



## Monitoring opheffen Inhaalverbod Vrachtverkeer bij Spitsstroken

Datum 9 februari 2017  
Status Definitief





## Colofon

Uitgegeven door	Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving
Informatie	King Tse
Telefoon	(06) 15 47 91 84
Fax	
Uitgevoerd door	Michel Lambers (Adviesdienst Mens & Veiligheid)
Opmaak	
Datum	9 februari 2017
Status	Definitief
Versienummer	1.2



## Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding—6</b>
1.1	Inleiding—6
1.2	Doel Monitor—6
1.3	Fasering monitor—6
<b>2</b>	<b>Opzet van de Monitor—7</b>
2.1	Introductie—7
2.2	Onderdelen monitor—7
2.3	Analyse van gedrag en verkeersveiligheid—7
2.3.1	Videobeelden vanaf vaste locatie—7
2.3.2	Observeren en vastleggen videobeelden vanuit een Verkeerscentrale—8
2.3.3	Video-opnames vanuit een rijdend voertuig—9
2.4	Verkeerskundige analyse—10
2.5	Borging en klankbord analyse—10
<b>3</b>	<b>Resultaten monitor—11</b>
3.1	Introductie—11
3.2	Resultaat fase 0—11
3.3	Resultaat fasen 1 en 2—11
3.3.1	Frequentie inhaalmanoeuvres—11
3.3.2	Snelheid per rijstrook—12
3.3.3	Gedragskundige analyse—13
3.3.4	Betekenis rijtaak grote aantal inhalende vrachtwagens—13
3.3.5	Resultaten verkeerskundige analyse—14
3.3.6	Empirische analyse—15
<b>4</b>	<b>Conclusie—17</b>
<b>Bijlage A</b>	<b>Bronnen—18</b>
<b>Bijlage B</b>	<b>Betrokken personen—20</b>
<b>Bijlage C</b>	<b>Rapportage Verkeerskundige analyse—21</b>

# 1 Inleiding

## 1.1 Inleiding

Dit rapport beschrijft de monitoring van het opheffen van het Inhaalverbod Vrachtverkeer (IVV) bij spitsstroken. Deze monitoring heeft als doel om te achterhalen of het opheffen van IVV leidt tot nieuwe risico's op het gebied van veiligheid of doorstroming. Op basis van onderzoek (Staatscourant, 2015) is namelijk gebleken dat indien, IVV bij spitsstroken zou worden opgeheven, de risico's voor veiligheid of doorstroming onder bijna alle omstandigheden laag werden ingeschat. Het voorstel "*geen IVV op spitsstroken, tenzij*" is voorgelegd aan de SWOV, politie en de transportsector (EVO, TLN) en ANWB. Zowel de SWOV als de politie hebben aangegeven dat ondanks het uitgevoerde onderzoek er toch veiligheidsrisico's kunnen optreden. Deze zorg heeft geleid tot de belofte van RWS om na uitvoering van de opheffing IVV de risicovolle situaties te monitoren en te evalueren. In dit rapport staat het resultaat van de monitor beschreven.

## 1.2 Doel Monitor

De monitor heeft als doel om na te gaan of het opheffen van het IVV leidt tot extra risico ten aanzien van veiligheid of doorstroming. Daarbij is specifiek aandacht voor effecten van inhaalmanoeuvres stroomopwaarts. Het resultaat van de monitor kan gebruikt worden om het eerdere besluit, het opheffen van IVV bij spitsstroken, te evalueren. Indien zou blijken dat het opheffen te veel nadelige consequenties kent voor veiligheid en doorstroming, dan zou het eerdere besluit kunnen worden teruggedraaid.

## 1.3 Fasering monitor

De monitor is opgesteld om kort na het opheffen van het IVV en een half jaar later te achterhalen in hoeverre het opheffen leidt tot extra risico's op het gebied van veiligheid of doorstroming. In de monitor staan dus fase 1 en fase 2 centraal. Het resultaat uit fase 0 heeft bijgedragen aan het besluit om het IVV bij spitsstroken op te heffen. Fase 0 geldt echter ook als referentie voor de fasen 1 en 2. Dit betekent dat voor de monitor gebruik is gemaakt van de data uit fase 0 (bijvoorbeeld de videobeelden en de verkeersdata).

De monitor bestaat uit de volgende fasen:

- Fase 0: IVV bij spitsstroken.
- Fase 1: Kort na opheffen IVV bij spitsstroken.
- Fase 2: Half jaar na fase 1.

De wetwijziging is sinds 1 januari 2016 van kracht. Aangezien de wegbeheerder tot 1 april 2016 de tijd heeft gekregen om de fysieke aanduidingen van het IVV daadwerkelijk te verwijderen, is ervoor gekozen om fase 1 in het voorjaar (mei 2016) en fase 2 in het najaar (november 2016) te laten plaatsvinden.

## 2 Opzet van de Monitor

### 2.1 **Introductie**

De monitor is zodanig opgesteld dat de betekenisvolle effecten op het gebied veiligheid en doorstroming achterhaald kunnen worden. Dit is, net als bij het gedragskundig onderzoek voorafgaand aan de keuze voor behoud of opheffen van IVV bij spitsstroken, gedaan aan de hand van het observeren van inhaalmanoeuvres en de analyse van monitoringsdata. Aangezien het verzoek was om de verkeerskundige consequenties van een inhaalmanoeuvre (bijvoorbeeld een filegolf) beter in kaart te brengen, is over een afstand van meer dan 5 kilometer bepaald of er een relatie was te vinden tussen de inhaalmanoeuvre en congestievorming.

### 2.2 **Onderdelen monitor**

De monitor bestaat uit de volgende onderdelen:

- Analyse van gedrag en verkeersveiligheid
- Verkeerskundige analyse

De analyse van gedrag en verkeersveiligheid heeft als doel om te achterhalen of het opheffen van het IVV leidt tot ongewenst gedrag bij het vrachtverkeer of het overige verkeer. De verkeerskundige analyse is gericht op de verkeerskundige consequenties van een inhaalmanoeuvre voor het verkeer stroomopwaarts van een inhaalmanoeuvre. Hieronder worden de twee onderdelen nader toegelicht.

### 2.3 **Analyse van gedrag en verkeersveiligheid**

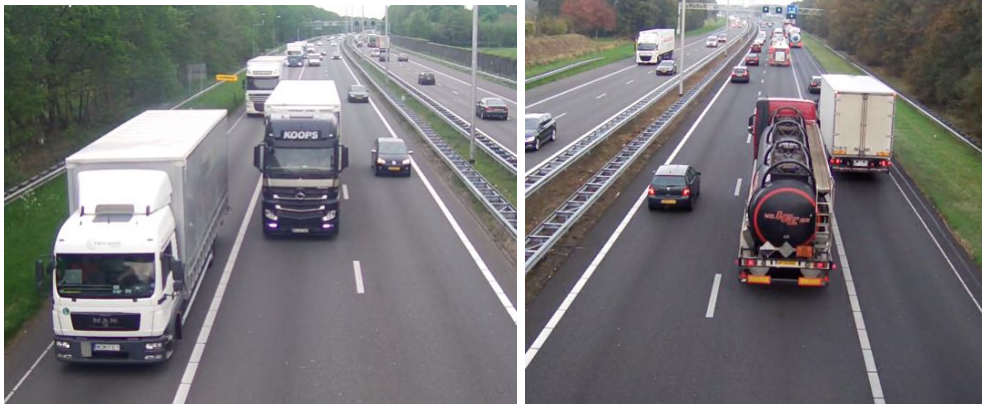
De analyse van gedrag en verkeersveiligheid is gedaan aan de hand van het observeren van inhaalmanoeuvres van het vrachtverkeer. Daarbij ging zowel de aandacht uit naar zowel de inhaalmanoeuvre als de reactie daarop van het overige verkeer. Hiervoor zijn meer dan 500 inhaalmanoeuvres geobserveerd en geanalyseerd. Dit is gedaan met behulp van videocamera's vanaf vaste posities en vanuit de verkeerscentrale.

#### 2.3.1 *Videobeelden vanaf vaste locatie*

Voor fase 1 en 2 van de monitor betrof het, op respectievelijk 10-12 mei 2016 en 8-10 november 2016, de volgende vaste cameraposities:

- A1re (km 51.4)
- A50re (km 192.1)

Deze cameraposities betroffen zowel een camera stroomopwaarts als stroomafwaarts gericht. Afbeeldingen 1 tot en met 4 tonen ter illustratie inhaalmanoeuvres vanaf de A1 en de A50.



**Afbeeldingen 1 en 2: Vaste camerapositie A1 (km 51.4)**



**Afbeeldingen 3 en 4: Vaste camerapositie A50 (km 192.1)**

Deze beelden zijn vergeleken met de videobeelden die in fase 0 zijn vastgelegd. Het betrof daarbij:

- A2 Vonderen – Urmond (meetpositie: km 237.5): geen IVV.
- A2 Urmond –Vonderen (meetpositie: km 237.5): geen IVV.
- A4 Badhoevedorp –Nieuwe Meer (meetpositie: km 2.4): geen IVV.
- A13 Berkel–Delft Zuid (meetpositie: km 11.5): IVV geopende spitsstrook.
- A50 Waterberg–Beekbergen (meetpositie: km 192.1) IVV met dagvenster.

De opnames zijn gemaakt in de week van 26 t/m 30 januari 2015 met uitzondering van de vaste camera's van A13 Berkel – Delft Zuid. Deze zijn opgenomen in de periode van 5 t/m 11 september 2014.

### 2.3.2

#### *Observeren en vastleggen videobeelden vanuit een Verkeerscentrale*

Observatie vanuit de verkeerscentrale maakt het mogelijk om het verkeer over een bepaald traject te volgen en daarbij een inhaalmanoeuvre te analyseren. Afbeelding 5 toont ter illustratie een reeks van videobeelden op de A9li.

