

Rundkørsler med 2 frafartsspor

Trafikafvikling i 2-sporede frafarter med sporbortfald



Poul Greibe
Belinda la Cour Lund

13. oktober 2017

<p>Titel: Rundkørsler med 2 frafartsspor – Trafikafvikling i 2-sporede frafarter med sporbortfald</p> <p>Forfatter(e): Poul Greibe; Belinda la Cour Lund</p> <p>Publiceringsdato: Oktober 2017</p> <p>Sprog: Dansk</p> <p>Antal sider: 34</p> <p>Rekvirent/finansiel kilde: Vejdirektoratet</p> <p>Kvalitetssikring:</p> <p>Emneord: Trafikafvikling, rundkørsler, sporbortfald, frafartsspor, kilestrækning</p> <p>Resumé:</p> <p>Formålet med undersøgelsen er at belyse hvilken betydning længden af en 2-sporet frafart før sporbortfald har for trafikafviklingen i frafartssporet. Dette er gjort ved at analysere empiriske data fra fire danske rundkørsler.</p> <p>Undersøgelsens hovedresultater er:</p> <ul style="list-style-type: none"> -den samlede længde af den 2-sporede strækning samt kilestrækning, skønnes ikke at have betydning for trafikafviklingen ved de observerede trafikmængder -den observerede trafikintensitet (pc/sek) ved kørsel ud af rundkørselens cirkulationsarealet er stort set uændret ved afslutning af kilestrækningen -antallet af overhalinger stiger i takt med længden af den 2-sporede strækning <p>Det vurderes at længden af den 2-sporede strækning hhv. kilestrækning bør være 100-150 m (200-300 m i alt).</p> <p>Hovedresultaterne viser at der ikke er registreret køsituationer på frafartsstrækningen der kommer op i nærheden af kapacitetsgrænsen.</p>	<p>Title: Traffic operation in roundabouts with two departure lanes</p> <p>Author(s): Poul Greibe; Belinda la Cour Lund</p> <p>Report date: October 2017</p> <p>Language: Danish</p> <p>No. of pages: 34</p> <p>Client/financial source: The Danish Road Directorate</p> <p>Quality management:</p> <p>Key words: Traffic operation, Roundabouts, auxiliary through lane, taper section</p> <p>Abstract:</p> <p>The aim of the project is to find a relation between the length of the two lane departure section downstream 2-lane roundabouts and traffic operation based on Danish data.</p> <p>The study's main results are:</p> <ul style="list-style-type: none"> -the total length of the 2-lane road section and taper section, does not seem to have an impact on the traffic operation at the observed traffic volumes -the observed traffic intensity (pc/sec) when driving out of the circulation area is virtually unchanged at the end of the taper section -the number of overtakings increases with the length of the 2-lane road section <p>It is estimated that the length of the 2-lane road section respectively taper section should be 100-150 meters (200-300 m in total).</p> <p>No situations with remaining queue at lane drop has been observed.</p>
<p>Rapporten kan hentes fra www.trafitec.dk.</p> <p>Copyright © Trafitec</p> <p>Ved gengivelse af materiale fra publikationen skal fuldstændig kildeangivelse udføres.</p>	<p>The report can be acquired from www.trafitec.dk.</p> <p>Copyright © Trafitec</p> <p>Reprinting material from this publication must include a complete reference to original source.</p>

Indhold

Sammenfatning	5
1. Indledning.....	7
2. Metode	9
2.1 Krydsgeometri – empiriske data.....	9
2.2 Dataindsamling	12
2.3 Databehandling	13
3. Resultater.....	15
3.1 Data.....	15
3.2 Sporfordeling	15
3.3 Følgetider	17
3.4 Hastighed	20
3.5 Registrerede overhalinger	24
3.6 Tid–sted data for køretøjer i frafarten.....	26
3.7 Opsamling.....	29
Bilag 1 De fire rundkørsler	31

Sammenfatning

Nærværende notat sammenfatter hovedresultaterne fra en undersøgelse af trafikafviklingen i 2 sporede frafarter i rundkørsler. De 4 undersøgte 2-sporede frafarter er alle indsnævrede til ét kørespor efter ca. 200-275m. Hovedfokus i undersøgelsen har været på hvilken indflydelse, længden af den 2-sporede frafart før sporbortfald har for trafikafviklingen.

Der er indsamlet empiriske data fra 4 forskellige lokaliteter i Danmark. Valg af lokaliteter er foretaget ud fra et kriterie om, at der skal være to frafartsspor med efterfølgende sporbortfald. Der skal være så store trafikmængder som muligt, og rundkørslerne skal være placeret i åbent land eller udkanten af et byområde. Undersøgelsen er foretaget som en videobaseret adfærdsundersøgelse, hvor optagelserne er foretaget med drone. Droneoptagelser gør det muligt at se hele observationsfeltet på ét videobillede, og dermed at følge den enkelte trafikant.

Til trods for, at de fire lokaliteter er udvalgt med fokus på høj trafikintensitet, viser data, at intensiteten i de undersøgte frafarter ikke kommer op på et niveau, hvor en eventuel kapacitetsreducerende faktor som følge af udformningen af sporbortfaldet kan identificeres.

Den trafikintensitet (pe/sek) som er observeret i starten af frafartssporet bibeholdes i store træk på hele den 2 sporede strækning og på kilestrækningen.

Ikke overraskende accelererer personbiler hurtigere end tunge køretøjer, og accelerationen er lidt større i venstre frafartsspor sammenholdt med højre spor. Hastigheden af et tungt køretøj i frafartssporene er ca. 10-15 km/t lavere end for personbiler. Et tungt køretøj bruger ca. 250 meter for at accelerere op til 60 km/t og ca. 350 meter for at accelerere op til 70 km/t.

Andelen af køretøjer der overhaler er stigende, jo længere den 2-sporede frafart er. De fleste overhalinger sker på den 2-sporede frafart og i mindre grad på kilestrækningen.

Længden af den 2-sporede frafart (inkl. kilestrækning) vurderes således ikke at have væsentlig betydning for trafikafviklingen (med de observerede trafikintensiteter). Derimod har længden betydning for muligheden for overhaling af langsomt kørende køretøjer og dermed bilisternes fremkommelighed og serviceniveau.

Afhængig af mængden af tung trafik skønnes det, at længden af den 2-sporede frafart med fordel bør være minimum 100-150 m, og at kilestrækningens længde ligeledes bør være minimum 100-150 m. Hermed sikres god fremkommelighed og tilstrækkelig tid til, at en sikker flettemanøvre kan gennemføres. I særlige tilfælde kan den 2 sporede frafart etableres med en kortere længde (fx 75-100 m) uden at

frafartens kapacitet påvirkes nævneværdigt. Bilisternes serviceniveau og mulighed for at overhale reduceres dog ved en kortere frafartsstrækning.

1. Indledning

Vejdirektoratet har lavet en undersøgelse med det formål at belyse, hvorledes den geometriske udformning af frafartsspor i kryds, påvirker trafikafviklingen.

Som en del af dette arbejde ønsker Vejdirektoratet at få undersøgt, hvilken betydning længden af 2-sporede frafarter før sporbortfald har på trafikafviklingen i signalregulerede kryds og rundkørsler baseret på danske data. I denne delrapport afreporteres data, der omhandler 2-sporede rundkørsler med to frafartsspor. Resultaterne fra en tilsvarende undersøgelse vedr. trafikafvikling i signalregulerede kryds med to frafartsspor er afreporteret i et separat notat (*Trafikafvikling i 2-sporede frafarter. Signalregulerede kryds med to frafartsspor. Trafitec marts 2017*).

2. Metode

Midlertidige sportilføjelser før og efter signalregulerede kryds og rundkørsler etableres ofte for at forbedre trafikafviklingen. Formålet med sportilføjelsen i kryds er at øge kapaciteten i grøntiden, idet trafikken kan afvikles i flere spor gennem krydset. I 2-sporede rundkørsler benyttes ligeledes 2-sporede frafarter på de mest trafikbelastede ben for at lette trafikafviklingen.

Ud fra en analyse af empiriske data fra fire danske rundkørsler er det undersøgt, hvilken betydning længden af den 2 sporede frafart har for trafikafviklingen i 2-sporede rundkørsler.

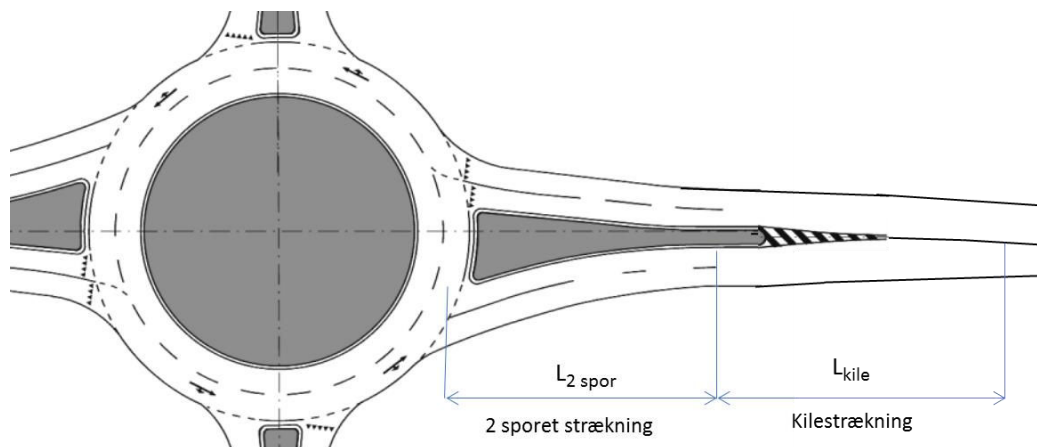
Afsnit 2.1 indeholder en beskrivelse af de lokaliteter, der er benyttet til dataindsamling. I afsnit 2.2 og 2.3 gives en beskrivelse af den metode, der ligger til grund for analysen, herunder hvilke data der er indsamlet samt den efterfølgende databehandling.

