse for Frogner 17.4



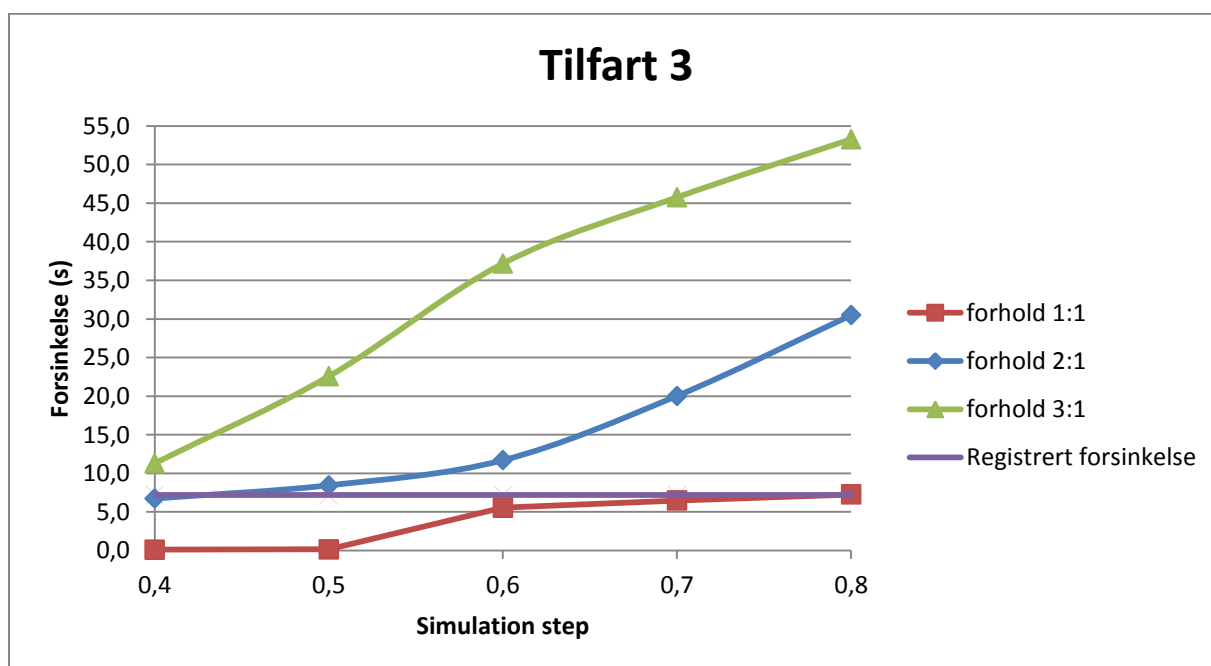
Figur 164 Registrert og simulert forsinkelse for Frogner 8.5

Bilag 5

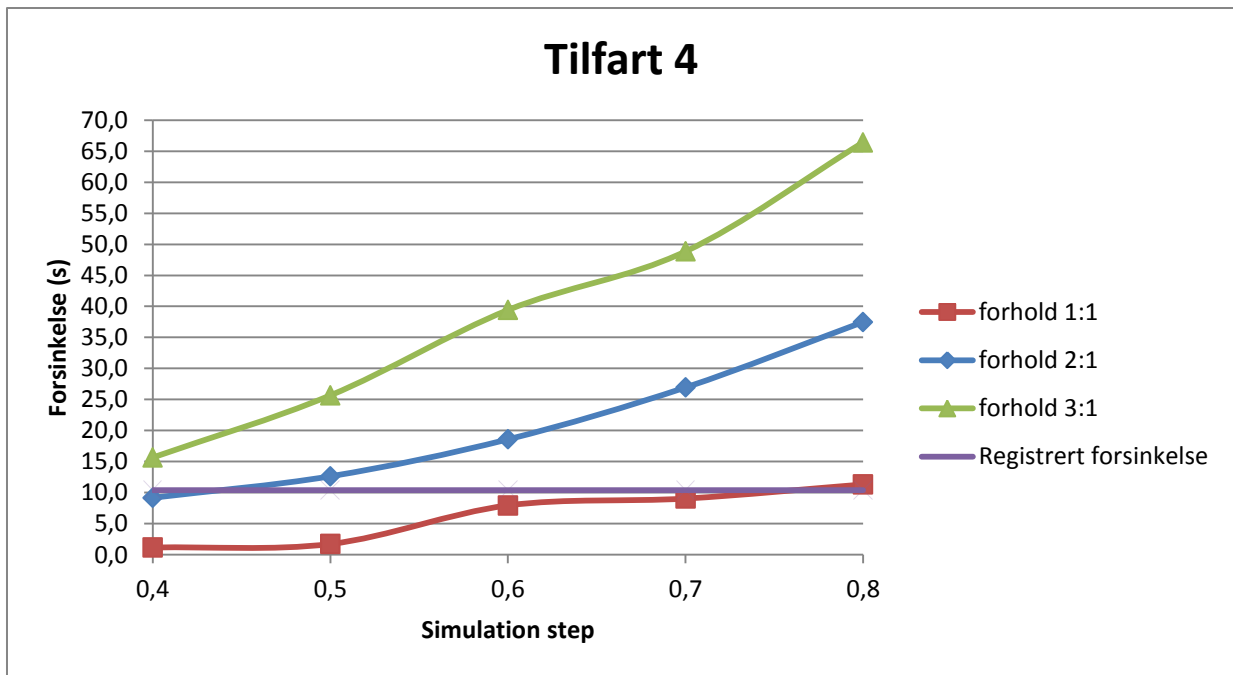
Forhold mellom *simulation step* og *reaksjonstid*, 8.2.



Figur 165 Registrert forsinkelse og forholdet mellom *reaksjonstid* og *simulation step*, tilfart 2, 8.2.

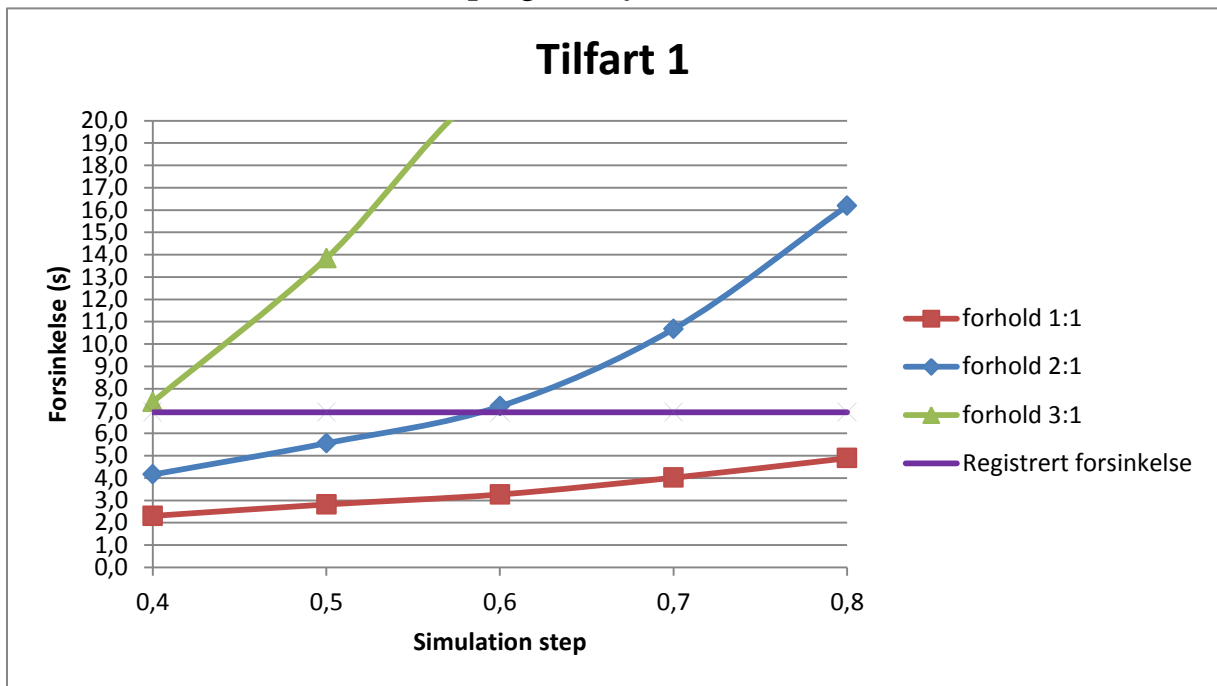


Figur 166 Registrert forsinkelse og forholdet mellom *reaksjonstid* og *simulation step*, tilfart 3, 8.2.

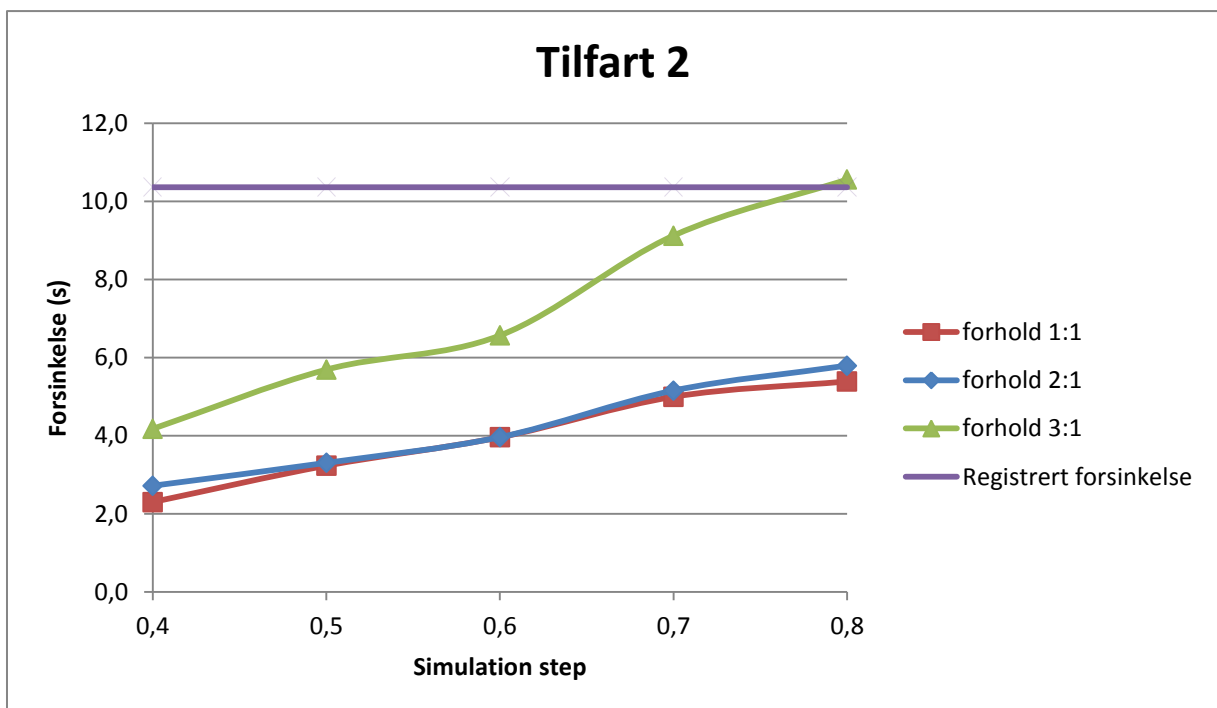


Figur 167 Registrert forsinkelse og forholdet mellom reaksjonstid og simulation step, tilfart 4, 8.2.

