

2-sporede rundkørsler

Vurdering af kapacitet i tilfartssporet



Marts 2007

Poul Greibe
Belinda la Cour Lund

Trafitec
Scion-DTU
Diplomvej, bygning 376
2800 Kgs. Lyngby
www.trafitec.dk

Indhold

Indledning.....	3
Dataindsamling	4
Passagetid	7
Kritisk interval.....	9
Empiriske målinger af kapacitet	11
Sammenfatning	19
Referencer	21
Bilag 1 – Fotos og plantegninger	22
Bilag 2 - Videoregistrering.....	32

Indledning

Dette arbejdsnotat indeholder hovedresultaterne fra en undersøgelse, der har til formål at udbygge den eksisterende viden vedr. adfærdsparametre til beregning af kapacitet i 2-sporede rundkørsler.

I Kapacitet og serviceniveau [1], Vejregelforslag fra oktober 2005, anbefales til beregning af tilfartssporet kapacitet følgende værdier for det kritiske interval og passagetiden:

Tilfart	Kritisk interval overfor personbiler (Tau)	Passagetiden (delta)
2-sporet by	4,2 sek.	2,8 sek.
2-sporet land	4,0 sek.	2,8 sek.

Tabel 1. Nuværende værdier for kritisk interval og passagetid.

Korrektionsfaktoren for kfN_{ud} for udkørende trafik i hosliggende frafart er sat til:

$kfN_{ud} = 1,00$ for $N_{ud} < 400$ pe/time

$kfN_{ud} = 0,95$ for 400 pe/time $< N_{ud} < 800$ pe/time

$kfN_{ud} = 0,90$ for $N_{ud} > 800$ pe/time

De anbefalede adfærdsparametre og korrektionsfaktorer er baseret på et lille datagrundlag, hvorfor det har været ønsket at supplere den nuværende viden med yderligere undersøgelser af 2-sporede rundkørsler.

Dataindsamling

Rundkørsler

Baseret på oplysninger fra VIS samt indsamlet kortmateriale er i alt 16 rundkørsler med 2 cirkulerende spor samt tilfarter med 2 spor blevet identificeret. Disse 16 rundkørsler er nærmere vurderet mht. trafikmængder samt mulighed for dataindsamling. På baggrund af dette er 5 rundkørsler udvalgt, hvori trafikken er analyseret ud fra videooptagelser. Der er foretaget mellem 3 og 15 timers videooptagelser i hver tilfart.

De 5 rundkørsler med 2 sporede tilfarter, der er analyseret i dette projekt, er følgende:

Nr.	Kommune	Vejid / kmt	Antal ben	By/Land
1	Frederiksværk	20-106-0 / 21,000	4	Land
2	Frederiksværk	20-106-0 / 22,500	5	By/Land
3	Hørsholm	20-527-0 / 24,900	4	Land
4	Allerød	20-545-0 / 27,330	4	Land
5	Århus	0-431-0 / 5,950	3	Land

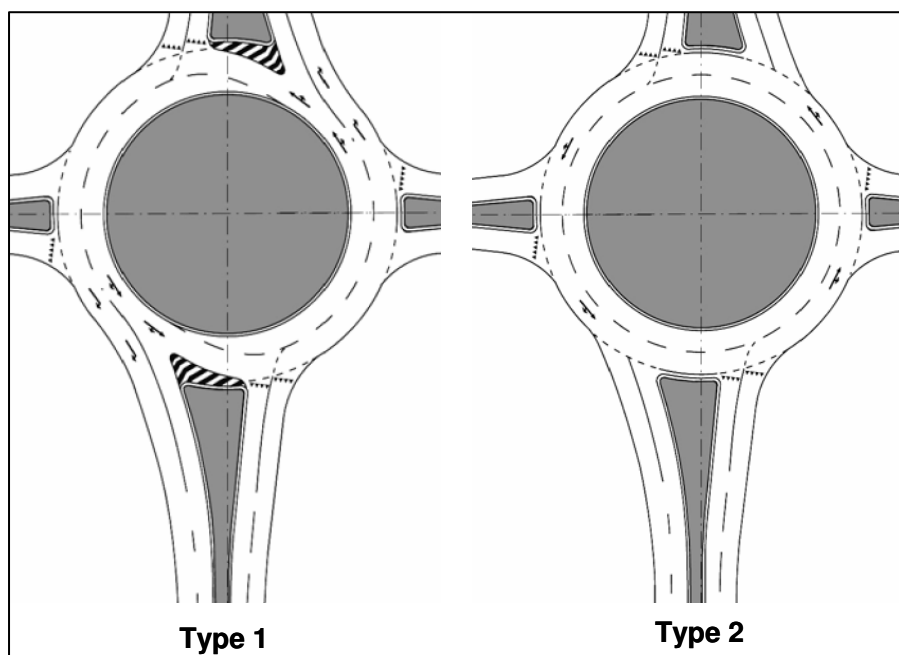
Tabel 2. Rundkørsler der indgår i undersøgelsen.

De 5 rundkørsler er alle beliggende i landområde, på nær nr. 2, der ligger på grænsen mellem by og land.

Der er i undersøgelsen skelnet mellem 2 typer af tilfarter, se figur 1.

Type 1: Hvor der er ét cirkulerende spor forbi tilfarten (og tvungen højreud i hosliggende frafart)

Type 2: Hvor der er 2 cirkulerende spor forbi tilfarten.



Figur 1. Type 1 og type 2 tilfart med henholdsvis 1 og 2 cirkulerende spor.

I de 5 rundkørsler er begge tilfartstyper repræsenteret, og analysen er derfor baseret på i alt 7 tilfarter i de 5 rundkørsler.

Det drejer sig om

- 5 tilfarter med 1 cirkulerende spor (type 1)
- 2 tilfarter med 2 cirkulerende spor (type 2)

Langt de fleste 2-sporede rundkørsler i Danmark er baseret på type 1 tilfarter.

Det skal bemærkes, at den ene tilfart af type 2 som indgår i undersøgelsen har et ekstra cirkulerende spor uden på de 2 alm. cirkulerende spor. Dette ekstra cirkulerende spor er adskilt med midterhelle til selve cirkulationsarealet og fungerer som en slags shunt. Shunten, som leder trafik ud af den hosliggende frafart, benyttes i stor udstrækning og trafikken her betragtes i denne undersøgelse ikke som alm. frafartstrafik. I bilag 1 findes fotos og plantegninger af alle de undersøgte tilfarter.

Registrering af trafikadfærd

I de analyserede tilfarter er følgende registreret:

1. Målinger som skal danne datagrundlag for beregning af det kritiske interval
2. Måling af passagetider (følgetider)
3. Tælling af afviklet trafik i tilfart sammenholdt med cirkulerende trafik og trafik i frafart

En nærmere beskrivelse af registreringsmetoden kan findes i bilag 2.

I tabel 3 er vist antal timer der er videofilmnet i hver tilfart samt hvor stort et datagrundlag der indgår i registreringen. I bilag 1 er vedlagt fotos og plantegninger af de fem undersøgte rundkørsler.

Rundkørsel	Tilfart	Antal timers videoptagelse (tt:mm)	Antal timers videooptagelse der indgår i registrering af:		
			Passagetid	Kritisk interval	Empirisk studie
1	syd	2:47	2:25	0:50	2:45
	nord	4:20	-	1:20	4:00
2	vest	4:15	1:00	3:03	4:15
	syd	3:00	-	0:35	3:00
3	nord	4:20	1:30	3:30	4:20
4	nord	4:55	1:00	4:00	4:00
5	syd	15:09	0:10	1:00	2:30

Tabel 3. Antal optagetimer samt registreringstimer.

Passagetid

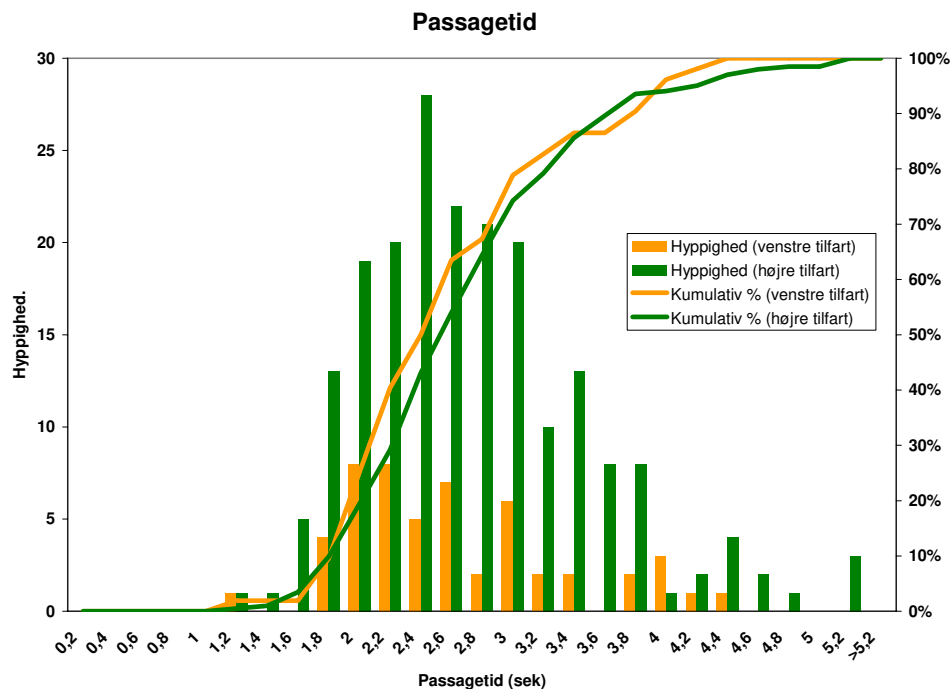
I alt er 254 passagetider registreret. Den gennemsnitlige passagetid samt antal registrerede passagetider er vist i nedenstående tabel.

Rund- kørsel nr	Til- fartstype	Antal passagetider		Middelpassagetid	
		Venstre tilfart	Højre tilfart	Venstre tilfart	Højre tilfart
1	1	9	31	2,6	2,8
2	1	9	15	2,7	2,9
3	1	0	29	-	2,5
4	1	0	84	-	2,7
Samlet		18	159	2,6	2,7
5	2	34	43	2,5	2,6
Samlet		34	43	2,5	2,6
Samlet		52	202	2,6	2,7

Tabel 4. Målte passagetider.