2.1 Rundkørselsgeometri – empiriske data

Der indgår data for i alt fire forskellige lokaliteter, som er placeret forskellige steder i Danmark. Valg af rundkørselslokaliteter er foretaget ud fra følgende kriterier:

- Der skal være to spor i cirkulationsarealet
- Der skal være 2 frafartsspor med efterfølgende sporbortfald
- Tilstrækkelige trafikmængder
- Rundkørslen skal være placeret i åbent land eller i udkanten af byområde
- Ingen eller kun få ind- og udkørsler på frafartsstrækningen
- Variation i længde af 2-sporet frafartsspor
- Variation i længde af kilestrækning
- Variation i hvilket spor der fortsætter efter sporbortfald
- En passende lang afstand fra sporbortfald til nedstrøms kryds således at eventuel tilbagestuvning fra nedstrøms kryds undgås
- Det skal være muligt at videofilme rundkørslen

En skitse af den overordnede rundkørselsgeometri kan ses af figur 2.1.



Figur 2.1 Overordnet geometri for de fire rundkørsler. I alle fire rundkørsler er der 2 spor i cirkulationsarealet og 2 frafartsspor i den frafart, der fokuseres på.

I Tabel 2.1 ses hoveddata for de fire udvalgte rundkørselslokaliteter, og i Figur 2.2 ses et luftfoto af rundkørslen i Fredensborg (RK1).

Rundkørsel nr.:	Lokalitet	$L_{2\text{spor}}$ (m)	L_{kile} (m)	$L_{2\text{spor}} + L_{\text{kile}}$ (m)	Spor der fortsættes efter sporbortfald	Skiltning af sporbortfald	Skiltet hastighed (km/t)	Vejbredde af 2-sporet frafart (m)	Vejbredde ved afslutning af kilestrækning (m)
RK1	Frederikssund	60	157	217	Venstre	Nej	60 km/t	Ca. 7,0	Ca. 3,0
RK2	Fredensborg	74	114	188	Venstre	Nej	70 km/t	Ca. 6,0	Ca. 3,3
RK3	Aabenraa	203	72	275	Venstre	Ja	80 km/t	Ca. 6,2	Ca. 4,5
RK4	Aalborg	200	60	260	Højre	Ja	80 km/t	Ca. 6,6	Ca. 3,0

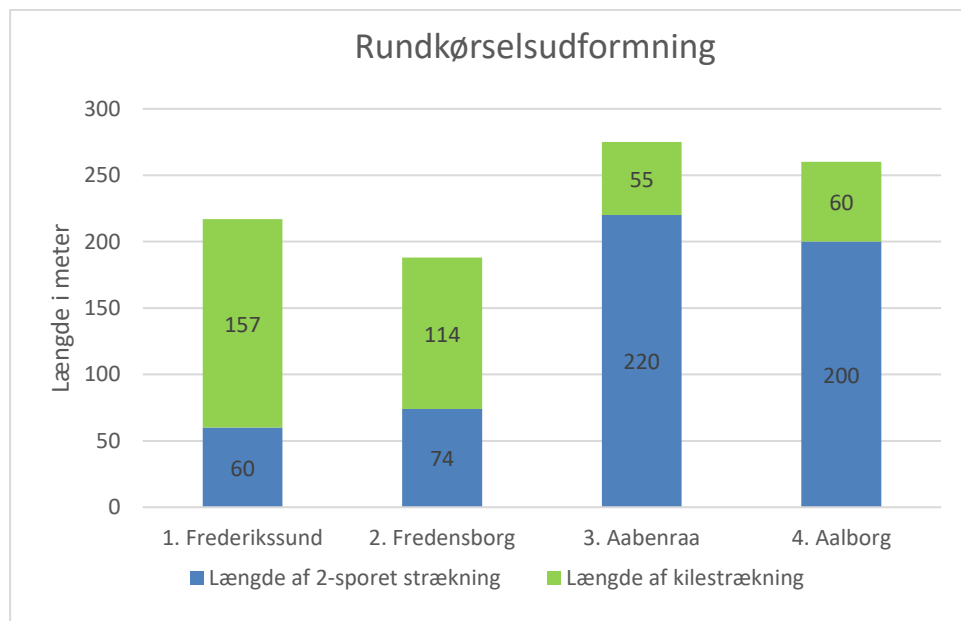
Tabel 2.1 Angivelse af længde af hhv. frafartsspor og kilestrækning for de 4 rundkørsler der indgår i undersøgelsen. Alle mål er foretaget ud fra luftfoto.



Figur 2.2 Dronefoto af rundkørsel i Fredensborg (RK2) med angivelse af den undersøgte frafart.

Sporbredden på de 2-sporede frafartsstrækninger varierer i intervallet 6,2 til 7,0 m. Sporbredden efter indsnævring til ét spor varierer mellem 3,0-4,5 m. Alle mål er bestemt ud fra luftfoto, og derfor behæftet med en vis usikkerhed.

Figur 2.3 angiver rundkørselsgeometrien for de 4 rundkørsler mht. længden af de 2 frafartsspor ($L_{2\text{spor}}$) og kilestrækningen (L_{kile}). Den samlede længde fra stopstreg til kileslut spænder fra 188 m (RK2 i Fredensborg) til 275 m (RK3 i Aabenraa).



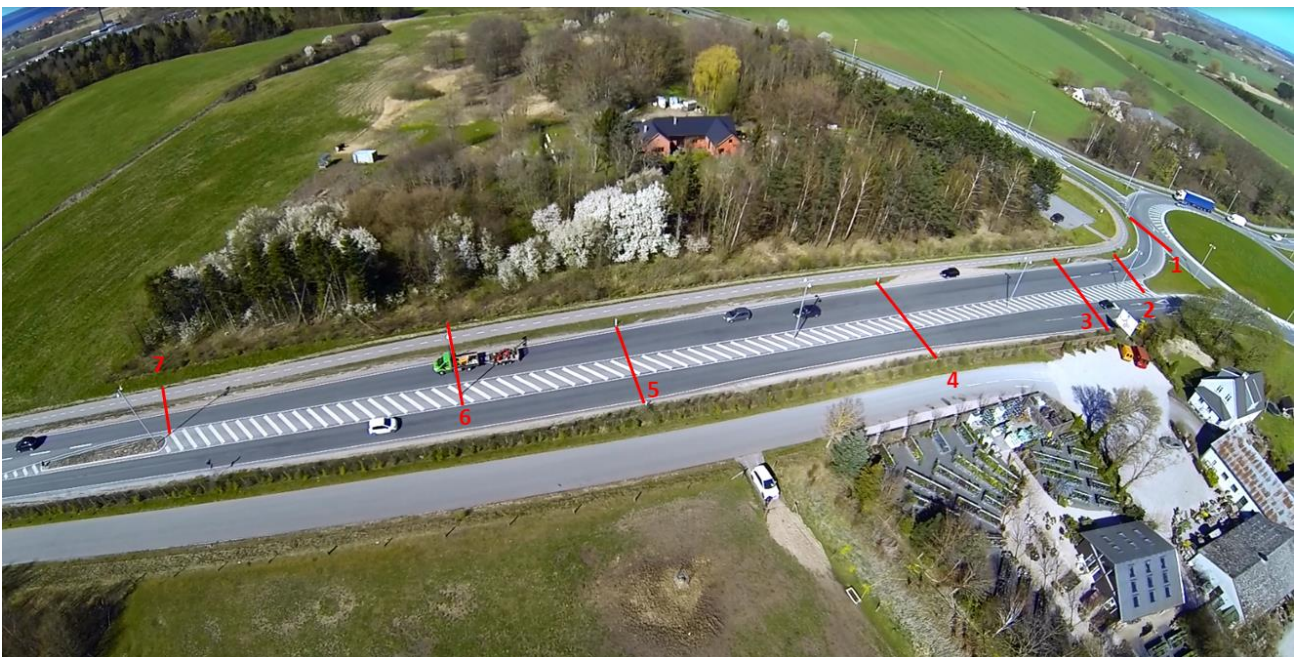
Figur 2.3 Længde af 2-sporet frafartsspor og kilestrækning.

Alle fire rundkørsler ligger i åbent land. I bilag 1 er vedlagt luftfotos af de fire rundkørsler, der indgår i analysen.

2.2 Dataindsamling

For hver af de fire rundkørsler er der foretaget en videooptagelse med drone. Det gør det muligt at følge det enkelte køretøj, fra det kører ud af cirkulationsarealet, til det passerer det snit, hvor sporbortfaldet er fuldført, og der igen kun er ét frafartsspor. Der indsamles data fra i alt syv forskellige snit (se figur 2.4)

- Snit 1 er placeret ved udkørsel af cirkulationsarealet
- Snit 7 er placeret for enden af kilestrækningen
- Snit 2-6 er placeret med passende afstand mellem snit 1 og snit 7, dog således at ét målesnit er placeret hvor den fuldt optrukne vognbanelinje mellem de to frafartsspor slutter (snit 2 på figur 2.4), og ét snit er placeret hvor afmærkningen af den 2-sporede frafart slutter (snit 3 på figur 2.4)



Figur 2.4 Eksempel på placering af de syv målesnit i RK1 (Frederikssund).

For alle fire rundkørsler er der foretaget videooptagelser af trafikken over en periode på 2-3 timer, se Tabel 2.2. Videooptagelserne er gennemført i de perioder på dagen, hvor trafikintensiteten er højst.

Lokalitet	Dato	Tidsrum
RK1 Frederikssund	21/4 2015	14:00 – 17:00
RK2 Fredensborg	21/4 2015	07:00 – 10:00
RK3 Aabenraa	15/9 2015	06.30 - 09.30
RK4 Aalborg	25/9 2015	06.30 - 09.30

Tabel 2.2 Dato og tidsperiode for videooptagelser.