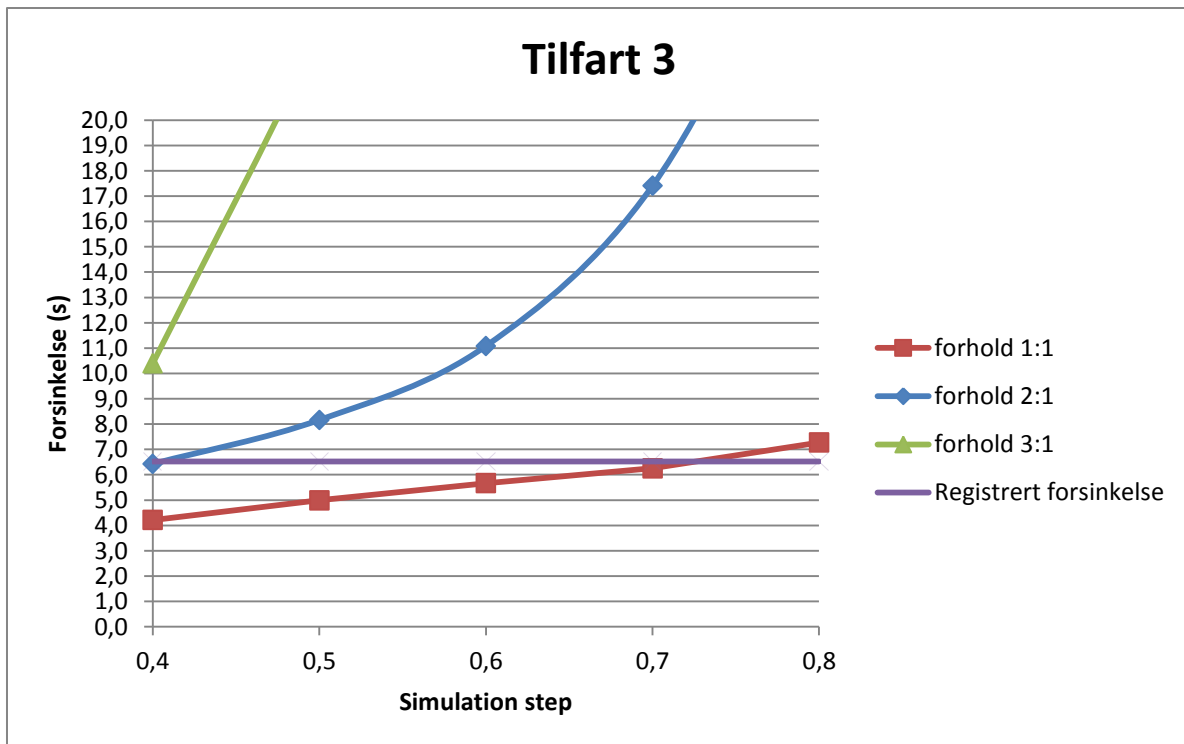
Forhold mellom *simulation step* og *reaksjonstid*, 6.3.



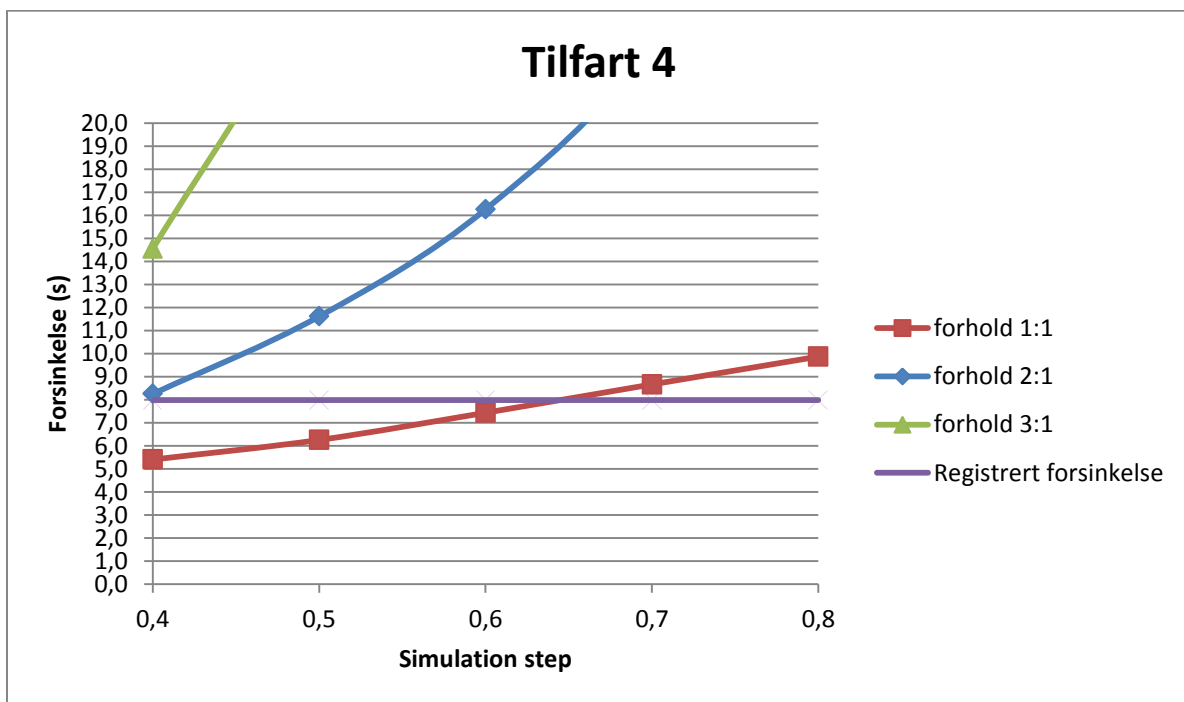
Figur 168 Registrert forsinkelse og forholdet mellom reaksjonstid og simulation step, tilfart 1, 6.3.



Figur 169 Registrert forsinkelse og forholdet mellom reaksjonstid og simulation step, tilfart 2, 6.3.

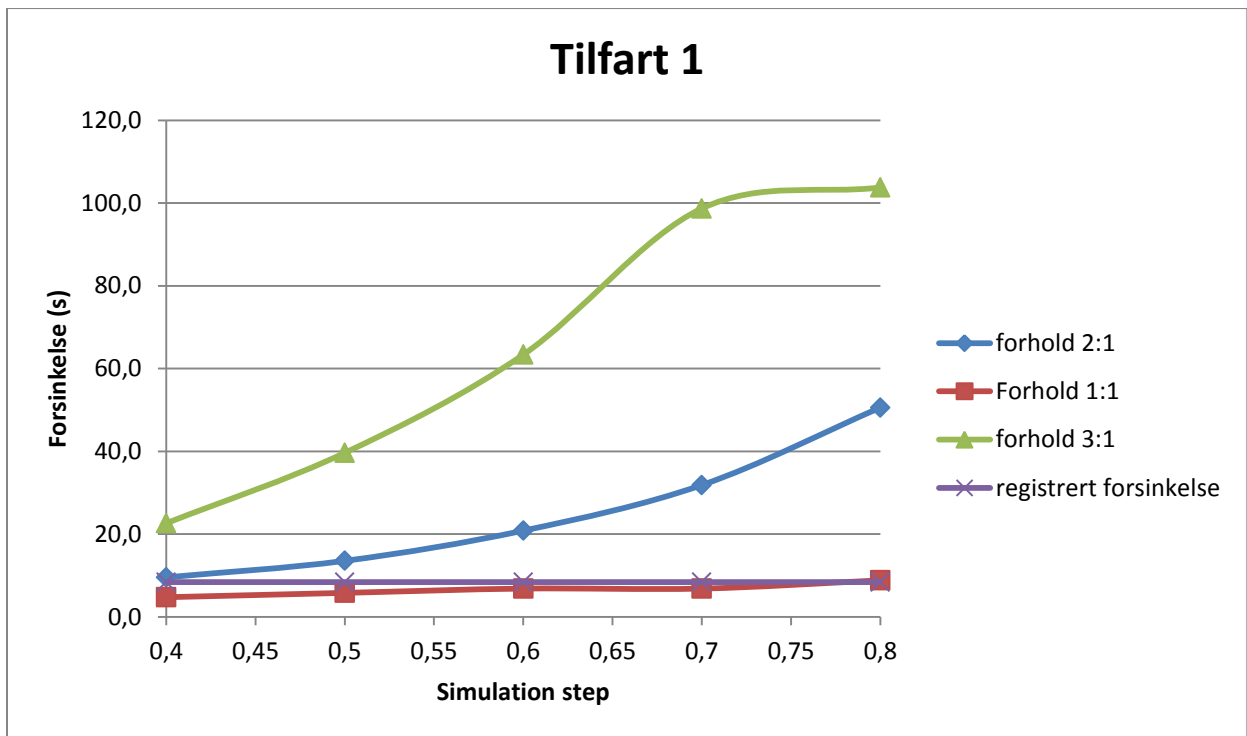


Figur 170 Registrert forsinkelse og forholdet mellom reaksjonstid og simulation step, tilfart 3, 6.3.

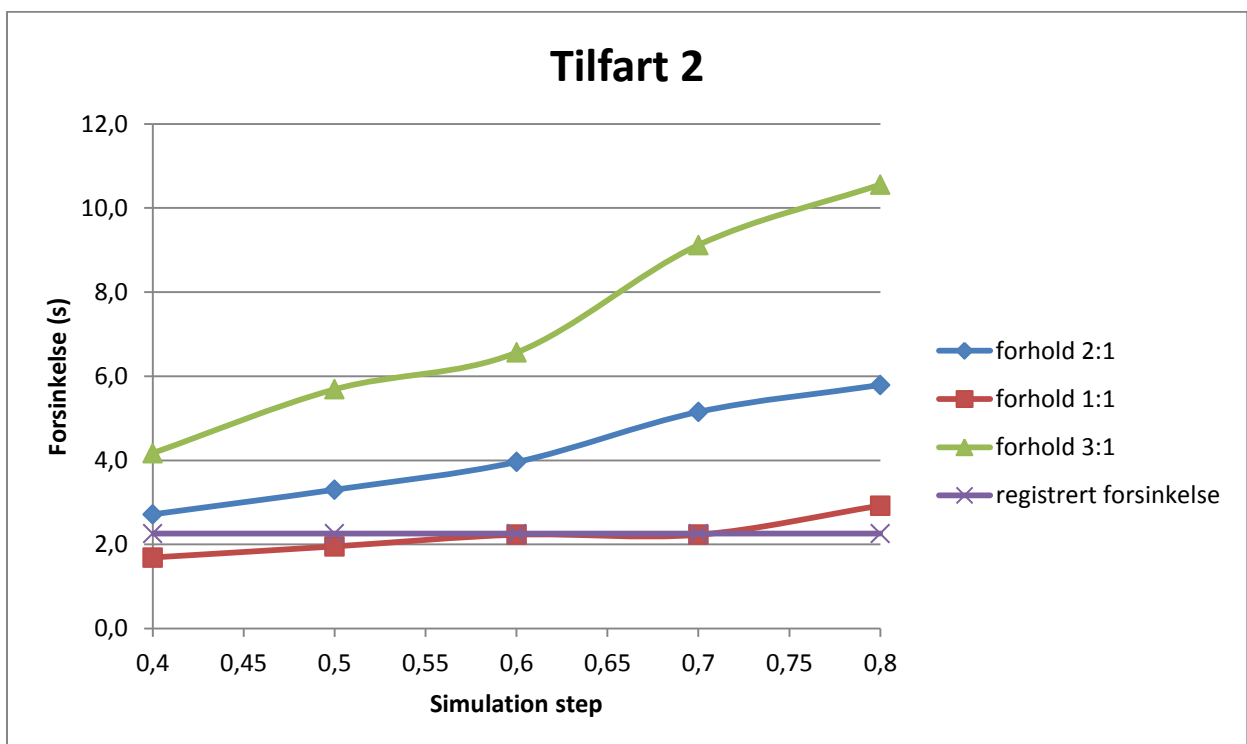


Figur 171 Registrert forsinkelse og forholdet mellom reaksjonstid og simulation step, tilfart 4, 6.3.