Flest passagetider er registreret for højre tilfart, i alt 202 passagetider, mens der er registreret 52 passagetider for venstre tilfart. Middelpassagetiden er henholdsvis 2,6 og 2,7 for venstre og højre tilfart. Generelt ses lidt lavere passagetider for den venstre tilfart sammenlignet med den højre (0,1-0,2 sek). Derudover er der nogen forskel rundkørslerne imellem. Type 1 tilfarer har 0,1 sek længere passagetid for både højre og venstre tilfart sammenlignet med type 2 tilfarer.

Figur 2 viser fordelingen af de målte passagetider for venstre og højre tilfart. Som det ses ligner fordelingen for højre og venstre tilfart hinanden.



Figur 2. Fordeling af målt passagetid.

Et generelt træk er dog, at passagetiden er størst målt mellem bil i 1. køposition og bil i 2. køposition, næststørst for bil i 2. og 3. køposition osv. Nedenstående tabel 5 viser middelpassagetiden mellem køretøjer opdelt på hvilken køposition passagetiden tilhører.

Højre tilfart	Passagetid i forhold til køposition			
	1.-2. køp.	2.-3. køp.	3.-4. køp.	4.-5. køp.
Middelpassagetid (sek)	3,1	2,5	2,4	2,2

Tabel 5. Målte passagetider opdelt på køposition.

Det betyder, at de forskelle i middelpassagetiden som findes i tabel 4 til dels kan tilskrives trafikafviklingsmønstret i tilfarten. Tilfarter hvor der afvikles mange køretøjer i "et hug" har typisk en lav middelpassagetid, mens tilfarter hvor der afvikles 2-3 køretøjer ad gangen har en noget højere middelpassagetid.

Kritisk interval

Det kritiske interval er vurderet ud fra målte accepterede og forkastede gab og delayed lags. Gab og lag er målt som beskrevet i bilag 2. Bemærk her, at for type 2 tilfarter (med 2 cirkulerende spor) er det kritiske interval målt på den samlede cirkulerende strøm.

Ud fra de målte værdier af accepterede og forkastede gab/lag er det kritiske interval forsøgsvis beregnet ud fra 2 metoder, dels Ruffs noget simple metode og dels Kärbers metode, se [2]. Det viste sig, at begge metoder giver næsten samme resultat ($\pm 0,2$ sek). Resultaterne vha. Kärbers metode viste sig dog at være mest robuste og pålidelige, hvorfor alle de viste resultater i denne undersøgelse er baseret på Kärbers metode.

Nedenstående tabel 6 viser de beregnede kritiske intervaller for de registrerede tilfarter samt antallet af observationer for hver tilfart.

Rundknr.	Tilfart	Type	Højre/venstre tilfart	Antal observationer				Beregnet kritisk interval	
				Gab		Delayed lag		Gab (sek)	Lag (sek)
				Acc.	Fork.	Acc.	Fork.		
1	syd+nord	1	Venstre	68	89	27	23	4,1	4,0
1	syd+nord	1	Højre	29	52	42	54	3,5	3,6
2	vest	1	Venstre	124	246	44	42	4,1	3,4
2	syd	2	Venstre	36	57	13	11	4,6	
5	syd	2	Venstre	33	51	39	56	3,8	3,9
5	syd	2	Højre	27	49	37	63	4,1	4,2
3	nord	1	Højre	12	32	78	79	4,2	3,8
3	nord	1	Venstre	16	26	0	0	4,2	-
4	nord	1	Højre	35	37	70	104	4,1	4,0
4	nord	1	Venstre	3	3	4	3	-	-

Tabel 6. Målte kritiske intervaller

For nogle tilfarter har antallet af observationer været for beskedent til, at kunne beregne et kritisk interval. Det beregnede gab ligger generelt en smule højere (gns 4,1 sek) end de beregnede lags (gns. 3,8 sek).

En opdeling på højre og venstre tilfart samt type 1 og type 2 rundkørsler ses i tabel 7. Et samlet kritisk interval vil (baseret på tidligere erfaringer) ligge et sted mellem kritisk gab og kritisk lag, her beregnet som et gennemsnit mellem de to.

Type	Højre/venstre	Gab (sek)	Lag (sek)	Samlet kritisk interval (sek)
1	Højre	3,9	3,8	3,9
1	Venstre	4,1	3,7	3,9
2	Højre	4,1	4,2	4,2
2	Venstre	4,2	3,9	4,1

Tabel 7. Målte kritiske intervaller opdelt på højre/venstre tilfart samt tilfartstype.

De fundne kritiske intervaller er lidt større for type 2 rundkørsler (2 cirkulerende spor) sammenlignet med type 1 rundkørsler (1 cirkulerende spor). Tilsyneladende er der kun lille forskel mellem højre og venstre tilfart.

Empiriske målinger af kapacitet

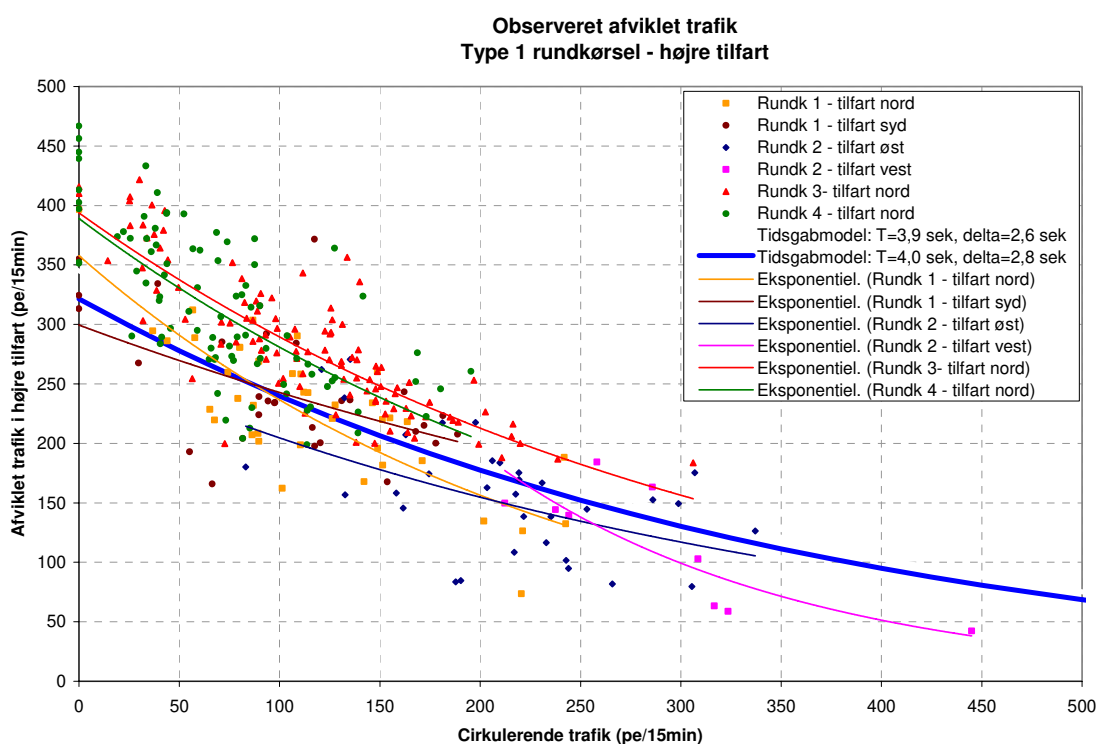
I situationer med permanent kø i tilfarten er antallet af biler der afvikles fra tilfarten opgjort sammen med antallet af cirkulerende køretøjer samt køretøjer i hosliggende frafart. Kun tidsperioder med permanent kø i tilfart på min 20 sek. er benyttet i analysen.

For hver tidsperiode er de registrerede trafiktællinger opregnet til personbilenheder pr 15 min.

I alt 336 tidsperioder er registreret for type 1 tilfarter, mens der for type 2 tilfarter er registreret 148 tidsperioder.

Type 1 tilfart (med 1 cirkulerende spor)

Figur 3 viser de registrerede tidsperioder med afviklet trafik for højre tilfartsspor i type 1 rundkørsler. Til sammenligning er desuden den teoretiske tidsgabmodel vist med henholdsvis de nuværende værdier fra Vejreglerne ($T=4,0$, $\Delta=2,8$) og de fundne værdier i dette studie ($T=3,9$, $\Delta=2,6$). Endvidere er der vist et 'best fit' for hver tilfart.



Figur 3. Observeret trafikafvikling i højre tilfartsspor i en type 1 tilfart sammenlignet med tidsgabmodellen.

De 6 tilfarter opfører sig, overordnet set, nogenlunde ensartet, selvom der er nogen spredning i data. Det ser ud til, at tidsgabmodellen undervurdere tilfartens kapacitet ved lille cirkulerende trafik, men til gengæld overvurdere kapaciteten ved stor cirkulerende trafik. Umiddelbart kunne det tyde på, at en lavere passage-tid og et højere kritisk interval i tidsgabmodellen ville passe bedre overens med den observerede trafikafvikling. Det skal bemærkes, at der i figuren ikke er taget højde for trafik i frafarten.

