

Smalle kørespor på motorvej

Effekt på trafikafvikling og trafikantadfærd



Poul Greibe

December 2011

Indhold

Resumé	3
1. Introduktion	5
2. Analysestrækning	6
Dataindsamling	11
Evalueringsparametre og målemetode.....	12
3. Resultater	15
3.1 Sideværtsplacering.....	15
3.2 Overskridelse af venstre kantlinie	18
3.3 Trafik- og hastighedsdata	20
3.4 Kapacitet	22
3.5 Sporbenyttelse.....	26
Referencer	27
Bilag 1	28

Resumé

Trafitec har for Vejdirektoratet evalueret en 1.100 m lang teststrækning på Holbækmotorvejen (M11), hvor man forsøgsvis har reduceret sporbredden for det venstre spor. Teststrækningen ligger som en del af et større vejarbejde syd for Roskilde. Der er målt på tre forskellige opstillinger. En *Basis* opstilling, som er det oprindelige tværsnit, samt to opstillinger (*Afm1* og *Afm2*) som har en reduceret sporbredde. *Afm2* har endvidere N42 kantplader placeret tæt ved venstre kantlinie. De tre opstillinger er skitseret herunder:

Opstilling	Sporbredde (venstre/højre)	Supplerende afmærkning
Basis	275 / 300	
Afmærk 1	220 / 300	
Afmærk 2	220 / 300	N42 ved venstre kantlinie

I relation til de tre opstillinger er der indsamlet trafik- og hastighedsdata samt videooptagelser.

Resultaterne viser at:

- Køretøjernes sideværtsplacering påvirkes af de reducerede sporbredder. Ved høj trafikintensitet reduceres afstanden mellem køretøjer i venstre og højre spor med 9 og 14 cm for henholdsvis *Afm1* og *Afm2* i forhold til *Basis* opstillingen.
- Pga. den reducerede bredde i venstre kørespor øges antallet af køretøjer, der kører på eller overskrider den venstre kantlinie markant i *Afm1* i forhold til *Basis*. Ved *Afm2*, hvor der er N42 tæt ved kantlinien, er der ikke observeret nogen overskridelser, og antallet af køretøjer der kører på kantlinien er på niveau med *Basis* situationen.
- Hastigheden (ved lille trafikintensitet) reduceres en smule ved *Afm1* set i forhold til *Basis* og hastigheden reduceres yderligere ved *Afm2* (specielt i det venstre spor). Resultaterne er ikke helt entydige, men reduktionen ligger på 0-2 km/t for *Afm1* og lidt større for *Afm2*. Forskellene er dog generelt små.
- Hastigheden (ved stor trafikintensitet) reduceres kun en smule ved *Afm1* set i forhold til *Basis* men reduceres med 5-10 km/t ved *Afm2* i forhold til *Basis*.
- Hastighedsforskellen mellem højre og venstre spor reduceres fra i gns. 9 km/t i *Basis* situationen til 8 km/t i *Afm1* og 5 km/t for *Afm2*.
- Trafikafviklingen er vurderet ud fra den maksimalt målte gennemstrømning ved spidsbelastning og den beregnede kapacitet ud fra speed-flow kurver. Resultaterne er ikke entydige, men for de målesnit som er mest troværdige findes

en reduceret kapacitet ved *Afm1* og *Afm2* set i forhold til *Basis*. Der er målt en reduktion på ca. 1-2% for *Afm1* i forhold til *Basis*, og en reduktion på ca. 5-6% for *Afm2* i forhold til *Basis*.

- Ved *Afm1* og *Afm2* ses en øget brug af det højre kørespor. Stigningen er på ca. 2-5% i forhold til *Basis* og størst for *Afm2*.

1. Introduktion

I forbindelse med et større vejarbejde på Holbækmotorvejen (M11) ved Roskilde/Fløng har man forsøgsvis ændret sporbredden og afmærkningen over en strækning på ca. 1100 m.

På motorvejsstrækningen, som er 4-sporet (2+2 spor), er bredden af det venstre spor (det hurtige spor) forsøgsvis ændret fra 275 cm til 220 cm. Bredden af det højre spor (det langsomme spor) er fastholdt på 300 cm.

Derudover er kantafmærkningsplader (N42) forsøgsvis placeret tæt på den venstre kantlinie.

I alt er 3 forskellige opstillinger undersøgt, én basis opstilling + to forsøgsopstillinger, se tabel 1.

Opstilling	Sporbredde (venstre/højre)	Supplerende afmærkning
Basis	275 / 300	
Afmærk 1	220 / 300	
Afmærk 2	220 / 300	N42 ved venstre kantlinie

Tabel 1.1. Undersøgte opstillinger.

Nærværende rapport beskriver konsekvenserne af de afprøvede opstillinger på trafikanternes adfærd og på trafikafviklingen.

2. Analysestrækning

Analysestrækningen er ca. 1100 m lang og er beliggende på Holbækmotorvejen (M11) mellem afkørsel <8> Fløng og <9> Trekroner (km 127,5 – km 128,6), se figur 2.1.



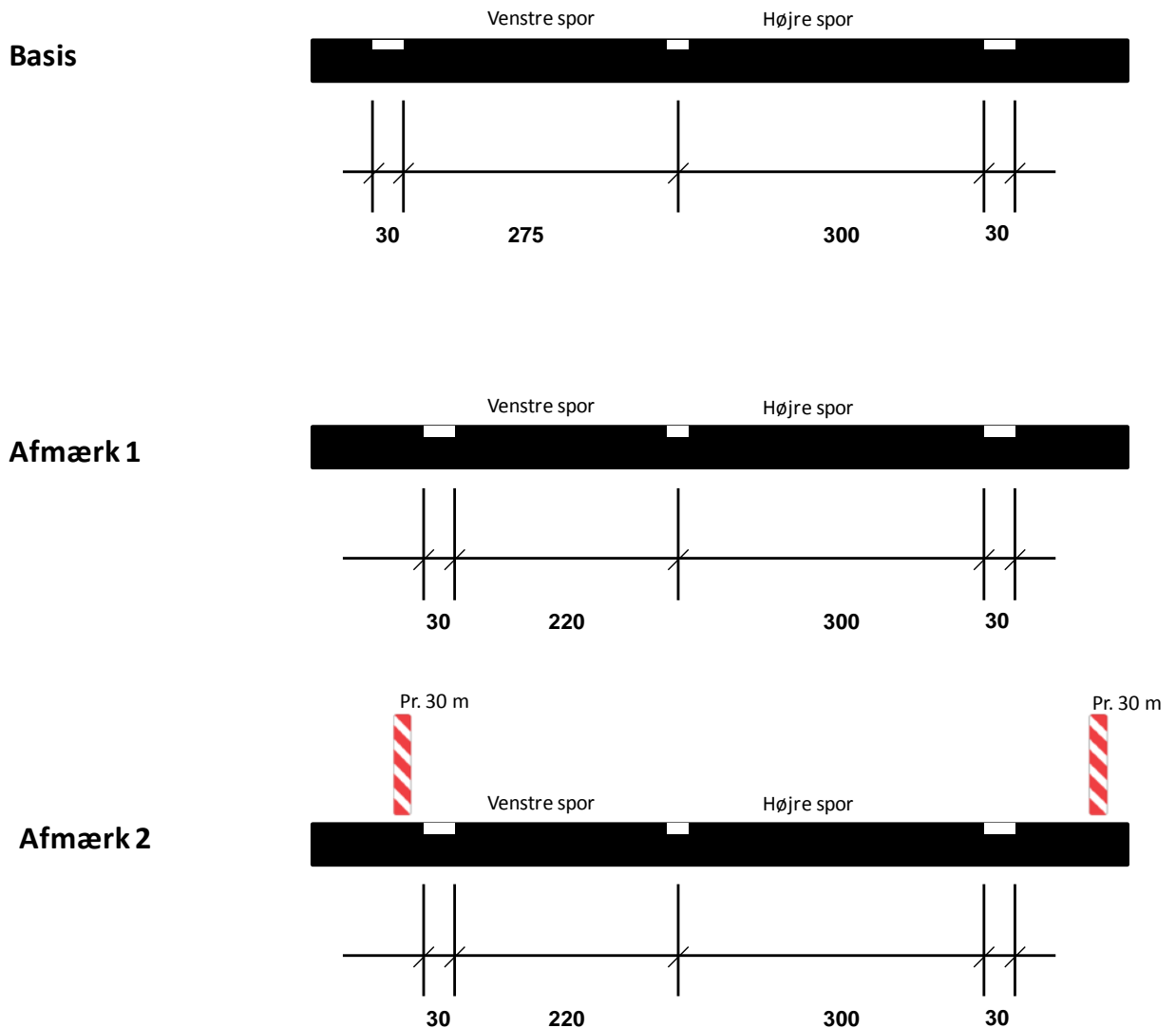
Figur 2.1. Analysestrækning markeret med rødt.

Strækningen er en del af et større vejarbejde, der strækker sig over ca. 10-12 km øst og syd for Roskilde. På hele strækningen er den skiltede hastighed 80 km/t, som dog i nogle tilfælde skiltes yderlige nedre vha. VMS tavler i tilfælde af f.eks. arbejds kørsel.

Som udgangspunkt (*basis*) er strækningen afstribet med en sporbredde på 275cm for det venstre spor og 300cm for det højre spor (275/300).

I analysen indgår to andre afmærkningskoncepter (*Afm1* og *Afm2*), hvor sporbredden for det venstre spor er reduceret til 220cm, mens bredden af det højre spor bibeholdes på 300 cm (220/300), se figur 2.2.

I *Afm2* findes endvidere N42 kantpladeafmærkning placeret tæt ved kantlinie med ca. 30 m mellemrum. Disse er placeret helt tæt ved venstre kantlinie, mens afstanden til højre kantlinie er ca. 1 m, se figur 2.2.



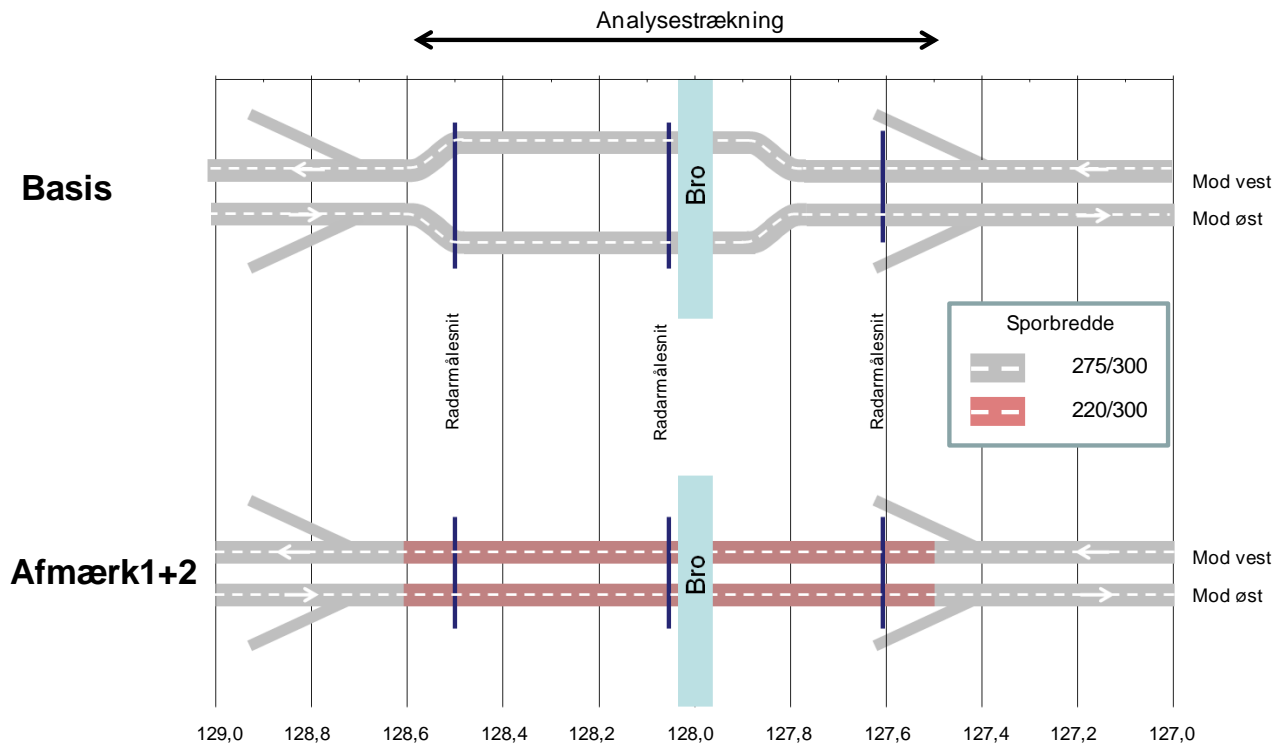
Figur 2.2. Sporbredde og placering af N42 (kantplade) ved de tre opstillinger.