Voor elke fase zijn vanuit de verkeerscentrale in Velsen de volgende trajecten geobserveerd:

- A1re Bussem-Eemnes
- A4li Badhoevedorp-Nieuwe Meer
- A9li Velsen-Raasdorp
- A9Re Badhoevedorp- Raasdorp
- A7/ A8 Purmerend-Oostzaan (alleen fase 2)





**Afbeelding 5: Beelden Verkeerscentrale Velsen voor observatie inhaalmanoeuvres over een traject.**

### 2.3.3

#### *Video-opnames vanuit een rijdend voertuig*

Voor alle trajecten waarvan videobeelden zijn vastgelegd vanaf een vaste locatie of de verkeerscentrale zijn video-opnames gemaakt vanuit een rijdend voertuig. Dit maakte het mogelijk om de rijtaak voor de weggebruiker van een rit over een spitsstrook te analyseren. Hierbij zijn zowel de generieke eigenschappen van de maatregel (aanduidingen), als specifieke eigenschappen van het spitsstrooktraject (o.a. aansluitingen, intensiteiten en dwarsprofiel) meegenomen in de analyse.

- A2 knooppunt Vonderen – Urmond: geen IVV
- A2 Urmond – knooppunt Vonderen: geen IVV
- A4 knooppunt Badhoevedorp – knooppunt Nieuwe Meer/ S108: deels IVV
- A4 knooppunt Nieuwe Meer – knooppunt Badhoevedorp: wel IVV
- A9 knooppunt knooppunt Badhoevedorp – knooppunt Raasdorp: IVV spitsvenster.
- A9 knooppunt Rottepolderplein – knooppunt Velsen: IVV spitsvenster.
- A10 knooppunt Amstel – knooppunt Nieuwe Meer: geen IVV.
- A10 knooppunt Nieuwe Meer – knooppunt Amstel: geen IVV.
- A13 Berkel – Delft Zuid: IVV bij geopende spitsstrook.
- A50 knooppunt Waterberg –knooppunt Beekbergen: IVV dagvenster.

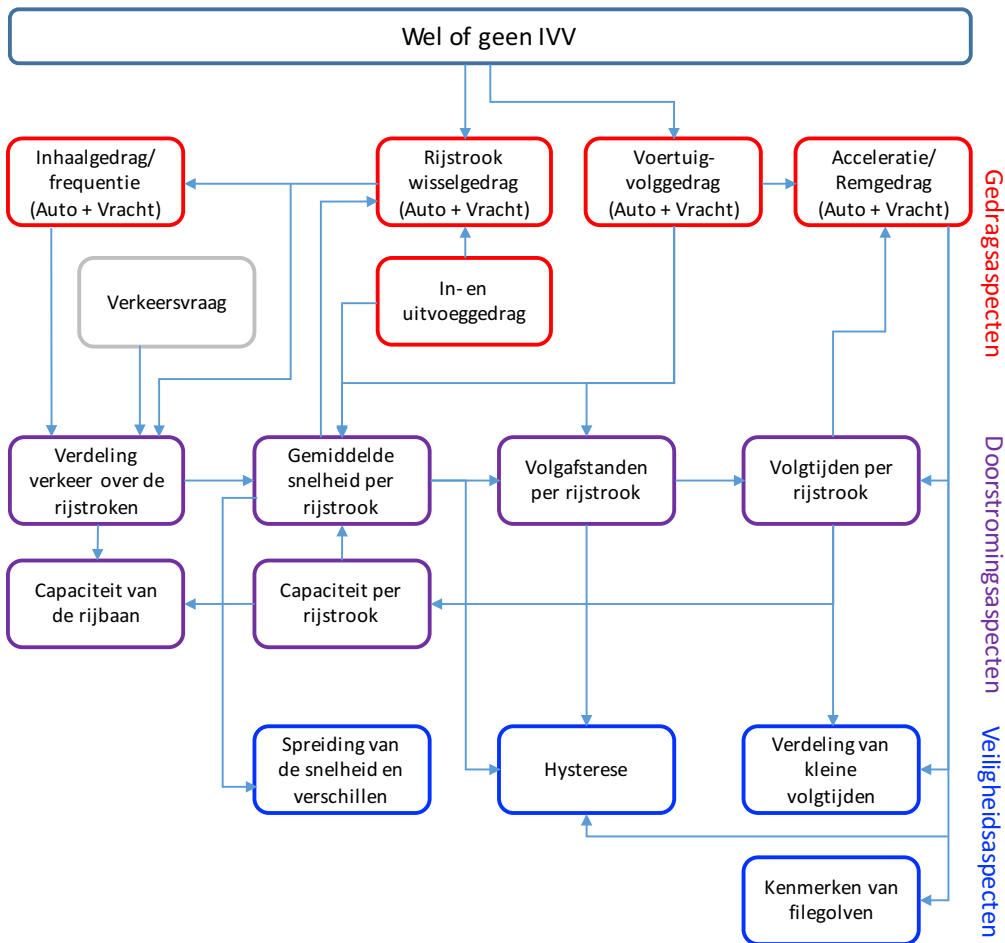


**Afbeelding 6: Opname vanuit een rijdend voertuig (A13 en A4)**

## 2.4 Verkeerskundige analyse

De verkeerskundige analyse is gedaan op basis van een theoretisch kader en op basis van verkeersdata. In het kader is bepaald wat theoretisch gezien de mogelijke effecten kunnen zijn van een inhalende vrachtwagen.

In afbeelding 7 is de basis van het theoretisch kader voor IVV weergegeven. In de afbeelding zijn de relaties te zien tussen de verschillende verkeerskundige grootheden, onderverdeeld naar rijgedrag (microniveau) en doorstroming en veiligheid (macroniveau).



**Afbeelding 7: Effecten inhaalverbod vrachtverkeer**

Bij de empirische analyse van de verkeersdata is gebruik gemaakt van MoniCa gegevens. Hierbij is in fase 1 en 2 voor meer dan 200 momenten van een inhalende vrachtwagens achterhaald in hoeverre een inhalende vrachtwagen zichtbaar van invloed is op de doorstroming.

## 2.5 Borging en klankbord analyse

De resultaten van de gedragskundige analyse zijn geborgd bij Prof.dr. Jan Theeuwes (VU Amsterdam). De verkeerskundige analyse is uitgevoerd door Prof. dr. Serge Hoogendoorn (Arane & TU Delft). De resultaten van de monitor zijn vervolgens ter klankbord voorgelegd aan experts van Rijkswaterstaat. Tot slot zijn de uitkomsten van de monitor gepresenteerd aan vertegenwoordigers van de SWOV, Politie en ANWB. In bijlage is een overzicht van de betrokkenen weergegeven.

## 3 Resultaten monitor

### 3.1 **Introductie**

In dit hoofdstuk staat het resultaat beschreven van de monitor. Daarvoor wordt gestart met het resultaat van fase 0. Het resultaat uit fase 0 heeft bijgedragen aan het besluit om het IVV bij spitsstroken op te heffen en geldt als referentie voor de fasen 1 en 2. Vervolgens worden de resultaten van de monitor voor de fase 1 en 2 beschreven. Hierin is een vergelijking gemaakt met de resultaten uit fase 0.

### 3.2 **Resultaat fase 0**

In fase 0 was het IVV nog van kracht. Aangezien het verbod op inhalen niet goed werd nageleefd, was het mogelijk om de inhaalmanoeuvres te analyseren. Daaruit zijn de volgende punten naar voren gekomen (Lambers, 2015):

- Er zijn geen gevaarlijke manoeuvres als gevolg van inhalende vrachtwagens waargenomen.
- Spitsstroken hebben een redelijk uniform ontwerp. Op rechtstanden met gelijkblijvend profiel kunnen vrachtwagens keurig koers houden. Op dergelijke locaties worden geen risicovolle situaties verwacht als gevolg van inhalende vrachtwagens.
- Spitsstroken kennen soms discontinuïteiten (korte toeritten, splitsingen en vluchthavens) waar een vrachtwagenchauffeur op gevaarlijke situaties wil kunnen anticiperen. In deze situaties werkt een IVV contra productief omdat het vrachtverkeer wordt beperkt in de behoefte om te anticiperen en ruimte te maken ten gunste van de verkeersveiligheid. De maatregel IVV beperkt vrachtwagenchauffeurs in de keuzevrijheid en werkt ongewenst gedrag in de hand.
- Spitsstroken bevatten soms een versmald profiel met fysieke insnoeringen, zoals bij viaducten, waardoor de redresseerruimte nihil is en plotselinge zijdelingse bewegingen kunnen optreden. In deze situaties ontstaat een ongevalsrisico bij inhaalmanoeuvres van vrachtverkeer. Dit risico wordt echter als laag ingeschat.

Gelet op de bevindingen dat regelmatig wordt ingehaald op trajecten met IVV en dat op trajecten zonder IVV colonnes van vrachtwagens voorkomen, kan gesteld worden dat het inhaalgedrag van het vrachtverkeer op spitsstroken niet sterk wordt beïnvloed door aan- of afwezigheid van IVV. De invloed van het natuurlijke verkeersgedrag blijkt daarentegen wel groot te zijn. Dit wordt nog eens versterkt door 1) de verschillen in uitvoeringsvorm, 2) beperkingen in opvallendheid van de aanduidingen en 3) de beperkingen in begrijpelijkheid van de maatregel in het bijzonder bij complexe verkeerssituaties.

### 3.3 **Resultaat fasen 1 en 2**

Fase 1 vond in het voorjaar van 2016, kort na het opheffen van het IVV en het verwijderen van fysieke aanduidingen, plaats. Een half jaar (in het najaar van 2016) na fase 1 vond fase 2 plaats.

#### 3.3.1 *Frequentie inhaalmanoeuvres*

In de gedragskundige analyse van het IVV bij spitsstroken, voorafgaand aan het besluit om de maatregel op te heffen, kwam naar voren dat de maatregelen niet goed werd nageleefd. Zo bleek op de A50 ongeveer eens per 4-5 minuten een vrachtwagen in te halen. In fase 1 en 2 waren dat voor zowel de A50 als de A1 ongeveer eens per 1-2 minuten. Afgezet tegenover het totale aantal vrachtwagens was het percentage

inhalende vrachtwagens in fase 0 (bij geldend IVV) ongeveer 2% en in fase 1 en 2 respectievelijk ongeveer 9 en 10%. Dit betekent dat kort na het opheffen van het IVV het aantal inhalende vrachtwagens flink is toegenomen en dat deze toename een half jaar na de invoering iets is doorgezet. In onderstaande tabel staan deze resultaten nog eens uitgewerkt. Daarin is te zien dat vergelijkbare percentages inhalende vrachtwagens voor fase 1 en 2 eveneens zijn gevonden op de A1.