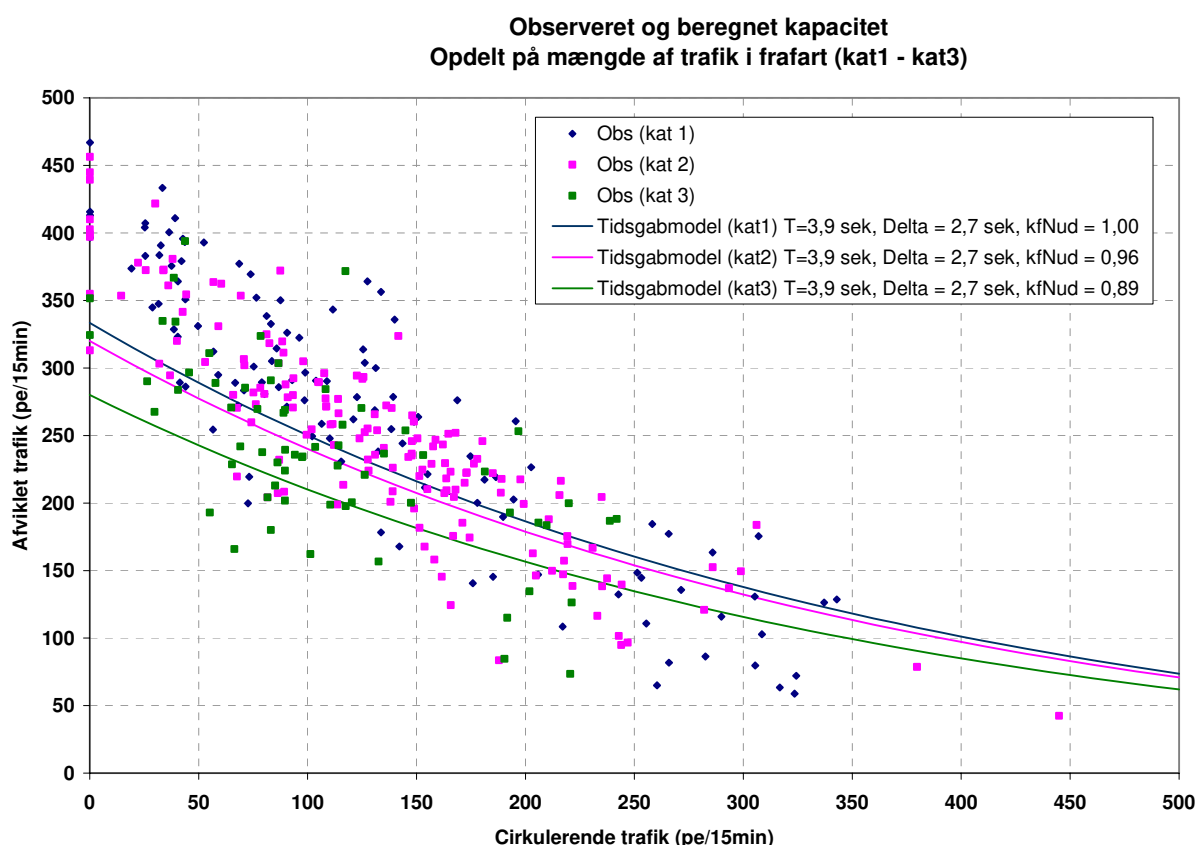
Figur 4 viser de observerede data for afviklet trafik opdelt på intensiteten i hosliggende frafart. Der opdeles på tre intensitetsniveauer som i Vejreglerne:

Kat 1: $N_{ud} < 400$ pe/time

Kat 2: $400 \text{ pe/time} < N_{ud} < 800$ pe/time

Kat 3: $N_{ud} > 800$ pe/time

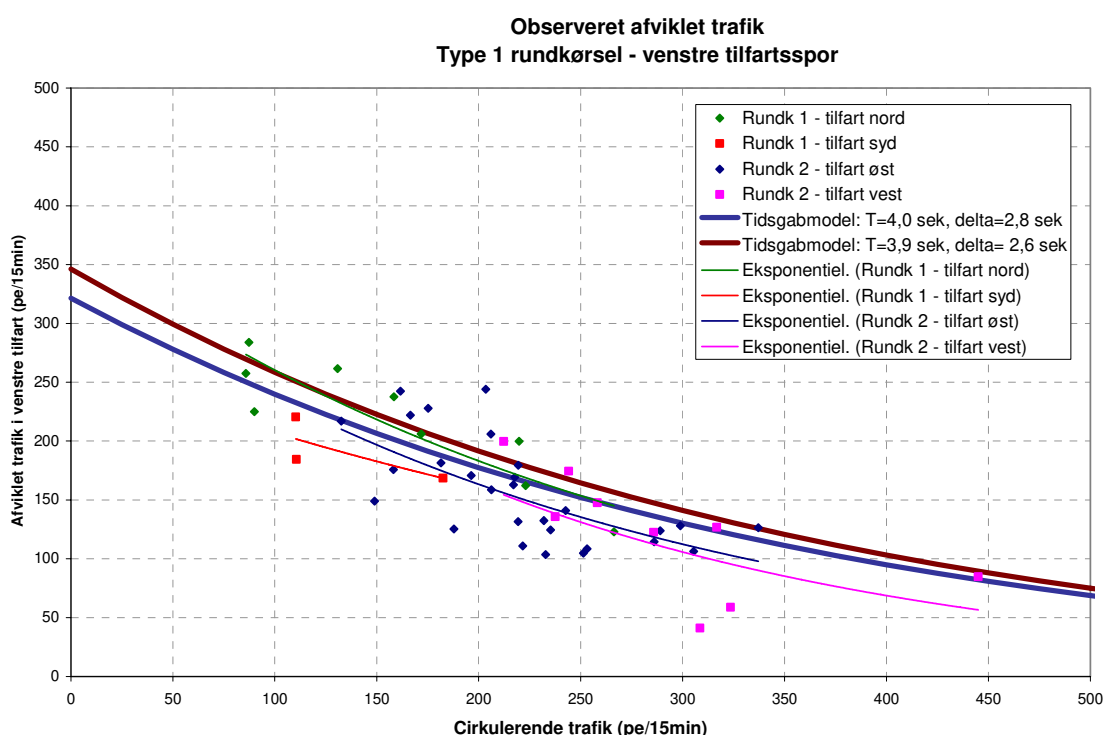
I figuren er ligeledes vist tidsgabmodellen med de fundne værdier i dette studie ($T=3,9$ sek, $\Delta=2,7$ sek) hvor der er korrigeret for frafartstrafik ud fra re-estimerede værdier af $kfNud$. Værdierne for $kfNud$ er fundet til henholdsvis 1,00/0,96/0,89 for de tre kategorier.



Figur 4. Højre tilfart – type 1: Observeret og beregnet afviklet trafik ved permanent kø, opdelt på trafik i hosliggende frafart.

Et best fit af tidsgabmodellen til de observerede data (hvor alle parametrene genberegnes) fås med værdierne $T = 4,7$ sek, $\Delta = 2,1$ sek og $kfNud = 1,00/0,96/0,84$.

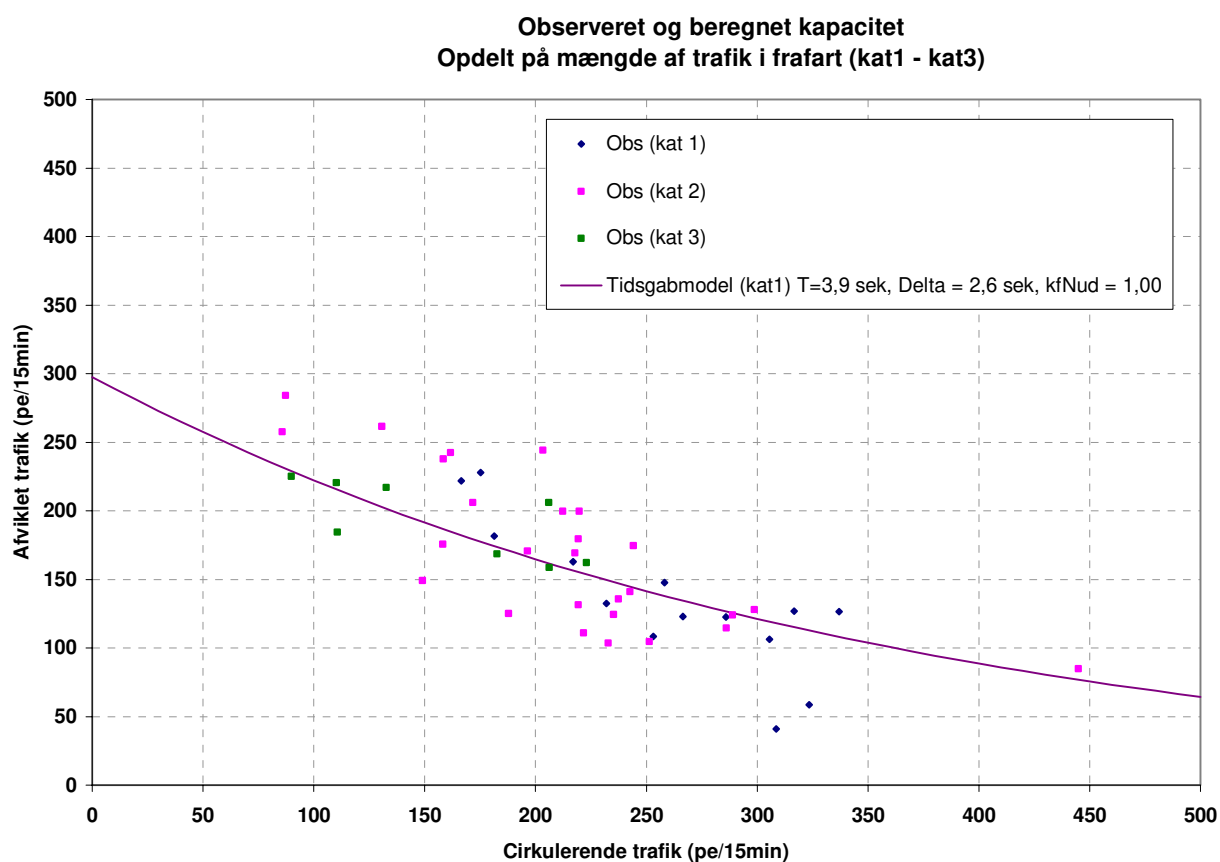
Figur 5 viser de registrerede tidsperioder med afviklet trafik for venstre tilfartsspor i type 1 rundkørsler. Til sammenligning er desuden den teoretiske tidsgabmodel vist med henholdsvis de nuværende værdier fra Vejreglerne ($T = 4,0$, $\Delta = 2,8$) og de fundne værdier i dette studie ($T = 3,9$, $\Delta = 2,6$). Endvidere er der vist et 'best fit' for hver tilfart.



Figur 5. Observeret trafikafvikling i venstre tilfartsspor i en type 1 tilfart sammenlignet med tidsgabmodellen.

Tidsgabmodellen passer nogenlunde med de observerede data. Det ser dog ud til, at modellen overvurderer kapaciteten en anelse. Det skal bemærkes, at der i figur 5 ikke er taget højde for trafik i frafarten.

Figur 6 viser de observerede data for afviklet trafik opdelt på intensiteten i hosliggende frafart. Det har desværre ikke været muligt at beregne værdier for $kfNud$, da datamaterialet er for beskedent.