I basissituationen er vognbanerne forsat over en strækning på ca. 600 m mod højre for at gøre plads mod midterareal. I forbindelse med at sporbredden ændres i de to efterfølgende opstillinger flyttes vognbanerne tilbage til den oprindelige placering. Midt på strækningen findes en bro. Umiddelbart nedstrøms/opstrøms for analysestrækningen findes til/frakørsler.

Figur 2.3 viser analysestrækningen (fra km 127,5 – km 128,6) i *Basis* og *Afm1+2* opstillingen. Figuren viser hvordan forsætningen har været i *basis*-perioden, og hvordan den ser ud efterfølgende. Derudover ses placering af bro og til/frakørsler.

I km 127,6, 128,1 og i km 128,5 findes radar til indsamling af trafik og hastighedsdata, se figur 2.3. Radarene dækker alle 4 spor og indsamler data på enkelt-

køretøjsniveau. De radarsnit der ligger i enderne af analysestrækningen er i *basis* situationen relativ tæt på overgangen til forsætningen, hvilket kan have indflydelse på de målte hastigheder her.



Figur 2.3. Analysestrækning i basis-situation samt ved Afmærk 1+2.



Foto. Forsætning af kørespor i basis-situationen. Set mod øst. Ny opstribning med smalle venstre kørespor er påbegyndt.

Foto fra de tre opstillinger kan endvidere ses på nedenstående fotos.

Basis



Afmærk 1



Afmærk 2



Foto. Basissituation (venstre) samt afmærkning 1+2. Trafik i vestlig retning.

Basis



Afmærk 1



Afmærk 2



Foto. Basissituation (venstre) samt afmærkning 1+2. Trafik i østlig retning.

For *basis*-situationen og for situationen med *Afmærk 1* er den fri sidebredde på min. 1,8 m, på nær nogle få steder hvor skilte eller afspærringsmateriel står tættere på kantlinjen. Rabat mod sideareal og midte er endvidere belagt, hvorpå der står kantafmærkningsplader for hver ca. 100m, se foto.

I situationen ved *Afmærk 2* er der som tidligere nævnt placeret N42 kantplader tæt ved venstre kantlinie samt ved højre kantlinie i en afstand på ca. 1 m. Den fri sidebredde er derved mindre end 1,8m.

Ved *Afmærk 1+2* er der endvidere etableret autoværn i midterrabat.

Det skal bemærkes, at hele strækningen er stærkt trafikeret i myldretiden hvor der er udpræget trængsel og langsomt kørende trafik. Dette gælder primært for østgående trafik om morgenen og til dels vestgående trafik om eftermiddagen.

Umiddelbart op- og ned-strøms for analysestrækningen findes der i østgående retning rampetilkørsler (se figur 2.3) som i morgenmyldretiden kan give nogen turbulens i trafikafviklingen. Hastigheden og trafikafviklingen i østgående retningen influeres i perioder af rampetrafikken og det vurderes, at den trafikale flaskehals ikke nødvendigvis udgøres af selve analysestrækningen, men til dels af rampetilkørslerne op- og nedstrøms for analysestrækningen.

Dataindsamling

Radardata.

I tre målesnit (se figur 2.3) er der indsamlet trafik- og hastighedsdata vha. radar, som er placeret i vejside. Målesnittene dækker alle 4 spor (begge retninger), og data er indsamlet på køretøjsniveau. Det betyder, at oplysninger om klokkeslæt, hastighed, køretøjslængde og sporbenyttelse findes for alle køretøjer, der passerer målesnittet.

Pålideligheden af radardata kendes ikke til fulde, men det vurderes, at eftersom det er de samme radarer som bruges til alle analyserne vil eventuelle fejlmålinger være i samme størrelsesorden ved alle opstillinger. Dermed vil en sammenligning opstillingerne imellem være mulig.

Radar i målesnit km128,1 (det midterste målesnit) blev først sat i drift kort tid før *Afmærk1* blev etableret, hvorfor data fra dette målesnit er begrænset i *basis*-situationen. Samme radar har desværre haft nedbrud i *Afmærk2* situationen, hvorfor der kun findes begrænset data for denne opstilling. Det er dog lykkedes at få data fra km 128,1 i sommerferien med mindre trafikintensitet. Disse data er dog ikke benyttet i analyserne.

Da de to resterende radarer (km 127,6 og km 128,5) har haft dataudfald i *basis*-situationen, har det været nødvendigt at benytte data fra tidligere på året. Tabel 2.1 viser hvilke måledage der bruges i analyserne for de forskellige afmærknings-situationer og målesnit.

For at få så ensartede trafikforhold som mulig, bruges som udgangspunkt kun tirsdag, onsdag eller torsdage som måledage. Hastighedsbegrænsningen (VMS-tavlerne) har været 80 km/t på alle måledage.

	Radar data	
	km 127,6 og km 128,5	km 128,1
Basis	8/2 + 9/2 + 10/2	2/3* + 3/3*
Afmærk 1	31/3 + 5/4 + 6/4	31/3 + 5/4 + 6/4
Afmærk 2	25/5 + 9/6 + 15/6	12/7** + 13/7** + 14/7**

Tabel 2.1. Måledage for radardata (* ej hele dage) (** ej benyttet)

Videoptagelser

Ud over trafik- og hastighedsdata er der foretaget videoptagelser fra broen i km 128. Trafikken i begge retninger er filmet. Der er kun filmet mod vest. Videoptagelser bruges til at registre ændringer i sideværtsplacering og overskridelser af kantlinie samt andre adfærdsændringer som følge af de testede afmærkninger.

Tabel 2.2 viser tidspunkter med videooptagelser.

	Tidspunkter med videooptagelser	
Basis	1/3 (kl. 7-12)	7/3 (kl. 13-18)
Afmærk 1	28/3 (kl. 7-12)	30/3 (kl. 13:30-18:00)
Afmærk 2	26/5 (kl. 7-13)	-

Tabel 2.2. Tidspunkter for videooptagelser.

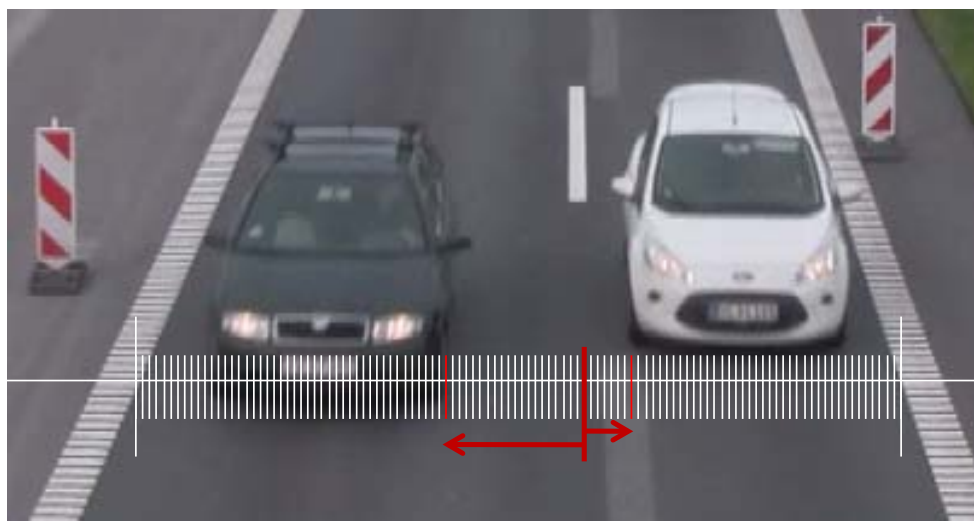
Evalueringsparametre og målemetode

For at vurdere trafikantadfærden og trafikafviklingen i de afprøvede opstillinger tages udgangspunkt i en række evalueringsparametre.

Sideværtsplacering

Køretøjernes sideværtsplacering er registreret i højre og venstre kørespor. Der skelnes mellem perioder med høj og lav trafikintensitet og forskellige køretøjstyper.

Sideværtsplaceringen i køresporene er målt i ét snit for trafik i østgående retning ved broen i km 128. Registreringen er sket ud fra videooptagelser, hvor køretøjers placering i sporet er indmålt ud fra delelinien. Det er altså afstanden mellem delelinie og køretøjet der er registreret. Foto herunder viser et eksempel på registrering af sideværtsplacering, hvor afstanden er registreret i afstandsklasser på 3,5 cm.



Sideværtsplaceringen er registreret i to perioder for hver opstilling. En morgenperiode (8:00-8:15) og en middagsperiode (12:00-12:15). De to perioder repræsente-

rer to forskellige trafikintensiteter. Der skelnes mellem personbiler/varebiler (pbil/vbil) og tunge køretøjer (last/bus).

For køretøjer i højre spor er det således køretøjets venstre kant der er registreret, og for køretøjer i venstre spor er det køretøjets højre kant som er indmålt. For at beregne placeringen af køretøjets midte (og modstående side) benyttes en gennemsnitlig bredde for køretøjerne på 175 cm for personbil/varebil og 250cm for lastbil/bus.

Der er registreret ca. 100 personbil/varebil og ca. 30 last/bus pr. kørespor i hver tidsperiode i alle tre opstillinger. Der er dog ikke registreret tung trafik i det venstre spor.

Overskridelse af venstre kantlinie

Antallet af køretøjer der kører på, eller overskrider venstre kantlinie er registreret i tidsrummet 7:30-12:30 for trafik i østgående retning i de tre opstillinger. Registreringerne er baseret på videooptagelser fra bro, hvor der er benyttet et observationsfelt på 120m. Der er skelnet mellem personbil/varebil og lastbil/bus, og hvorvidt der køres på kantlinien eller om kantlinien overskrides. Alle registreringer er opgjort i 15 min intervaller.

Trafik- og hastighedsdata

Følgende trafik og hastighedsparametre er vurderet i analysen:

Hastighed

Hastighed (middel, 85% fraktil) i højre/venstre spor i dagtimerne uden for myldretiden (kl. 9-15)

Hastighed-døgnfordeling.

Middelhastigheden pr 15 min over døgnet.

Trafik-døgnfordeling.

Samlet registreret trafik i begge spor pr 15 min over døgnet.

Speed-flow

Hastighed som funktion af flow

FFS (free-flow speed)

Fri hastighed ved lav trafikintensitet

Maks-gennemstrømning

Det maksimale registrerede trafikflow pr 15 min, målt i antal personbilenheder (pe). Beregnes som gennemsnit af de tre højst registrerede 15 min intervaller.

Beregnet kapacitet

Beregnet kapacitet ud fra speed-flow data hvor Van Aerde modellen benyttes og kalibreres. Metode til at kalibrere speed-flow modellen er beskrevet i [1].

Andel køretøjer i højre spor

Andel køretøjer der benytter højre spor ved forskellig trafikintensitet.

3. Resultater

I dette afsnit præsenteres analysens resultater.

3.1 Sideværtsplacering

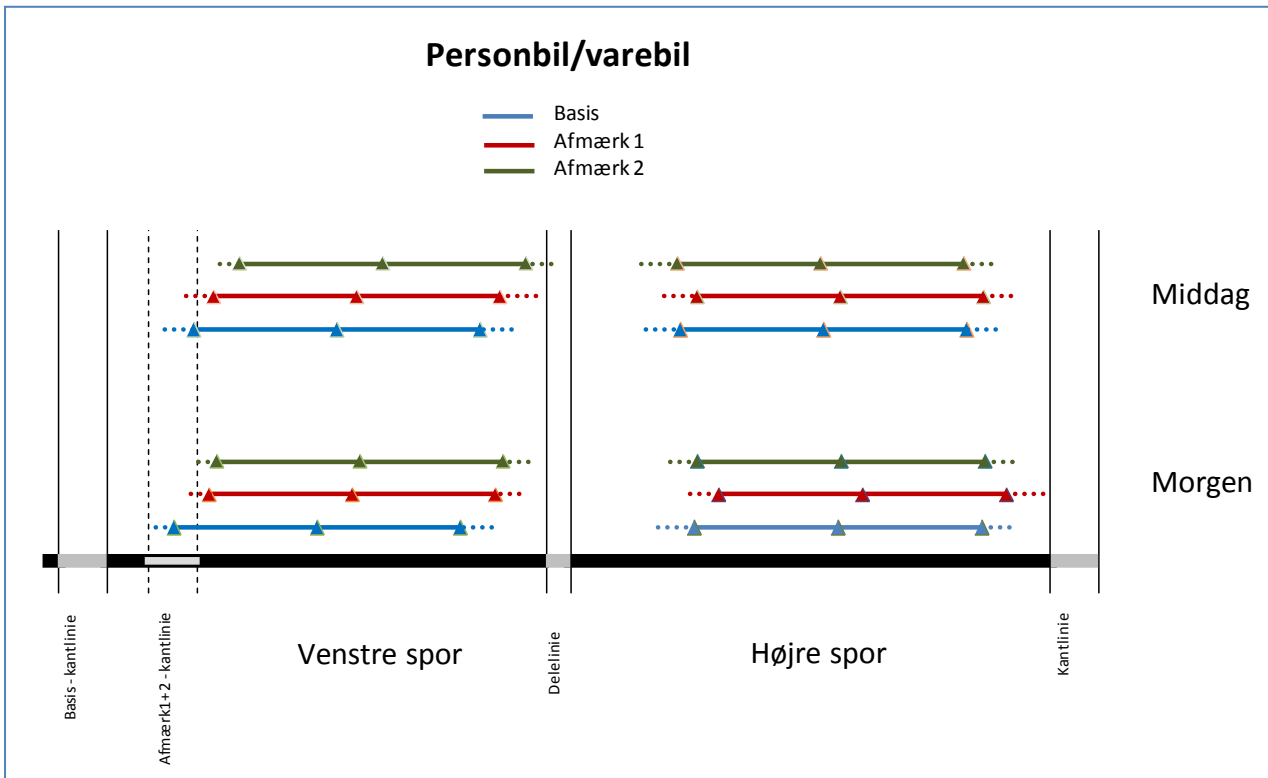
Som tidligere nævnt er sideværtsplaceringen indmålt som afstanden fra delelinien til køretøjskant.