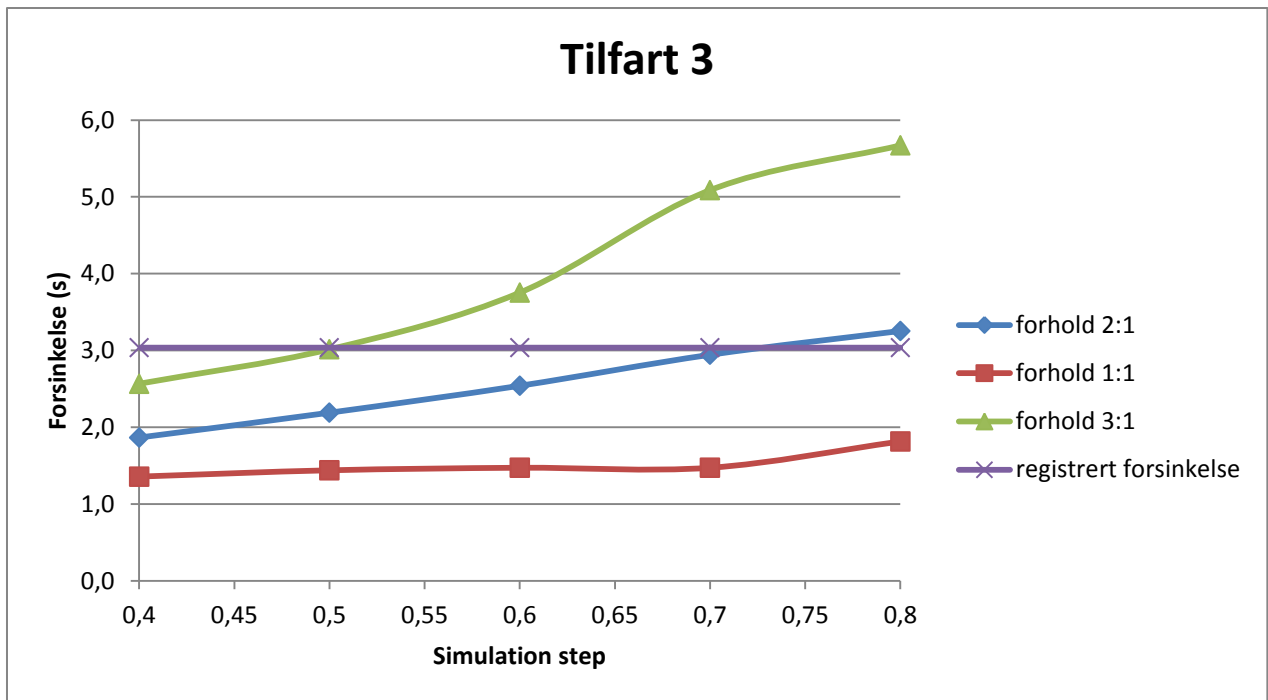
Forhold mellom *simulation step* og *reaksjonstid*, 17.4.



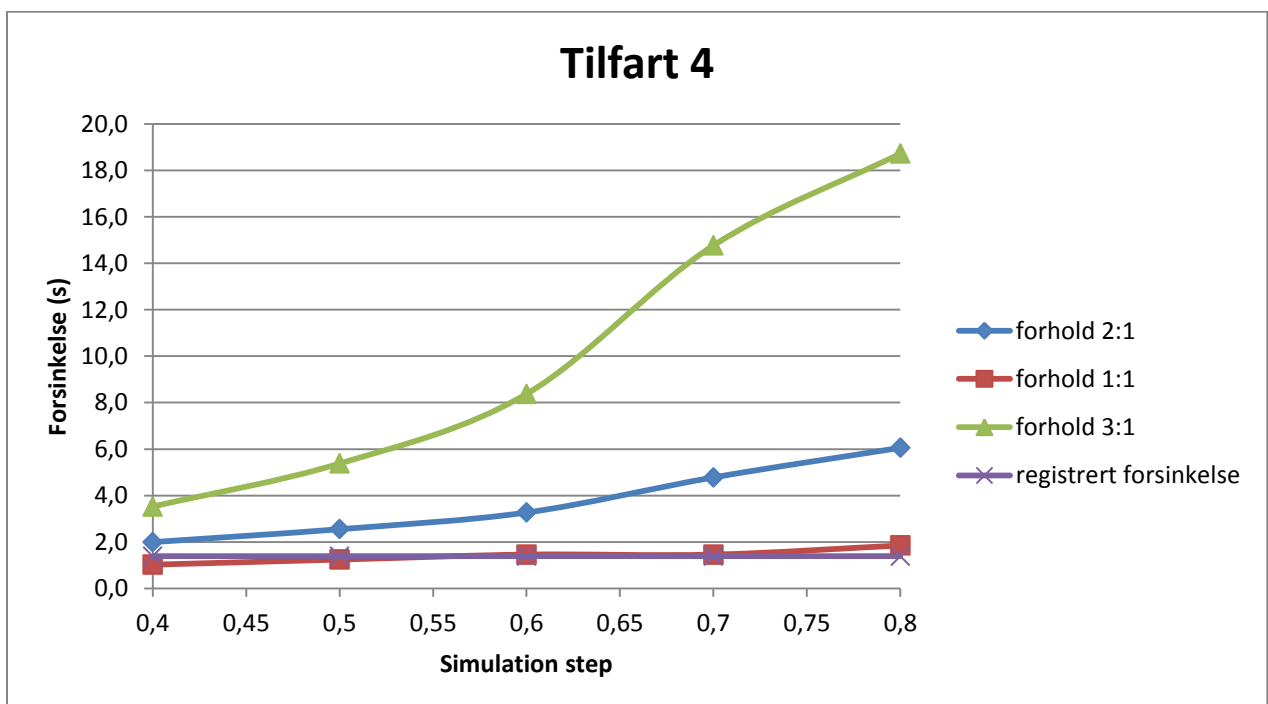
Figur 172 Registrert forsinkelse og forholdet mellom reaksjonstid og simulation step, tilfart 1, 17.4.



Figur 173 Registrert forsinkelse og forholdet mellom reaksjonstid og simulation step, tilfart 2, 17.4.

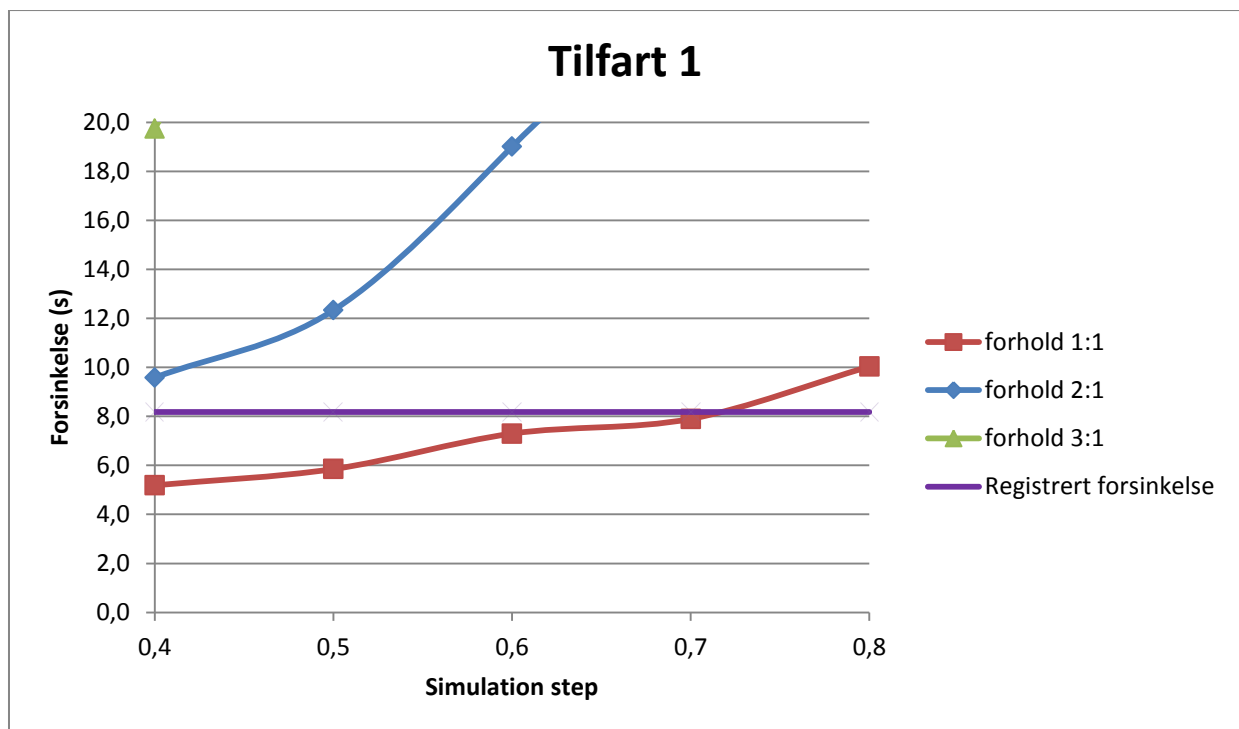


Figur 174 Registrert forsinkelse og forholdet mellom reaksjonstid og simulation step, tilfart 3, 17.4.

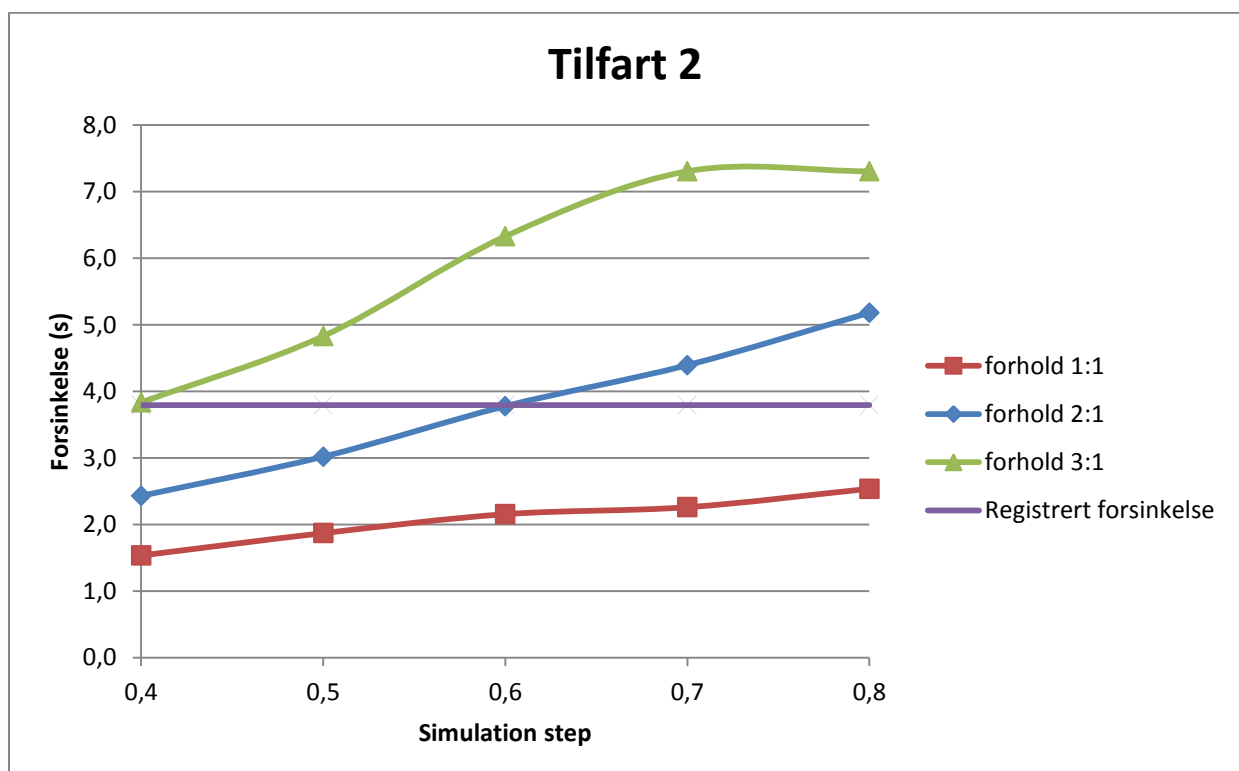


Figur 175 Registrert forsinkelse og forholdet mellom reaksjonstid og simulation step, tilfart 4, 17.4.