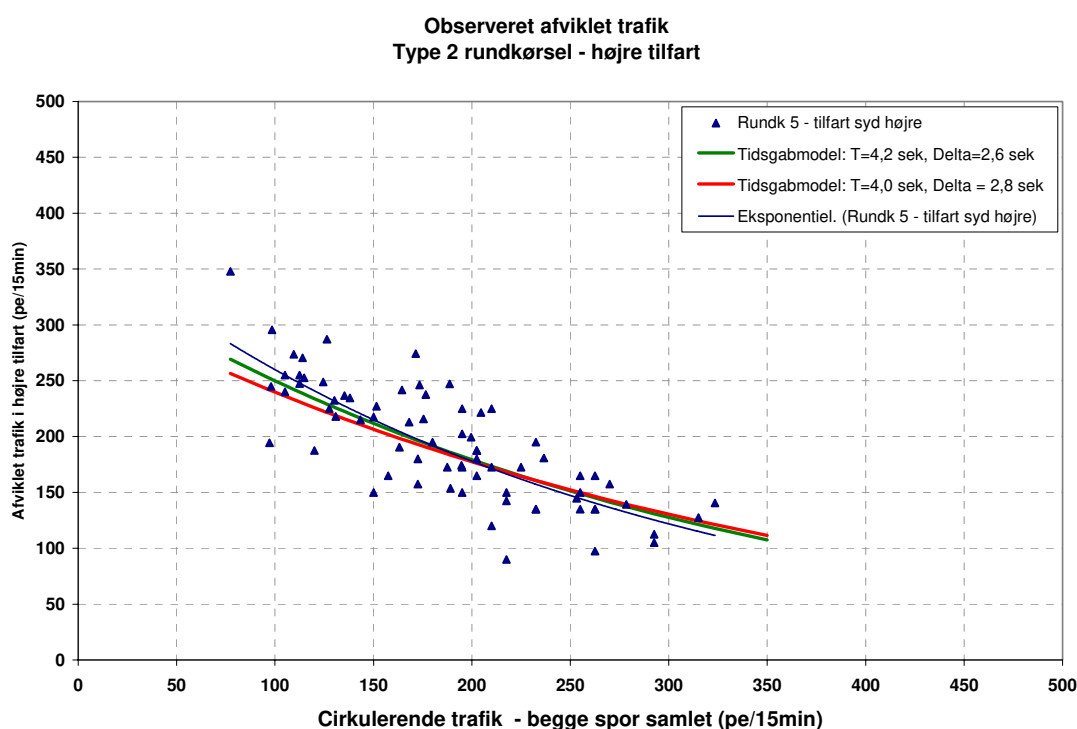


Figur 6. Venstre tilfart – type 1: Observeret og beregnet afviklet trafik ved permanent kø, opdelt på trafik i hosliggende frafart.

Et best fit af tidsgabmodellen til de observerede data (hvor alle parametrene genberegnes) fås med værdierne $T=4,5$ sek, $\Delta = 2,6$ sek, $kfNud = 1,00$ for alle kategorier (kan ikke opdeles)

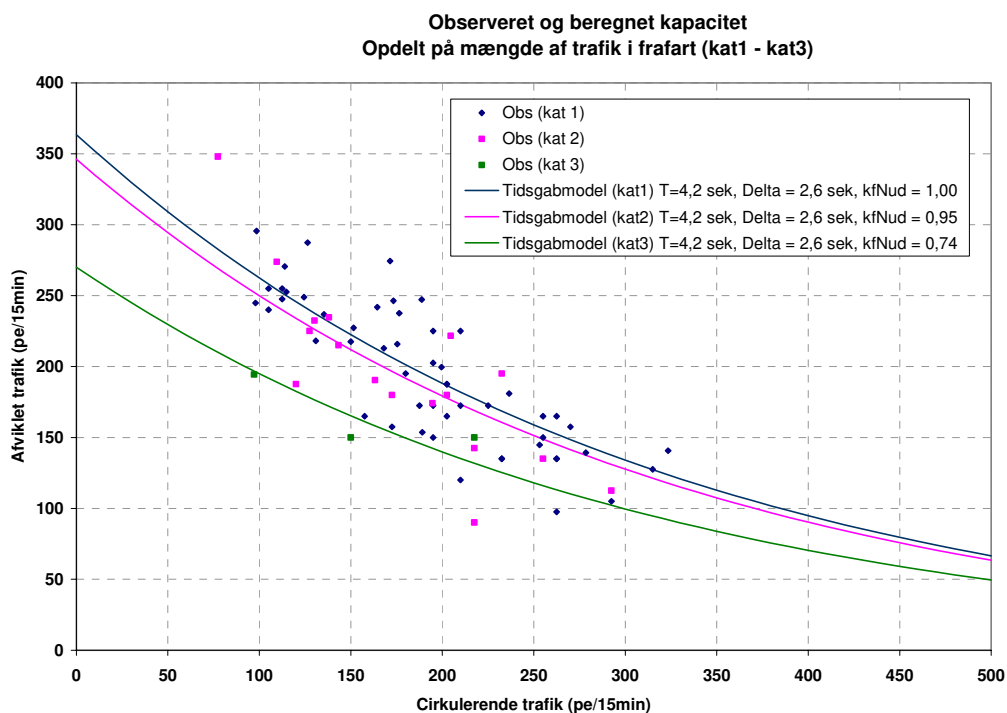
Type 2 tilfart (2 cirkulerende spor)

Figur 7 viser den målte afviklede trafik i højre tilfart ved permanent kø sammenholdt med tidsgabmodellen med de nuværende parametre fra Vejreglerne ($T = 4,0$ sek, $\Delta = 2,8$ sek) og med de fundne parametre i dette studie ($T = 4,2$ sek, $\Delta = 2,6$ sek). Som det ses passer begge tidsgabmodeller rimeligt godt. Endvidere er der vist et 'best fit' for tilfarten.



Figur 7. Observeret trafikafvikling i højre tilfartsspor i en type 2 tilfart sammenlignet med tidsgabmodellen.

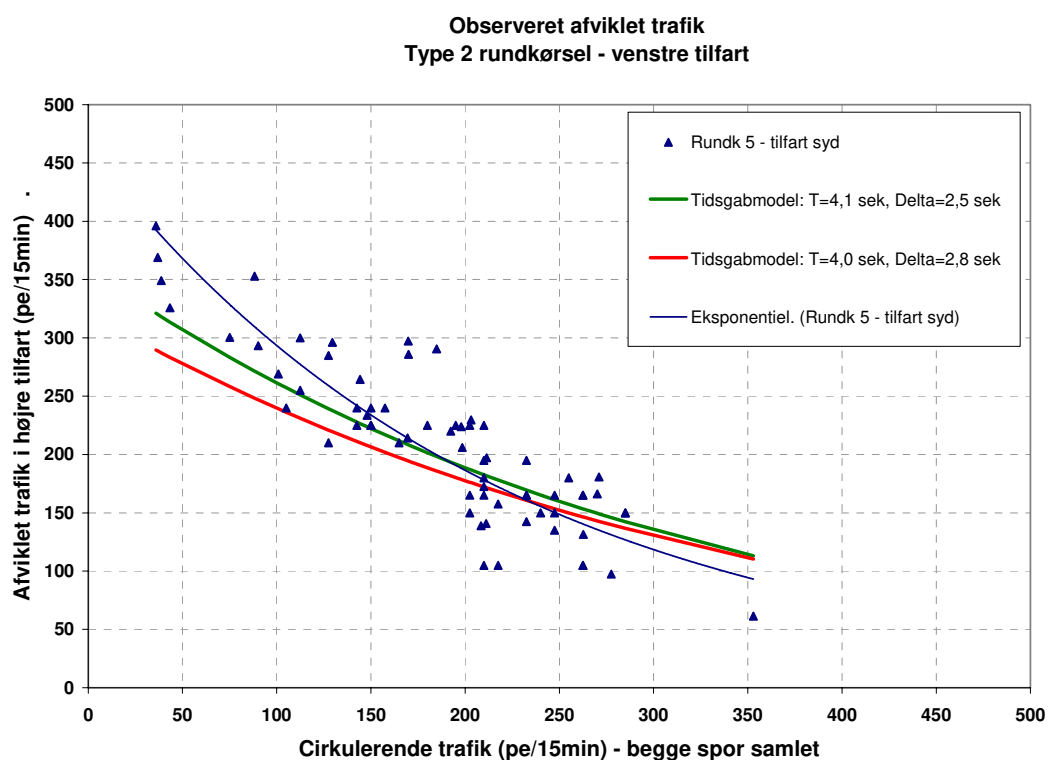
Figur 8 viser de observerede data for afviklet trafik opdelt på intensiteten i hosliggende frafart. I figuren er ligeledes vist tidsgabmodellen med de fundne værdier i dette studie ($T = 4,2$ sek, $\Delta = 2,6$ sek) hvor der er korrigeret for frafartstrafik ud fra re-estimerede værdier af $kfNud$. Værdierne for $kfNud$ er fundet til henholdsvis 1,00/0,95/0,74 for de tre kategorier.



Figur8. Højre tilfart – type 2: Observeret og beregnet afviklet trafik ved permanent kø, opdelt på trafik i hosliggende frafart.

Et best fit af tidsgabmodellen til de observerede data (hvor alle parametrene genberegnes) fås med værdierne $T=4,0$ sek, $\delta = 2,6$ sek. $kfNud = 1,00/0,95/0,76$.