2.3 Databehandling

Til brug for den efterfølgende analyse registreres alle køsituationer, hvor der er mindst to køretøjer i kø. Ved en kø forstås i denne sammenhæng:

- Situationer hvor minimum to trafikanter er samtidigt til stede i et observationsfelt der starter ved snit 1 og slutter ca. 60 m efter snit 1.
- Køretøjer betragtes som en del af køen, selvom de ikke er en del af den oprindelige kø, hvis de enten overhaler et køretøj i kø, eller ankommer til killeslut mindre end 1,5 sek. efter en forankørende, hvor forankørende er en del af køen.
- Starttidspunktet for afviklingen af en kø er sat til det tidspunkt, hvor første køretøj passerer snit 1.
- En kø betragtes som afsluttet, når forenden af det sidste køretøj i kø passerer snit 7.

Ud fra videooptagelser registreres for hver kø følgende data for de enkelte køretøjer:

- Tidskode for passage af forenden af køretøjet i snit 1 til snit 7
- Sporbenyttelsen (om køretøj benytter højre eller venstre kørespor i frafart)
- Køretøjstype

Køretøjstyper er opdelt i følgende kategorier:

1. Personbiler og små Varebiler
2. Lastbiler, Busser, Personbiler med anhænger og Varebiler med anhænger
3. Sættevogntog, Påhængsvogntog og Modulvogntog
4. Motorcykel/Stor knallert
5. Andet

Ved omregning fra antal køretøjer til personbilenheder (pe) er benyttet Vejdirektoratets omregningsværdier som angivet i tabel 2.3.

Køretøjskategori			
Store knallerter og motorcykler	Person- og Varebiler	Lastbiler og busser	Sætte- og påhængsvogntog
0,5	1,0	1,6	2,6

Tabel 2.3 Personbilækvivalenter i forbindelse med rundkørsler. Håndbog for Kapacitets- og Serviceniveau, september 2015.

I tabel 2.4, ses en oversigt over afstand (m) imellem de 7 målesnit i de 4 rundkørsler. Alle mål er bestemt ud fra luftfoto, og er derfor behæftet med en vis usikkerhed.

Målesnit	Rundkørsel			
	Frederikssund RK1	Fredensborg RK2	Aabenraa RK3	Aalborg RK4
1-2	35	33	34	31
2-3	25	28	30	28
3-4	48	13	30	41
4-5	45	29	48	52
5-6	21	34	61	48
6-7	43	51	72	60
2-spor	60	74	203	200
Kilestrækning	157	114	72	60
Fra 1-7	217	188	275	260

Tabel 2.4 Afstand mellem målesnit i de fire rundkørsler angivet i meter. Alle mål er foretaget ud fra luftfoto.

Ud fra de indsamlede data undersøges, om det er muligt at finde en sammenhæng mellem kapacitet og længde af frafartsspor. Nogle af de faktorer der indgår er sporbenyttelse, følgetider, hastighedsforskel mellem første og sidste køretøj, køf-viklingstid, overhalinger mv.

3. Resultater

3.1 Data

I Tabel 3.1 ses en opgørelse over, registrerede kødata for hver af de fire rundkørsler. Det er disse kødata, der ligger til grund for den efterfølgende analyse.

Rundkørsel nr:	Antal kø registreringer	Andel tung trafik	Antal pe i kø (middel)
RK1	359	6,6%	7,1
RK2	343	5,4%	5,4
RK3	135	4,7%	7,4
RK4	139	5,1%	7,0

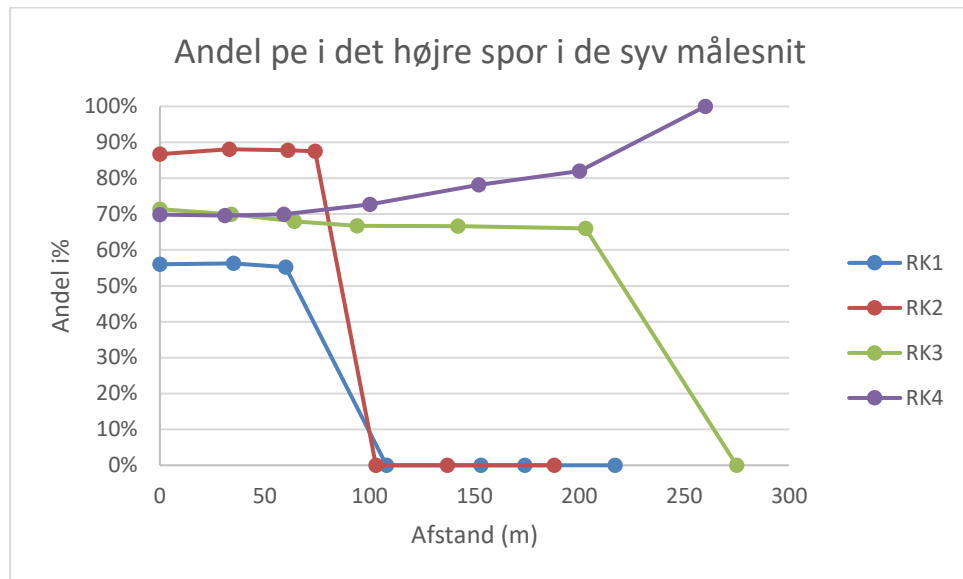
Tabel 3.1 Antal registrerede køsituationer, andel af tung trafik mv. Ved tung trafik forstås køretøjer der er større end person- og varebiler.

I en rundkørsels frafartsspor ankommer trafikanterne mere tilfældigt, end det er tilfældet for et signalreguleret kryds, hvor signalet kan dosere antallet af afviklede trafikanter per signalomløb. Ofte beskriver man en kø som bestående af et antal køretøjer eller antal personbilenheder per kø (pe/kø), men det giver ikke nødvendigvis mening i rundkørsler, hvor trafikanterne ankommer mere tilfældigt. Derfor opgøres de enkelte køer enten som antallet af indkørende pe per sekund (pe/sek) i snit 1 og/eller som antallet af pe per kø (pe/kø). På den måde kan der både tages hensyn til hvor mange pe, der kører ud af cirkulationsarealet i rundkørslen per tid, samt antallet af pe i den enkelte kø.

3.2 Sporfordeling

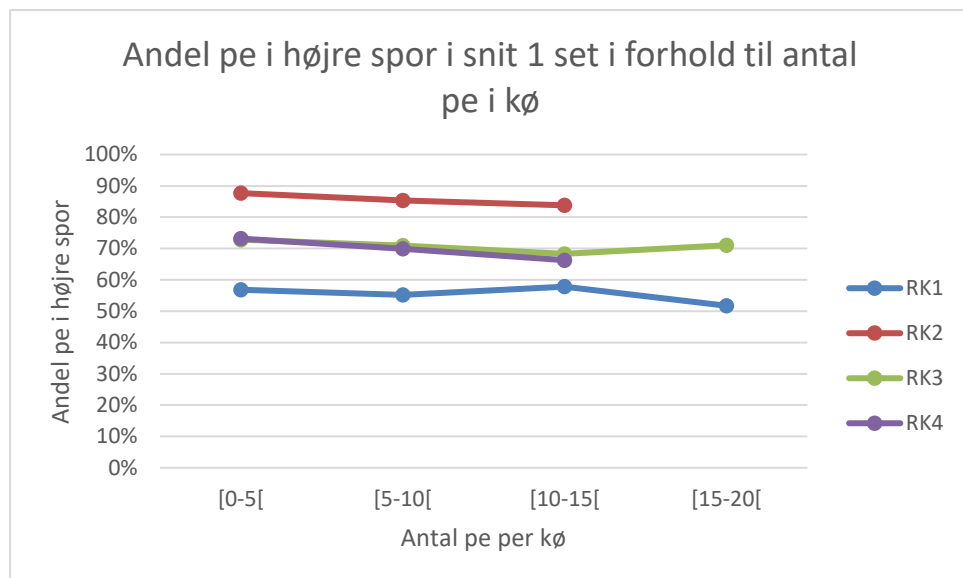
I figur 3.1. ses andelen af pe i det højre spor i de syv målesnit. I RK1, RK2 og RK3 er det venstre spor der fortsætter efter sporbortfald, mens det er højre spor, der fortsætter i RK4. RK1 og RK2 har begge en kort 2-spolet strækning og en lang kilestrækning, mens RK3 og RK4 er karakteriseret ved en lang 2-spolet strækning og kort kilestrækning.

Det ses, at der er stor forskel på sporbenyttelsen i de fire rundkørsler. Fordelingen af trafikanter i de to spor ved kørsel ud ad cirkulationsarealet er stort set ens (ca. 70%) for RK3 og RK4, som begge har en lang 2-spolet strækning. Det ses også, at hovedparten af trafikanter i RK3 og RK4 først kører over i det spor der fortsætter efter sporbortfald på selve kilestrækningen, dvs. ca. 200 m efter trafikanterne er kørt ud af cirkulationsarealet.



Figur 3.1 Andel af pe i det højre spor i de syv målesnit fra der køres ud ad cirkulationsarealet til slutning af kilestrækning. I RK1, RK2 og RK3 fortsætter det venstre spor efter sporbortfald. I RK4 fortsætter det højre spor efter sporbortfald.

I figur 3.2 ses andelen af pe, der benytter det højre spor ved kørsel ud ad rundkørselens cirkulationsareal (snit 1) set i forhold til antal pe i kø. Det ses, at andelen af pe falder en anelse i takt med, at trafikmængden stiger.



Figur 3.2 Andel pe i højre spor ved kørsel ud ad cirkulationsarealet (Snit 1) set i forhold til antal pe i kø.

3.3 Følgetider

I det følgende præsenteres kødata der kan relateres til trafikanternes indbyrdes afstand i frafartssporet. Følgetiden er beregnet som tidsafstanden, fra forende til forende mellem to på hinanden følgende køretøjer.