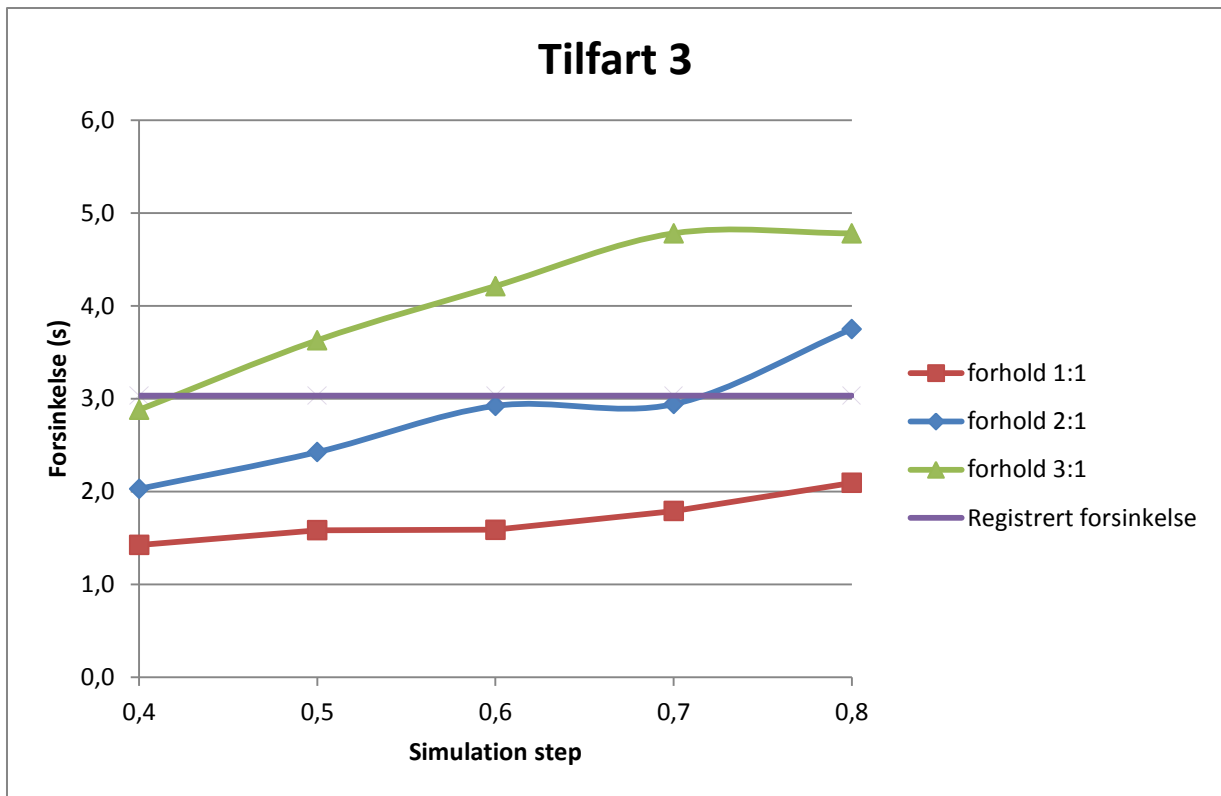
Forhold mellom *simulation step* og *reaksjonstid*, 8.5



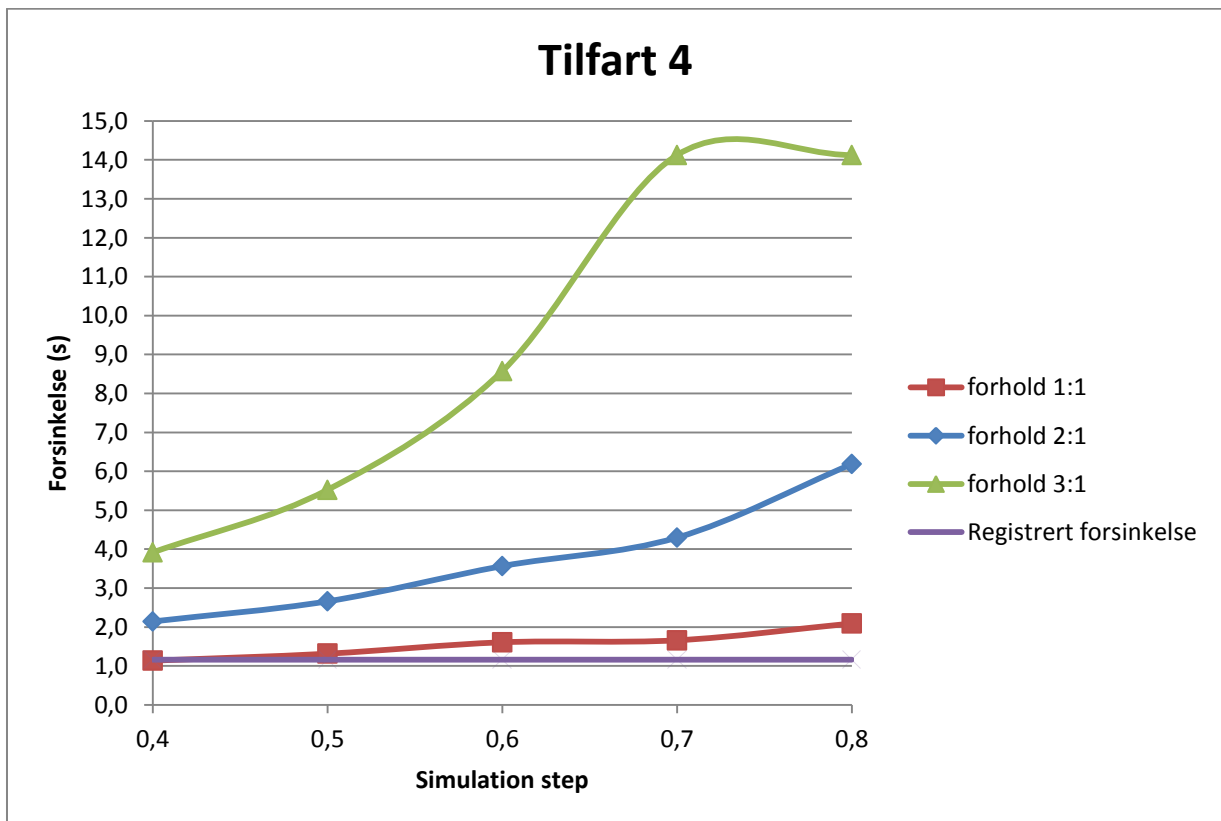
Figur 176 Registrert forsinkelse og forholdet mellom reaksjonstid og simulation step, tilfart 1, 8.5.



Figur 177 Registrert forsinkelse og forholdet mellom reaksjonstid og simulation step, tilfart 2, 8.5.



Figur 178 Registrert forsinkelse og forholdet mellom reaksjonstid og simulation step, tilfart 3, 8.5.



Figur 179 Registrert forsinkelse og forholdet mellom reaksjonstid og simulation step, tilfart 4, 8.5.

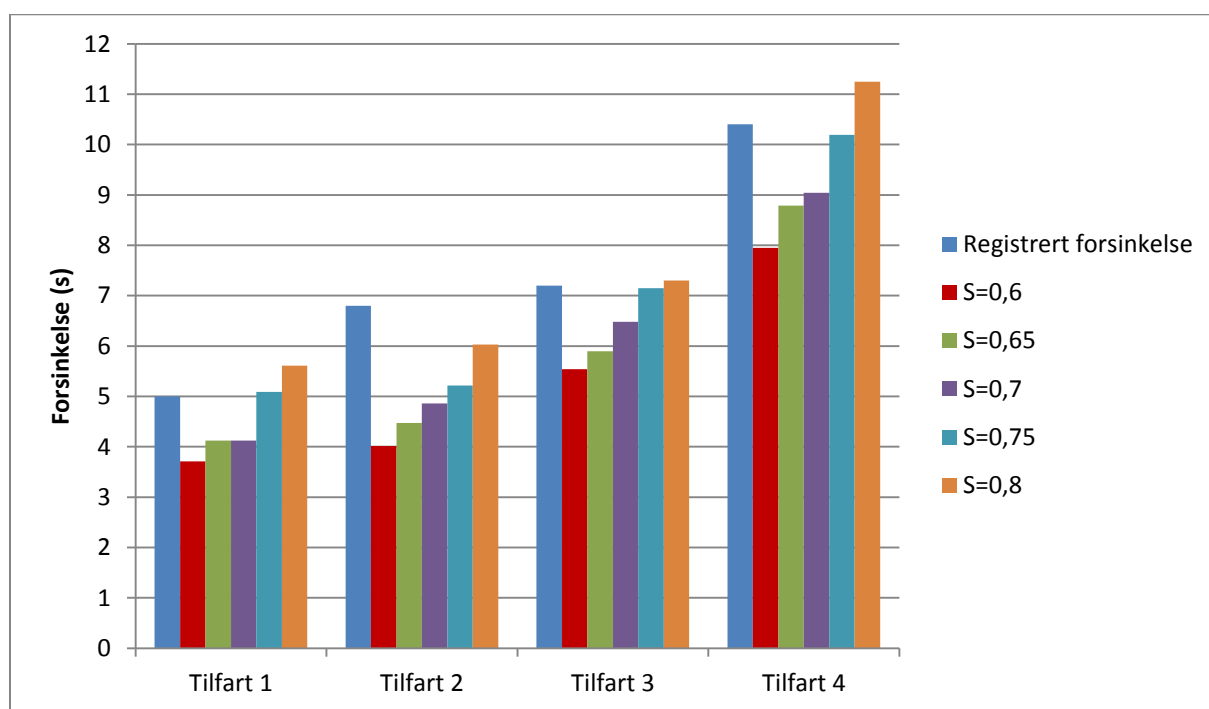
Bilag 6

Forhold 1:1 mellom reaksjonstid og simulation step

Det ble gjort simuleringer i gjettummodellen og frognermodellen, der alle registrerte trafikkvolum ble brukt. Det vil si at det var fire forskjellige simuleringer som skulle gi svar på hvilken *simulation step*-verdi som gav best resultat. Forskjellige løsninger ble vurdert, og kun den som gav best resultat blir presentert.

Gjettummodellen med trafikkvolum fra 8. februar

Figur 180 viser hvordan forsinkelsesverdiene varierte med forskjellige *simulation step*-verdier (S). En verdi på 0,75 gav svært gode resultater for tilfart 1, -3 og -4, men tilfart 2 hadde for lav forsinkelse.