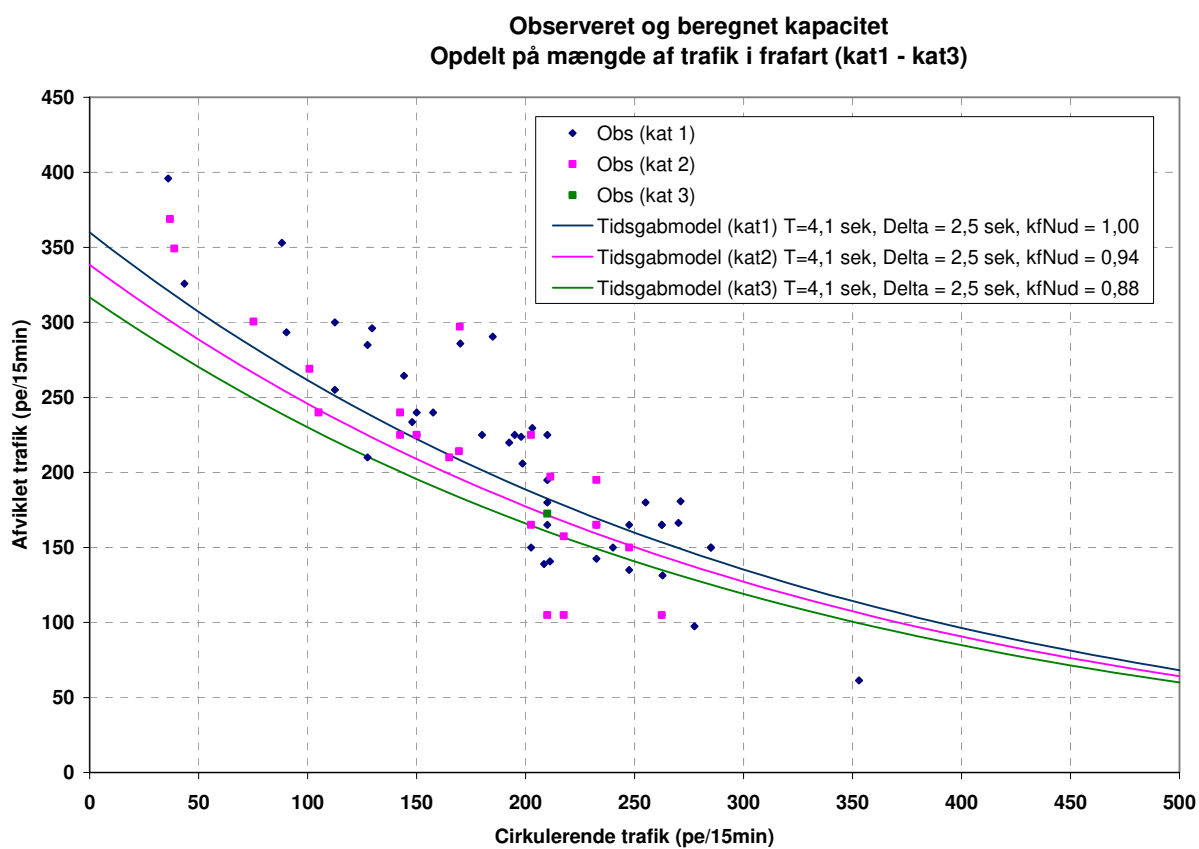
Figur 9 viser de registrerede tidsperioder med afviklet trafik for venstre tilfartsspor i type 2 rundkørsler. Til sammenligning er desuden er den teoretiske tidsgabmodel vist med henholdsvis de nuværende værdier fra Vejreglerne ($T = 4,0$ sek, $\delta = 2,8$ sek) og de fundne værdier i dette studie ($T = 4,1$ sek, $\delta = 2,6$ sek). Endvidere er der vist et 'best fit' for tilfarten.



Figur 9. Observeret trafikafvikling i venstre tilfartsspor i en type 2 tilfart sammenlignet med tidsgabmodellen.

Som det ses passer begge tidsgabmodeller nogenlunde med de observerede data. Den bedste beskrivelse fås for tidsgabmodellen med de nye værdier ($T = 4,1$ sek, $\Delta = 2,5$ sek). Igen er der en tendens til, at modellen undervurderer kapaciteten ved lav intensitet i cirkulationsarealet, mens kapaciteten overvurderes ved stor cirkulerende trafikintensitet.

Figur 10 viser de observerede data for afviklet trafik opdelt på intensiteten i hosliggende frafart. I figuren er ligeledes vist tidsgabmodellen med de fundne værdier i dette studie ($T = 4,1$ sek, $\Delta = 2,5$ sek) hvor der er korrigeret for frafartstrafik ud fra re-estimerede værdier af $kfNud$. Værdierne for $kfNud$ er fundet til henholdsvis 1,00/0,94/0,88 for de tre kategorier. Der er dog kun én observation for frafartstrafik > 800 pe/time (kategori 3) hvorfor de 0,88 er noget usikker bestemt.



Figur 10. Venstre tilfart – type 2: Observeret og beregnet afviklet trafik ved permanent kø, opdelt på trafik i hosliggende frafart.

Et best fit af tidsgabmodellen til de observerede data (hvor alle parametrene genberegnes) fås med værdierne $T = 4,4$ sek, $\Delta = 2,1$ sek. $kfNud = 1,00/0,93/0,89$.

Sammenfatning

2-sporede rundkørsler er undersøgt med henblik på at vurdere metoden til bestemmelse af tilfartssporets kapacitet. Der er i undersøgelsen skelnet mellem to typer af tilfarer (type 1 og 2) med henholdsvis 1 cirkulerende spor forbi tilfarten og 2 cirkulerende spor forbi tilfarten. Derudover er der som udgangspunkt skelnet mellem højre og venstre tilfartsspor. I undersøgelsen indgår 5 rundkørsler, hvoraf de 4 er af type 1. Alle rundkørsler er placeret i landområde på nær én som ligger på grænsen mellem by- og landzone.

De to adfærdsparametre der indgår i den teoretiske tidsgabmodel (passagetid og kritisk interval), er i undersøgelsen blevet målt til værdier som vist i tabel 8. Det kritiske interval er for type 2 rundkørsler målt på den samlede cirkulerende trafikstrøm (højre og venstre cirkulerende strøm samlet).

Tilfartstype	Højre / Venstre spor	Passagetid (sek)	Kritisk interval overfor motor-køretøjer (sek)
Type 1	Højre	2,7	3,9
	Venstre	2,6	3,9
Type 2	Højre	2,6	4,2
	Venstre	2,5	4,1

Tabel 8. Målte adfærdsparametre.

Generelt ses kun små forskelle i de målte adfærdsparametre hvorfor højre og venstre tilfartsspor godt kan behandles under et. Forskellen mellem type 1 og type 2 tilfarer er ligeledes lille. Type 2 rundkørsler har lidt større kritisk interval (0,2-0,3 sek) men til gengæld lidt lavere passagetid.

Generelt ses lavere målte passagetider i situationer hvor tilfartssporet afvikler mange køretøjer (f.eks. ved rullende kø). I sådanne situationer vil middelpassagetiden være ca. 2,1 sek, mens i situationer hvor der kun afvikles 2 køretøjer ad gangen, er passagetiden nærmere 3 sek.

Med udgangspunkt i denne undersøgelse vil et samlet sæt adfærdsparametre til brug for 2-sporede rundkørsler i landområde kunne sættes til:

Passagetid: 2,6 sek.

Kritisk interval: 4,0 sek.

Det anbefales i øvrigt at lade 2-sporede rundkørsler i byområder udgå da forekomsten af sådanne rundkørsler er ret beskedent.

Tidsgabmodellen med de fundne parametre er efterfølgende vurderet ud fra en empirisk tilgang, hvor den afviklede trafik i tilfarten er sammenholdt med cirkulerende trafik og trafik i den hosliggende frafart.

Generelt gælder det, at tidsgabmodellen med de fundne parametre undervurderer kapaciteten ved lav cirkulerende trafikintensitet, mens tidsgabmodellen overvurderer kapaciteten ved stor cirkulerende trafikintensitet. Dette gælder især for de højre tilfartsspor. For at tidsgabmodellen skal passe bedre på de observerede data, skal passagetiden reduceres til ca. 2,1-2,3 sek., mens det kritiske interval skal øges til ca. 4,5-4,7 sek.

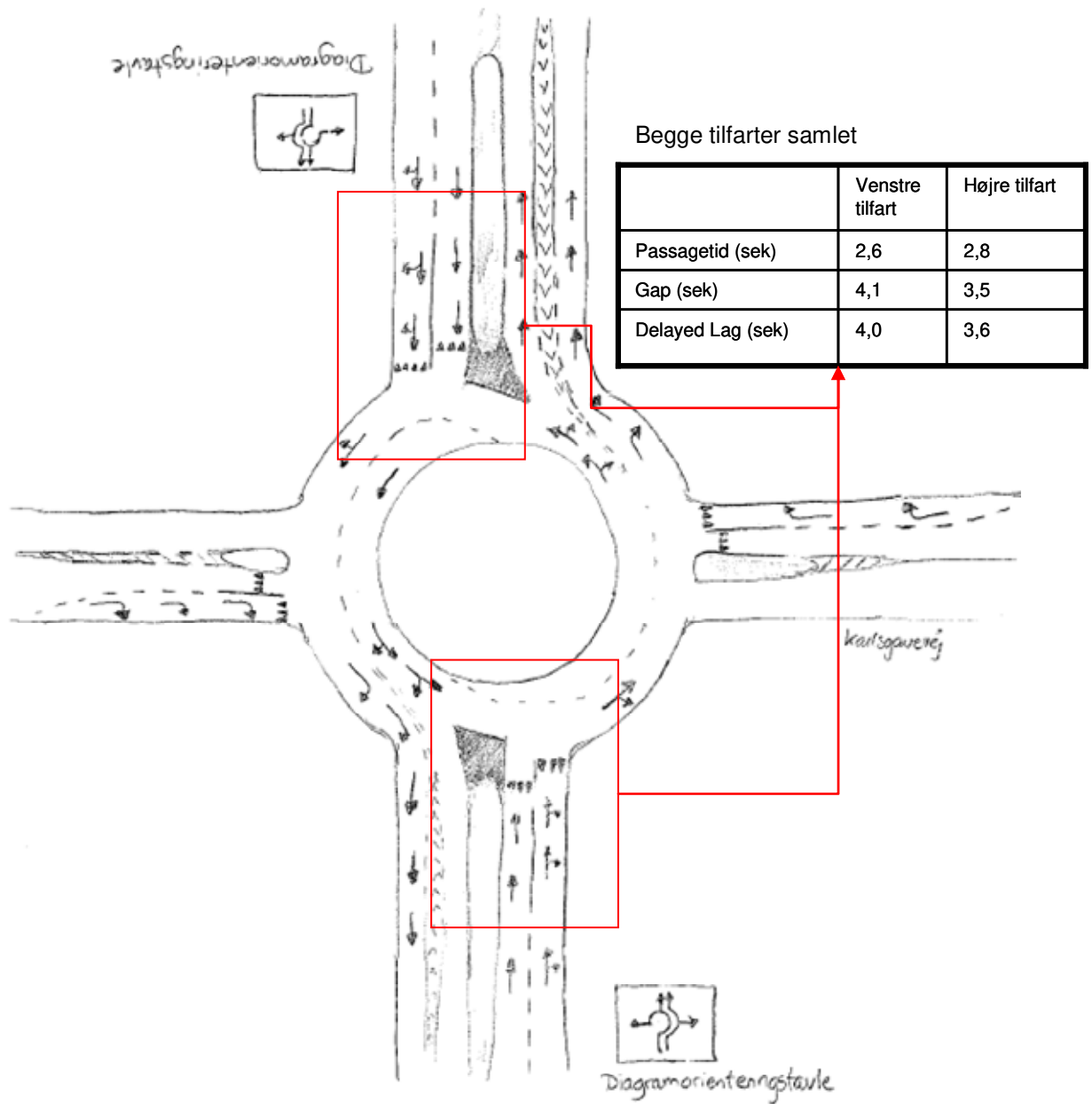
Betydningen af trafikken i den hosliggende frafart er forsøgt undersøgt. Umiddelbart virker de angivne værdier for $kfNud$ i Vejreglerne fornuftige. Dog ser det ud til, at når Nud overstiger 800 $pe/time$, så reduceres tilfartssporets kapacitet med mere end anbefalet i Vejreglerne. I Vejreglerne angives en værdi for $kfNud$ på 0,9 når Nud overstiger 800 $pe/time$. Korrektionsfaktoren bør reduceres til ca. 0,85 for at afspejle den virkelige adfærd.