Den beregnede gennemsnitlige sideværtsplacering er i tabel 3.1 omregnet og angivet som afstanden fra højre kantlinie til køretøjets midte. Der skelnes mellem morgentrafik (høj trafikintensitet) og trafik midt på dagen (lav trafikintensitet).

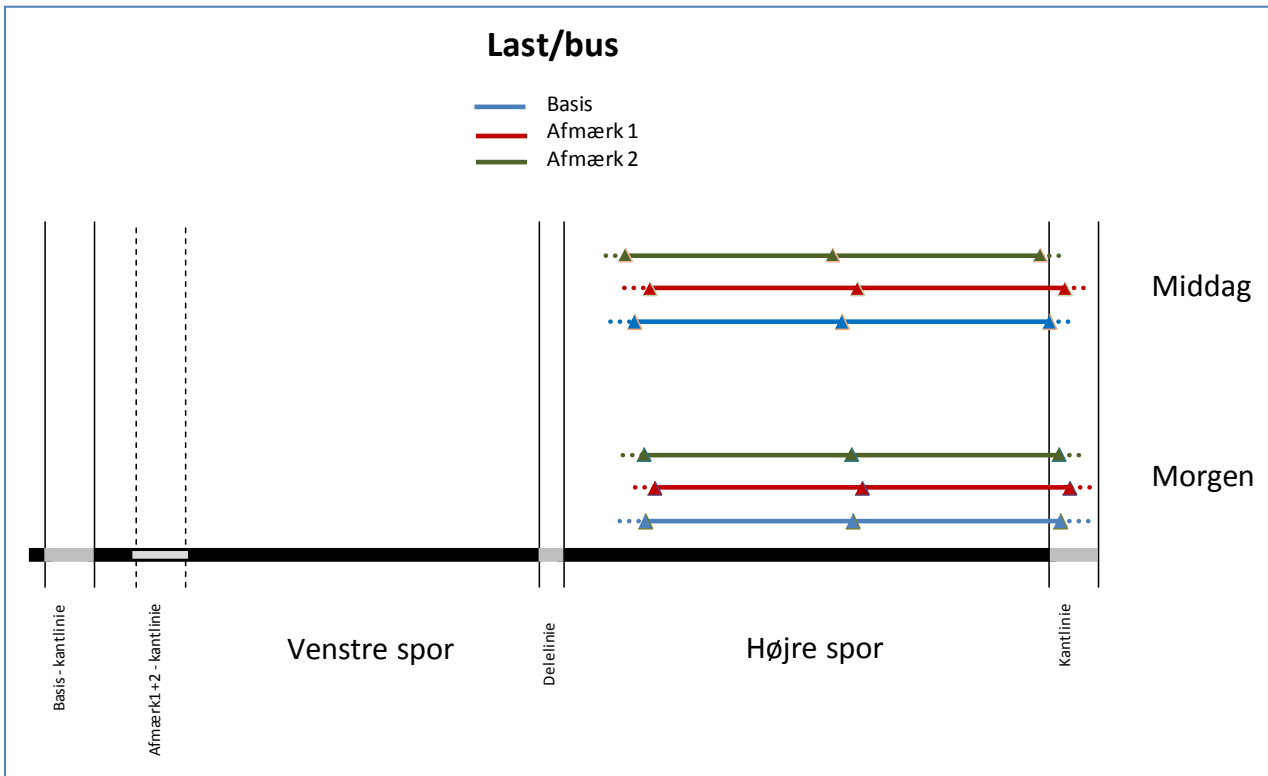
Spor	Ktj-type	Morgen			Middag		
		Basis	Afmærk1	Afmærk2	Basis	Afmærk1	Afmærk2
Højre	pbil/vbil	129	114	127	138	128	140
	last/bus	118	112	119	125	115	130
Venstre	pbil/bil	447	426	421	435	423	407

Tabel 3.1. Gennemsnitlig beregnet afstand fra køretøjets midte til højre kantlinie (cm).

Tabellens resultater er endvidere vist i nedenstående figur 3.1 og 3.2. På figuren er sideværtsplaceringen vist opdelt på morgen og middag for de tre opstillinger. Det skal erindres om, at det i princippet kun er køretøjernes nærmeste kant mod delelinie, der er indmålt. Alle andre punkter er beregnet ud fra en gennemsnitlig bredde af de pågældende køretøjer. De stiplede linier indikerer 15 og 85% fraktilen for sideværtsplaceringen.



Figur 3.1. Sideværtsplacering af personbil/varebil.



Figur 3.2. Sideværtsplacering af lastbil/bus.

Ud fra tabel 3.1 og figur 3.1+3.2 ses for køretøjer i venstre spor (udelukkende pbil/vbil) en flytning mod højre i forhold til *Basis*-situationen. Som følge af det smallere venstre kørespor flyttes køretøjerne i *Afmærk1* (morgen) i gennemsnit 21 cm mod højre og i *Afmærk2* yderligere 5cm mod højre i forhold til *Basis*. Ved tynd trafik (middag) ses samme tendens. Generel er køretøjerne i det venstre spor placeret længere mod højre ved tynd trafik end ved tæt trafik. I *Afmærk2* ses en mindre andel af køretøjer i venstre spor der kører på /overskrider delelinien.

For pbil/vbil i højre spor ses en flytning mod højre ved *Afmærk1* i forhold til *Basis*. Flytningen er 10-15 cm afhængig af om det er morgen- eller middagsperioden. Ved *Afmærk2* er sideværtsplaceringen næsten den samme som for *Basis*, dvs. længere mod venstre i forhold til *Afmærk1*. At køretøjerne i højre spor flytter mod højre ved *Afmærk1* kan forklares ved, at køretøjerne i venstre spor kommer tættere på som følge af et smallere venstre spor. Ved *Afmærk2*, som har N42 et stykke fra højre kantlinie, flytter trafikken mod venstre i forhold til *Afmærk1*, hvor der ikke er N42.

For de tunge køretøjer (udelukkende højre spor) ses samme ændring i sideværtsplacering som for personbil/varebil, dvs. en flytning mod højre i *Afmærk1* og en flytning mod venstre i *Afmærk2*. De tunge køretøjer er ved tæt trafik placeret mere mod højre end i situationer med tynd trafik. Resultaterne viser også, at en relativ stor andel af den tunge trafik kører på højre kantlinie, specielt i tæt trafik, se figur 3.2.

Det bør også nævnes, at spredningen for sideværtsplaceringen mindskes for køretøjer i det venstre spor ved *Afmærk1+2* i forhold til *basis*-situationen. Derudover ses mindre spredning ved tæt trafik sammenholdt med tynd trafik (gælder både højre og venstre spor).

Ud fra de registrerede målinger kan afstanden mellem køretøjer i højre og venstre spor endvidere beregnes. Tabel 3.2 viser den gennemsnitlige afstand mellem køretøjerne i de to spor (fra køretøjskant til køretøjskant) opdelt på de tre opstillinger.

Som det ses bliver afstanden mindsket gradvist fra *Basis* til *Afm1* og *Afm2*. Afstanden er generelt mindst uden for myldretiden, hvor de fleste køretøjer er alene, dvs. uden køretøjer i nabosporet.

Morgen			Middag		
Basis	Afmærk1	Afmærk2	Basis	Afmærk1	Afmærk2
138	129	114	117	114	85

Tabel 3.2 Middelfastand (cm) mellem køretøjer i højre og venstre spor. Alle køretøjer.

3.2 Overskridelse af venstre kantlinie

Antallet af køretøjer der køre på kantlinien eller overskrider kantlinien er vist i tabel 3.3. Tallene er baseret på registreringer af én formiddag (7:30-12:30) i hver opstilling. Det vurderes at trafikken på de tre formiddage har været nogenlunde ens. Der er benyttet et observationsfelt på 120m.

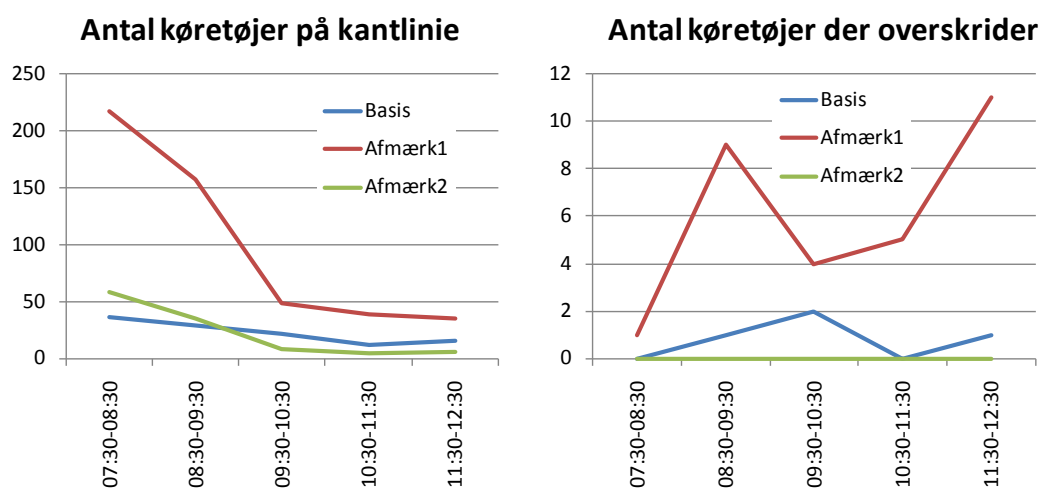
I forhold til *basis*-situationen stiger antallet af køretøjer der kører på, eller overskrider kantlinien i *Afmærk1*-situationen markant. I *Afmærk2*-situationen, er der ikke registreret nogen overskridelser af kantlinien og antallet af køretøjer, der kører på kantlinien, er på niveau med *basis*-situationen.

Generelt er der kun registreret meget få tunge køretøjer.

	Kører på kantlinie			Overskrider kantlinie		
	Basis	Afmærk 1	Afmærk 2	Basis	Afmærk 1	Afmærk 2
Pbil/vbil	109	486	111	4	30	0
Last/bus	6	10	1	0	0	0
I alt	115	496	112	4	30	0

Tabel 3.3. Antal registrerede køretøjer der kører på, eller overskrider venstre kantlinie.

Figur 3.3 viser antal køretøjer på kantlinie og antal køretøjer der overskrider kantlinie i de tre opstillinger fordelt på tidspunkt. Ikke overraskende ses flest køretøjer på kantlinien i myldretiden. Antallet af køretøjer der overskrider kantlinien er generelt væsentlig mindre, og der ses ikke nogen entydig sammenhæng mellem tidspunkt, og dermed trafikintensitet, og antal overskridelser.



Figur 3.3. Antal køretøjer på venstre kantlinie og antal køretøjer der overskrider venstre kantlinie opdelt på klokkeslæt.

Det skal bemærkes, at der i forbindelse med registreringen blev observeret flere tilfælde, hvor bilerne følger efter hinanden, når de kører på eller overskrider kantlinien. Det sker især ved tæt trafik. Hvis først én bil overskrider eller kører på kantlinien, så følger bilen bagved typisk efter. Det tyder på, at bilisterne i tæt trafik i højere grad følger den forankørende bil, og i mindre grad bruger vejafmærkingen til at placere sig efter.