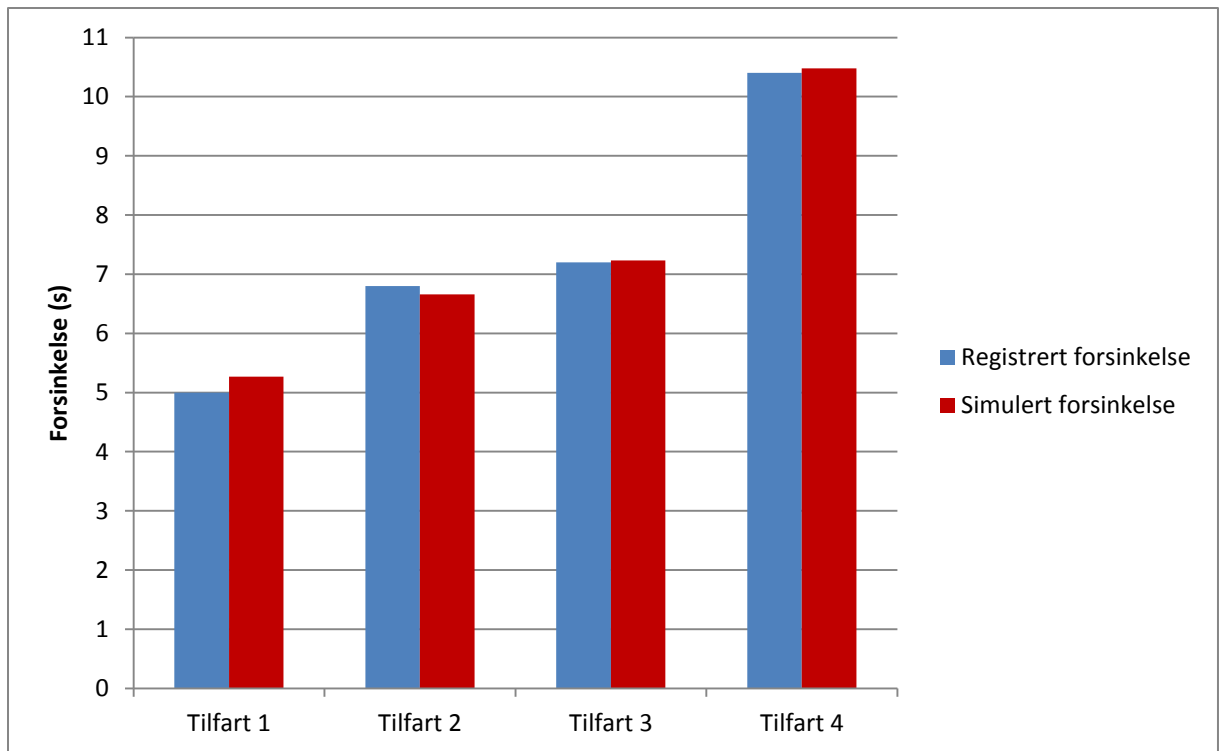


Figur 180 Variasjon av *simulation step*, 8,2.

Etter å ha valgt *simulation step* = 0,75, ble følgende lokale parametere endret for hver tilfart:

- Tilfart 1: Ingen
- Tilfart 2: *Variasjon i reaksjonstid* økt med 1. Siktavstand ble redusert til 20 meter.
- Tilfart 3: Ingen
- Tilfart 4: Ingen

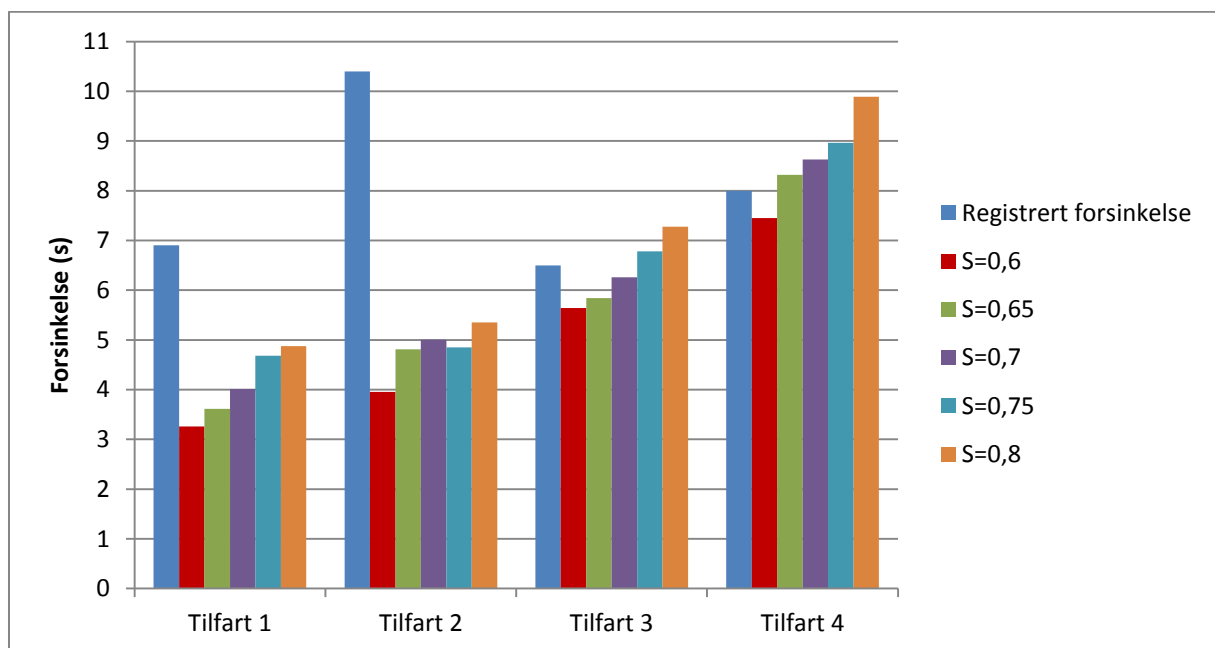
Resultatet etter endring av lokale parametere er oppgitt i Figur 181. En kan se at simulerte forsinkelsesverdier var svært nærme de registrerte. Tilfart 1 hadde den største forskjellen på 0,3 sekund.



Figur 181 Resultat etter kalibrering av gjettummodellen, 8.2.

Gjettummodellen med trafikkvolum fra 6. mars

Figur 182 viser hvordan forskjellige *simulation step*-verdier (S) innvirker på de simulerte forsinkelsesverdiene i gjettummodellen. Tilfart 1 og -2 hadde klart større registrerte forsinkelsesverdier enn modellen gav uttrykk for. S=0,65 gav gode resultater for tilfart 3 og tilfart 4.

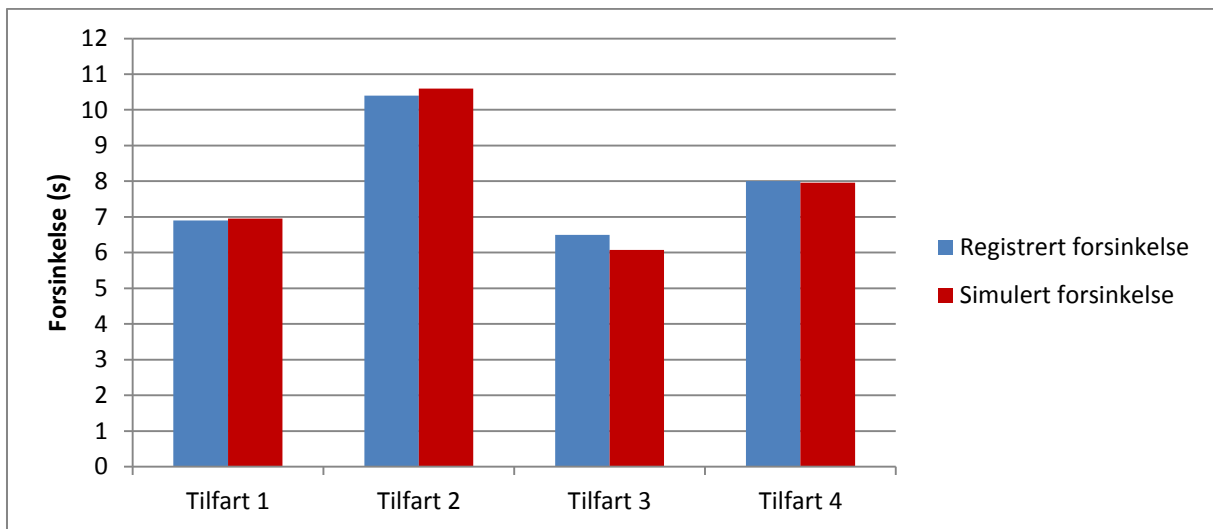


Figur 182 variasjon av *simulation step*, 6.3.

Etter å ha valgt *simulation step* = 0,65, ble følgende lokale parametere endret for hver tilfart:

- Tilfart 1: *Variasjon i reaksjonstid* økt med 1.
- Tilfart 2: *Variasjon i reaksjonstid* økt med 3. *Siktavstanden* ble redusert til 20 meter.
- Tilfart 3: *Siktavstanden* ble redusert til 20 meter.
- Tilfart 4: Ingenting

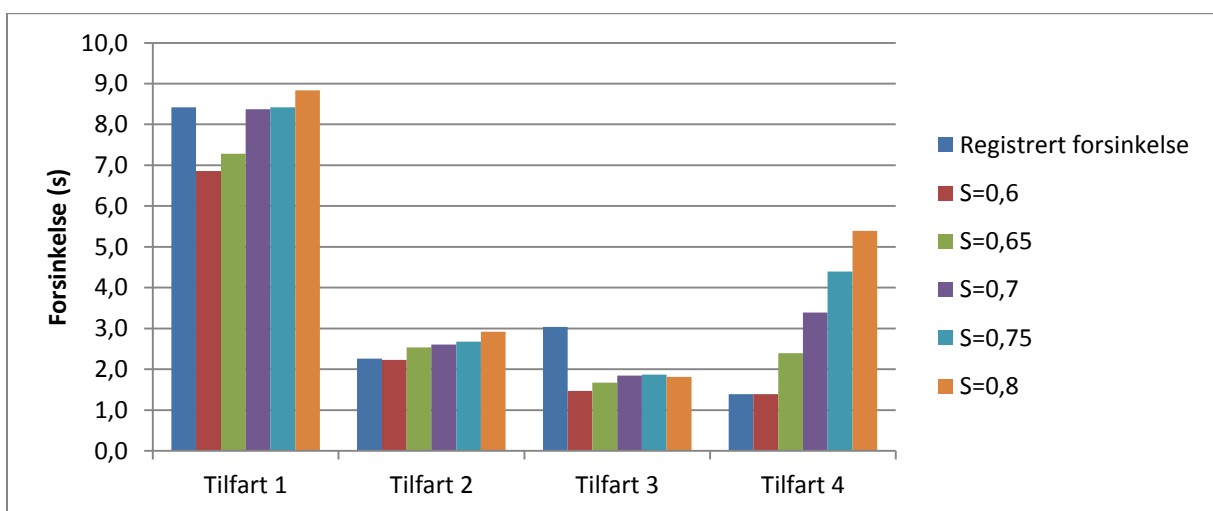
Resultatet etter endring av de lokale parameterne er vist i Figur 183. De registrerte og simulerte forsinkelsesverdiene er svært like for alle tilfarter. Tilfart 3 har den største forskjellen på 0,4 sekund.



Figur 183 Resultat etter kalibrering av gjettummodellen, 6.3.