I tabel 3.2 ses gennemsnitlige følgetider for køretøjer i snit 7, ved kilestrækningens afslutning, i de fire rundkørsler set i forhold til antal udkørende personbiler per sekund i en kø ved frafartssporets begyndelse (snit 1). Det ses, at følgetiden falder i takt med, at trafikanterne kører tættere ved kørsel ud ad rundkørselens cirkulationsareal (snit 1). For RK2 og RK4 falder følgetiden markant, når antallet af pe/sek. i snit 1, er større end hhv. 1,2 og 1,0. For de to andre rundkørsler falder følgetiden ikke til under 1,9 sek.

Afstand (m)	Rundkørsel:	Middelfølgetid (ved kileslut) set i forhold til antal udkørende pe/sek						
		[0,2-0,4[	[0,4-0,6[	[0,6-0,8[	[0,8-1,0[	[1,0-1,2[	[1,2-1,4[	[1,4-1,6[
188	RK2	3,66	2,39	1,97	1,84	1,83	1,39	
217	RK1	3,57	2,59	2,13	2,23	1,89	1,87	1,89
260	RK4	3,38	2,47	2,04	2,00	1,24		
275	RK3	2,90	2,64	2,22	1,90			

Tabel 3.2 Middelfølgetider mellem køretøjer ved kileslut (snit 7) set i forhold til antallet af pe/sek i kø ved kørsel ud ad rundkørselens cirkulationsareal (snit 1), alle følgetider.

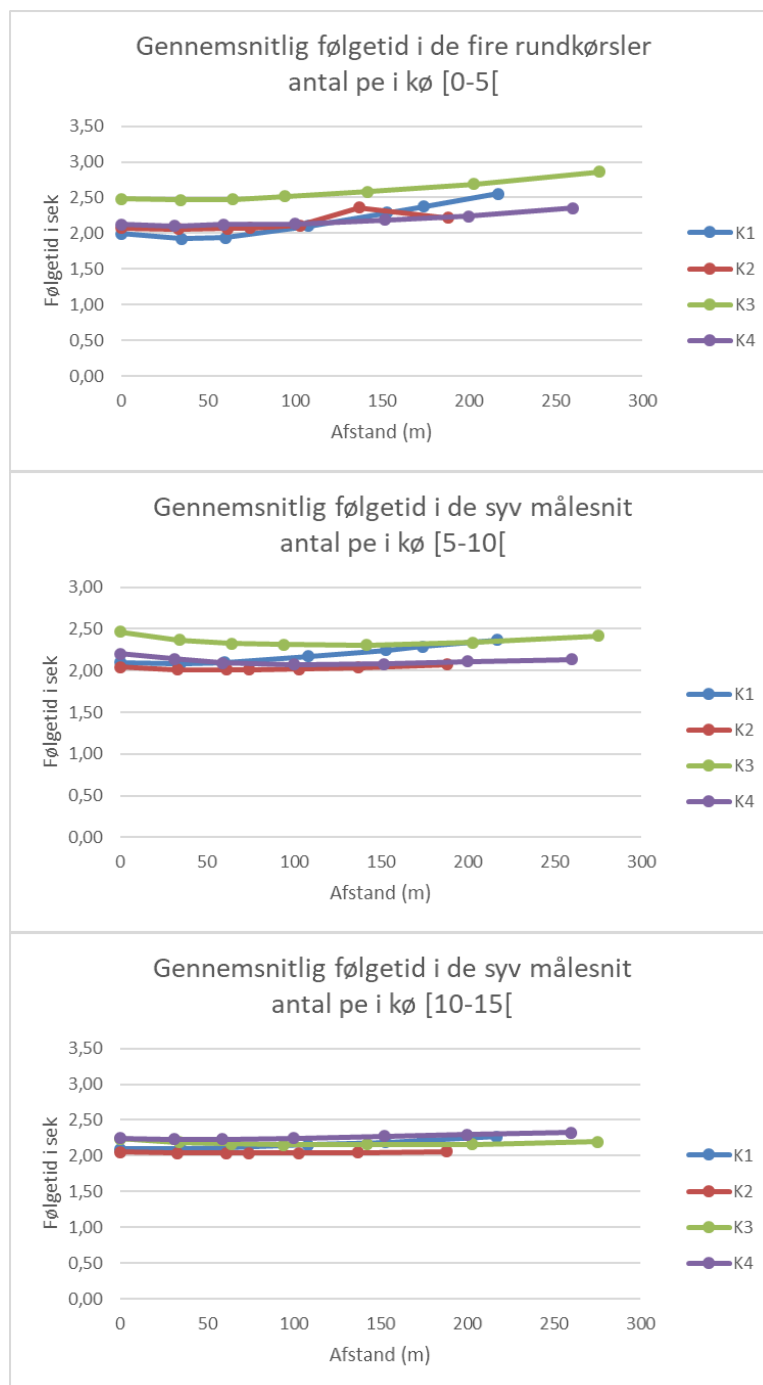
I tabel 3.3 ses variansen af middelfølgetiderne ved kileslut. Det ses, at variationen i følgetiden falder i takt med stigende antal udkørende pe/sek i snit 1. Det ses at både middelfølgetiden og variationen i middelfølgetid falder med stigende antal udkørende pe/se i snit 1. Jo mindre variation i variansen, desto mere ensartet må det forventes, at trafikanterne kører, hvilket er et udtryk for trafikafvikling ved høj intensitet. Data tyder på, at trafikken afvikles med højere intensitet og ensartethed i RK2 og RK4 end i RK1 og RK3.

Afstand (m)	Rundkørsel:	Varians af følgetid (ved kileslut) set i forhold til antal udkørende pe/sek						
		[0,2-0,4[	[0,4-0,6[	[0,6-0,8[	[0,8-1,0[	[1,0-1,2[	[1,2-1,4[	[1,4-1,6[
188	RK2	1,47	1,25	1,14	1,02	1,12	0,40	
217	RK1	2,47	1,53	1,26	1,51	1,05	1,29	1,21
260	RK4	1,82	1,34	0,93	0,64	0,43		
275	RK3	1,84	1,52	1,27	1,18			

Tabel 3.3 Varians af følgetider ved kileslut (snit 7) set i forhold til antal udkørende pe/sek i snit 1 (alle følgetider).

Figur 3.3 viser den gennemsnitlige følgetid i de fire frafartsspor set i forhold til antallet af personbilenheder per kø (pe/kø).

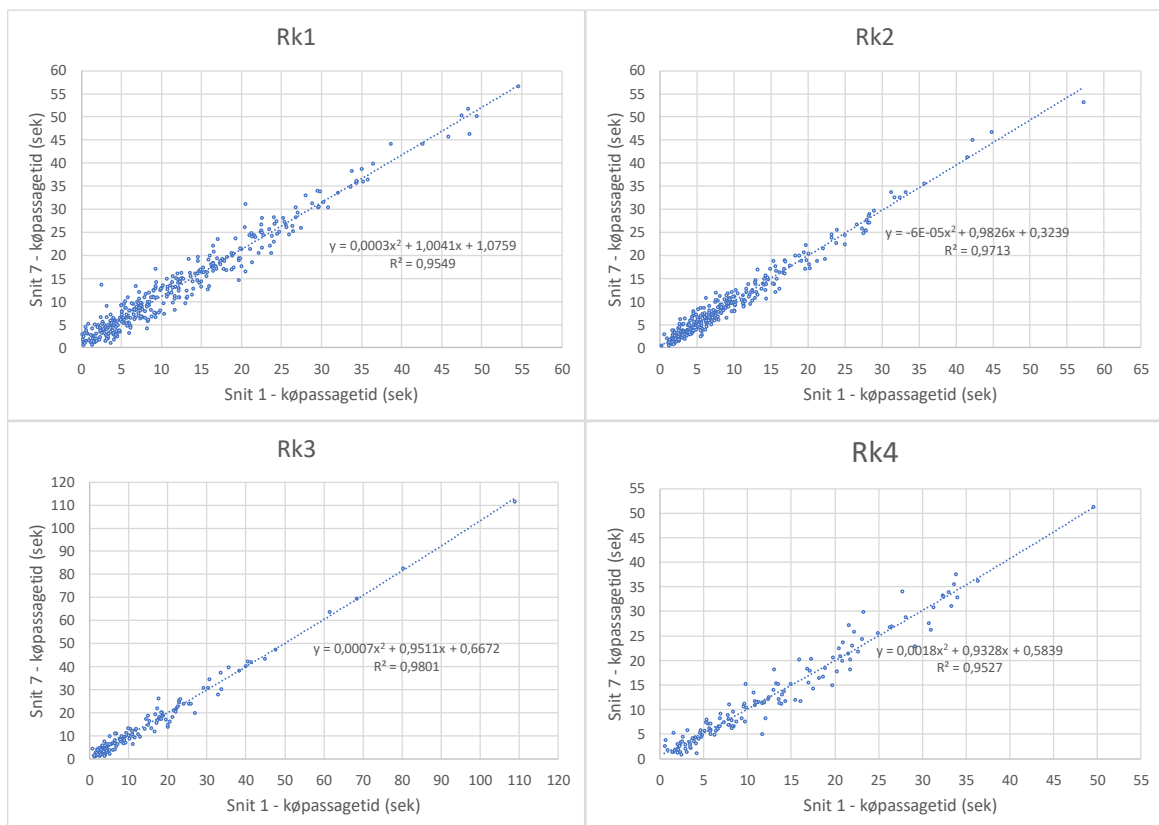
Det ses af figuren, at følgetiden, dvs. trafikanternes indbyrdes tidsafstand er meget ens gennem strækningen, dog med en lille stigning i følgetiden ved kileslut.



Figur 3.3 Gennemsnitlig følgetid per kø for de fire rundkørsler ved forskellig trafikmængde.