		Fase 0	Fase 1	Fase 2
A50	#inhalende vrachtwagens p/ uur	6	35	40
	Percentage inhalende vrachtwagens	2%	9%	9,5%
A1	#inhalende vrachtwagens p/ uur	-	38	24
	Percentage inhalende vrachtwagens	-	9%	10%

Afbeelding 8: Overzicht per fase voor de A50 en de A1.

3.3.2

Snelheid per rijstrook

Voor een geopende spitsstrook geldt een snelheidslimiet van 100 km/ per uur en bij enkele spitsstroken 80 km/ uur. Hierdoor is de kans op snelheidsverschillen tussen vrachtverkeer en overig verkeer kleiner. Uit de monitoringsdata komt naar voren dat in fase 0 de verschillen tussen de 3 rijstroken bij geopende spitsstrook beperkt is tot ongeveer 10 km snelheidsverschil per rijstrook, waarbij op rijstrook 1 gemiddeld 105-110 km per uur, rijstrook 2 gemiddeld 95-100 km per uur en op de spitsstroken gemiddeld 85-90 km per uur werd gereden. In fase 1 en 2 ligt dit voor rijstrook 1 en 2 iets lager. Dit is het gevolg van de toename van inhalende vrachtwagens, waardoor de gemiddelde snelheid op rijstrook 2 daalt. Door het groter aantal inhalende vrachtwagens schuift het overige en snellere verkeer vaker op naar rijstrook 1. Hierdoor neemt de intensiteit op rijstrook 1 toe en wordt de snelheid op rijstrook 1, bij inhalend vrachtverkeer op rijstrook 2, bepaald door het langzaamste voertuig op rijstrook 1. Ter illustratie is in afbeelding 9 een overzicht gegeven van de minuutdata op de A50 tussen 7 en 8 uur voor fase 1. Daarbij is te zien dat rijstrook 1 een uurgemiddelde kent van 105,3 km per uur, rijstrook 2 een uurgemiddelde van 99,3 km per uur en op de spitsstrook een uurgemiddelde van 83,8 km per uur. Afbeelding 10 geeft een vergelijk overzicht weer voor de A50 in fase 2.

	RW 151,0 0 1 HR R 1 R-R_01	RW 151,0 0 1 HR R 2 R-R_01	RW 151,0 0 1 HR R 1 V-R_01
dinsdag 10-05-2016 07:29:00	2040	2100	100
dinsdag 10-05-2016 07:30:00	540	101	1500
dinsdag 10-05-2016 07:31:00	1980	102	2760
dinsdag 10-05-2016 07:32:00	1440	105	1920
dinsdag 10-05-2016 07:33:00	2100	102	2400
dinsdag 10-05-2016 07:34:00	840	115	1320
dinsdag 10-05-2016 07:35:00	2340	102	2280
dinsdag 10-05-2016 07:36:00	1740	112	1620
dinsdag 10-05-2016 07:37:00	1020	102	1680
dinsdag 10-05-2016 07:38:00	960	109	2100
dinsdag 10-05-2016 07:39:00	1080	111	1500
dinsdag 10-05-2016 07:40:00	1260	108	1800
dinsdag 10-05-2016 07:41:00	2400	103	2040
dinsdag 10-05-2016 07:42:00	1620	105	1800
dinsdag 10-05-2016 07:43:00	2220	101	1980
dinsdag 10-05-2016 07:44:00	1860	105	2160
dinsdag 10-05-2016 07:45:00	1500	105	1740
dinsdag 10-05-2016 07:46:00	2160	104	2100
dinsdag 10-05-2016 07:47:00	1980	102	2040
dinsdag 10-05-2016 07:48:00	1800	105	1860
dinsdag 10-05-2016 07:49:00	1320	108	1440
dinsdag 10-05-2016 07:50:00	1980	101	2160
dinsdag 10-05-2016 07:51:00	2820	101	2340
dinsdag 10-05-2016 07:52:00	1440	104	1860
dinsdag 10-05-2016 07:53:00	1080	111	1740
dinsdag 10-05-2016 07:54:00	1680	106	1800
dinsdag 10-05-2016 07:55:00	1620	109	1680
dinsdag 10-05-2016 07:56:00	1260	114	1800
dinsdag 10-05-2016 07:57:00	1020	107	1500
dinsdag 10-05-2016 07:58:00	2220	102	1980
dinsdag 10-05-2016 07:59:00	1260	105	1920
dinsdag 10-05-2016 08:00:00	1980	98	2040
dinsdag 10-05-2016 08:01:00	1500	103	1800
dinsdag 10-05-2016 08:02:00	1920	103	1680
dinsdag 10-05-2016 08:03:00	2400	102	2160
dinsdag 10-05-2016 08:04:00	1320	111	1620
dinsdag 10-05-2016 08:05:00	1500	107	2160
dinsdag 10-05-2016 08:06:00	2340	102	2280
dinsdag 10-05-2016 08:07:00	1200	107	1800
dinsdag 10-05-2016 08:08:00	1740	103	1980
	1081,8*	105,3*	1916,8*
			99,3*
			1106,8*
			83,8*

	Time	RW 50 193,0 0 1 HR R 1 R-R_01		RW 50 193,0 0 1 HR R 2 R-R_01		RW 50 193,0 0 1 HR R 1 V-R_01	
		flow	speed	flow	speed	flow	speed
donderdag 10-11-2016 14:40:00	2460	90	1440	84	60	83	
donderdag 10-11-2016 14:41:00	1500	95	1320	92	120	80	
donderdag 10-11-2016 14:42:00	780	110	1080	108	900	83	
donderdag 10-11-2016 14:43:00	1500	97	1200	96	1140	80	
donderdag 10-11-2016 14:44:00	1020	101	1380	103	900	87	
donderdag 10-11-2016 14:45:00	1440	107	1320	101	1140	81	
donderdag 10-11-2016 14:46:00	720	110	1440	106	1020	82	
donderdag 10-11-2016 14:47:00	960	104	1140	100	960	83	
donderdag 10-11-2016 14:48:00	960	101	1200	95	1200	82	
donderdag 10-11-2016 14:49:00	1560	105	1440	101	1140	82	
donderdag 10-11-2016 14:50:00	720	106	1560	103	780	83	
donderdag 10-11-2016 14:51:00	360	110	1080	104	840	87	
donderdag 10-11-2016 14:52:00	1620	99	1380	95	840	80	
donderdag 10-11-2016 14:53:00	1260	102	1440	99	1140	81	
donderdag 10-11-2016 14:54:00	480	110	1320	107	720	82	
donderdag 10-11-2016 14:55:00	600	109	1200	110	960	84	
donderdag 10-11-2016 14:56:00	900	108	1500	105	1020	85	
donderdag 10-11-2016 14:57:00	240	99	1320	107	780	87	
donderdag 10-11-2016 14:58:00	540	116	1320	102	960	84	
donderdag 10-11-2016 14:59:00	1080	109	1320	105	900	85	
		1035*	104*	1320*	101*	876*	
						83*	

Afbeeldingen 9 en 10: minuutdata per rijstrook.

### 3.3.3 *Gedragskundige analyse*

De gedragskundige analyse is gebaseerd op observatie van het verkeersgedrag bij inhaalmanoeuvres van vrachtverkeer vanaf de vaste cameraposities en vanuit de Verkeerscentrale.

Op basis van de gedragskundige analyse zijn in fasen 1 en 2 de volgende bevindingen naar voren gekomen:

- Geen gevaarlijke inhaalmanoeuvres waargenomen.  
Net als in fase 0 zijn er geen gevaarlijke manoeuvres waargenomen, die toegeschreven kunnen worden aan een inhalende vrachtwagen. Wel was er een enkele keer een ongewenst moment van opschuiven door overig verkeer dat hinder ondervindt van inhalende vrachtwagen. Dit betrof situaties waarbij het overige verkeer opschuift van rijstrook 2 naar rijstrook 1 als gevolg van een inhalende vrachtwagen. Het gewenste gedrag zou, bij het ontbreken van voldoende hiaten op rijstrook 1, in dergelijke gevallen minderen van snelheid betreffen. Een ongewenste wijze van opschuiven naar rijstrook 1 verhoogd de kans op een ongeval. Echter, wanneer een weggebruiker ervoor kiest om op een risicovolle wijze te schuiven zonder dat daarbij een noodzaak (bijvoorbeeld uitwijken) voor is, dan mag dergelijk ongewenst gedrag niet worden toegeschreven aan de inhalende vrachtwagen.
- Groter aantal inhalende vrachtwagens  
Na opheffen van het IVV is het aantal inhalende vrachtwagens toegenomen. De toename van het aantal inhalende vrachtwagens was van eens per 4-5 minuten in fase 0 bij geldende IVV naar eens per 1-2 minuten in fase 1 en 2.
- Inhalende vrachtwagen vaak volgend op eerdere inhalende vrachtwagen.  
Een inhalende vrachtwagen zorgt ervoor dat de snelheid op rijstrook 2 terugvalt en een deel van het snellere verkeer opschuift van rijstrook 2 naar rijstrook 1. Hierdoor wordt het voor vrachtverkeer op de spitsstrook eenvoudiger om een goed moment te vinden en op te schuiven. De toename van inhalende vrachtwagens zorgt ervoor dat de snelheid op rijstrook 2 tijdelijk omlaag gaat. Dit zorgt ervoor dat het snellere verkeer vaker voor rijstrook 1 kiest. Door de toename aan inhalende vrachtwagens ontstaan er meer hiaten op rijstroken 2 en 3 en hogere intensiteiten op rijstrook 1. De hiaten op rijstroken 2 en 3 maken het voor het vrachtverkeer eenvoudiger om in te halen. Dit is ook gunstig voor het in- en uitvoegend verkeer. Door hogere intensiteiten op rijstrook 1 wordt het snellere verkeer meer beperkt in snelheid. Zo wordt bij een inhalende vrachtwagen de snelheid op rijstrook 1 bepaald door het langzaamste voertuig.