3.3 Trafik- og hastighedsdata

Nedenstående tabeller viser hovedresultaterne vedr. hastighed fra de tre målesnit på strækningen i de tre opstillinger. Resultaterne er vist for højre og venstre spor særskilt samt for begge spor samlet. Øst og vestgående retning behandles hver for sig.

I tabellerne er angivet den gennemsnitlige hastighed samt 85% fraktilen i tidsrummet kl. 9-15 (dvs. uden myldretid). Derudover er FFS (fri hastighed) angivet.

Resultater fra radar i km 127,6 ses i nedenstående tabel 3.4.

	Retning vest								
	Venstre			Højre			Højre+venstre		
	Basis	Afm1	Afm2	Basis	Afm1	Afm2	Basis	Afm1	Afm2
V(9-15) – gns (km/t)	87	89	83	81	82	79	84	86	81
V(9-15) - 85% (km/t)	98	98	93	90	89	86	94	94	90
FFS (km/t)	94	97	97	88	93	90	90	94	92

	Retning øst								
	Venstre			Højre			Højre+venstre		
	Basis	Afm1	Afm2	Basis	Afm1	Afm2	Basis	Afm1	Afm2
V(9-15) – gns (km/t)	91	89	82	79	79	77	85	84	80
V(9-15) - 85% (km/t)	100	99	93	87	87	85	94	93	89
FFS (km/t)	95	98	95	90	91	89	91	92	91

Tabel 3.4. Hovedresultater for radar i km 127,6.

Resultater fra radar i km 128,1 ses i tabel 3.5.

	Retning vest								
	Venstre			Højre			Højre+venstre		
	Basis	Afm1	Afm2	Basis	Afm1	Afm2	Basis	Afm1	Afm2
V(9-15) – gns (km/t)	89	88	-	80	79	-	84	83	-
V(9-15) - 85% (km/t)	97	97	-	86	86	-	93	93	-
FFS (km/t)	98	98	-	96	93	-	94	93	-

	Retning øst								
	Venstre			Højre			Højre+venstre		
	Basis	Afm1	Afm2	Basis	Afm1	Afm2	Basis	Afm1	Afm2
V(9-15) – gns (km/t)	91	91	-	81	82	-	84	85	-
V(9-15) - 85% (km/t)	102	101	-	89	90	-	95	95	-
FFS (km/t)	97	97	-	89	92	-	91	94	-

Tabel 3.5. Hovedresultater for radar i km 128,1.

Resultater fra radar i km 128,5 ses i tabel 3.6.

	Retning vest								
	Venstre			Højre			Højre+venstre		
	Basis	Afm1	Afm2	Basis	Afm1	Afm2	Basis	Afm1	Afm2
V(9-15) – gns (km/t)	83	88	83	74	79	77	77	82	79
V(9-15) - 85% (km/t)	92	98	92	81	87	84	86	92	87
FFS (km/t)	91	95	97	83	92	92	87	93	92

	Retning øst								
	Venstre			Højre			Højre+venstre		
	Basis	Afm1	Afm2	Basis	Afm1	Afm2	Basis	Afm1	Afm2
V(9-15) – gns (km/t)	88	88	84	79	81	81	82	83	82
V(9-15) - 85% (km/t)	98	101	96	88	90	91	92	95	93
FFS (km/t)	91	96	94	87	91	93	90	92	94

Tabel 3.6. Hovedresultater for radar i km 128,5.

Af tabellerne ses, at hastigheden i de fleste tilfælde stiger i det første og sidste målesnit fra *Basis* til *Afmærk1* situationen. Det skyldes formentlig, at køresporene i *Basis* er forsat, og at målesnittene ligger tæt på selve forsætningen som her giver en lavere hastighed.

For det målesnit der ligger midt på strækningen ses en næsten uændret hastighed fra *Basis* til *Afm1*.

Hastigheden reduceres generelt fra *Afm1* til *Afm2* med ca. 3-7 km/t og reduktionen er størst i venstre spor. Den laveste hastighed findes som oftest i *Afm2*.

Hastighedsforskellen mellem venstre og højre spor reduceres væsentligt fra *Basis* til *Afm1* og *Afm2*. Tabel 3.7 viser hastighedsforskellen mellem højre og venstre spor for radar i km 127,6 og km 128,5 i de tre opstillinger. Hastighedsforskellen halveres omtrentlig fra *Basis* til *Afm2*.

Radar	Retning øst			Retning vest		
	Basis	Afm1	Afm2	Basis	Afm1	Afm2
km 127,6	12	10	5	6	7	4
km 128,5	9	7	3	9	9	6

Tabel 3.7 Hastighedsforskel (km/t) mellem højre og venstre spor.

I bilag 1 findes supplerende figurer der viser trafik og hastighedsdata fra de enkelte målesnit.

3.4 Kapacitet

Vejstrækningens kapacitet er vurderet ud fra den maksimale observeret trafikgennemstrømning samt ud fra en beregnet kapacitet baseret på speed-flow model. Den beregnede speed-flow model er baseret på Van Aerde modellen, hvor speed-flow data er benyttet til at kalibrere modellen. Modellernes kalibreringsresultater samt de registrerede speed-flow data kan ses i Bilag 1. Kun data fra radar i km 127,6 og km 128,5 benyttes.

Tabel 3.8 og 3.9 samt figur 3.4 og 3.5 gengiver resultaterne af den maksimalt observerede trafikgennemstrømning og den beregnede kapacitet ud fra den kalibrerede Van Aerde model.

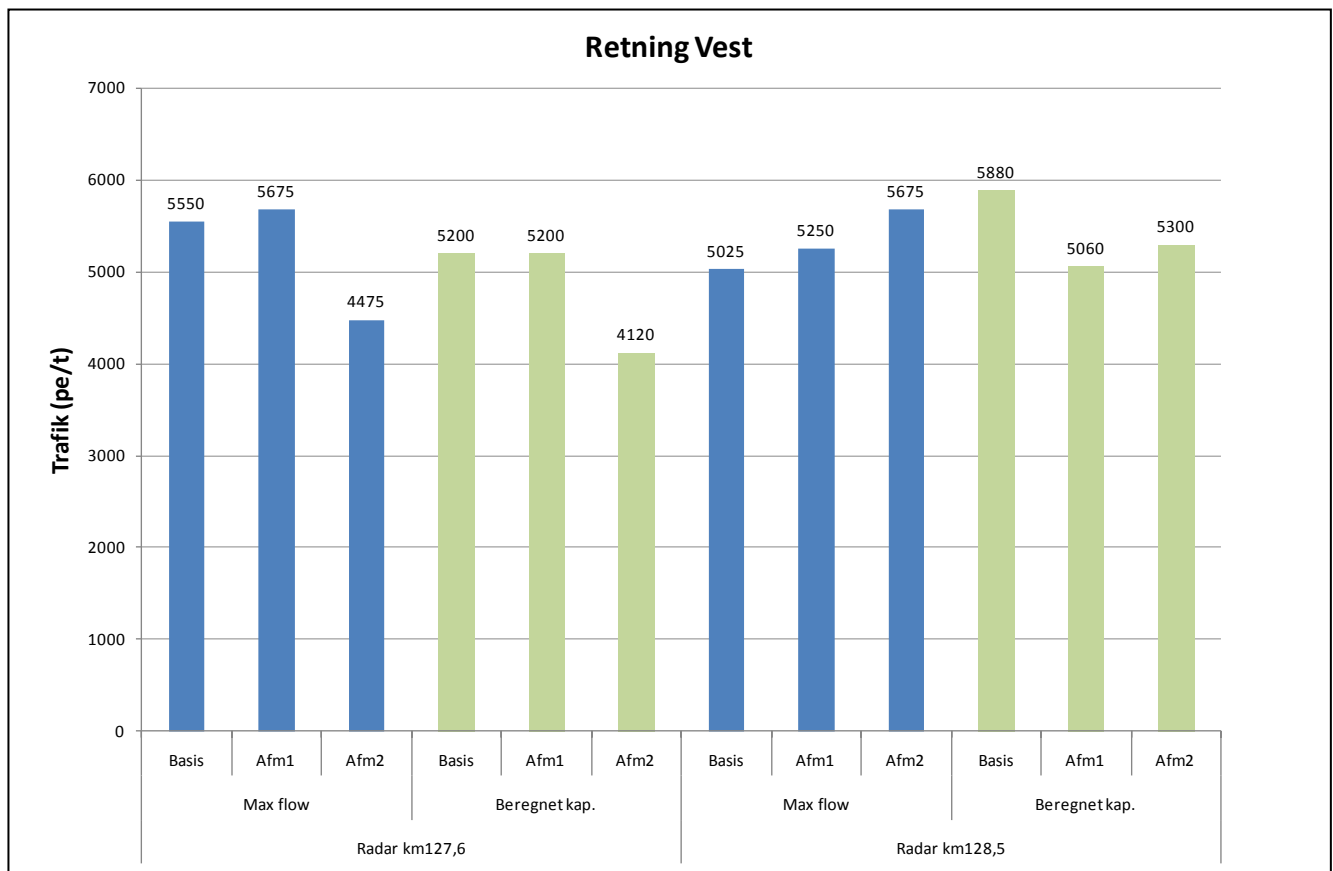
Det skal bemærkes, at trafikken i retning øst er påvirket af rampetilkørsler hvilket kan influere på trafikafviklingen. Trafikken i retning vest er derimod ikke påvirket af til/fra-kørsler, men til gengæld er trafikken knap så intens i myldretiden, og det er uvist om kapacitetsgrænsen er nået i målingerne. Der findes f.eks. kun få eller slet ingen data fra den nederste gren af speed-flow kurven (gælder specielt i km128,5). Vurderingerne for retning vest skal derfor tages med forbehold.

Det skal endvidere bemærkes, at der er nogen forskel på resultaterne i samme retning afhængig af om man ser på målingerne i km 127,6 eller km 128,5. I princippet bør den registrerede trafik være identisk i samme retning for alle tre målesnit. En sammenligning af trafiktallene for samme perioder viser desværre, at radarerne ikke tæller ens, og at forskellen synes at variere for de tre analyserede opstillinger, hvilket vanskeliggør sammenstillingerne. De målte tal for maksimal gennemstrømning skal derfor tages med forbehold. Måleresultater i tabel 3.8 viser f.eks. trafikmængder på op mod 5600 pe/t hvilket ligger noget over hvad man kunne forvente. Det tyder på, at radarmålingerne generelt måler for højt og derfor ses i analyserne alene på de %-vise ændringer mellem de tre opstillinger.

Tabel 3.8 viser resultaterne for retning vest, som endvidere er gengivet i figur 3.4.

Retning vest						
Radar	Maks gennemstrøm (pe/t)			Beregnet kap. (pe/t) vha. Van Aerde model		
	Basis	Afm1	Afm2	Basis	Afm1	Afm2
127,6	5550	5675	4475	5200	5200	4120
128,5	5025	5250	5675	5880*	5060*	5300*

Tabel 3.8. Observeret maksimal gennemstrømning og beregnet kapacitet for retning vest. (tal markeret med * er usikkert bestemt)



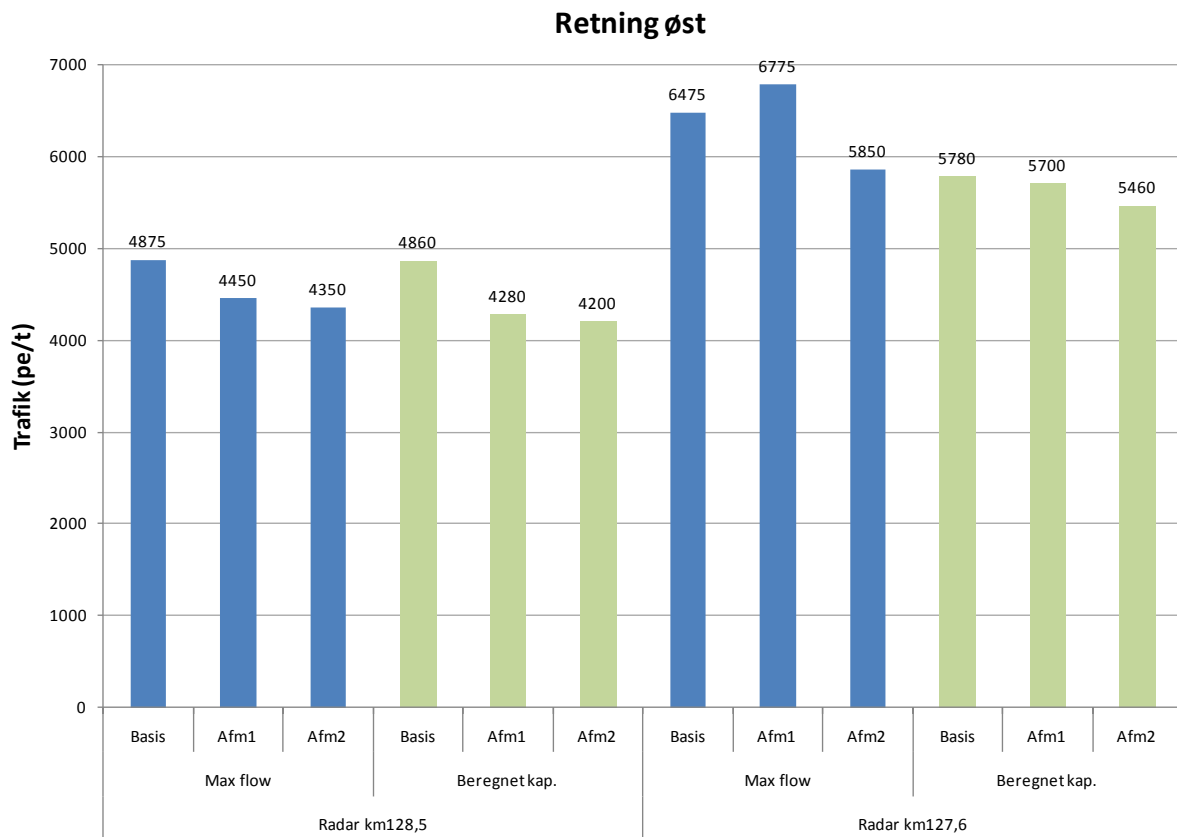
Figur 3.5. Observeret maksimal gennemstrømning og beregnet kapacitet for retning vest. (beregnet kapacitet for km 128,6 er usikkert bestemt)