En anden måde at betragte trafikafviklingen på er, ved at se på den samlede køafviklingstid (sek.) for køen i snit 1 og snit 7. Hvis det tager fx 11 sek. for 8 ktj at passere snit 1, og de samme 8 ktj bruger 13 sek. på at passere snit 7, så har den 2-sporede strækning + kilestrækning fået spredt køretøjerne lidt mere ud, og intensiteten er dermed faldet en smule.

Figur 3.4 viser køafviklingstiden (den samlede følgetid for hele køen) i snit 7 som funktion af køafviklingstiden i snit 1 for de fire rundkørsler. Hver prik repræsenterer data fra én kø. Der er en høj grad af lineær sammenhæng, dvs. at køafviklingstiden er næsten den samme i snit 1 og i snit 7. Der er en tendens til, at afviklingstiden i snit 7 er lidt større end i snit 1, men forskellen er lille. Sagt på en anden måde tyder data på, at der ikke er registreret køsituationer, hvor vi nærmer os kapacitetsgrænsen. Dette gælder alle fire rundkørsler.

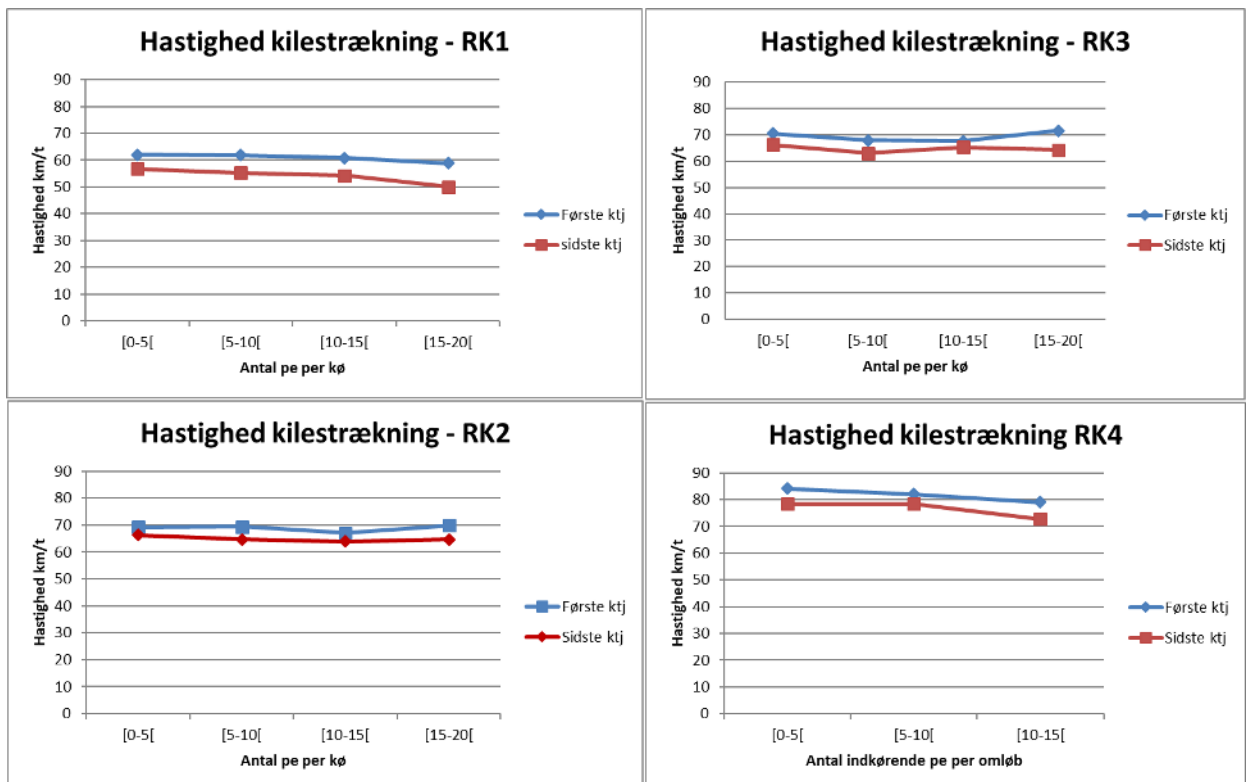


Figur 3.4 Køafviklingstid i snit 7 som funktion af køafviklingstid i snit 1.

3.4 Hastighed

I figur 3.5 ses gennemsnitshastighed på kilestrækningen for det første hhv. det sidste køretøj i hver kø, der passerer snit 7, opgjort i forhold til antal udkørende pe per kø.

Den lille hastighedsforskel mellem første og sidste køretøj på kilestrækningen er formentligt et udtryk for, at der ikke er registreret køsituationer, hvor antallet af køretøjer er så stort, at vi nærmer os kapacitetsgrænsen.

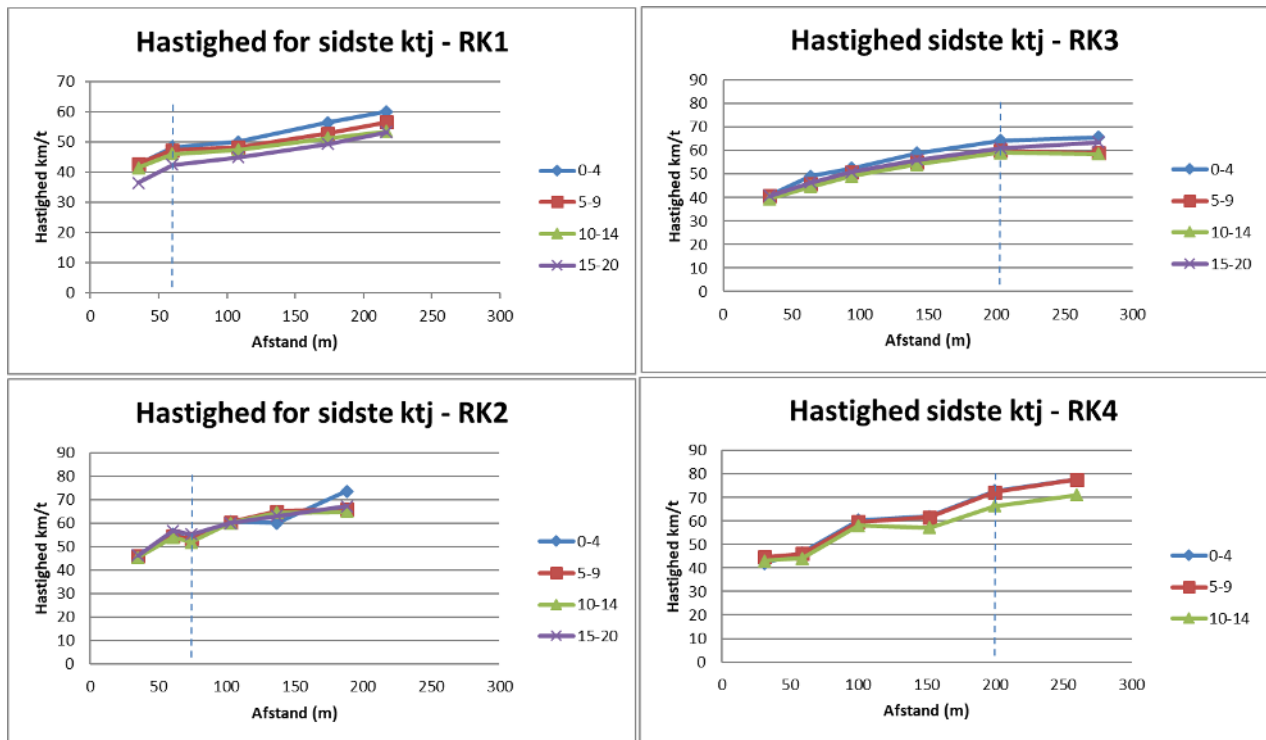


Figur 3.5 Speed flow relation på kilestrækningen for første og sidste køretøj der passerer kileslut.

Af figurene ses, at:

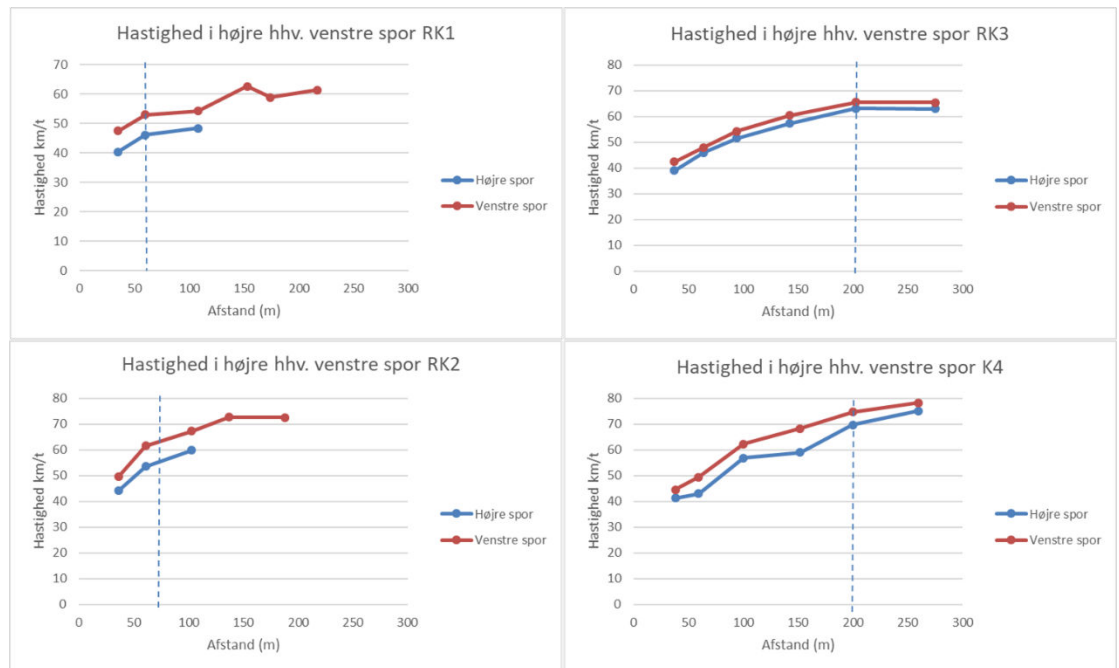
- Hastigheden for det første køretøj er 5-9 km/t højere end hastigheden for det sidste køretøj
- Hastigheden på kilestrækningen kun i mindre grad er påvirket af trafikmængden (antal pe i kø)

På figur 3.6 ses af hastigheden for det køretøj som afslutter en kø, på delstrækningerne mellem de syv målesnit. For alle fire rundkørsler er hastigheden ca. 40-45 km/t på den første strækning efter trafikanterne er kørt ud af cirkulationsarealet. Der er en svag tendens til, at hastigheden falder med stigende trafikmængde. For Rundkørsel 1, har det kun været muligt at benytte data for fem af de seks delstrækninger, mens der for de øvrige tre rundkørsler indgår data for alle seks delstrækninger.