Frognermodellen med trafikkvolum fra 17. april

Figur 184 viser hvordan forsinkelsesverdiene fra frognermodellen reagerte på forskjellige *simulation step*-verdier (S). En kan se at tilfart 4 fikk store utslag, og S=0,6 gav den beste forsinkelsesverdien.



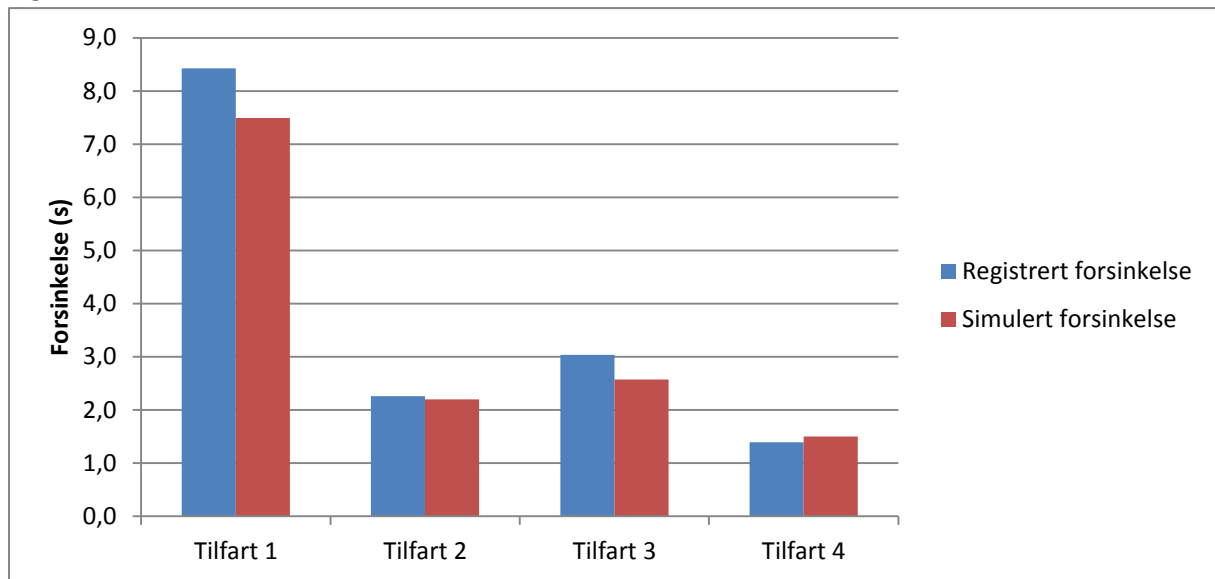
Figur 184 Variasjon av *simulation step*, 17.4.

Etter å ha valgt *simulation step* = 0,6, ble følgende lokale parametere endret for hver tilfart:

- Tilfart 1: *Siktavstanden* ble redusert til 20 meter
- Tilfart 2: ingenting
- Tilfart 3: *Variasjon i reaksjonstid* økt med 2. *Siktavstanden* ble redusert til 20 meter.
- Tilfart 4. ingenting

Resultater fra frognermodellen, med oppdaterte lokale parametere, er vist i Figur 185. Tilfart 2 og -4 har forsinkelsesverdier tett opp mot de registrerte, mens tilfart 1 og -3 har større avvik. Tilfart 1 har størst forskjell mellom registrert og simulert verdi med 0,9 sekund.

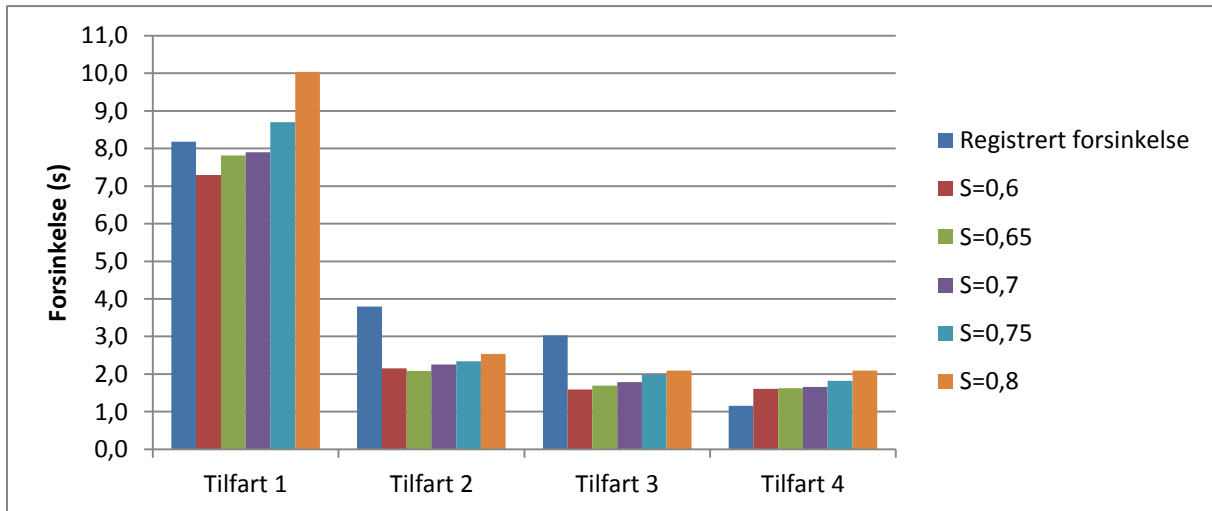
Figur 185



Figur 185 Resultat etter kalibrering av frognermodellen 17.4

Frognermodellen med trafikkvolum fra 8.5

Figur 186 viser hvordan forsinkelsesverdiene fra frognermodellen varierte med forskjellige *simulation step*-verdier (S). Det var tilfart 1 som ble bestemmende for valg av verdi, ettersom tilfart 2 og -3 alltid lå under registrert forsinkelse. Tilfart 4 hadde noe høy simulert forsinkelsesverdi.

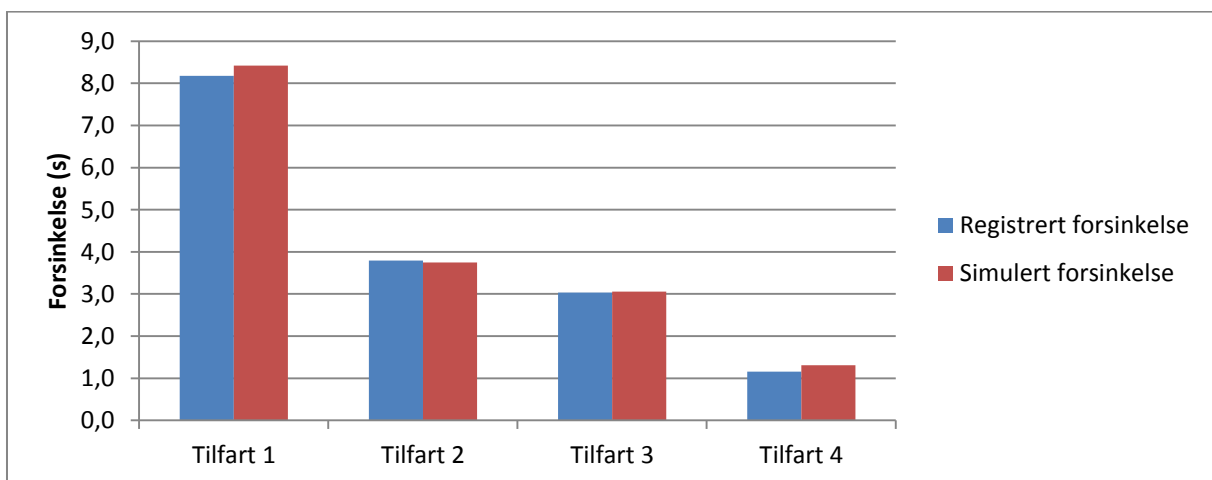


Figur 186 Variasjon av *simulation step*, 8.5.

Etter å ha valgt *simulation step* = 0,7, ble følgende lokale parametere endret for hver tilfart:

- Tilfart 1: *Siktavstanden* ble redusert til 20 meter.
- Tilfart 2: *Variasjon i reaksjonstid* økt med 1.
- Tilfart 3: *Variasjon i reaksjonstid* økt med 1. *Siktavstanden* ble redusert til 20 meter.
- Tilfart 4: *Siktavstanden* ble økt til 60 meter.

Resultater fra simuleringen, med oppdaterte lokale parameterverdier, er vist i Figur 187. De simulerte og registrerte forsinkelsesverdiene stemmer godt overens. Størst avvik hadde tilfart 1 med 0,2 sekund.



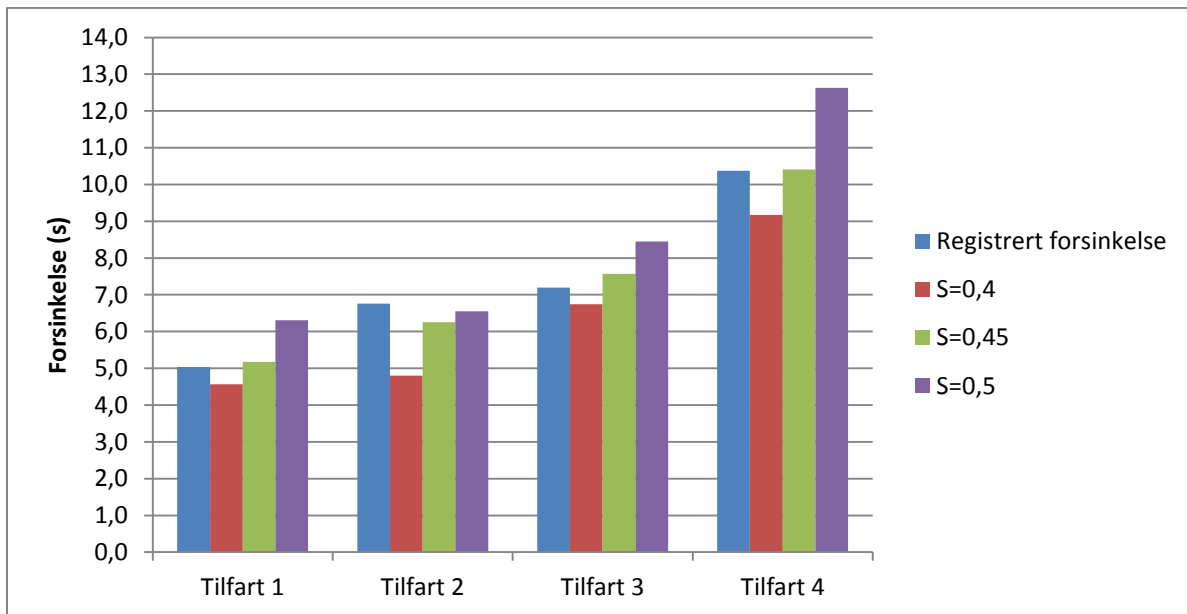
Figur 187 Resultat etter kalibrering av frognermodellen, 8.5.

Forhold 2:1 mellom reaksjonstid og simulation step

Forsøkene ble repetert, men med forhold 2:1 mellom *reaksjonstid* og *simulation step*. Det var simulation step 0,4 - 0,5 som ble brukt.

Gjettummodellen med trafikkvolum fra 8. februar

Figur 188 viser hvordan forsinkelsesverdiene varierte med forskjellig *simulation step*-verdi. S= 0,45 førte til best samsvar mellom registrerte- og simulerte forsinkelsesverdier.