### 3.3.4 *Betekenis rijtaak grote aantal inhalende vrachtwagens*

Zoals in paragraaf 3.3.2 beschreven zorgt een groter aantal inhalende vrachtwagens op spitsstroken voor een verlaging van de snelheid en een andere verdeling van het verkeer op de rijbaan. Ten aanzien van de rijtaak heeft een groter aantal inhalende vrachtwagens ook nog consequenties. Het gaat om zichtbeperking en om een toegenomen kans op ongewenste rijstrookwisselingen van rijstrook 2 naar rijstrook 1. Hieronder staan beide consequenties nader beschreven.

#### *Zichtbeperking en vermindering taakbelasting*

Een groter aantal inhalende vrachtwagens betekent voor de uitvoering van de rijtaak dat rijstrook 2 vaker zal worden gebruikt door een vrachtwagen en daardoor zowel rijstrook 2 en 3 zichtbelemmeringen veroorzaken voor het verkeer volgend op de vrachtwagens. De zichtbelemmeringen betekenen een grotere kans op afdekken van rijtaakrelevante informatie boven en naast de weg, zoals bewegwijzering en signaalgevers. De zichtbeperkingen hebben daarnaast ook betrekking op het zicht op

de verkeerssituatie stroomafwaarts. Hierdoor is minder goed in te schatten of er een verandering, zoals terugval in snelheid, zit aan te komen.



**Afb. 11 en 12: Zichtbeperkingen door vrachtverkeer.**

De lagere snelheid op rijstrook 2 (en rijstrook 1) is echter wel gunstig voor de verkeersveiligheid. Vanuit de rijtaak betekent een vermindering van de rijtaakbelasting, doordat er bij gelijke volgafstand meer tijd wordt geboden om te reageren op veranderende omstandigheden. Het nadelige effect van de zichtbeperkingen wordt daarom deels gecompenseerd door het positieve effect van lagere snelheid.

*Toename kans op ongewenst gedrag bij opschuiven rijstrook 2 naar rijstrook 1.* Indien het snellere verkeer op een ongewenste, risicovolle wijze opschuift naar rijstrook 1 dan is er een verhoogde kans op een ongeval. Uit de analyse van de inhaalmanoeuvres is echter naar voren gekomen dat achteropkomend verkeer niet genoodzaakt wordt tot fors remmen of uitwijken. Dit betekent dat een ongewenste, risicovolle wijze van opschuiven naar rijstrook 1 duidt op een bewuste keuze die niet toegeschreven kan worden aan inhalende vrachtwagens.

### 3.3.5

#### *Resultaten verkeerskundige analyse*

De verkeerskundige analyse (Arane, 2016) van het IVV bestaat uit een theoretische en een empirische analyse. In de theoretische analyse staat beschreven wat het effect van een inhalende vrachtwagen op een 2-strooksrijbaan maximaal zou kunnen zijn. De empirische analyse beschrijft het resultaat van een visuele inspectie van de verkeersdata om te achterhalen of inhalende vrachtwagens leiden tot congestie. Het rapport van de verkeerskundige analyse is als bijlage bij dit document gevoegd (zie bijlage C). Hieronder staan de resultaten beknopt samengevat.

#### *Theoretische analyse*

Uit de theoretische analyse komt naar voren dat een inhalende vrachtwagen op een 2-strooksrijbaan zorgt voor een tijdelijke blokkade van de rijbaan. Deze zogenaamde 'moving bottleneck' belemmert het overige verkeer om in te halen. Het verkeer achter de vrachtwagen 'stroopt' enigszins op door de inhaalactie. Dit kan leiden tot hogere lokale dichtheid en kortere volgtijden tussen de individuele voertuigen. De snel veranderende verkeersomstandigheden kunnen daarnaast leiden tot (onverwachte) remacties, waardoor de kans op een incident wordt vergroot. Een spitsstrook kent ten minste een derde rijstrook. Hierdoor is altijd een extra rijstrook voor het snellere verkeer beschikbaar. Op grond van de theoretische analyse is naar voren gekomen dat de kans op het ontstaan van een filegolf als gevolg van een inhalende vrachtwagen klein is.



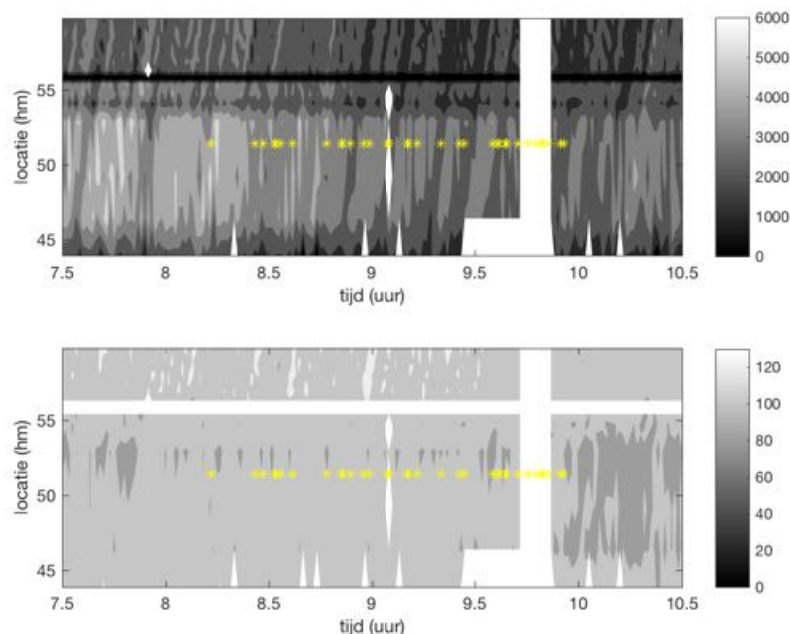
### 3.3.6 *Empirische analyse*

De empirische analyse betrof een visuele inspectie van de verkeersgegevens uit MoniCa. Op basis van geregistreerde inhaalmomenten die zijn waargenomen op de videobeelden van de A1 en de A50, is beschouwd in hoeverre er een relatie gelegd kan worden tussen een inhalende vrachtwagen en het ontstaan van een filegolf. Per fase ging het daarbij om meer dan 200 geregistreerde inhaalmomenten.

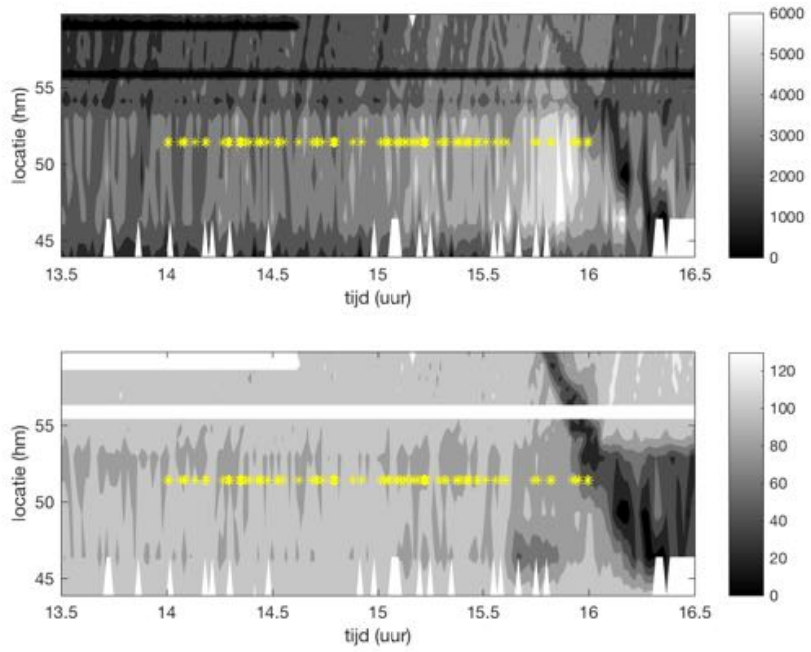
Indien een inhalende vrachtwagen een schokgolf zou veroorzaken dan zou dit op verschillende manieren terug te zien zijn in de vlekkenkaarten, namelijk:

- Een reductie van de intensiteit (relatief donkere vlek) stroomafwaarts van de vrachtwagen.
- Een afname in snelheid (bij het ontstaan van een filegolf zelfs tot nul) stroomopwaarts van de vrachtwagen.
- Een zichtbare verstoring die tegen het verkeer in beweegt zou dan zichtbaar zijn (met een snelheid van zo'n -18 km/u).

In afbeelding 13 is ter illustratie middels de gele sterretjes een aantal inhaalmomenten van een vrachtwagens aangegeven. Hieruit valt op te maken dat er geen duidelijke relatie bestaat tussen een inhalende vrachtwagen en het ontstaan van een schokgolf. Een voorbeeld van een filegolf wordt getoond in afbeelding 14. Daarin is een filegolf te zien die op een locatie verder stroomafwaarts ontstaat en het meetgebied in beweegt. Een dergelijke filegolf is dus duidelijk niet op de meetlocatie door inhalende vrachtwagens veroorzaakt.