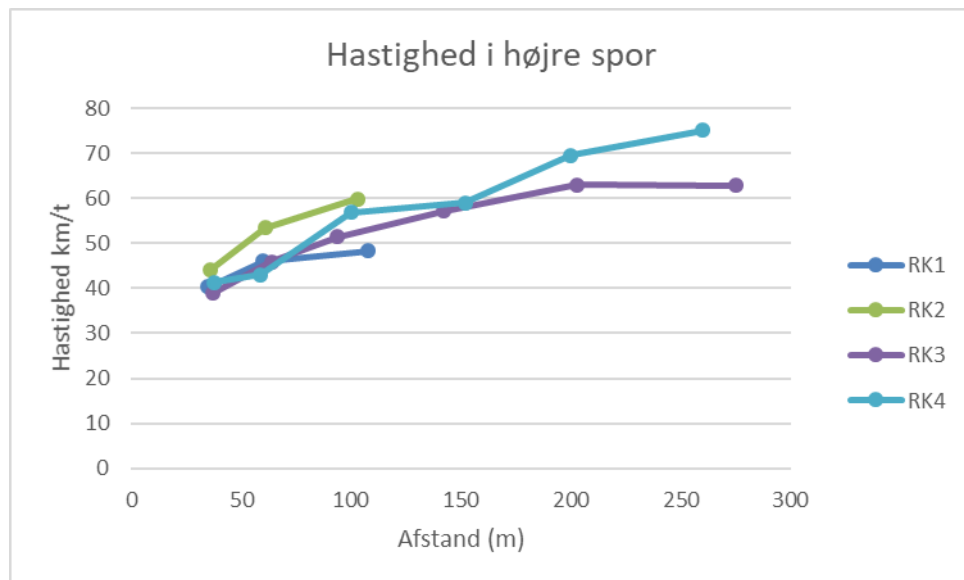
Figur 3.6 Hastighed for sidste køretøj i en kø der passerer snit 7 ved kileslut, delt på de seks delstrækninger set i forhold til antal pe i kø. For rundkørsel 1 indgår kun data for fem af de seks delstrækninger.

I figur 3.7 ses den målte hastighed i henholdsvis højre og venstre kørespor. Hastighedsforskellen mellem sporene er størst for RK1 og RK2. Begge rundkørsler er karakteriseret ved en kort 2-spolet strækning. For RK1, RK2 og RK3 er hastighedsforskellen mellem højre og venstre spor stort set konstant. Hastighedsforskellen mellem højre og venstre spor er mindst for RK3. Det kan være et udtryk for, at lange 2-spojede strækninger giver trafikanterne mulighed for at flette ind i det spor der fortsætter over en lang strækning.



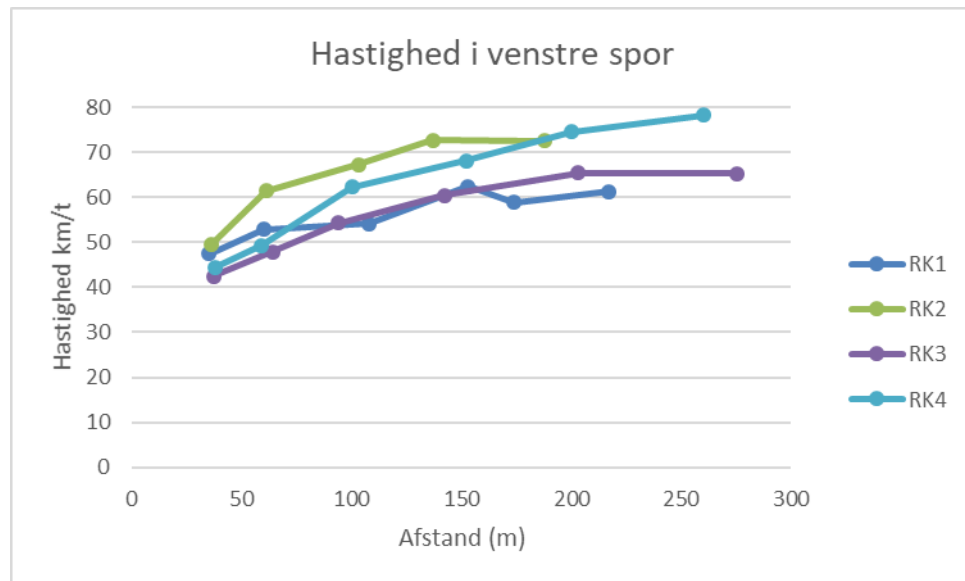
Figur 3.7 Gennemsnitlig hastighed i højre hhv. venstre spor. Den stiplede linje angiver overgangen mellem den 2-spojede frafart og kilestrækningen.

I figur 3.8 og 3.9, ses gennemsnitshastighed for alle køretøjer i hhv. højre og venstre kørespor. Det ses, at hastigheden i det højre spor er nogenlunde ens de første 50-60 m efter trafikanterne er kørt ud af cirkulationsarealet. Efter ca. 100 m ligger hastighedsforskellen på omkring 5-10 km/t. De højeste hastigheder ses for RK3 og RK4, som begge er karakteriseret ved en lang 2-sporet strækning og en kort kilestrækning.



Figur 3.8 Gennemsnitshastighed for alle køretøjer i det højre kørespor for de fire rundkørsler.

I figur 3.9 ses, at trafikanterne i det venstre spor i RK2 og RK4 kommer hurtigere op i hastighed de første ca. 140 m set i forhold til de to andre rundkørsler. For RK2 opnås en maks hastighed på omkring 73 km/t efter ca. 130 m hvorefter hastigheden er konstant. Hastigheden for RK4 stiger kontinuert til afslutning af kilestrækningen med en maks hastighed på 78 km/t. Den laveste hastighed ved afslutning af kilestrækningen ses for RK1, der har den korteste 2-sporede strækning.



Figur 3.9 Gennemsnitshastighed for køretøjer i det venstre kørespor for de fire rundkørsler.

3.5 Registrerede overhalinger

For de undersøgte frafartsspor er køretøjernes ankomstrækkefølge i de enkelte målesnit registreret. I tilfælde hvor køretøjer bytter plads imellem to målesnit, tæles dette som en overhaling, det vil sige at ét køretøj kan have flere overhalinger.

Tabel 3.3 angiver observeret % overhalinger i forhold til det totale antal køretøjer dels for den 2-sporede strækning (L-2spor) og for kilestrækningen (L-kile). I tabellen er også angivet, hvor mange køretøjer der samlet set er registreret i frafarterne.

Rundkørsel	Samlet antal ktj	Observeret % overhalinger		
		L-2spor	L-kile	Samlet
RK1. Frederikssund	2422	6,4%	5,1%	11,5%
RK2. Fredensborg	1792	2,9%	2,2%	5,1%
RK3. Aabenraa	980	7,4%	0,5%	7,9%
RK4. Aalborg	929	13,0%	0,6%	13,7%

Table 3.3 Observeret % overhalinger.

Der er observeret mellem 3-13% overhalinger på L-2spor og 0,5-5% på kilestrækningen. Samlet for de fire rundkørsler er % overhalinger mellem 5-14 %.

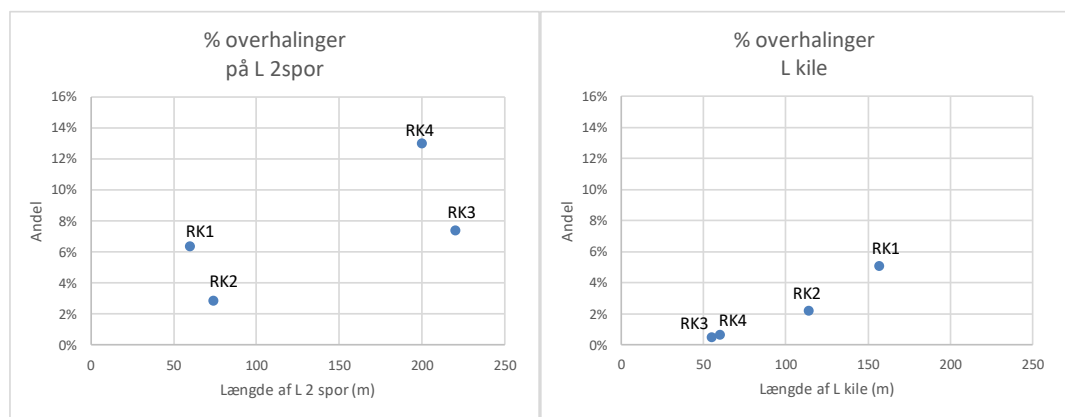
Tabel 3.4 angiver lidt mere detaljeret på hvilke delstrækninger overhalingerne har fundet sted. De blå celler markerer delstrækninger på L-2spor, mens de grønne angiver kilestrækningen.