For retning vest ses for radar i km 127,6 en reduceret gennemstrømning og reduceret beregnet kapacitet i *Afm2* sammenlignet med *Basis* og *Afm1*. Reduktionen er i størrelsesordenen 20%. For radar i km 128,5 ses en øget gennemstrømning, men det er samtidig usikkert om trafikken har nået kapacitetsgrænsen. Den beregnede kapacitet i km 128,5 viser, at *Basis* situationen har den største beregnede kapacitet.

Resultaterne for retning øst er vist i tabel 3.9 og er endvidere gengivet i figur 3.6.

Retning øst						
Radar	Maks gennemstrøm (pe/t)			Beregnet kap. (pe/t) vha. Van Aerde model		
	Basis	Afm1	Afm2	Basis	Afm1	Afm2
128,5	4875	4450	4350	4860	4280	4200
127,6	6475	6775	5850	5780	5700	5460

Tabel 3.9. Observeret maksimal gennemstrømning og beregnet kapacitet for retning øst.



Figur 3.5. Observeret maksimal gennemstrømning og beregnet kapacitet for retning øst.

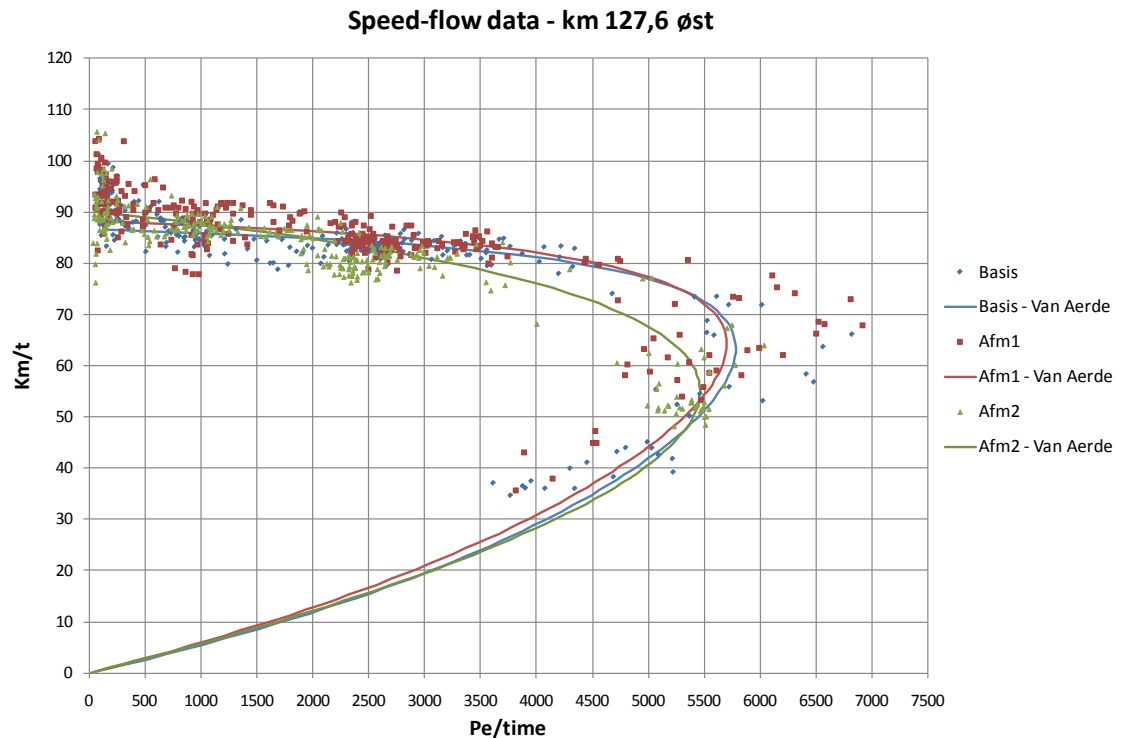
For retning øst ses nogen forskel imellem de to målesnit. I km 128,5 ses en reduktion i observeret maksimal gennemstrømning og en tilsvarende reduktion i beregnet kapacitet. I forhold til *Basis* ses en reduktion på ca. 10%-15% for *Afm1* og *Afm2*.

I km 127,6 ses en reduktion på 2-5% i beregnet kapacitet for henholdsvis *Afm1* og *Afm2* i forhold til *Basis*. For observeret maksimal gennemstrømning ses den laveste værdi for *Afm2*.

Selvom resultaterne samlet set ikke er entydige, er der noget der tyder på, at kapaciteten af *Afm1* og *Afm2* er lidt lavere end *Basis* situationen.

En nærmere analyse af radardata peger på, at data fra km 127,6 østgående er de mest troværdige, idet måledata her synes at være rimelig konsistente over hele perioden. Desuden kan man med sikkerhed sige, at trafikken i østgående retning har nået kapacitetsgrænsen. Resultaterne fra km 127,6 østgående viser en lille

reduktion af den beregnede kapacitet på 2-5%. Figur 3.6 viser speed-flow data fra netop km 127,6 i østgående retning, se også bilag 1.



Figur 3.6. Speed-flow data fra km 127,6 østgående. Empiriske data og tilnærmet model (Van Aerde).

Som det ses af figur 3.6, er *Basis* og *Afm1* næsten identisk mens *Afm2* har en reduceret kapacitet (ca. 5%) og en lavere hastighed for den øverste del af speed-flow kurven. Hastigheden ved kapacitetsgrænsen er vurderet til henholdsvis 63 km/t og 64 km/t for *Basis* og *Afm1* mens den er 55 km/t for *Afm2*. Fri hastighed synes ikke at være forskellig i de tre opstillinger, hvilket formentlig skyldes at trafikken primært afvikles i højre spor ved lav trafikintensitet.

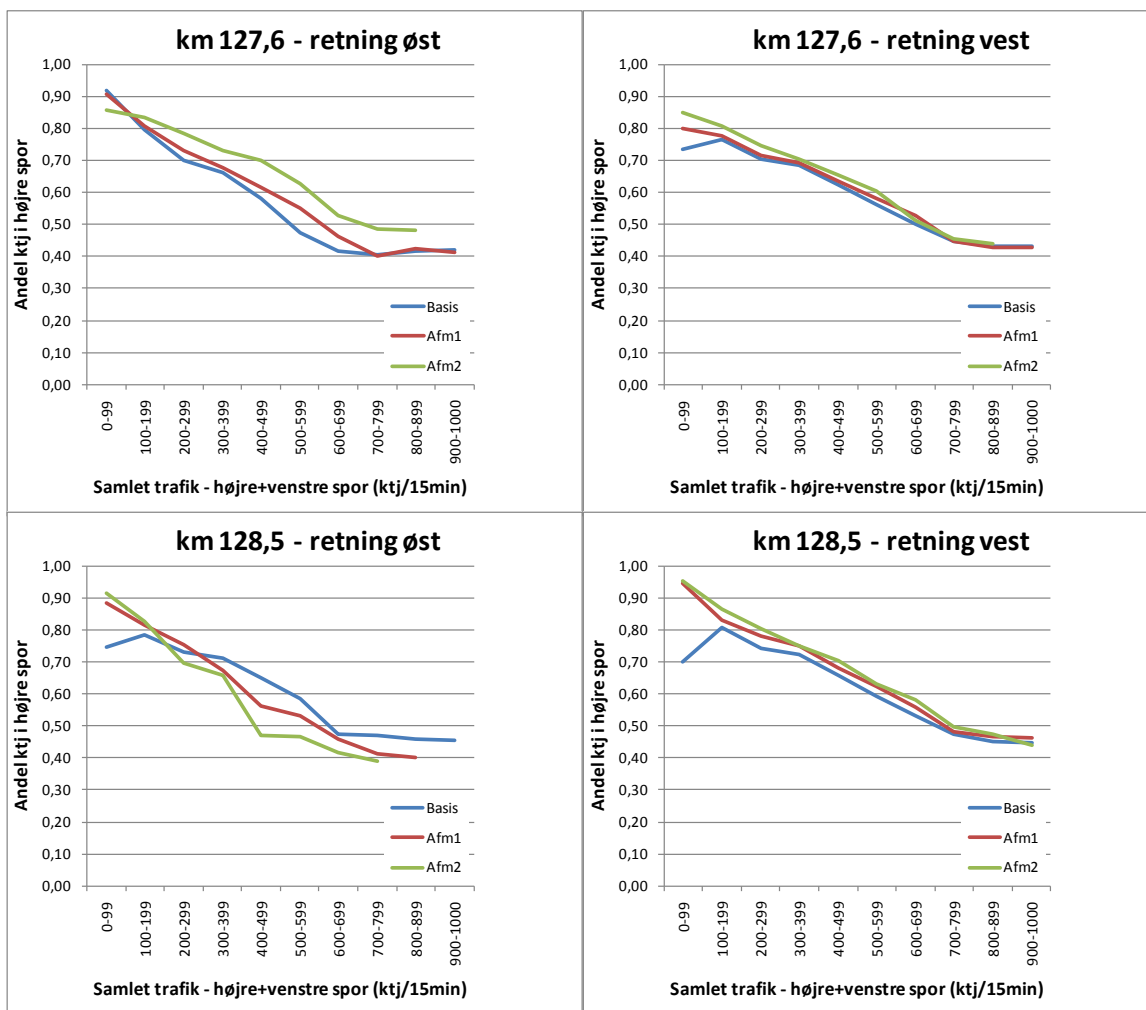
3.5 Sporbenyttelse

Som følge af, at det venstre kørespor gøres smallere, må det forventes at andelen af køretøjer der vælger det venstre kørespor bliver reduceret.

Figur 3.7 viser andelen af køretøjer i det højre spor som funktion af det samlede antal køretøjer på motorvejen. Figuren viser resultater fra km 127,6 og km 128,5 opdelt på retning. Andelen af køretøjer i det højre kørespor er generelt faldende ved stigende trafikintensitet og ender på ca. 0,4-0,5 ved maks. belastning.

For 3 af de 4 målinger ses en øget andel af køretøjer der benytter det højre kørespor ved næsten alle trafikintensiteter. Andelen af køretøjer i højre spor stiger i gennemsnit med ca. 2-5% for *Afm1* og *Afm2* i forhold til *Basis*. Andelen af køretøjer i højre spor er størst for *Afm2*.

Årsagen til de noget afvigende resultater i km 128,5 retning øst kan ikke umiddelbart forklares.



Figur 3.7. Andel køretøjer i højre kørespor som funktion af den samlede trafik.