**Afbeelding 13: Illustratie van inhaalmomenten (gele sterretjes)**



**Afbeelding 14: Illustratie van filegolf zonder relatie met inhaalmomenten**



## 4 Conclusie

Tijdens de monitoring van het opheffen van het IVV bij spitsstroken zijn geen gedragskundige, verkeersveiligheids of verkeerskundige effecten gevonden die aanleiding geven tot het herzien van het besluit om het IVV op te heffen. Dit blijkt uit de volgende bevindingen, die tijdens fase 1 (kort na opheffen IVV) en tijdens fase 2 (half jaar na opheffen van IVV) naar voren zijn gekomen:

- Er is geen relevant effect gevonden op macroscopisch niveau. Dat wil zeggen dat er geen aanwijzingen zijn gevonden dat inhalende vrachtwagens leiden tot grote verstoringen (filegolven) in de verkeersafwikkeling.
  - Er is wel sprake van discomfort op microscopisch niveau. Dit houdt in dat een inhalende vrachtwagen ervoor zorgt dat het verkeer stroomopwaarts snelheid gaat minderen of opschuift naar rijstrook 1.
  - Er zijn geen ongewenste, gevaarlijke manoeuvres waargenomen die toegeschreven kunnen worden aan inhalend vrachtverkeer. Dit wil zeggen dat een inhalende vrachtwagen bij het verkeer stroomopwaarts niet heeft geleid tot noodgedwongen ongewenst gedrag, zoals fors remmen of uitwijken. Wel is ongewenst gedrag waargenomen dat kan worden beschreven als bewust gekozen. Zo is een aantal keren waargenomen dat achteropkomend verkeer vrij plotseling opschoof naar rijstrook 1.
- Het aantal inhalende vrachtwagens is toegenomen. Ten opzichte van de periode voorafgaand aan het opheffen van het IVV is het aantal inhalende vrachtwagens toegenomen van eens per 4-5 minuten naar eens per 2 minuten. Deze toename heeft als nadeel dat het verkeer stroomopwaarts van de inhalende vrachtwagen zichtbeperkingen ervaart. Daarnaast is er een toename in kans op ongewenst gedrag door het overige verkeer bij opschuiven van rijstrook 2 naar rijstrook 1. Deze nadelen worden deels gecompenseerd door de lagere snelheid en een toename in het aantal hiaten op rijstrook 2 en 3.

Op basis van bovenstaande conclusie wordt aanbevolen om het opheffen van de IVV bij spitsstroken te continueren.

## Bijlage A Bronnen

- DHV (2006) '*Misbruik Spitsstroken: Resultaten van een gebruikersonderzoek*' Amersfoort.
- Mourant, R. R. and Rockwell, T. H. (1972), *Strategies of visual search by novice and experienced drivers*, *Human Factors*, 14, 325 ± 335.
- Gibson, E.J. (1950) '*The perception of the visual world*' Boston Houghton Mifflin.
- Hogema J.H., & Veltman J.A. (2002) '*Werkbelasting en rijgedrag tijdens duisternis; eerste veldexperiment*', TNO, Soesterberg.
- Hoogendoorn, S. (2016) '*Analyse effecten opheffen IVV: Theoretisch raamwerk en data-analyse*', Arane, Gouda.
- Lambers, M.G.F. (2015) '*Gedragskundige analyse Inhaalverbod Vrachtverkeer Spitsstroken*', Adviesdienst Mens & Veiligheid, Zoetermeer.
- Onderzoeksraad voor Veiligheid (2012) '*Vrachtwagenongevallen op Snelwegen*, OVV, Den Haag.
- Rothengatter J.A.; Theeuwes, J.; Horst van der A.R.A.; Lambers M.G.F. (2004) '*Symposium Human Factors bij spitsstroken*' Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat Adviesdienst Verkeer en Vervoer.
- Rijkswaterstaat (2003) '*Veiligheid Spitsstroken, Plusstroken en Bufferstroken. Advies voor de spoedwetprojecten*'. Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Rotterdam 2003; Rapportnummer Vm-4755.
- Rijkswaterstaat (2007), '*Nieuwe Ontwerp Richtlijnen Autosnelwegen*', RWS Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Rotterdam
- Rijkswaterstaat (2008), '*10 gouden regels om rekening te houden met de weggebruiker*'. Rijkswaterstaat, Delft.
- Rijkswaterstaat (2013a) '*Veiligheid Spitsstroken: Kader voor verkeersveiligheidsmaatregelen bij planvorming en realisatie van spitsstroken links en rechts, inclusief een factsheet per compenserende maatregel*'. Dienst Verkeer en Scheepvaart, Delft.
- Rijkswaterstaat (2013b) '*Ontwerp en Inrichting Spitsstroken*'. Dienst Verkeer en Scheepvaart, Delft.
- Staatscourant (2015) '*Ontwerp Verkeersbesluit: Opheffen inhaalverbod voor vrachtauto's op diverse autosnelwegtrajecten in beheer van het Rijk*'. Staatscourant 24 september 2015.
- SWOV (2009), '*SWOV-Factsheet: De relatie tussen snelheid en ongevallen*'. SWOV, Leidschendam.
- Theeuwes, J.L., Van der Horst A.R.A & Kuiken, M. (2012), *Designing Safe Road Systems*, Ashgate.



## Bijlage B Betrokken personen

### *Klankbord interne experts*

- Henk Stoelhorst
- Jurgen Koppen
- Rudi Kraaijeveld
- Pieter van Vliet
- King Tse

### *Klankbord extern*

- Govert Schermers (SWOV)
- Gert Jongkind (Politie)
- Ton Hendriks (ANWB)

### *Borging gedragskundige analyse*

- Prof. dr. Jan Theeuwes

### *Uitvoering verkeerskundige analyse*

- Prof. dr. Serge Hoogendoorn

## Bijlage C Rapportage Verkeerskundige analyse

## **RWS Water Verkeer en Leefomgeving**

### **Analyse effecten opheffen IVV**

Theoretisch raamwerk en data-analyse

# RWS Water Verkeer en Leefomgeving

## Analyse effecten opheffen IVV

Theoretisch raamwerk en data-analyse

Oprachtgever:	RWS Water Verkeer en Leefomgeving Directie Veiligheid en Watergebruik Afdeling Veiligheidsmanagement en Verkeersveiligheid Postbus 2232 3500 GE Utrecht
Titel offerte:	Analyse effecten opheffen IVV
Inhoud:	31 pagina's
Status:	EINDRAPPORT
Kenmerk:	16005/SH/16/326
Datum:	24 December 2016
Contactpersoon opdrachtgever:	Dhr. King Tse
Contactpersoon Arane:	Prof. dr. Serge Hoogendoorn





# Inhoudsopgave

1.1	Doel project en hypothesen .....	2
1.2	Aanpak .....	2
2.1	Effecten van IVV.....	3
2.2	Theoretisch kader Inhaalverbod VrachtVerkeer.....	5
2.3	Hypothesen.....	7
2.4	Hypothesen voor aanvullend onderzoek.....	7
3.1	Eerste-orde effecten inhaalverbod.....	9
3.2	Effect inhalende vrachtwagen .....	9
3.3	Implicaties.....	12
3.4	Conclusie theoretische analyse .....	13
4.1	Beschrijving meetopzet .....	15
4.2	Overzicht verkeerskundige kenmerken meetlocaties .....	15
4.3	Inhaalfrequentie .....	16
4.4	Ontstaan schokgolven .....	16
4.5	Conclusies empirisch verkeerskundig onderzoek .....	17
5.1	Conclusies .....	18
5.2	Discussie .....	18
5.3	Aanbevelingen .....	19
	Resultaten 1-meting.....	20
	Resultaten 2-meting.....	24

# 1 Inleiding

Op diverse trajecten zal het Inhaalverbod VrachtVerkeer (IVV) binnenkort niet meer van kracht zijn (of is inmiddels niet meer van kracht). De vraag is in hoeverre het afschaffen leidt tot een *meetbare verandering* in de doorstroming en in de verkeersveiligheid.

## 1.1 Doel project en hypothesen

In dit project worden specifieke aspecten van deze effecten inzichtelijk gemaakt. In de eerste plaats wordt dit gedaan door het opstellen van een theoretisch raamwerk waarin de relaties tussen de (mogelijke) veranderingen in rijgedrag, afwikkeling en veiligheid worden gelegd op grond van expert kennis. Op grond van dit theoretisch kader worden hypothesen geformuleerd die aangeven welke effecten zich zouden kunnen voordoen.

Voor twee specifieke hypothesen die eerder op grond van gesprekken met de SWOV zijn geformuleerd, namelijk a) de mate waarin het inhaalverbod (en dus het opheffen daarvan) een effect heeft op de inhaalfrequentie en b) het effect van een (of meerdere) inhaalbeweging op de verkeersafwikkeling (stabiliteit en congestievorming) wordt een beperkte data-analyse uitgevoerd.

In onderstaande wordt de aanpak kort toegelicht.

## 1.2 Aanpak

De aanpak bestaat uit de volgende (algemene) onderdelen:

1. Opzetten theoretisch raamwerk verkeerskundige effecten en verkeersveiligheidseffecten van (het opheffen van) het inhaalverbod vrachtverkeer (hoofdstuk 2).
2. Op grond van theoretisch raamwerk, vaststellen van hypothesen aangaande effecten afwikkeling en veiligheid (hoofdstuk 2).

Een specifiek (mogelijk risicovol) effect waarvan de SWOV heeft aangegeven dat nadere analyse wenselijk is:

3. a) Effect inhaalverbod op inhaalfrequentie en b) het effect inhaalbeweging op congestievorming en stabiliteit verkeersstroom.

Het laatste onderdeel is uitgewerkt in een theoretische analyse (hoofdstuk 3) en een beknopte data-analyse (hoofdstuk 4).

## 2 Literatuurscan

Om knelpunten op het gebied van doorstroming en verkeersveiligheid te helpen voorkomen, is in 2003 op een groot deel van het Nederlandse autosnelwegennet een inhaalverbod voor vrachtverkeer (IVV) ingesteld.

Er worden verschillende soorten tijdvensters onderscheiden voor het inhaalverbod [1]:

1. Geen Inhaalverbod Vrachtverkeer: in principe bij meer dan 2 rijstroken met uitzondering van plus- en spitsstroken.
2. Algemeen Inhaalverbod Vrachtverkeer: het inhaalverbod voor vrachtverkeer geldt 24 uur per dag, 7 dagen per week.
3. Dagvenster (06.00 - 19.00 uur): het inhaalverbod vrachtverkeer geldt van 06.00 uur tot 19.00 uur. Buiten deze tijden mogen vrachtwagens inhalen.
4. Spitsvenster (06.00 - 10.00 uur en 15.00 - 19.00 uur). Het inhaalverbod vrachtverkeer geldt van 06.00 uur tot 10.00 uur en van 15.00 uur tot 19.00 uur. Buiten deze tijden mogen vrachtwagens inhalen.
5. Dynamisch inhaalverbod vrachtverkeer. Afhankelijk van verkeersdruk wordt er wel of geen inhaalverbod vrachtverkeer ingesteld.