Referencer

- [1] Kapacitet og serviceniveau – Vejregelforslag Oktober 2005
- [2] Metoder til valg af reguleringsform for vejkryds. Pierre Aagaard, 1995

Bilag 1 – Fotos og plantegninger

Rundkørsel 1 - Frederiksværk



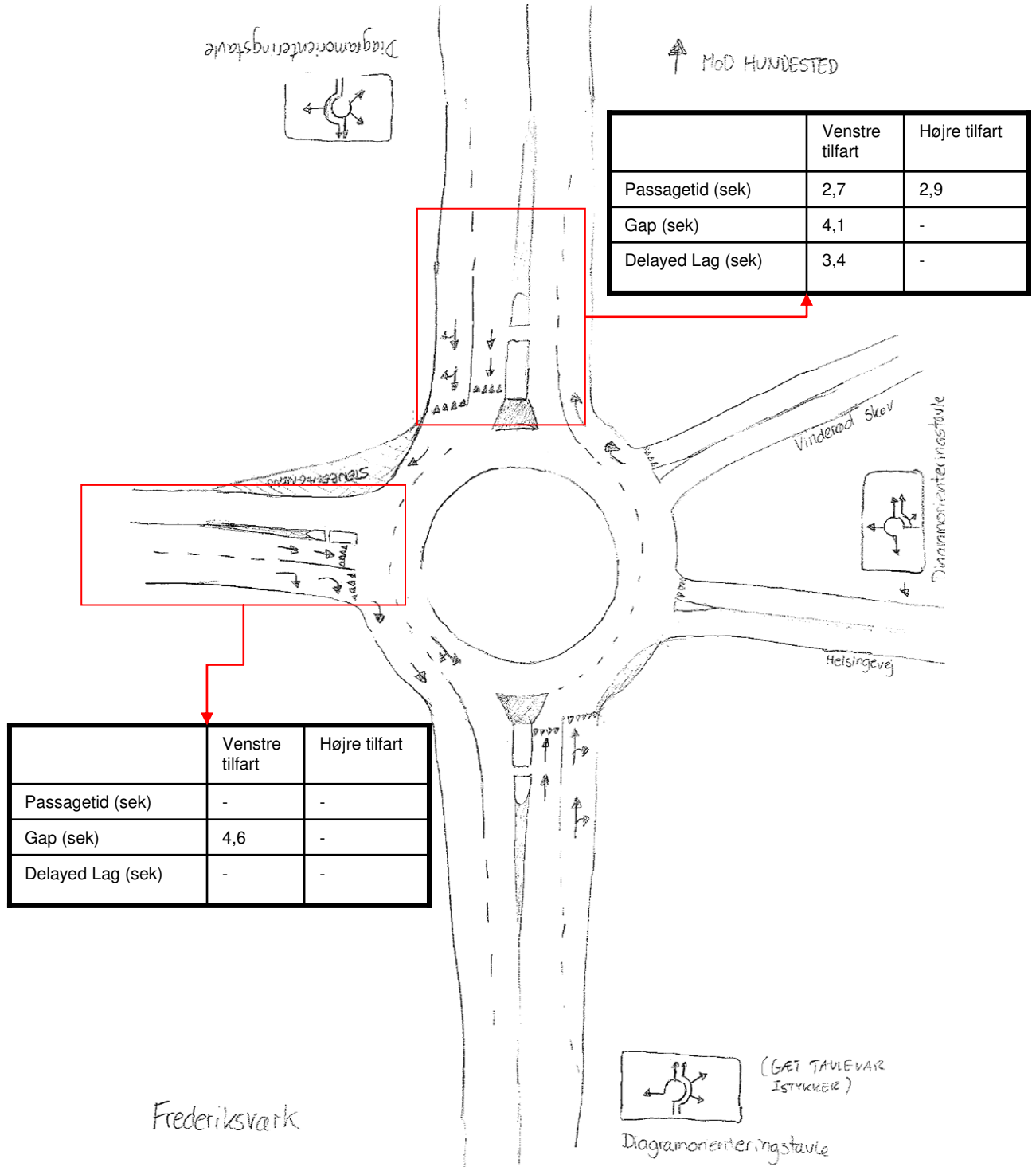


Rundkørsel 1. Tilfart syd, tilfartstype 1.



Rundkørsel 1. Tilfartstype 1 (nord), tilfartstype 2 (syd).

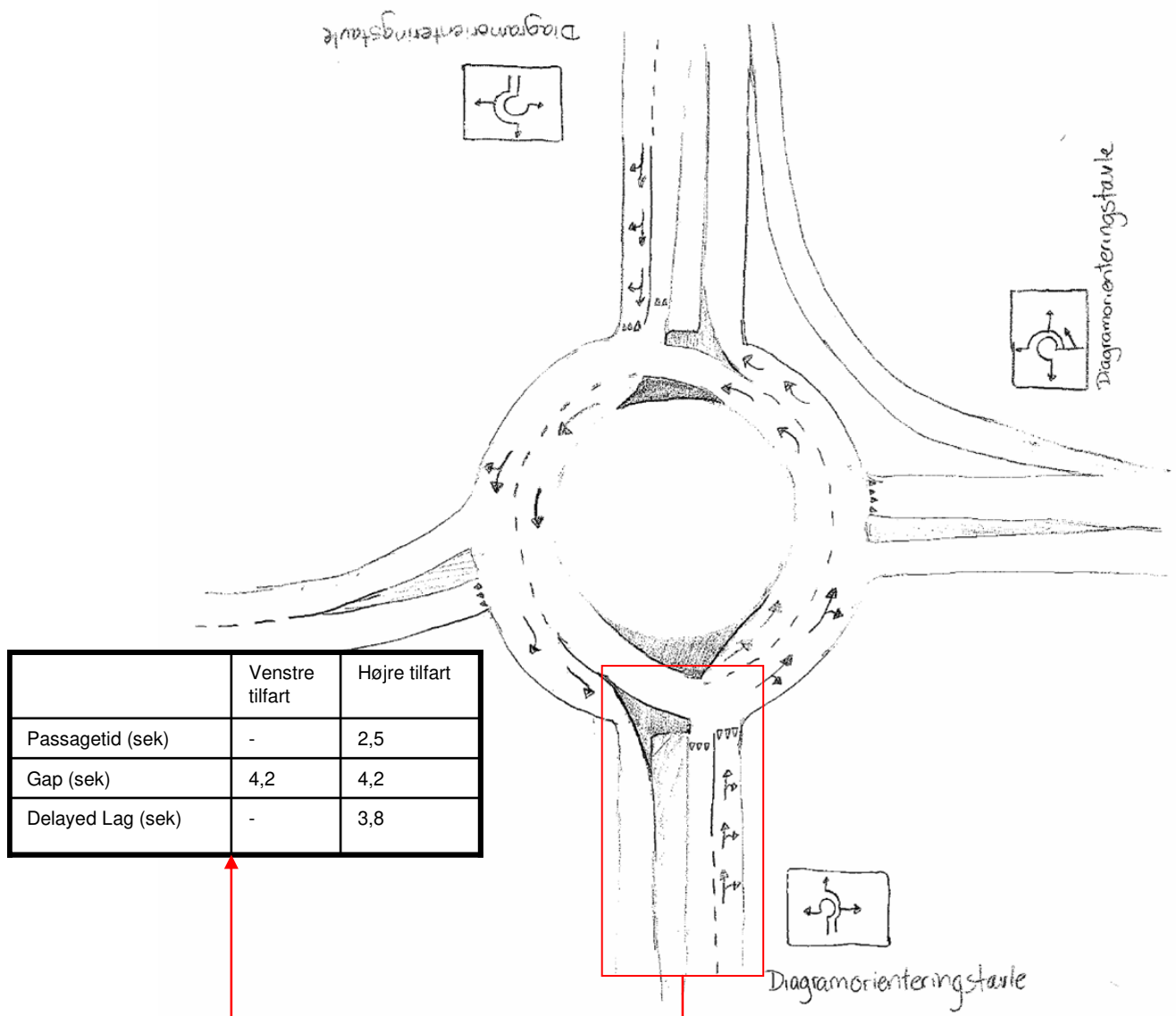
Rundkørsel 2 - Frederiksværk





Rundkørsel 2. Tilfartstype 1 (vest), tilfartstype 2 (syd).