Referencer

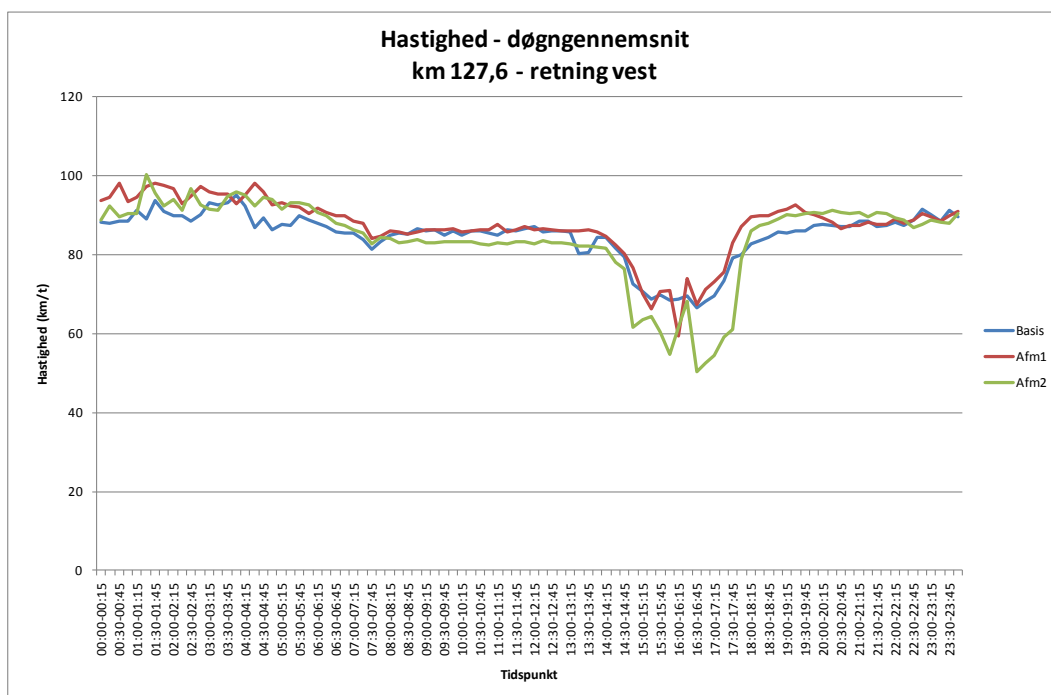
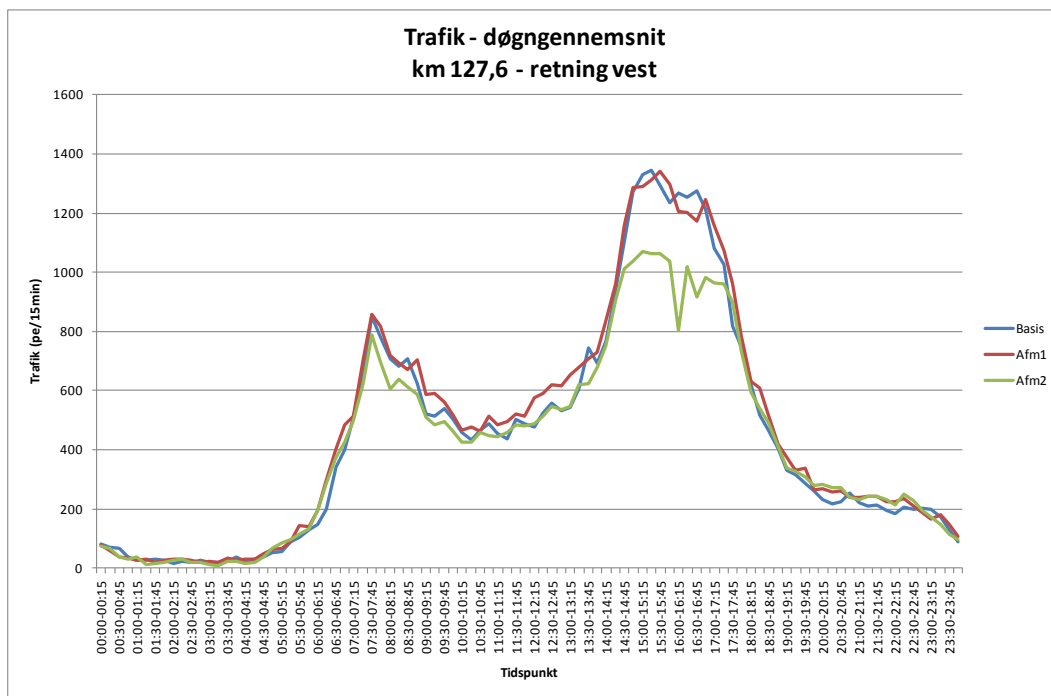
- [1] Rakha H. and Crowther B. (2002), Comparison of Greenshields, Pipes, and Van Aerde Car-following and Traffic Stream Models, Transportation Research Record , No. 1802, pp. 248-262.

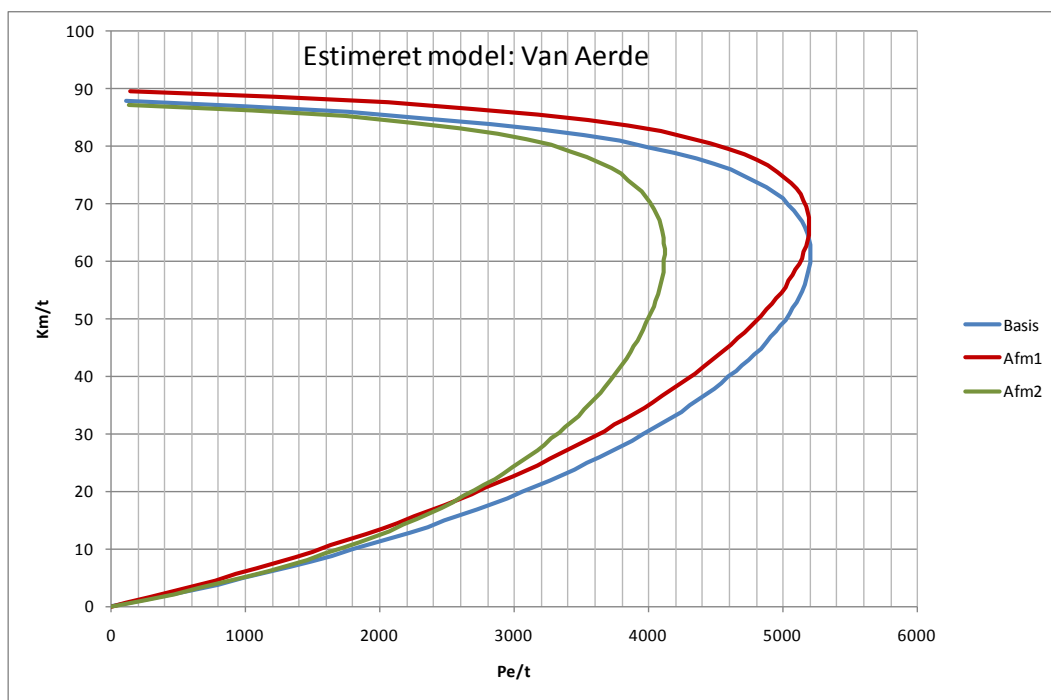
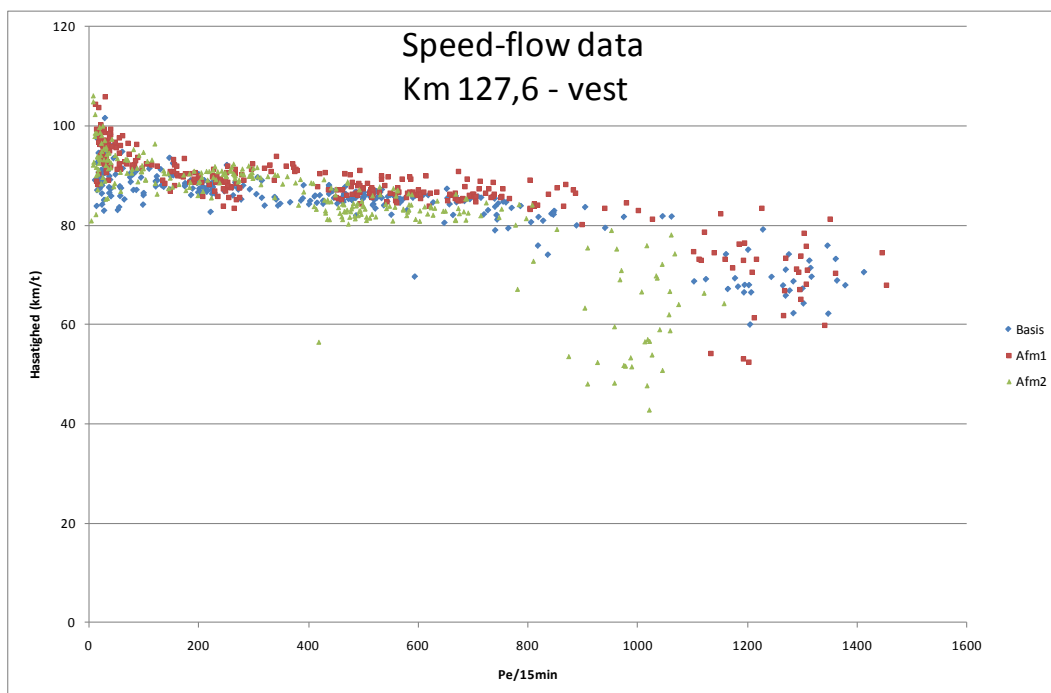
Van Aerde M. and Rakha H. (1995) "Multivariate Calibration of Single-Regime Speed-Flow-Density Relationships," Vehicle Navigation and Information Conference (VNIS). IEEE, Piscataway NJ, USA 95CH35776, pp.334-341.

Rakha H. and Arafeh M. (2009), "Calibrating Steady-State Traffic Stream and Car-following Models using Loop Detector Data," Transportation Science, DOI: 10.1287/trsc.1090.0297.

Bilag 1

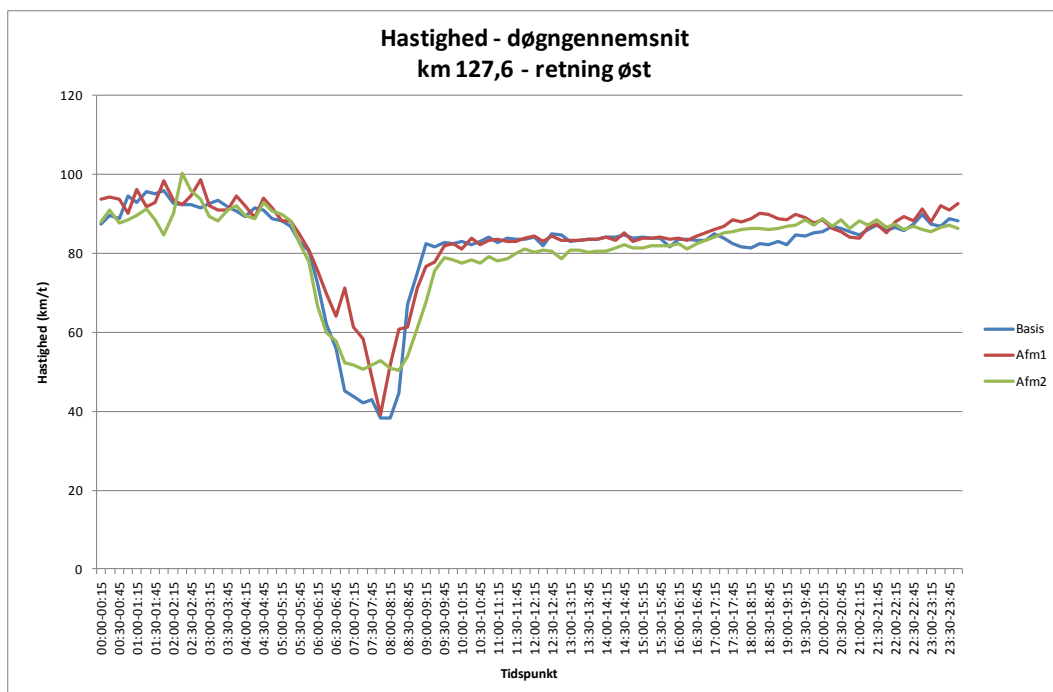
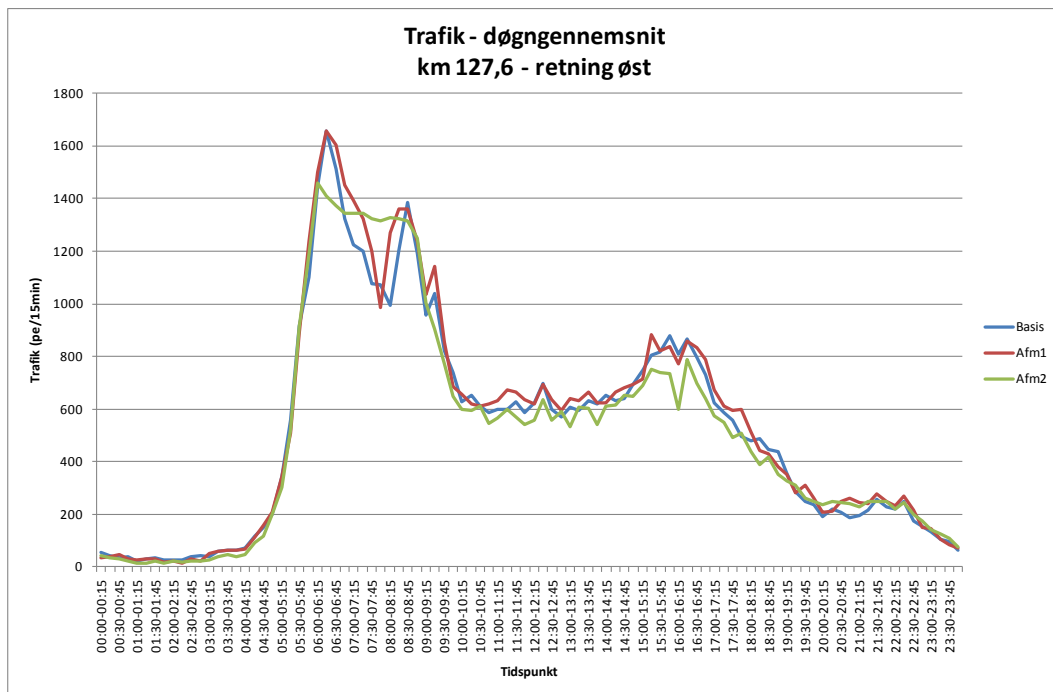
Radar 127,6 – retning vest