Sinds 2003 is de verdeling van het vrachtverkeer over het wegennet veranderd. Daarnaast is er de afgelopen jaren, bijvoorbeeld in het kader van de Spoedwet, veel nieuw asfalt gerealiseerd. Deze twee aspecten hebben ertoe geleid dat er is besloten het IVV te herzien en te updaten. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gebruikt.

- Op trajecten waar het aantal rijstroken is vergroot van 2 naar 3, vervalt het IVV;
- Toegenomen intensiteiten (van al het verkeer) leiden tot de introductie van IVV;
- Daar waar colonnevorming van vrachtwagens voorkomt, wordt het IVV vanwege veiligheidsredenen opgeheven;
- Toegenomen vrachtwagenintensiteiten leiden tot verbreding van het tijdvenster IVV;
- Om colonnevorming te voorkomen, worden trajecten met IVV langer dan 30 kilometer, voor 5 kilometer onderbroken zodat vrachtwagens kunnen inhalen.

Het toepassen van deze uitgangspunten heeft geleid tot een update van de maatregel. Het percentage van het wegennet met IVV is hierdoor met 8% afgenomen.

### 2.1 Effecten van IVV

De effecten van IVV zijn voor en na de introductie van de maatregel onderzocht. De maatregelen heeft aantoonbare effecten op zowel de verkeersveiligheid als de doorstroming. Hieronder een kort overzicht van de belangrijkste effecten.

### 2.1.1.1 Effecten op de doorstroming

Door de snelheidsverschillen tussen vrachtwagens en het overig verkeer ontstaat er bij inhaalacties van vrachtwagens een tijdelijke blokkade van de rijbaan. Omdat tijdens de inhaalactie de rest van het verkeer niet kan inhalen, ontstaat er een zogenaamde 'moving bottleneck'. Bij de juiste verkeerscondities rond deze moving bottleneck kan dit leiden tot congestie en schokgolven.

Onderdeel van voorliggend onderzoek is te bepalen welke specifieke verkeerscondities leiden tot filegolven en hoe groot het verkeerskundig effect van deze filegolven is.

### 2.1.1.2 Effect op de veiligheid

Het is al lang bekend dat de snelheid en snelheidsverschillen een directe relatie hebben met de kans op een ongeval en de ernst van een ongeval [3]. Wanneer de snelheidsverschillen op een weg groter worden, zoals bij een inhaalactie van een vrachtwagen het geval is, neemt de kans van een ongeval toe.

Bij een inhaalactie 'stroopt' het verkeer achter de vrachtwagens door de snelheidsverschillen enigszins op, wat leidt tot een hogere lokale dichtheid en kortere opvolgtijden tussen de individuele voertuigen. Bovendien kunnen de snel veranderende verkeersomstandigheden leiden tot (onverwachte) remacties en dit vergroot de kans op een incident.

Colonnevorming op de rechterrijstrook als gevolg van IVV ontnemt de weggebruikers en het invoegend verkeer deels het zicht op de situatie. In combinatie met de bekende problemen die vrachtwagens hebben met de dode hoek [4], kunnen er in dit soort situaties onveilige situaties ontstaan. Dit geldt zowel voor invoegend als uitvoegend verkeer.

Als het gaat om de ernst van een ongeval, is bekend dat wanneer er een vrachtwagen bij een ongeval betrokken zijn, de ernst van het ongeval in termen van kans op letselslachtoffers, groter is. Dit komt met name door het grote massaverschil tussen een vrachtwagen en personenauto [4].

### 2.1.1.3 Effecten van de update IVV

Door de gewijzigde infrastructuur- en verkeerskenmerken van het netwerk sinds de invoer van IVV werkt de maatregel niet overal meer even goed. Een update en optimalisatie van de maatregel kan ervoor zorgen dat de ongewenste effecten van IVV worden verminderd. In de eigen communicatie rond de update van de maatregel geeft RWS het volgende aan [2] als het gaat om de verwachte effecten:

"Het vernieuwde inhaalverbod zorgt voor een grotere verkeersveiligheid:

- minder inhalende vrachtwagens leiden tot minder ongevallen
- de colonnevorming door vrachtwagens neemt af. Daardoor kunnen andere weggebruikers makkelijker in- en uitvoegen

De doorstroming van het verkeer neemt met ongeveer 3 procent toe. "

[2] IVV: <https://www.rijkswaterstaat.nl/wegen/wetten-regels-en-vergunningen/verkeerswetten/inhaalverbod-vrachtwagen/veelgestelde-vragen.aspx>

[3] SWOV Factsheet: De relatie tussen snelheid en ongevallen, SWOV, Leidschendam, april 2012

[4] SWOV Factsheet: Vracht- en bestelauto's, SWOV, Leidschendam, februari 2010

## 2.2 Theoretisch kader Inhaalverbod VruchtVerkeer

In figuur 1 is het theoretisch kader voor IVV weergegeven. De figuur toont wat de relaties zijn tussen de verschillende verkeerskundige grootheden, onderverdeeld naar rijgedrag (microniveau) en doorstroming en veiligheid (macroniveau).

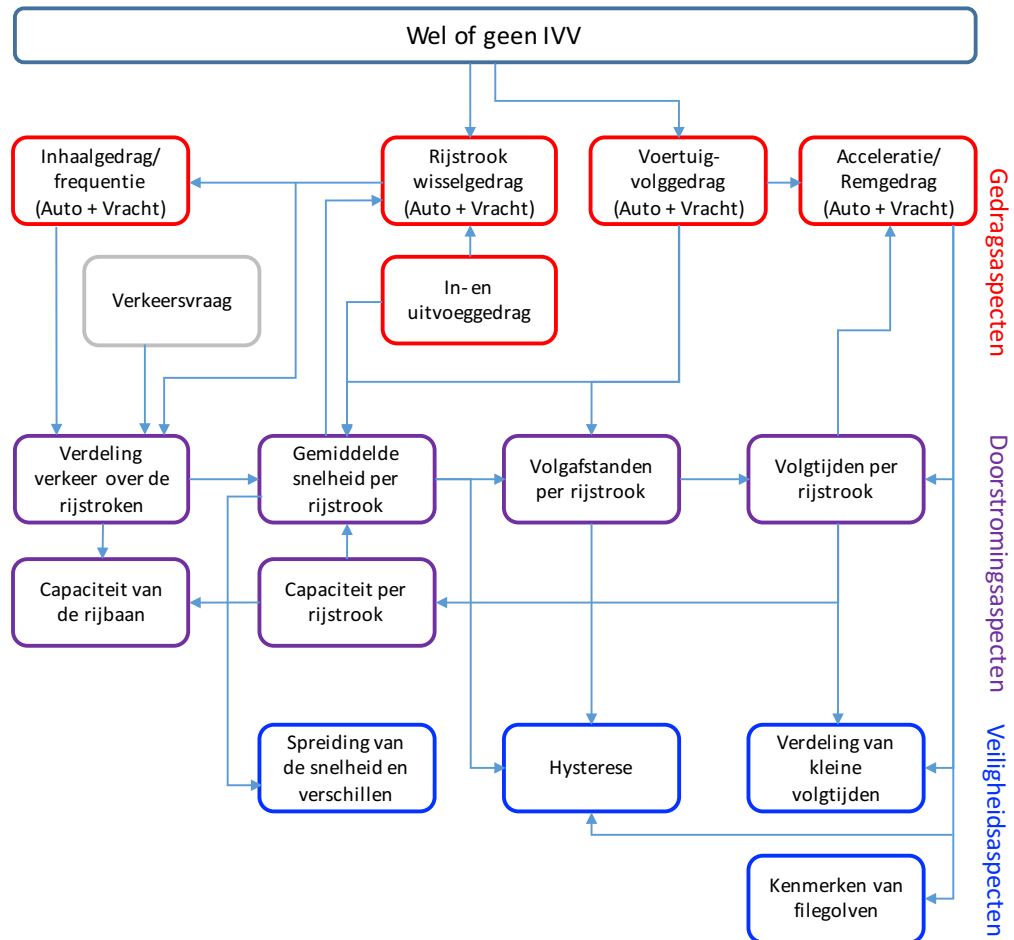


Fig. 1 Effecten inhaalverbod vruchtverkeer

In de volgende paragrafen wordt kort toegelicht hoe IVV invloed kan hebben op deze grootheden.

### 2.2.1.1 Gedragsaspecten

Of er op een wegvak wel of geen IVV is, heeft invloed op het gedrag van de weggebruiker. We verwachten een invloed van IVV op de volgende gedragsaspecten.

- Het voertuig-volggedrag. Het volggedrag bepaalt op zijn beurt grotendeels het acceleratie- en remgedrag;
- Het rijstrook wisselgedrag. Hieronder verstaan we het rijstrook wisselgedrag op de hoofdrijbaan. Een afgeleide hiervan is het inhaalgedrag en de inhaalfrequentie.
- Het in- en uitvoeggedrag. Hieronder verstaan we de rijstrookwisselingen tussen hoofdrijbaan en toe- en afrit.

Bij het onderzoeken van gedragsaspecten moet er duidelijk onderscheid worden gemaakt tussen het gedrag van een automobilist en het gedrag van een (al dan niet inhalende) vrachtauto.

### 2.2.1.2 Doorstromingsaspecten

Het (aangepaste) gedrag van de weggebruikers is terug te zien in verkeerskundige grootheden. Met deze grootheden kunnen doorstromingseffecten van IVV worden onderzocht.

- Het rijstrookwisselgedrag bepaalt samen met de verkeersvraag de verdeling van verkeer over de rijstroken;
- Samen met het voertuig-volggedrag kan de gemiddelde snelheid per rijstrook en de volgafstand per rijstrook worden bepaald;
- Hieruit kan eenvoudig de volgtijd per rijstrook worden afgeleid;
- De capaciteit per rijstrook en per rijbaan kan uit bovenstaande worden afgeleid.

Verandering in doorstromingsaspecten, zoals de gemiddelde snelheid en de volgtijd, beïnvloeden weer het gedrag van de automobilist.