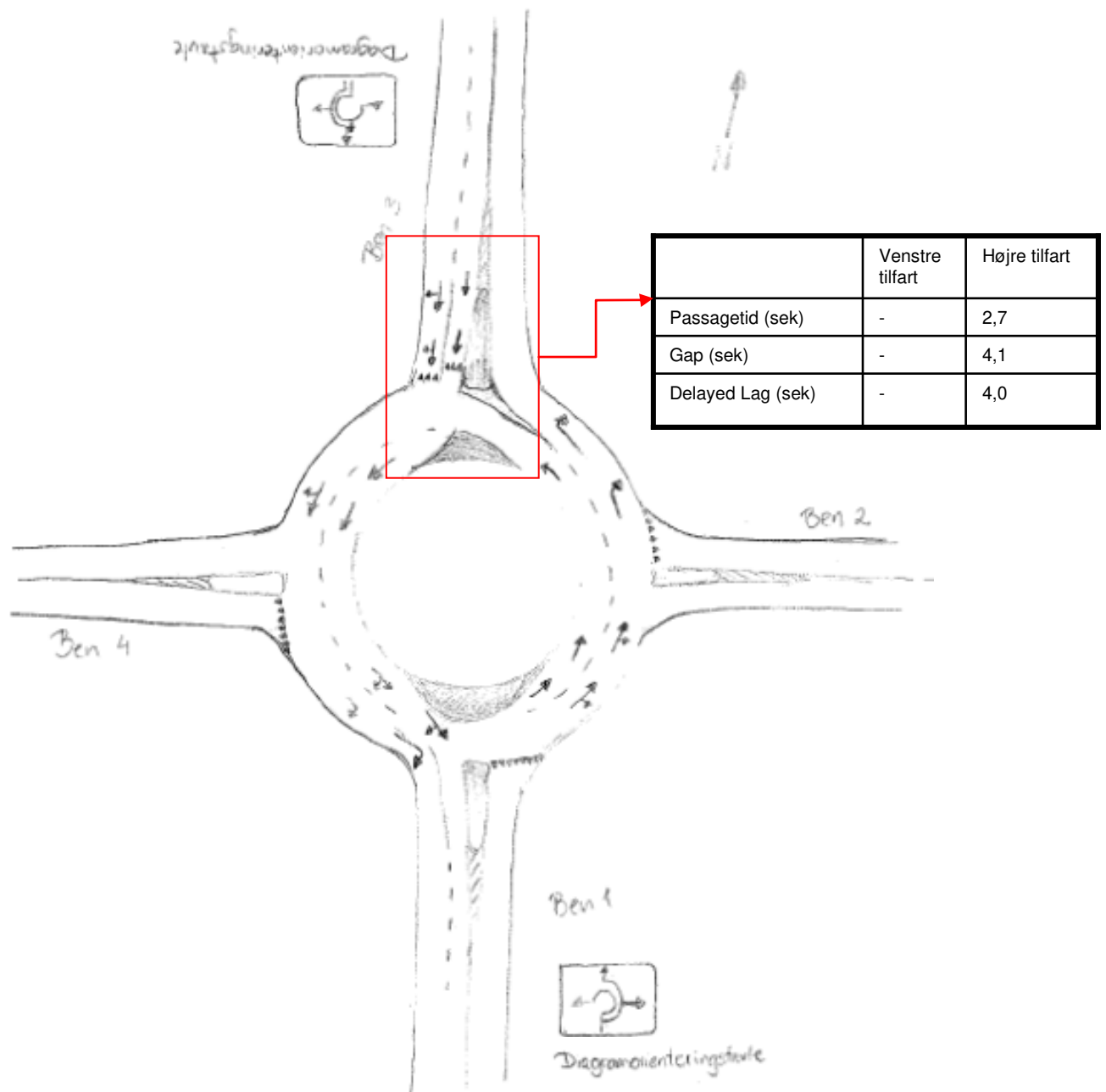
Rundkørsel 3 – Hørsholm (Isterødvejen)





Rundkørsel 3. Tilfartstype 1.

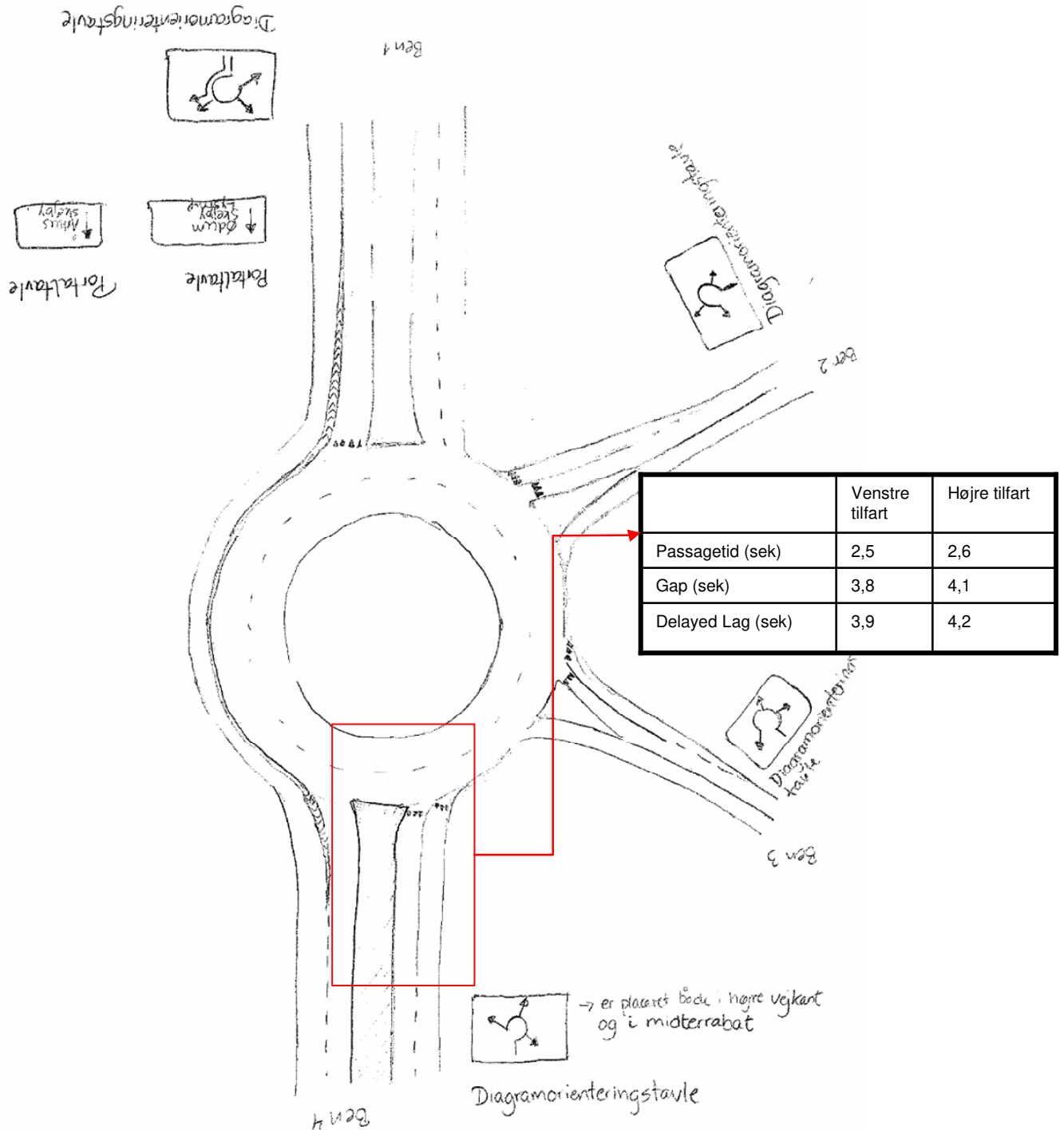
Rundkørsel 4 – Allerød (Kongevejen)





Rundkørsel 4. Tilfartstype 1 (nord)

Rundkørsel 5 – Århus (IKEA)





Rundkørsel 5. Tilfartstype 2

Bilag 2 - Videoregistrering

Videoregistrering - 2 sporede rundkørsler

For den enkelte tilfart skal følgende analyser gennemføres:

1. Målinger som skal danne datagrundlag for estimation af det kritiske interval
2. Måling af passagetider (følgetider)
3. Tælling af afviklet trafik i tilfart sammenholdt med cirkulerende trafik og trafik i frafart

Analysen gennemføres kun for tilfarter med 2 spor. Der skelnes mellem type 1 og 2 tilfarter (2 eller 1 cirkulerende spor)

Nedenfor følger en nærmere beskrivelse af de tre målinger samt tilhørende definitioner.

Ad 1. Målinger af det kritiske interval

Det kritiske interval er defineret som det tidsinterval, trafikanter i tilfartssporet forlanger mindst skal være til stede, f.eks. mellem to cirkulerende køretøjer, før end trafikanten vil køre ind i rundkørslen. Det vil sige, hvis tidsintervallet er mindre end det kritiske interval, bliver trafikanten i 1. køposition i tilfartssporet holdende for at afvente en ny mulighed for kørsel ind i rundkørslen fra tilfartssporet. Er tidsintervallet større end trafikantens kritiske interval, anvender trafikanten tidsintervallet og kører fra 1. køposition ind i rundkørslen.

Det kritiske interval som vi er ude efter, er det interval som kan betragtes som gennemsnittet af trafikanternes kritiske interval i det aktuelle tilfartsspor. Dette gennemsnit kan ikke måles direkte, men kan bestemmes ud fra gabs og lags som fortæller noget om hvilke tidsintervaller mellem cirkulerende køretøjer, som enten forkastes eller accepteres af trafikanten i 1. køposition.

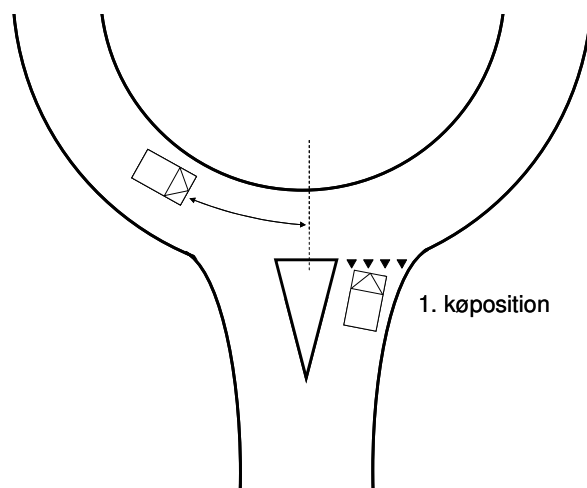
Definition på lags og gabs

Trafikanter i 1. køposition kan forkaste eller acceptere to typer tidsintervaller nemlig *lags* og *gabs*.

Et lag er defineret som tidsafstanden mellem trafikantens *ankomst* til 1. køposition i tilfartssporet og det umiddelbart efterfølgende cirkulerende køretøjs ankomst til et snit der ligger midt mellem til- og frafartssporet i det aktuelle ben, se figur 1.