Rundkørsel	Samlet antal ktj	Observeret % overhalinge							I alt
		Snit 1-2	Snit 2-3	Snit 3-4	Snit 4-5	Snit 5-6	Snit 6-7		
RK1. Frederikssund	2422	4,1%	2,3%	3,7%	0,9%	0,2%	0,3%	11,5%	
RK2. Fredensborg	1792	1,2%	1,3%	0,4%	0,9%	0,7%	0,6%	5,1%	
RK3. Aabenraa	980	1,1%	1,5%	1,6%	1,6%	1,5%	0,5%	7,9%	
RK4. Aalborg	929	1,4%	2,7%	3,2%	3,7%	1,9%	0,6%	13,7%	

Tabel 3.4 Observeret % overhalinge mellem de enkelte målesnit. Blå celler markerer 2-sporede delstrækninger og grønne celler kilestrækning.

Der er forskel på frafarterne mht. hvor overhalingerne foretages. I RK1 gennemføres de fleste overhalinge mellem snit 1-2 og mellem snit 3-4, som er i starten af kilestrækningen. I RK4 gennemføres overhalingerne midt på L-2spor. På nær RK1 gennemføres generelt meget få overhalinge på selve kilestrækningerne.

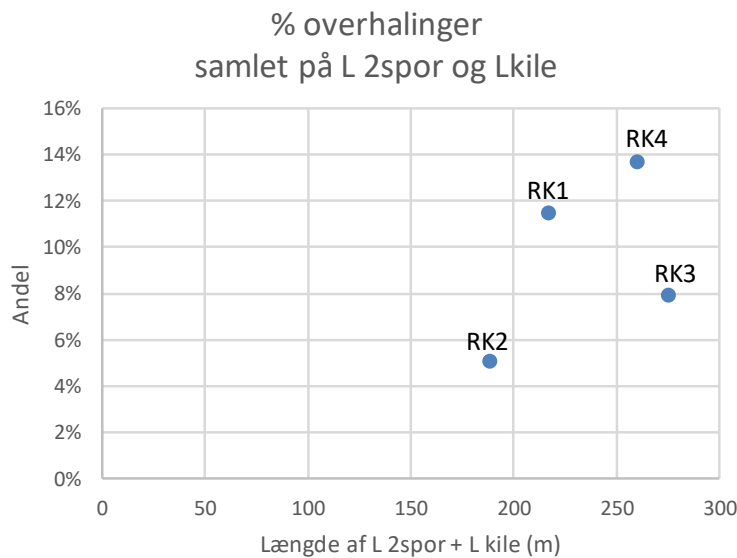
Figur 3.10 viser % overhalinge som funktion af længden af den 2-sporede strækning (L-2spor) og kilestrækningen (L-kile).



Figur 3.10 Observeret % overhalinge som funktion af strækningens længde L-2spor og L-kile.

For både L-2spor og (især) L-kile ses en tendens til, at der foretages flere overhalinge, jo længere strækningen er.

Figur 3.11 viser % overhalinge som funktion af den samlede længde af L-2spor og L-kile. Den frafart med den korteste L-2spor + L-kile har den laveste % overhalinge.



Figur 3.11 % observeret overhalinger som funktion af længden L-2spor + L-kile.

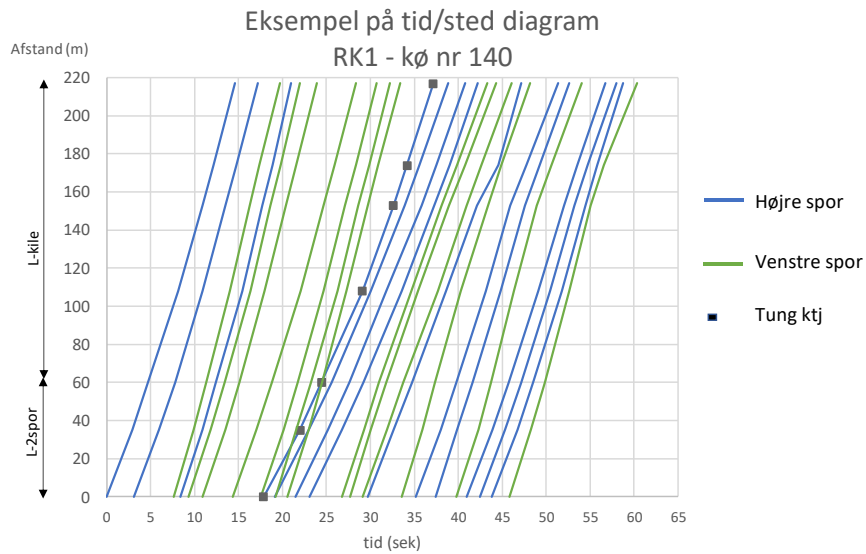
3.6 Tid–sted data for køretøjer i frafarten

Ud fra de registrerede tidskoder ved passage i de respektive målesnit er det muligt at bestemme køretøjernes indbyrdes placering, deres hastighed og acceleration i frafarten.

Det er endvidere muligt at lave tid-sted diagrammer, der beskriver trafikafviklingen. Et eksempel på et tid-sted diagram er figur 3.12. Figuren viser data fra RK1 – kø nr. 140. De blå linjer er køretøjer i højre spor og de grønne er køretøjer i venstre spor. Tid (sek) er sat lig nul sek, når det første køretøj passerer snit 1.

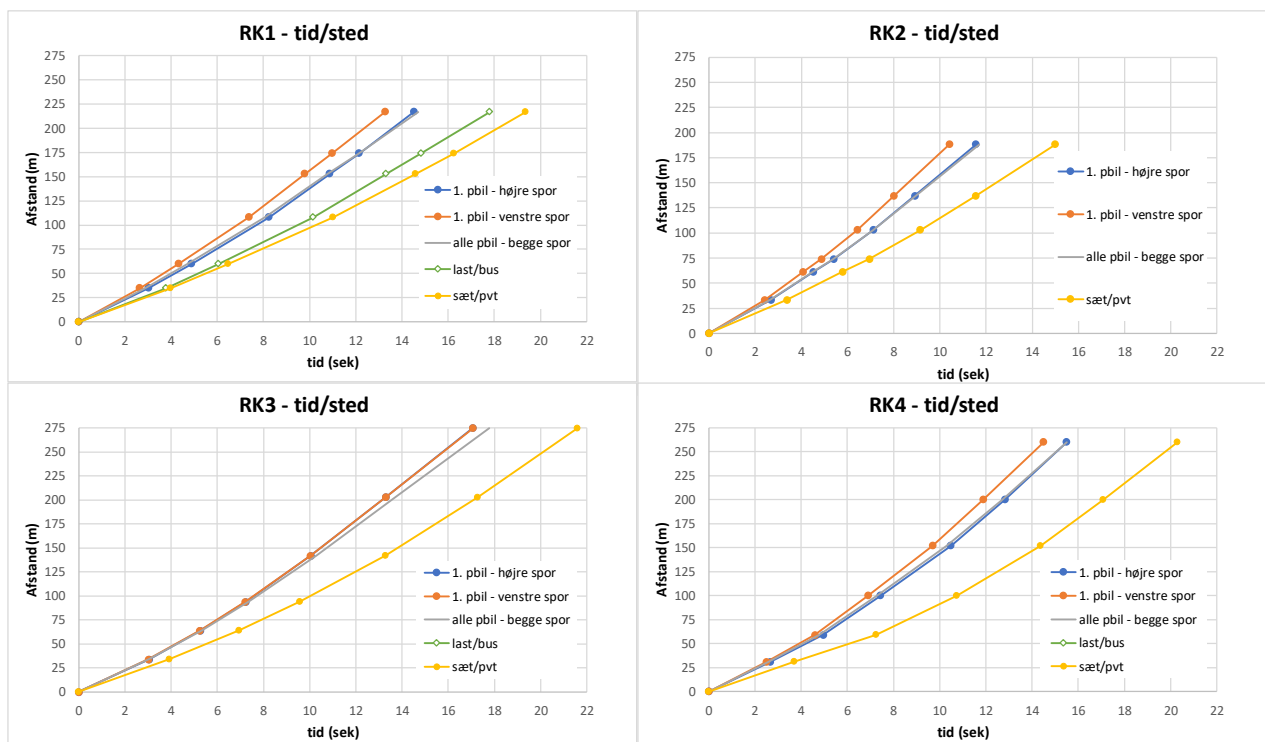
Alle køretøjer i køen er personbiler på nær et enkelt tungt køretøj. Det ses af figuren, at det tunge køretøj i højre spor bliver overhalet af 3 personbiler i venstre spor på L-2spor. På L-kile sker der ingen forskydninger i rækkefølgen. Den vandrette afstand imellem linjerne angiver følgetiden (sek), mens linjernes hældning er køretøjernes hastighed (m/sek). Ved kileslut ses en følgetid på 4-5 sek ifb. med det tunge køretøj, som pga. en lavere hastighed efterlader et ”hul” i trafikstrømmen.

Det ses endvidere, at den samlede passagetid for alle 26 køretøjer i den konkrete kø er ca. 45 sek i starten af L-2spor, og at den samlede passagetid næsten er den samme ved kileslut.