### 2.2.1.3 Veiligheidsaspecten

De scope van de werkzaamheden maken het alleen mogelijk om veiligheidseffecten te 'meten' met subjectieve veiligheidsmaten. Er zijn een aantal maten gekozen waarvan bekend is dat IVV er invloed op heeft (via de reeds benoemde doorstromingsaspecten) en er een relatie is met de ongevalskans. In het theoretisch kader zijn opgenomen:

- Verdeling van kleine volgtijden;
- Spreiding van snelheden en snelheidsverschillen;
- Rembewegingen (vertaald in het acceleratie- en remgedrag);
- Kenmerken van filegolven, met name de snelheid ervan en de overgang naar andere rijcondities;
- Hysterese. Waarmee in dit geval het verloop van de verkeerssituatie door de tijd binnen het fundamenteel diagram wordt bedoeld: de relatie tussen bijvoorbeeld snelheid en dichtheid is bij het accelereren anders dan bij het decelereren (zie fig. 2).

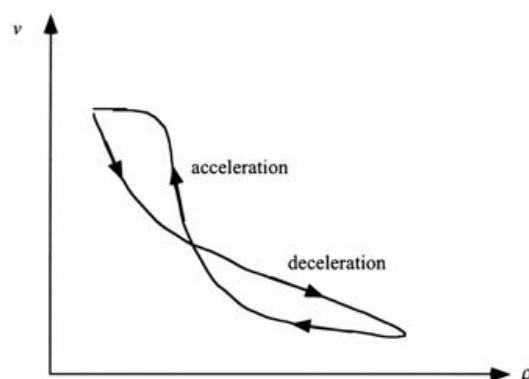


Fig. 2 Hysterese bij het fundamenteel diagram (hier bij de relatie snelheid/dichtheid).

### 2.3 Hypothesen

Binnen deze opdracht ligt de focus op het beantwoorden van een tweetal hypothesen van de SWOV. Op basis van het theoretisch kader zijn er echter veel meer interessante hypothesen op te stellen die een uitgangspunt kunnen zijn voor verder onderzoek.

De volgende hypothesen worden in hoofdstuk 3 (theorie) en 4 (empirie) onderzocht:

- H1. Een inhaalbeweging van een vrachtauto vergroot de kans op congestievorming en heeft een negatieve invloed de stabiliteit van de verkeersstroom;
- H2. Door het inhaalverbod vrachtverkeer worden er minder inhaalbewegingen uitgevoerd op de rijbaan;

Met hypothese H1 willen we onderzoeken of een inhalende vrachtauto een negatief effect heeft op de doorstroming, onder verschillende verkeersomstandigheden (zie hoofdstuk 3 en 4). Daarnaast wordt inzichtelijk gemaakt wat de omvang van het effect is en hoelang het duurt voordat de verkeerssituatie weer is genormaliseerd na een inhaalbeweging.

Hypothese 2 gaat in op het aantal inhaalbewegingen dat er per tijdperiode wordt geregistreerd. We gaan in hoofdstuk 4 kort in op de inhaalfrequentie.

### 2.4 Hypothesen voor aanvullend onderzoek

Op basis van het theoretisch kader kunnen er *aanvullende hypothesen* worden uitgewerkt, zoals:

- A1. Het opheffen van IVV leidt tot afname colonnevorming op de rechterrijstrook
- A2. Het opheffen van IVV leidt tot veranderingen in de volgtijdverdeling
- A3. Het opheffen van IVV leidt tot veranderingen in conflictmaten (kleine volgtijden, snelheidsverschillen, spreiding snelheden, Time-To-Collision)
- A4. Het opheffen van IVV leidt tot veranderingen in de gemiddelde snelheid per rijstrook
- A5. Het opheffen van IVV leidt tot een andere verdeling van het verkeer over de rijstroken
- A6. Het opheffen van IVV leidt tot grotere kans op instabiliteit op de linkerrijstrook
- A7. Het opheffen van IVV leidt tot hogere instabiliteit van de verkeersstroom
- A8. Het opheffen van IVV leidt tot veranderingen in de capaciteit van de rijstroken en de rijbaan
- A9. Het opheffen van IVV leidt tot veranderingen in de afwikkelingskenmerken van de weg (kritische dichtheid, snelheid schokgolven)

Deze hypothesen zullen niet in dit onderzoek worden getoetst, maar kunnen de basis vormen voor aanvullend onderzoek. In hoofdstuk 5 zullen we hier kort nader op ingaan.



# 3 Verkeerskundige effecten inhaalverbod vrachtverkeer

In dit hoofdstuk gebruiken we eerste orde (schokgolf) theorie om een inschatting te geven van de verkeerskundige effecten van een inhalende vrachtwagen.

## 3.1 Eerste-orde effecten inhaalverbod

In deze theoretische analyse beschouwen we de eerste-orde effecten van een inhalende vrachtwagen. We doen dit door de inhalende vrachtwagen te beschouwen als een zogenaamde *moving bottleneck* (MB).

We doen dit voor verschillende scenario's, waarbij een scenario wordt gegeven door:

1. De snelheid van de ingehaalde vrachtwagen  $v_1$
2. De snelheid van de inhalende vrachtwagen  $v_2$
3. De verkeersintensiteit  $q$

De parameters van het fundamenteel diagram worden vooralsnog vast gekozen. We gaan uit van een tweestrooks autosnelweg en kiezen:

- Een vrije snelheid van 90 km/u
- Een capaciteit van 4500 vtg/u
- Een kritische snelheid van 90 km/u en dus
- Een kritische dichtheid van 50 vtg/km
- Een stremmingsdichtheid van 300 vtg/km

Hiermee is de golfsnelheid -18 km/u.

## 3.2 Effect inhalende vrachtwagen

Een inhalende vrachtwagen zorgt ervoor dat er tijdelijk niet kan worden ingehaald; er ontstaat als het ware een tijdelijke blokkade. De duur van de inhaalbeweging noemen we  $T$  en is afhankelijk van het snelheidsverschil tussen de inhalende vrachtwagen en de ingehaalde vrachtwagen. De afstand waarover wordt ingehaald noemen we  $L$ .

*Voorbeeld: we gaan uit van een vrachtwagen die bij een snelheid van 75 km/u zijn voorligger volgt. De volgafstand is bepaald op grond van de volgende relatie:*

$$d = 10 + 1.75 \cdot \frac{v_2}{3.6} \approx 50$$

*We gaan ervan uit dat de vrachtwagen die inhaalt klaar is met de inhaalbeweging wanneer de afstand tussen hem en het ingehaalde voertuig gelijk is aan de veilige afstand van 50 m. Kortom, de vrachtwagen moet in totaal zo'n 100 meter overbruggen. Bij een snelheidsverschil van 5 km/u duurt dit 1,2 minuten.*

Wanneer een vrachtwagen inhaalt ontstaat achter de vrachtwagen een gebied met een relatief lage snelheid en een hoge(re) dichtheid. Omdat andere voertuigen niet kunnen inhalen is de snelheid gelijk aan de snelheid van de inhaler, d.w.z.  $v_2$ . De dichtheid  $k_2$  die ontstaat kan worden afgelezen uit het fundamenteel diagram (Hoogendoorn,2009); zie onderstaande figuur.

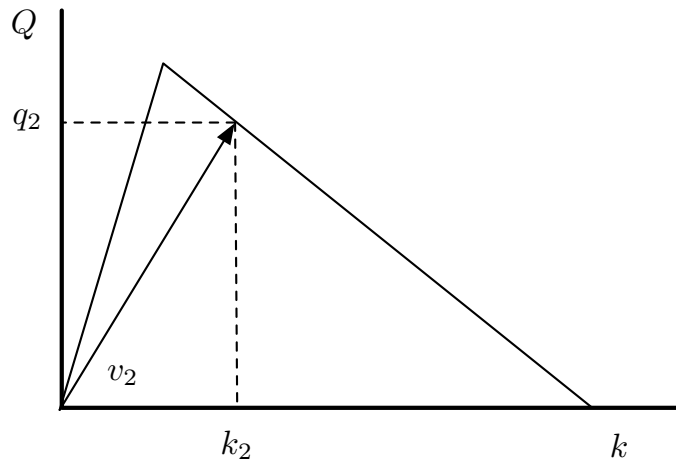


Fig. 3 Bepalen dichtheid stroomopwaarts inhalende vrachtwagen.

Er geldt voor de dichtheid stroomopwaarts van de inhalende vrachtwagen:

$$k_2 = U^{-1}(v_2)$$

waarin  $U(k)$  de fundamentele relatie tussen dichtheid en snelheid is en  $U^{-1}$  de inverse van deze relatie. Omdat voor de congestietak geldt:

$$U(k) = \frac{5400}{k} - 18$$

geldt voor de dichtheid dus:

$$k_2 = \frac{5400}{v_2 + 18} \text{ zolang } v_2 < 90$$

Hiermee kunnen we dus eenvoudig de relatie tussen snelheid van de inhaler en de dichtheid stroomopwaarts van de inhaler bepalen; omdat  $q_2 = k_2 \cdot v_2$  geldt, rekenen we ook eenvoudig de intensiteit stroomopwaarts van de inhalende vrachtwagen uit. Onderstaande figuur toont de resultaten van deze analyse.