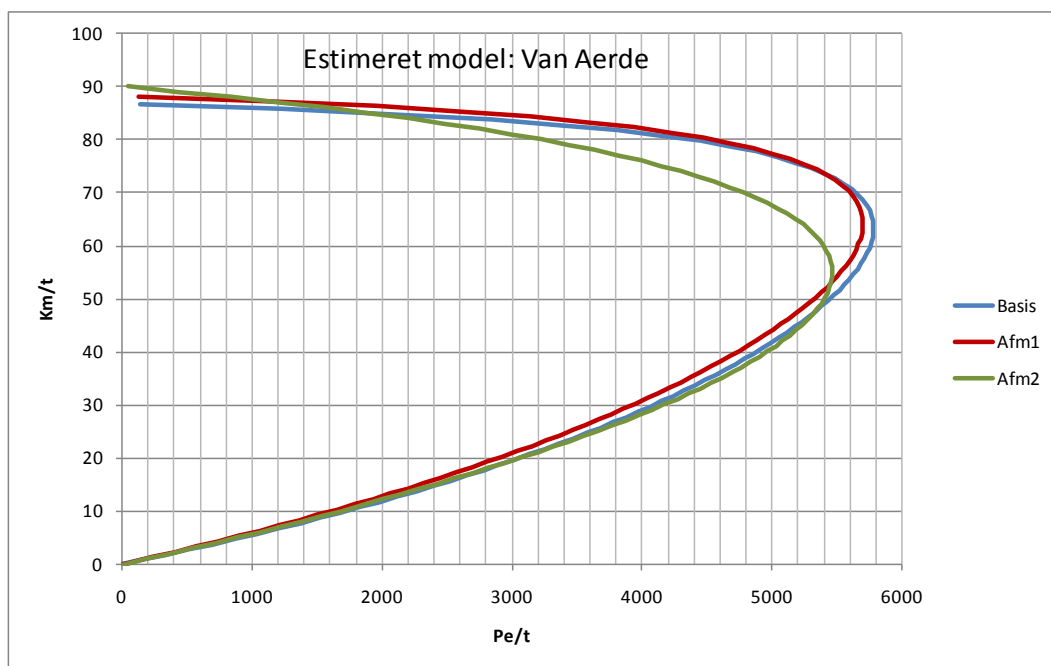
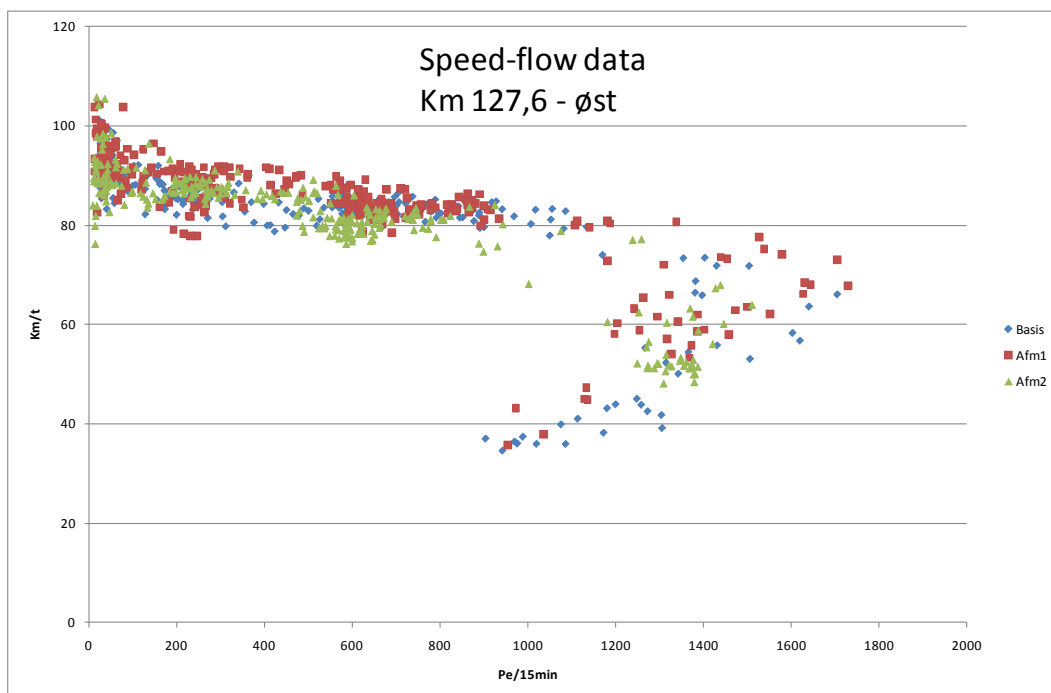




Parameter i Van Aerde Model	Basis	Afm1	Afm2
FFS (km/t)	88	90	87
Speed at capacity (km/t)	61	66	62
Capacity (pe/l/h)	2600	2600	2060
Jam density (pe/l/km)	110	90	114

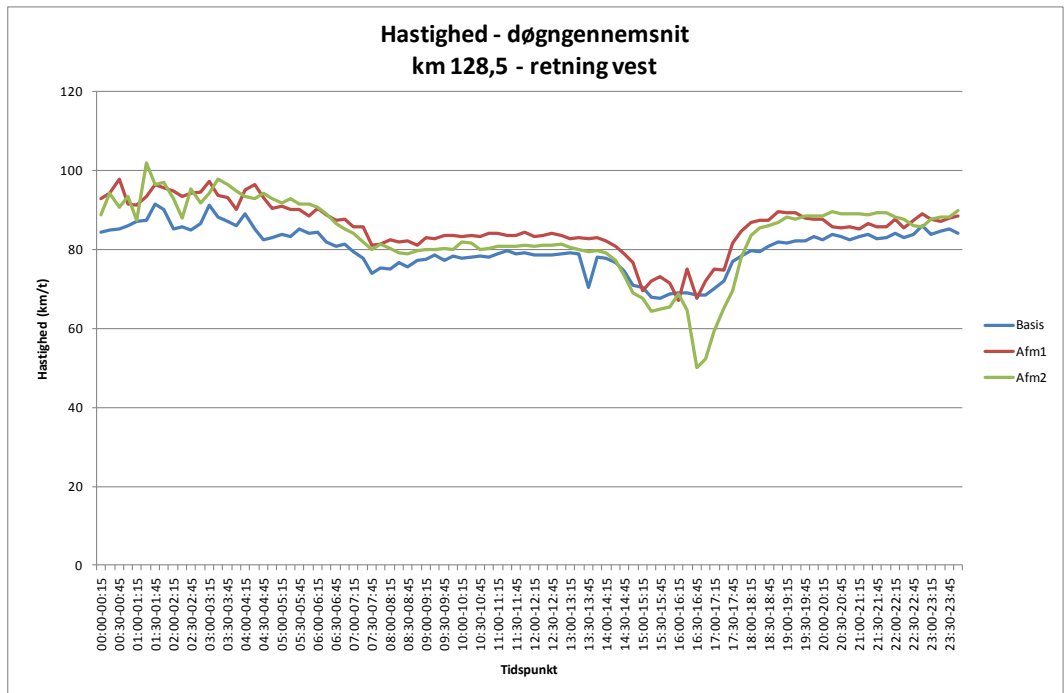
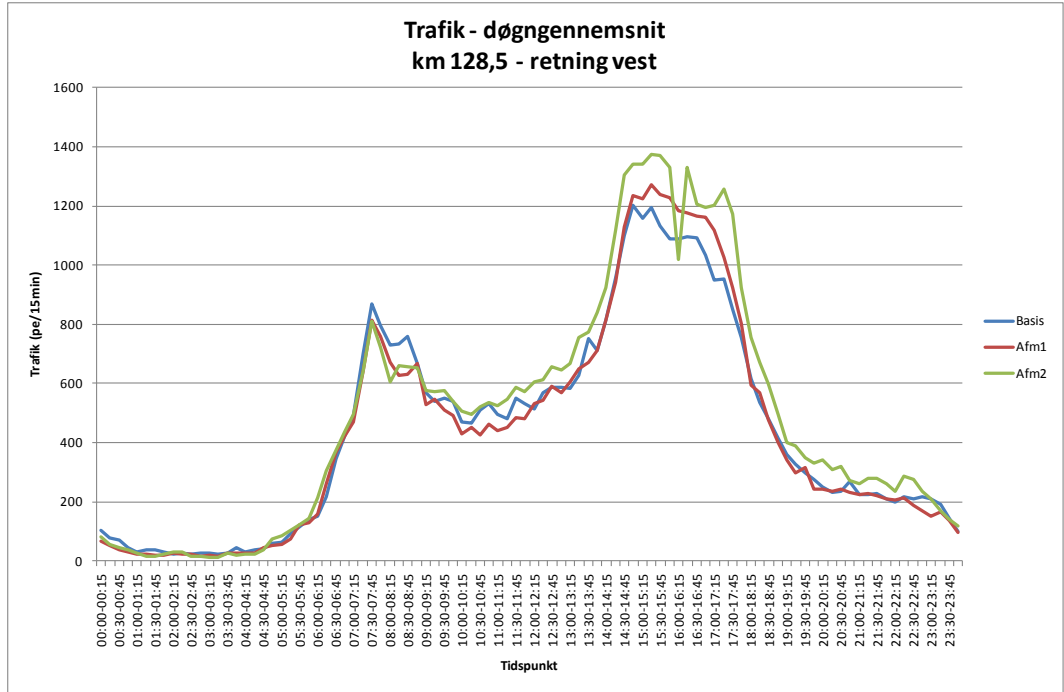
Radarm 127,6 retning øst