Figur 3.12 Eksempel på tid-sted diagram for trafikafvikling for én enkelt kø (RK1)

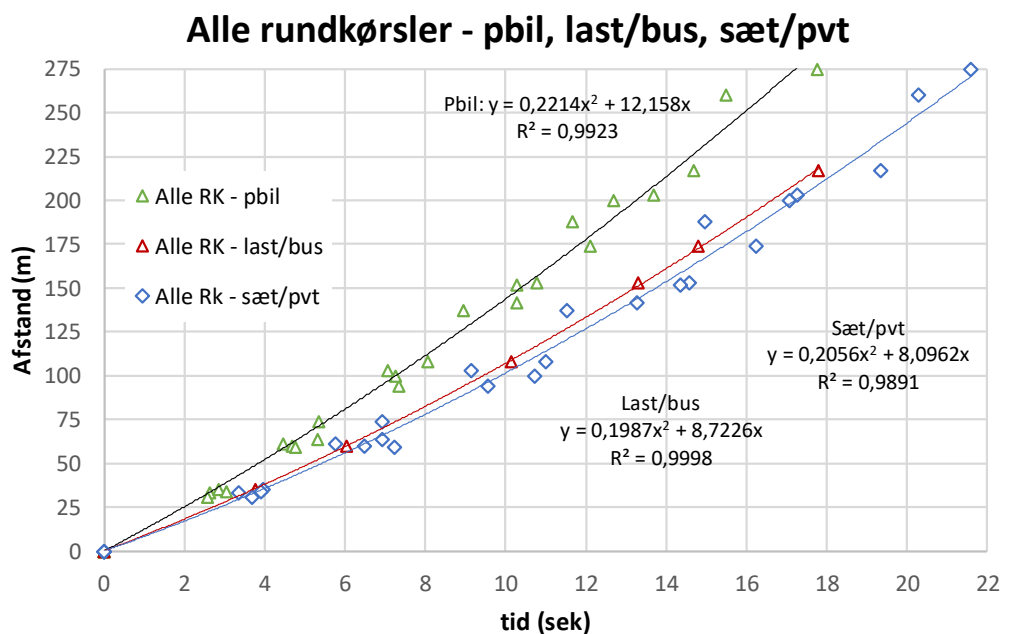
Nedenstående figur 3.13 viser tid-sted data (og dermed hastighed/acceleration) for de undersøgte rundkørsler baseret på samtlige køafviklinger. Data er vist for den første personbil i højre spor, første personbil i venstre spor samt for alle personbiler samlet. Derudover vises data for lastbil/bus og sæt/pvt. 0 sek er sat ved passage af snit 1 i alle figurer. Hvert datapunkt er en gennemsnitlig værdi for alle observationer i det respektive målesnit.



Figur 3.13 Tid-sted data for 1. pbil i højre/venstre spor, alle pbiler samlet, last/bus og sæt/pvt.

Ikke overraskende accelereres der lidt hurtigere i venstre spor sammenholdt med højre spor. Den gennemsnitlige acceleration for alle pbil ligger på niveau med 1. pbil i højre spor. Tunge køretøjer har en lavere acceleration.

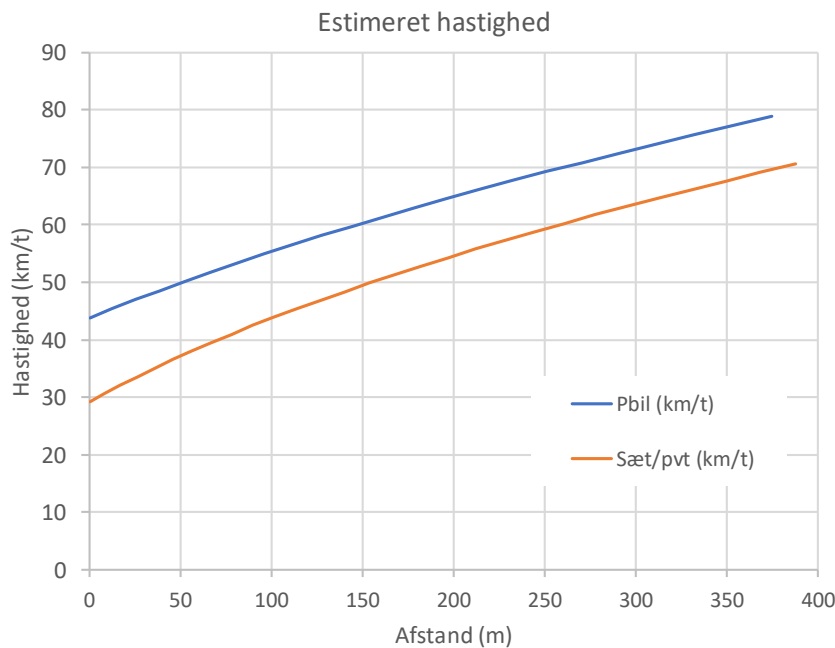
Figur 3.14 viser data for alle RK samlet set. Personbiler inkluderer her alle personbiler uanset placering i kø eller sporbenyttelse. Hvert datapunkt repræsenterer en gennemsnitlig værdi for én rundkørsel i ét målesnit.



Figur 3.14 Tid-sted data for pbil (alle samlet) samt last/bus og sæt/pvt

Personbiler accelererer hurtigst og efter 10 sekunder har de tilbagelagt ca. 150 m mens tunge køretøjer har tilbagelagt ca. 100 m efter 10 sek.

Benyttes den viste sammenhæng mellem afstand og tid, kan hastighed som funktion af afstand beregnes som vist i figur 3.15.



Figur 3.15 Hastighed som funktion af afstand for pbil og sæt/pvt (data fra alle fire rundkørsler samlet)

3.7 Opsamling

Resultaterne kan opsummeres i punktform som følger:

- Der er ikke registreret køsituationer med væsentlig hastighedsreduktion som følge af sporbortfaldet
- Der er observeret 3-13% overhalinger på den 2-sporede strækning
- Der er en tendens til flere overhalinger jo længere den 2-sporede strækning er
- En kort 2-sporet strækning medfører flere overhalinger på kilestrækningen
- Trafikanterne har i store træk den samme følgetid gennem hele frafartssporet
- Køafviklingstiden (tiden fra første til sidste køretøj i en kø) er næsten uændret gennem hele frafartssporet
- Personbiler accelererer hurtigere end tunge køretøjer
- Accelerationen i venstre spor er marginalt højere end i højre spor.
- Hastighedsforskellen mellem højre og venstre kørespor er størst når den 2-sporede strækning er kort (RK1 og RK2)
- Der kan ikke, ud fra de indsamlede data, påvises nogen forskel i frafartssporet kapacitet som følge af længden af den 2-sporet strækning og kilestrækning

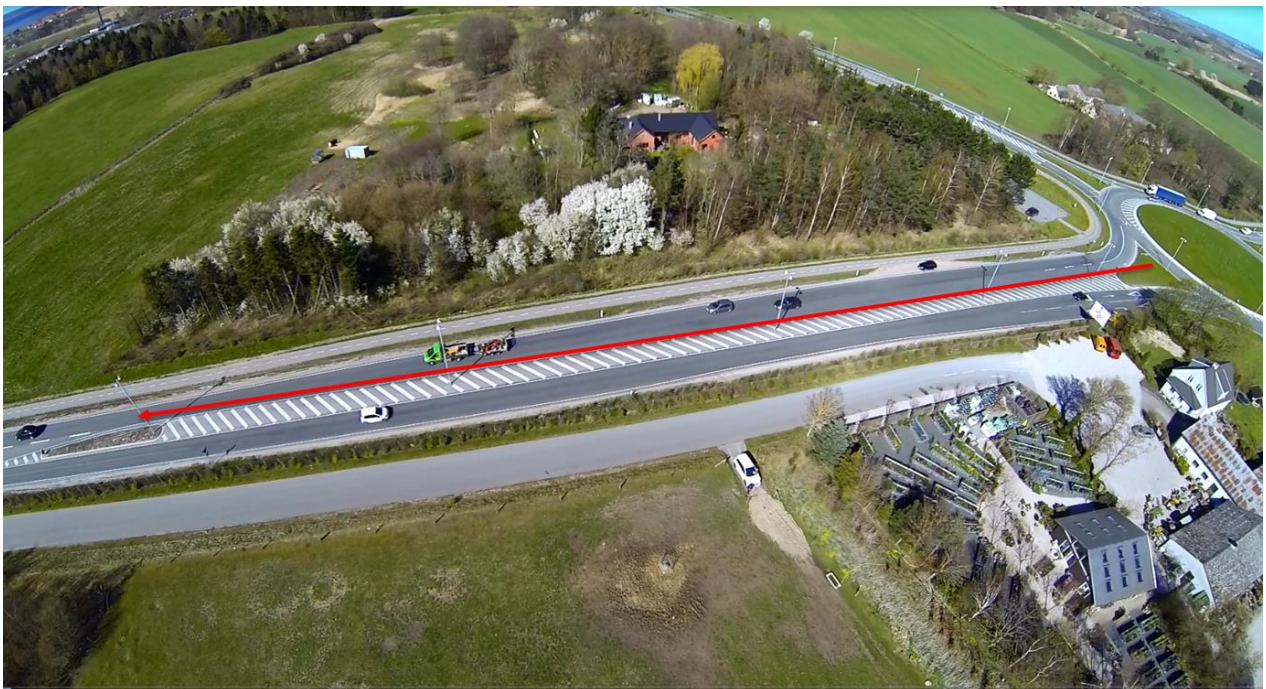
Til trods for, at de fire lokaliteter er udvalgt med fokus på høj trafikintensitet, viser data, at intensiteten i de undersøgte frafarter ikke kommer op på et niveau, hvor en eventuel kapacitetsreducerende faktor som følge af udformningen af sporbortfaldet kan identificeres.

Bilag 1 De fire rundkørsler

Nedenfor følger et luftfoto af hver af de fire rundkørsler der indgår i analysen. De røde markeringer er den undersøgte frafart.

RK1. Rundkørsel i Frederikssund

J. F. Villumsens Vej/Frederikssundvej i køreretning mod vest



RK2. Rundkørsel i Fredensborg Isterødvej/Kirkeltevej i køreretning mod sydøst



RK3. Rundkørsel i Aabenraa

Løgumklostervej/ TSA 70 - Sønderjyske Motorvej / Egevej, køreretning mod syd-øst



RK4. Rundkørsel i Aalborg

Aalborgvej/Nordstjernevej/Ny Aabyvej, i køreretning mod øst