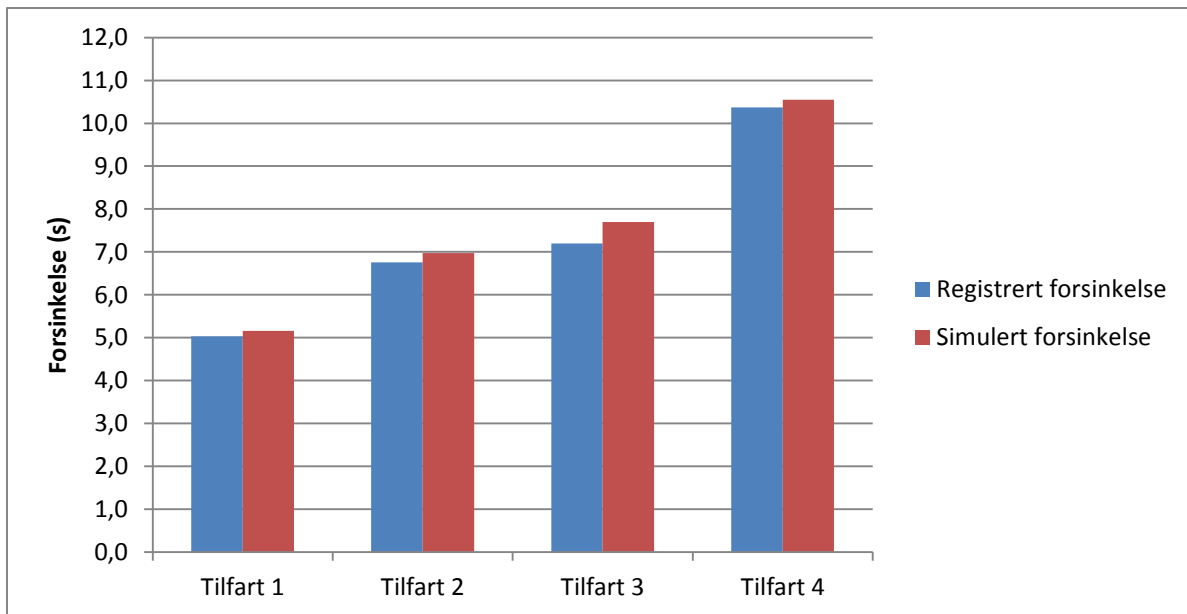


Figur 188 Variasjon av simulation step, 8.2

Etter å ha valgt *simulation step* = 0,45, ble følgende lokale parametere endret for hver tilfart:

- Tilfart 1: Ingen
- Tilfart 2: *Variasjon i reaksjonstid* økt med 1.
- Tilfart 3: Ingen
- Tilfart 4: Ingen

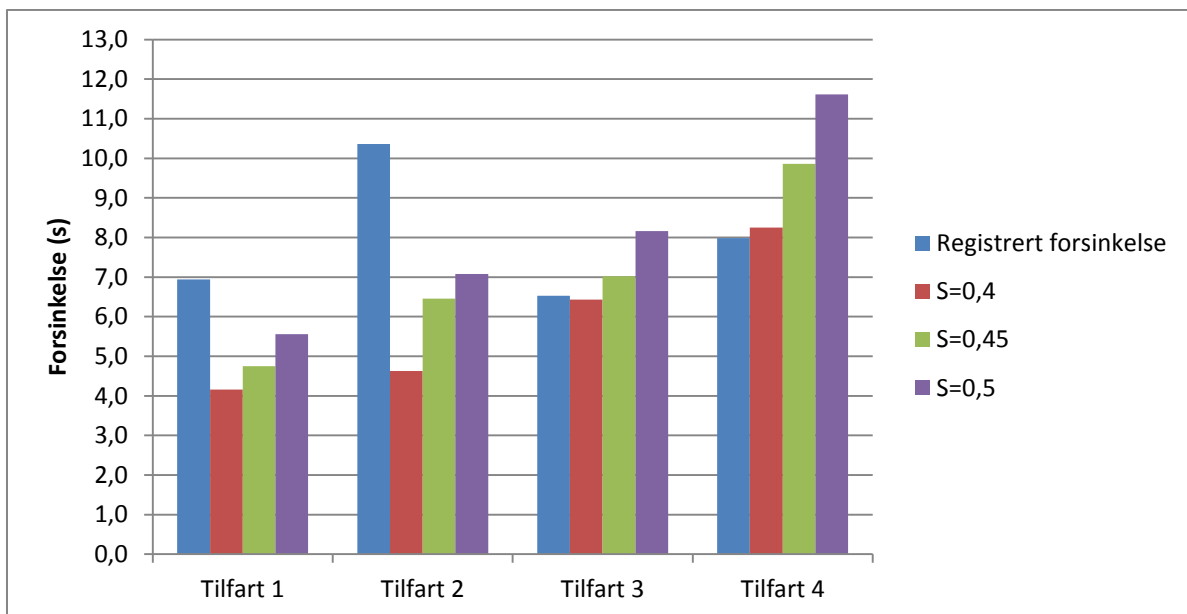
Resultatet fra simuleringen er vist i Figur 189. Det var bra samsvar mellom modellen og de registrerte verdiene. Tilfart 3 har størst avvik mellom registrerte- og simulerte forsinkelsesverdier på 0,5 sekund.



Figur 189 Resultat etter kalibrering av gjettummodellen, 8.2.

Gjettummodellen med trafikkvolum fra 6. mars

Figur 190 viser hvordan gjettummodellen reagerte på variasjon i *simulation step*-verdiene (S). S= 0,4 gav gode verder for tilfart 3 og tilfart 4, og ble derfor brukt videre.



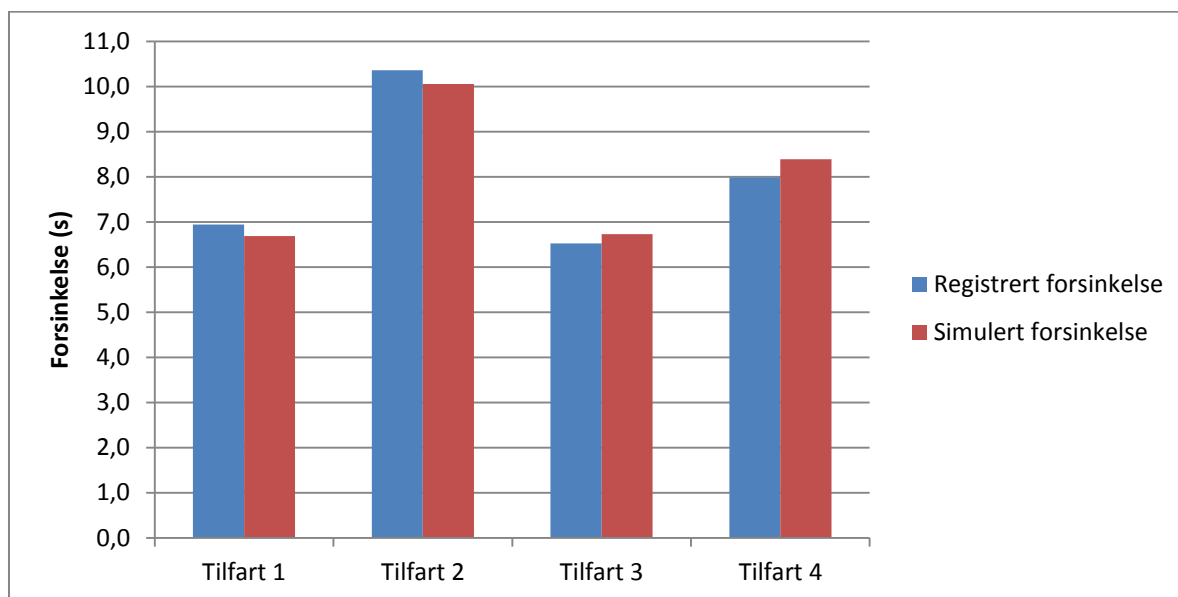
Figur 190 Variasjon av *simulation step*, 6,3.

Etter å ha valgt *simulation step* = 0,4, ble følgende lokale parametere endret for hver tilfart:

- Tilfart 1: Variasjon i reaksjonstid økt med 1. Siktavstanden ble redusert til 22 meter.
- Tilfart 2: Variasjon i reaksjonstid økt med 4. Siktavstanden ble redusert til 20 meter.
- Tilfart 3: Ingen.

- Tilfart 4: Ingen.

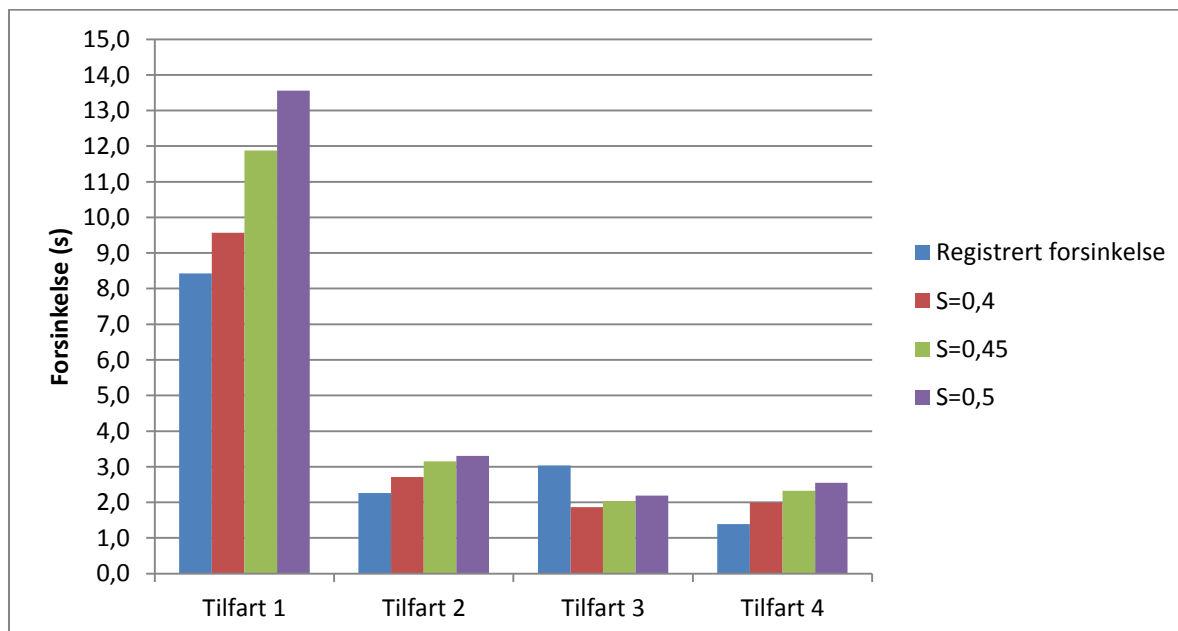
Resultatet fra simuleringen, med oppdaterte lokale verdier, er vist i Figur 190. Tilfart 4 hadde størst avvik med 0,4 sekunder.



Figur 191 Resultat etter kalibrering, 6,3.

Frognermodellen med trafikkvolum fra 17. april

Figur 192 viser hvordan frognermodellen reagerte på endring av *simulation step*-verdier. I dette tilfellet ble tilfart 1 dimensjonerende, og $S=0,4$ var best egnet til videre arbeid.