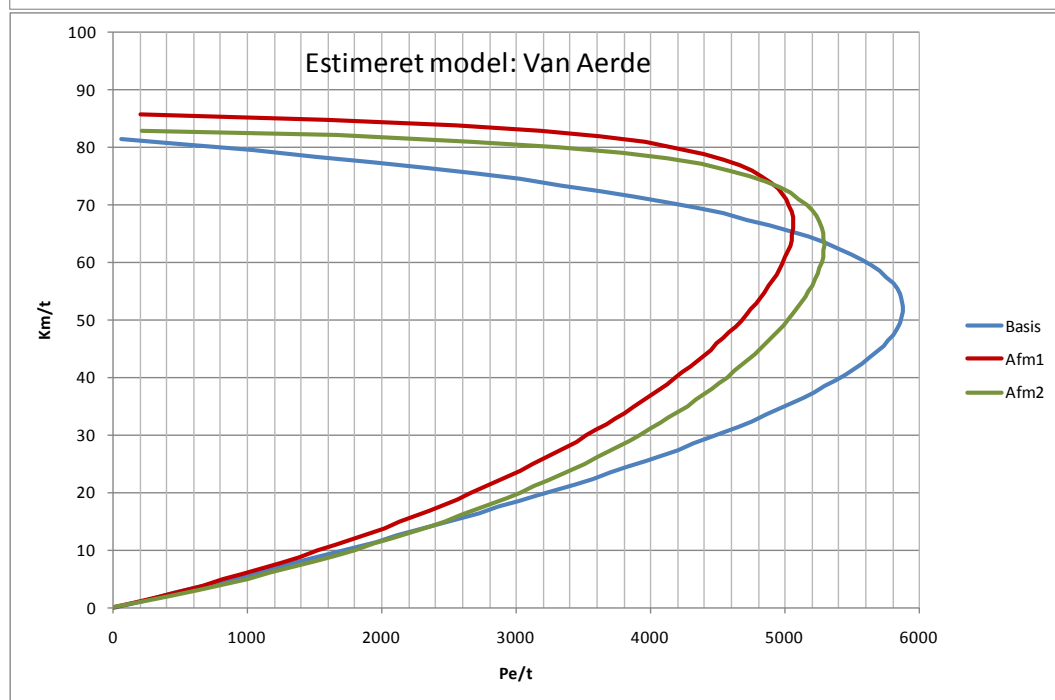
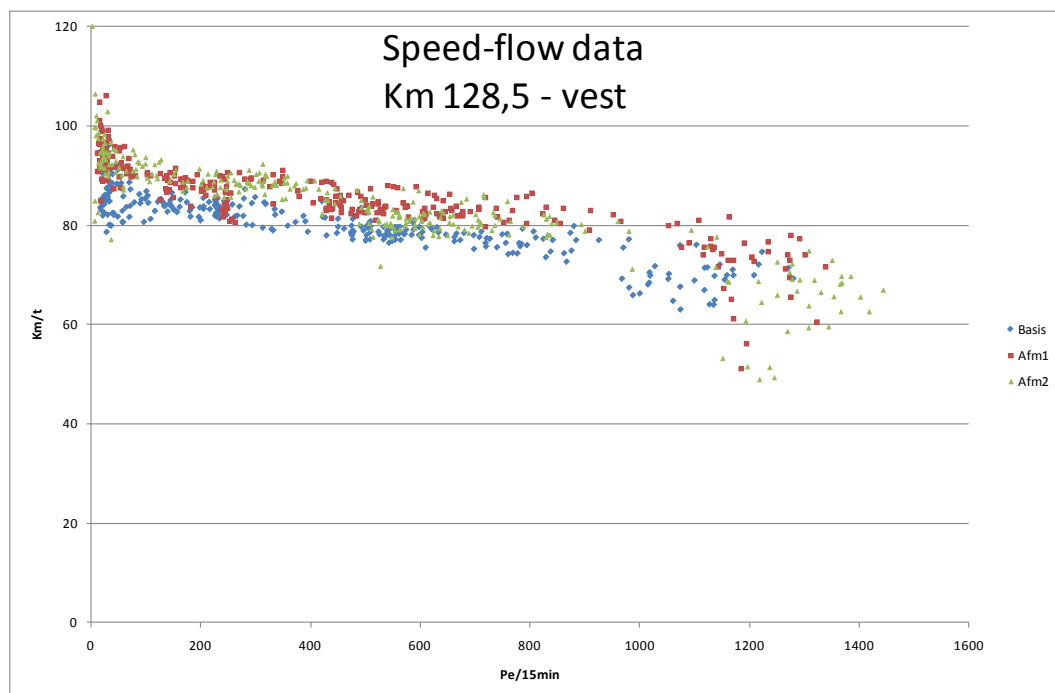




Parameter i Van Aerde Model	Basis	Afm1	Afm2
FFS (km/t)	87	88	90
Speed at capacity (km/t)	63	64	55
Capacity (pe/l/h)	2890	2850	2730
Jam density (pe/l/km)	99	90	91

Radar 128,5 retning vest

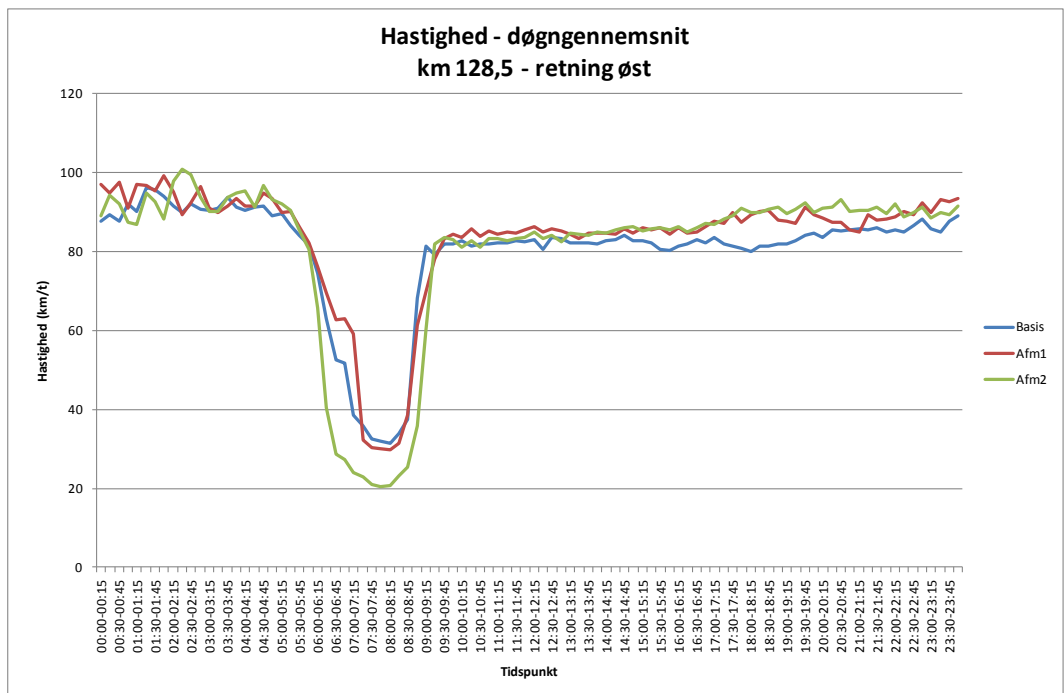
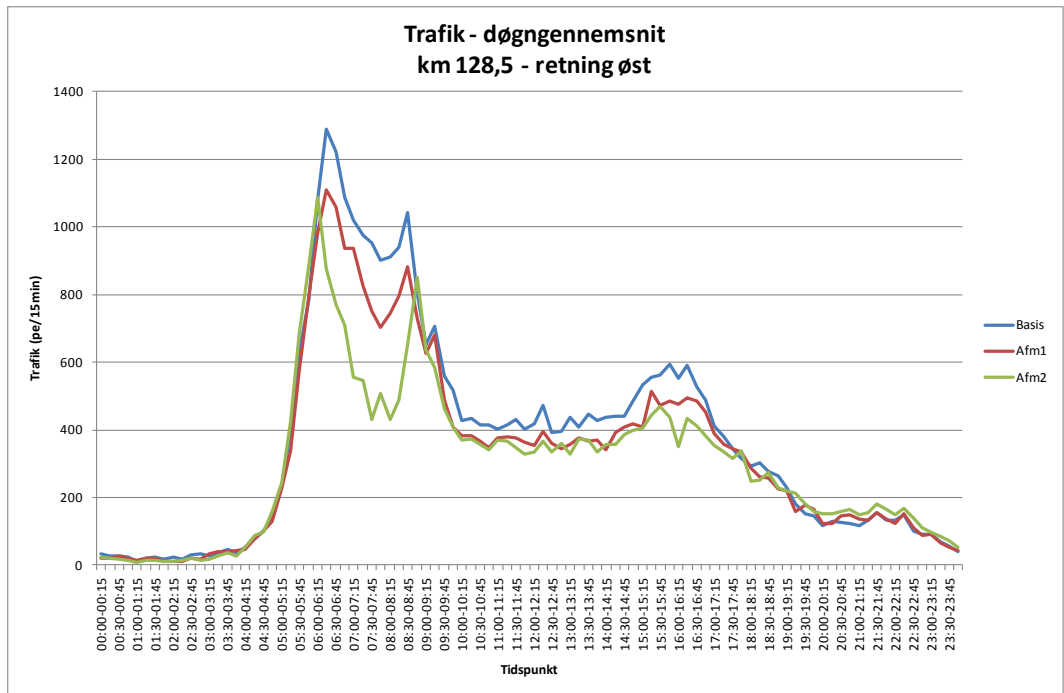


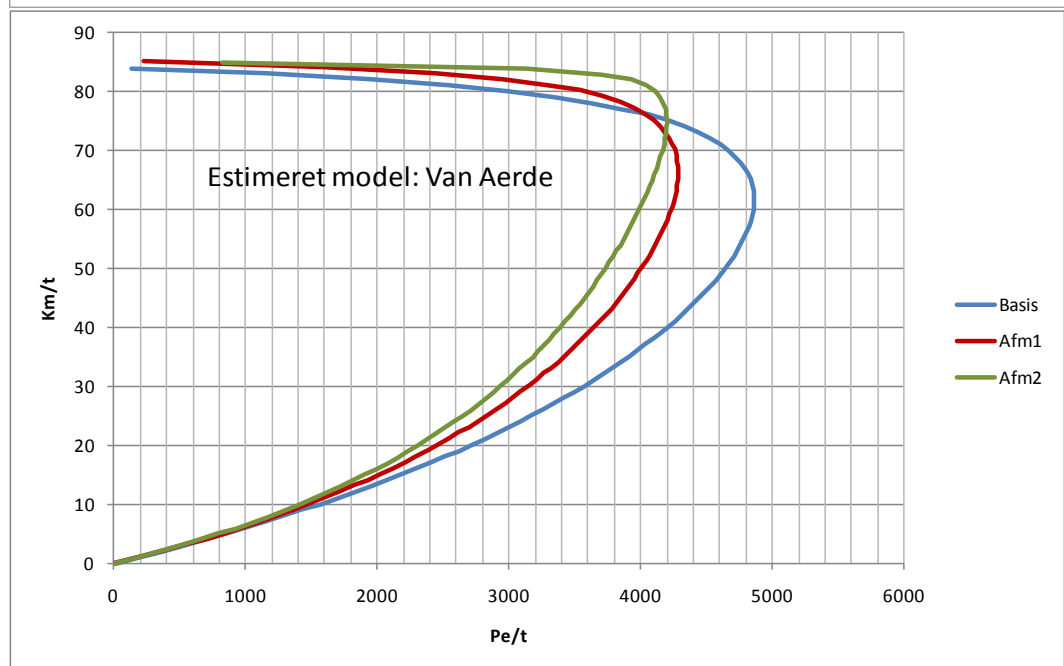
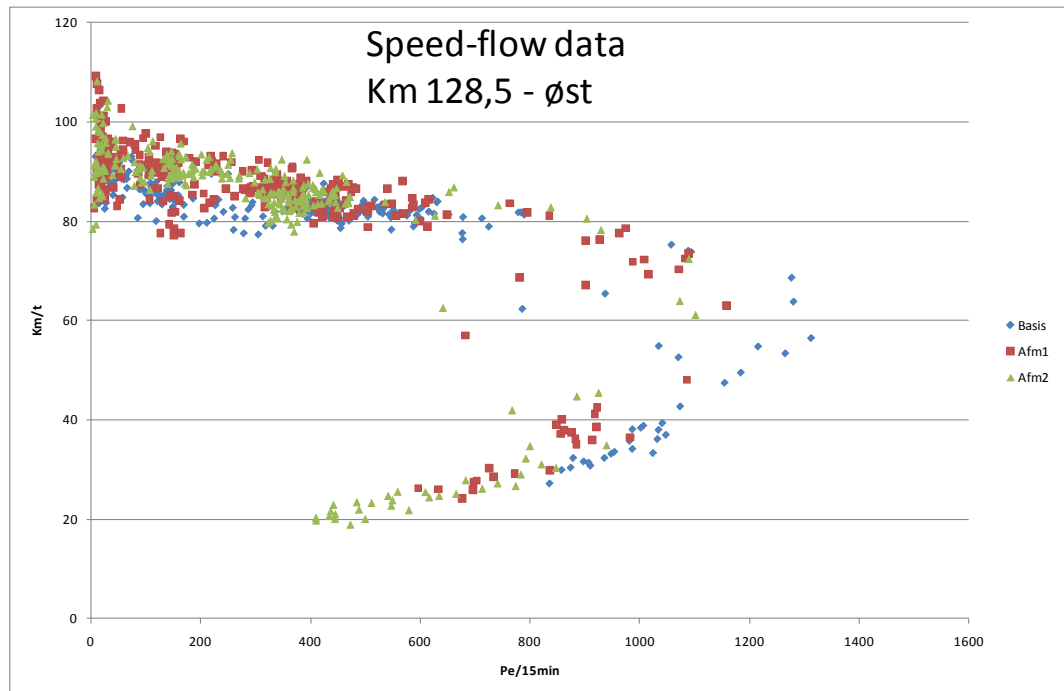


Usikkert bestemt pga. af manglende empiriske data fra nederste del af speed-flow kurve.

Parameter i Van Aerde Model	Basis	Afm1	Afm2
FFS (km/t)	85	86	83
Speed at capacity (km/t)	52,1	66	63
Capacity (pe/l/h)	2940	2530	2650
Jam density (pe/l/km)	90	90	108

Radar 128,5 retning øst





Parameter i Van Aerde Model	Basis	Afm1	Afm2
FFS (km/t)	84	85	85
Speed at capacity (km/t)	62	67	75
Capacity (pe/l/h)	2430	2140	2100
Jam density (pe/l/km)	91	90	90