Alle køretøjer, som ankommer til 1. køposition, tilbydes altid først et lag. Accepterer trafikanten i 1. køposition lagget, anvender trafikanten lagget til at køre ind i

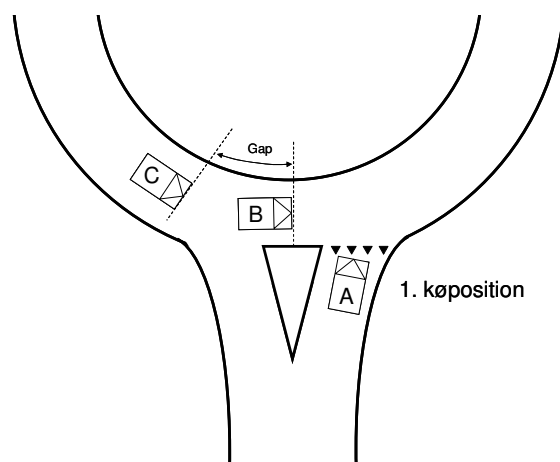
rundkørslen, dvs. at lagget accepteres. Forkaster trafikanten et lag bliver trafikanten holdende i 1. køposition og tager efterfølgende stilling til hvorvidt nye tidsintervaller mellem cirkulerende køretøjer er egnet til indkørsel i rundkørslen. Disse efterfølgende tidsintervaller kaldes for gabs.



Figur 1. Definition af lag.

Et gab er defineret som tidsafstanden mellem to cirkulerende køretøjer, som vurderes af en trafikant holdende i 1. køposition i tilfartssporet. Snittet der benyttes til bestemmelse for start- og sluttidspunkt af et gab mellem to cirkulerende køretøjer er placeret midt mellem til og frafartssporene. Et gab mellem to cirkulerende køretøjer beregnes som tidsafstanden fra det første cirkulerende køretøj passerer snittet til det næste ankommer, se figur 2.

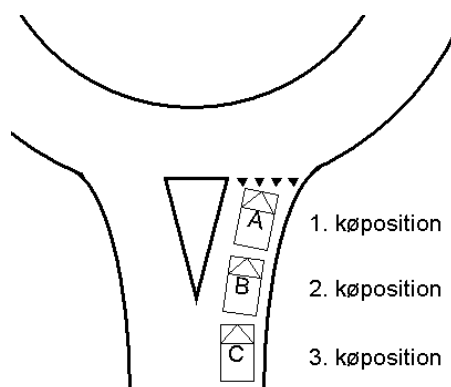
En forudsætning for at trafikanten vurderer gabs er, at trafikanten har forkastet det lag som han/hun blev tilbudt ved ankomsten til 1. køposition i tilfartssporet.



Figur 2. Definition af gab.

Definition på køretøjs ankomst til 1. køposition i tilfartssporet

Et køretøjs ankomst til 1. position afhænger af hvorvidt bilen kører i køkørsel frem til vigelinien eller er fritkørende, dvs. at bilistens kørsel ikke er påvirket af en forankørende trafikant.



Figur 3. Bilernes placering i tilfartssporet nummereres som det fremgår af figuren. Ankomsttiden til 1. køposition afhænger af hvorvidt trafikanterne ankommer til tilfartssporet i køkørsel eller ej.

Ved bestemmelse af ankomsttidspunktet skelnes mellem 2 situationer:

1. Situationer uden kø i tilfartssporet
2. Situationer med kø i tilfartssporet

De to situationer bestemmes ud fra om der er biler i tilfarten - målt fra den markerede vigelinie eller den ”adfærdsmæssige vigelinie” og 10 m tilbage ad tilfarten.

Hvis der er biler inden for disse 10 m – antages en situation med kø i tilfart
Hvis der ingen biler findes inden for disse 10 m - antages en situation uden kø.

Den markerede vigelinie er hjåjtænderne, mens den ”adfærdsmæssige vigelinie” er den vigelinie som bilister adfærdsmæssigt bruger. I byrundkørsler med fodgænger- og cykelfelt vil den ”adfærdsmæssige vigelinie” i nogle tilfælde være umiddelbart før cykelbanen i rundkørslen, dvs. bilister kører frem og holder på fodgængerfeltet for at afvente passage ind i cirkulationsarealet.

I situation 1 – Uden kø til tilfart - måles ankomsttiden fra det tidspunkt hvor bilens forende er 10 m fra vigelinen/”adfærdsmæssige vigelinie”.

I situation 2 - Kø i tilfartssporet- beregnes ankomsttiden som det punkt hvor den forankørendes bils bagende passerer vigelinen/”adfærdsmæssige vigelinie” ved indkørsel til cirkulationsarealet.

Måling af gabs og delayed lags

I dette projekt måles personbilers *gabs* og *delayed lags*. Et delayed lag er kendetegnet ved, at personbilen som ankommer til 1. køposition, forinden har holdt i kø i tilfartssporet, altså kommer fra 2. køposition. I praksis vil nogle personbiler ankomme til 1. køposition uden forinden at have holdt i kø. Dette kan f.eks. ske, hvis personbilen ankommer til rundkørslen mens der ikke er andre køretøjer i det pågældende tilfartsspor.

Grunden til at der kun fokuseres på delayed lags er, at vi ønsker at få indblik i trafikafviklingen i situationer, hvor køretøjer er nødt til at stoppe op ved eller omkring vigelinen inden de fortsætter deres videre kørsel gennem rundkørslen; en situation som er typisk for rundkørsler med trafikafvikling tæt på kapacitetsgrænsen.

Der foretages altså følgende målinger:

- Accepterede og forkastede delayed lags,
- Accepterede og forkastede gabs

Der måles kun lags og gabs på personbiler. Lastbiler der ”lukker” et gab/lag medtages dog.

Gabs eller lags der afgrænses af cirkulerende fodgængere, cykler, knallerter eller motorcykler registreres ikke.

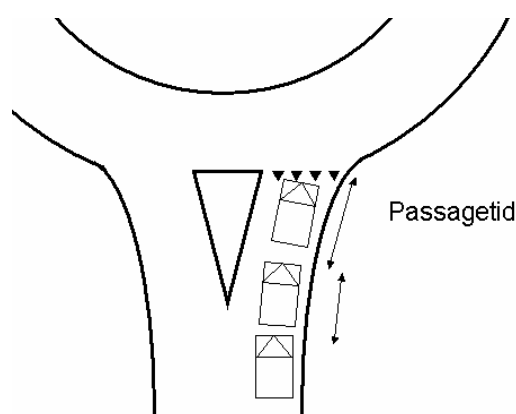
Der skelnes mellem køretøjer i højre/venstre tilfart.

Den cirkulerende trafikstrøm for type 1 rundkørsler betragtes som én strøm. For type 2 rundkørsler skelnes der for venstre tilfart mellem cirkulerende trafik i venstre og højre cirkulationsspor. For højre tilfart måles i type 2 rundkørsler kun gab/lag i forhold til trafikstrøm i højre cirkulationsspor.

Ad. 3 Passagetid

Passagetiden er defineret som den tid, hvormed to køretøjer eller flere fra tilfartssporet følger efter hinanden ind i rundkørslen, når de pågældende køretøjer anvender samme tidsinterval mellem to cirkulerende køretøjer, som indkørselsinterval.

Der måles kun passagetider mellem på hinanden følgende indkørende personbiler fra tilfartssporet, hvor bilerne holder stille i kø inden de kører ind i rundkørslen. Kun situationer hvor trafikafviklingen er uforstyrret, dvs. uden anden trafik (i frafart eksempelvis) bruges til bestemmelse af passagetid.



Figur 4. Passagetiden mellem to biler beregnes som tidsafstanden mellem bilen i 1. køposition passerer vigelinien med forenden af bilen til bilen i 2. køposition passerer vigelinien med forenden af bilen.

Passagetiderne opdeles på situationer med: personbiler og tunge køretøjer. Passagetiden for en bil i 2. køposition måles fra bilen i 1. køposition passerer vigelinien med forenden af bilen til bilen i 2. position (den der måles på) passerer vigelinien med forenden af bilen.

Hvis bilen i 1. køposition holder længere fremme end vigelinien benyttes en fiktiv linie der hvor bilen holder.

Hvis det er muligt, måles passagetiden ikke bare mellem 1. og 2. køposition men også mellem 2. og 3., 3. og 4. og så videre. Her benyttes igen fiktiv linie mellem bilerne, dvs. der måles fra forende til forende.

Ad. 3 Trafikafvikling

For at verificere de fundne kritiske intervaller og passagetider, registreres for kortere tidsperioder (min. 15 sek.) antallet af køretøjer som tilfarten afvikler sammen med antal cirkulerende køretøjer og køretøjer i hosliggende frafart. Registrering

foretages kun i perioder med kø i tilfart. Kø i tilfart antages kun at finde sted i perioder hvor afstanden mellem biler i tilfarten ikke overstiger 10-15 m.

Starttidspunkt for tidsperioden sættes til ankomsttiden hvor 1. bils forende er 10 m fra vigelinien/"adfærdsmæssige vigelinie".

Sluttidspunkt sættes lig det tidspunkt hvor den sidste bils bagende passere vigelinien i tilfarten.

For tidsperioden opgøres:

- antal afviklede personbilenheder i tilfart fordelt på spor
- antal cirkulerende personbilenheder fordelt på spor
- antal personbilenheder i frafart

Hvis cirkulerende cyklister/fodgængere "forstyrrer" trafikafviklingen afbrydes tidsperioden.

Antal køretøjer i tilfart/frafart og cirkulationsareal omregnes til personbilenheder.

Definition af adfærdsmæssige vigelinie

Da ikke alle trafikanter der skal ind i rundkørslen holder ved vigelinien, indfører vi her begrebet adfærdsmæssig vigelinie. Når parametrene ankomsttid og passage-tid skal bestemmes gøres det definitions-mæssigt ud fra den fysiske vigelinie. Praktisk har det dog vist sig, at mange bilister stopper længere fremme end vigelinien. Når dette er tilfældet, skal man i stedet bruge den adfærdsmæssige vigelinie, dvs. den linie der er foran bilen når bilen holder stille før indkørsel. I de situationer hvor en bil triller frem til rundkørslen, uden at stoppe, benyttes den fysiske vigelinie hvis bilen kører med konstant hastighed ind i rundkørslen. Hvor en bilist triller frem til rundkørslen, uden at stoppe op, men sætter hastigheden op inden han kører ind i rundkørslen, beregnes ankomsttiden fra det punkt hvor bilen gasser op for at køre ind i rundkørslen.

Omregning til personbilækvivalenter

Ved registreringerne skelnes mellem køretøjstyper som angivet i Tabel 5.1 i Vejregler kapacitet og serviceniveau, se nedenstående tabel (gældende ved 0%).

For frafarter hvor længdegradienten afviger fra 0% bruges værdier for Tabel 5.1

Køretøjskategori	Pe
MC	0,5
Personbil/varevogn	1,0
Lastbil / bus	1,5
Sættevogn / påhængsvogn	2