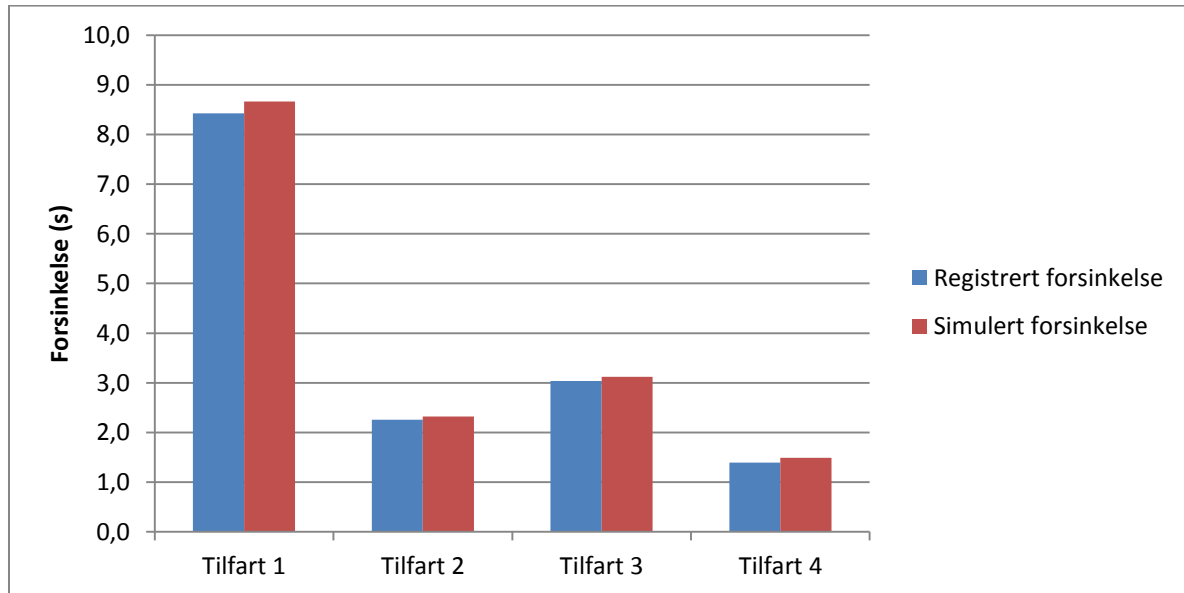


Figur 192 Variasjon av *simulation step*, 17.4.

Etter å ha valgt *simulation step* = 0,4, ble følgende lokale parametere endret for hver tilfart:

- Tilfart 1: *Siktavstanden* ble økt til 60 meter.
- Tilfart 2: *Siktavstanden* ble økt til 50 meter.
- Tilfart 3: *Variasjon i reaksjonstid* økt med 3.
- Tilfart 4: *Siktavstanden* ble økt til 60 meter.

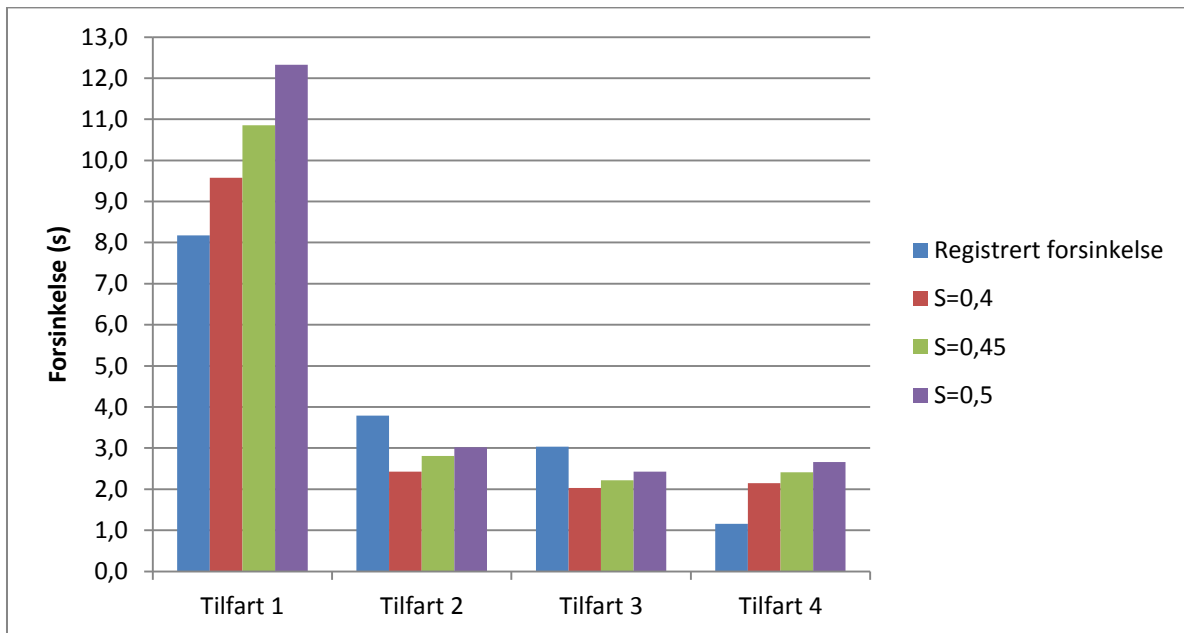
Figur 193 viser resultatet fra simulering i frognermodellen med oppdaterte lokale parametere. Tilfart 1 har størst avvik med 0,2 sekund.



Figur 193 Resultat etter kalibrering, 17.4.

Frognermodellen med trafikkvolum fra 8. mai

Figur 194 viser hvordan frognermodellen reagerte på endring i *simulation step*-verdier (S). Også i dette tilfellet ble tilfart 1 dimensjonerende. S=0,4 passet best i dette tilfellet.

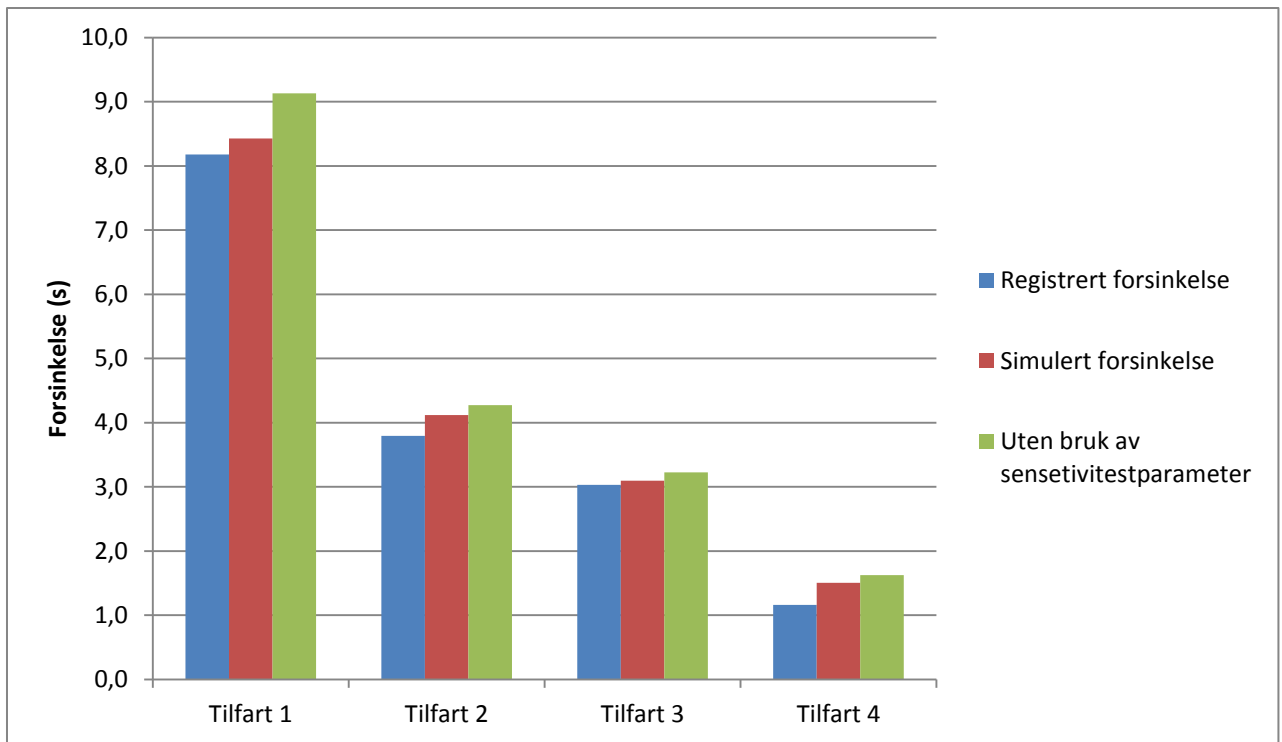


Figur 194 Variasjon av simulation step, 8.5.

Etter å ha valgt *simulation step* = 0,4, ble følgende lokale parametere endret for hver tilfart:

- Tilfart 1: Ingen
- Tilfart 2: *Variasjon i reaksjonstid* økt med 2.
- Tilfart 3: *Variasjon i reaksjonstid* økt med 2.
- Tilfart 4: *Siktavstanden* ble økt til 60 meter.

I tillegg ble *Sensitivitetsparameteren* α redusert til 0,9. Dette var første gang en kjøretøyparameter ble benyttet. Figur 142 viser resultatet av simuleringen, og effekten bruken av *sensitivitetsparameteren* α hadde på modellen. Tilfart 2 og -4 hadde størst avvik med 0,4 sekund.



Figur 195 Resultat etter kalibrering, 8.5

Bilag 7

Forsinkelsesverdier med respektive makstime som trafikkgrunnlag.

Tabell 37 Makstimeresultat, forhold 1:1 mellom *reaksjonstid* og *simulation step*

		Registrert forsinkelse makstime (s)	Simulert forsinkelse (s)	Avvik %	Avvik (s)
8.2	Tilfart 1	5,8	5,9	2 %	0,1
	Tilfart 2	7,6	7,7	2 %	0,1
	Tilfart 3	8,4	7,8	-7 %	-0,5
	Tilfart 4	11,3	11,8	5 %	0,5
6.3	Tilfart 1	7,9	7,5	-5 %	-0,4
	Tilfart 2	13,9	11,5	-17 %	-2,3
	Tilfart 3	6,7	5,5	-18 %	-1,2
	Tilfart 4	8,3	7,7	-7 %	-0,6
17.4	Tilfart 1	9,9	8,3	-16 %	-1,6
	Tilfart 2	2,6	2,4	-7 %	-0,2
	Tilfart 3	2,8	2,7	-2 %	0,0
	Tilfart 4	1,4	1,6	11 %	0,2
8.5	Tilfart 1	8,5	9,7	14 %	1,2
	Tilfart 2	6,2	4,1	-34 %	-2,1
	Tilfart 3	2,9	3,2	13 %	0,4
	Tilfart 4	2,7	1,4	-46 %	-1,2

Tabell 38 Makstime resultat, forhold 2:1 mellom *reaksjonstid* og *simulation step*

		Registrert forsinkelse (s)	Simulert forsinkelse (s)	Avvik %	Relativt avvik (s)
8.2	Tilfart 1	5,8	6,1	6 %	0,4
	Tilfart 2	7,6	8,9	17 %	1,3
	Tilfart 3	8,4	8,0	-4 %	-0,3
	Tilfart 4	11,3	11,3	1 %	0,1
6.3	Tilfart 1	7,9	7,3	-8 %	-0,6
	Tilfart 2	13,9	11,1	-20 %	-2,8
	Tilfart 3	6,7	6,2	-7 %	-0,5
	Tilfart 4	8,3	8,8	5 %	0,5
17.4	Tilfart 1	9,9	10,0	1 %	0,1
	Tilfart 2	2,6	2,6	-1 %	0,0
	Tilfart 3	2,8	3,3	20 %	0,5
	Tilfart 4	1,4	1,6	11 %	0,2
8.5	Tilfart 1	8,5	9,1	7 %	0,6
	Tilfart 2	6,2	4,3	-31 %	-1,9
	Tilfart 3	2,9	3,2	13 %	0,4
	Tilfart 4	2,7	1,6	-39 %	-1,0