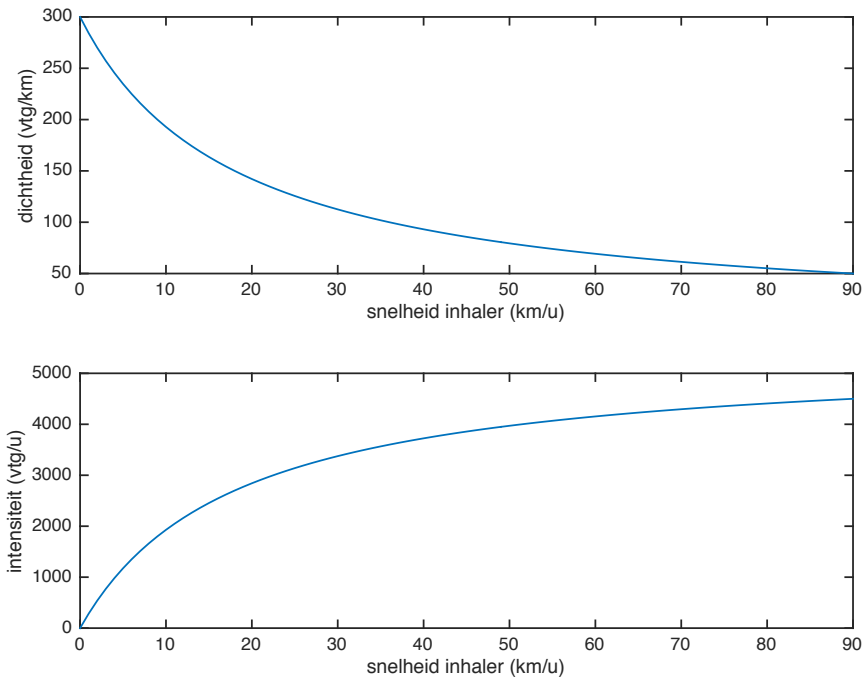


Fig. 4 Relatie tussen de snelheid van de inhaler, de dichtheid en de intensiteit stroomopwaarts van de inhalende vrachtwagen.

Onderstaande figuur toont het effect van de inhalende vrachtwagen in tijd en ruimte. Hierin worden de volgende condities onderscheiden: 1) de ongehinderde afwikkeling; 2) de filevorming stroomopwaarts van de vrachtwagen (hierin heerst dus de snelheid  $v_2$  en is de dichtheid gelijk aan  $k_2$ ); 3) de capacitaire afwikkeling wanneer de inhaalbeweging is afgerond en 4) de lege weg stroomafwaarts van de vrachtwagen.

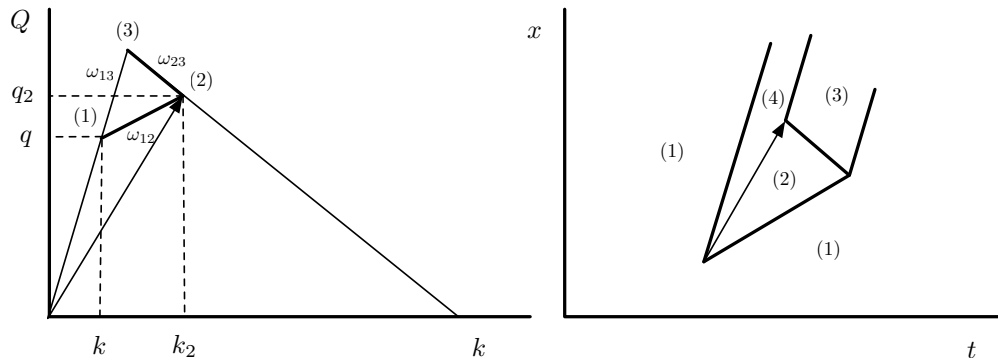


Fig. 5 Eerste-orde effecten inhalende vrachtwagen.

We zullen in het vervolg van deze notitie zien dat we op zoek zijn naar de langste duur dat een verstoring zich kan manifesteren en verplaatsen. Zo'n verstoring beweegt zich in het congestiegebied 2 met een snelheid van  $-18 \text{ km/u}$  (de golfsnelheid). We kunnen uit de figuur eenvoudig concluderen dat deze duur dus maximaal is op de interface tussen gebied 2 en 3.

We kunnen deze duur vervolgens uitrekenen:

$$(v_2 - \omega_{12}) \cdot T = (\omega_{23} - \omega_{12}) \cdot (T - \tau) \Rightarrow \tau = \frac{v_2 - \omega_{23}}{\omega_{12} - \omega_{23}} \cdot T = \frac{v_2 - \omega}{\omega_{12} - \omega} \cdot T$$

met  $\omega = -18$  en

$$\omega_{12} = \frac{q_2 - q}{k_2 - k}$$

Voorbeeld: stel dat de verkeersvraag 3600 vtg/u is. Dit betekent dat de ongehinderde dichtheid 40 vtg/km is (gebied 1). We gaan er weer van uit dat de snelheid van de inhaler 80 km/u is. De dichtheid stroomopwaarts van de inhaler is 55 vtg/km, de intensiteit 4410 vtg/u. In deze situatie is de snelheid van de golf:

$$\omega_{12} = \frac{4410 - 3600}{55 - 40} = \frac{810}{15} = 54 \text{ km/u}$$

De maximale duur waarmee een verstoring zich verplaatst wordt dan, indien we uitgaan van een inhaalduur van 1,2 minuut:

$$\tau = \frac{80 + 18}{54 + 18} \cdot 1.2 \text{ min} = 1.63 \text{ min}$$

Dus een willekeurige verstoring in de file achter de inhalende vrachtwagen blijft nooit langer dan 1.63 minuut bestaan.

### 3.3 Implicaties

Met deze methode kunnen we voor een gegeven scenario bepalen hoe lang de file wordt bij een inhalende vrachtwagen. Omdat deze file een relatief hoge dichtheid heeft is deze niet stabiel: kleine oscillaties (in de snelheid en dus in de dichtheid en intensiteit) kunnen uitgroeien tot filegolven. Onderstaande figuur toont dit verschijnsel voor een staande file: ter hoogte van kilometer 481 zien we een stabiele lage snelheid (rond de 30 a 40 km/u). De kleine verstoringen die we daar zien optreden bewegen zich in de richting van het verkeer en nemen in amplitude toe. Na een paar kilometer zien we dat er sprake is van een filegolf die zich verder verplaatst (rond kilometer 478). Dit zou betekenen dat in dit geval de verstoring 3 a 4 kilometer nodig heeft om een (zware) filegolf te worden.

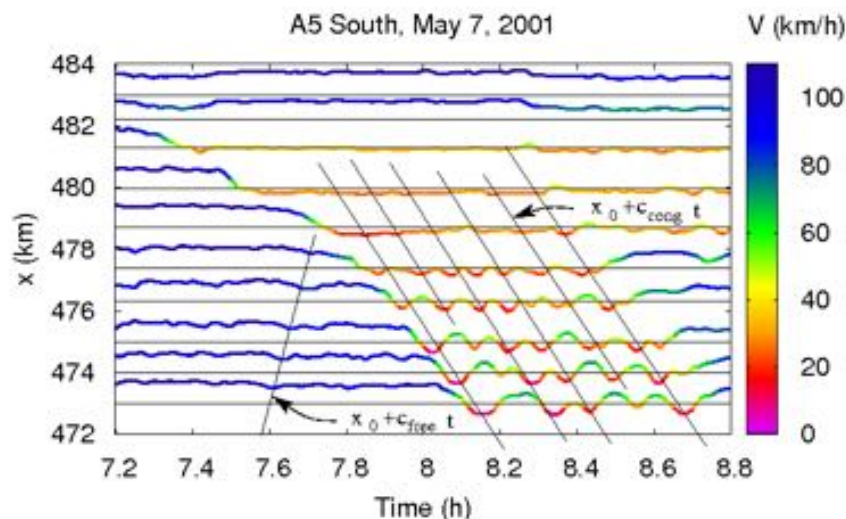


Fig. 6 Het ontstaan van filegolven uit een staande file.

We kunnen tot slot ook nog kijken naar de 'snelheid' waarmee verstoringen groeien. Voor deze situatie is deze snelheid weergegeven in de onderstaande figuur, waarbij geldt:

$$A = A_0 \cdot e^{\sigma(t-t_0)}$$

Hierin is  $\sigma$  de snelheid (rate) waarmee de verstoring groeit (uitgedrukt als een factor per uur). We kunnen uit deze figuur opmaken dat deze rate maximaal 5 1/h is. Dit betekent dat we een substantiële toename alleen na een behoorlijke tijd kan worden verwacht. Ter illustratie, een verstoring die 12 minuten blijft bestaan, groeit met een factor 2,7.

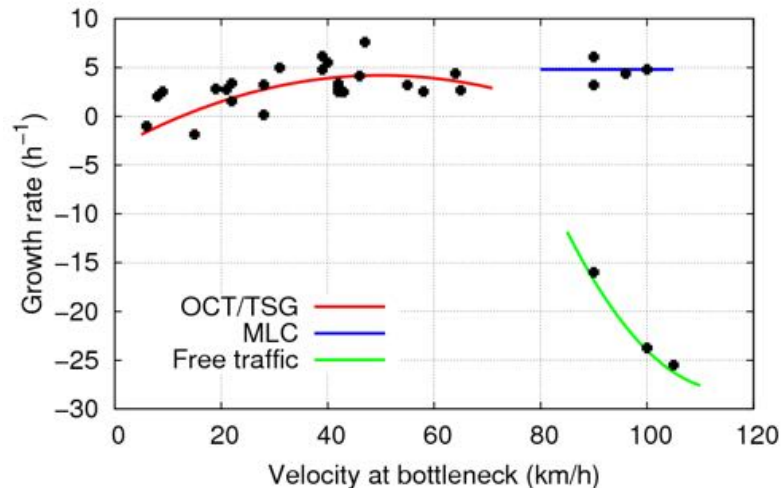


Fig. 7 De groeisnelheid van een verstoring. De punten geven de resultaten weer van op de A5 en de A9 waargenomen verstoringen die onder verschillende omstandigheden ontstonden. Deze omstandigheden worden gekenmerkt door de zwaarte van de congestie uitgedrukt in de gemiddelde snelheid in het knelpunt (hier weergegeven op de x-as). De datapunten zijn geclusterd op grond van het type congestie (OCT, TSG, MLC; zie [www.traffic-states.com](http://www.traffic-states.com)).

Voorbeeld: gaan we nu weer uit van het eerder beschouwde voorbeeld. Hier zagen we dat een verstoring maximaal 1.63 minuut blijft bestaan. In deze periode zal een verstoring in amplitude maximaal groeien met een factor:  $e^{5 \cdot 1.63/60} = e^{0.13} = 1.14$ . Hieruit kunnen we opmaken dat de verstoring in amplitude maximaal 14% toeneemt. Het is erg onwaarschijnlijk dat er in dit geval sprake is van het ontstaan van een filegolf.

Andersom, als we ervan uitgaan van een initiële verstoring van 5 km/u. Voordat deze verstoring is uitgegroeid tot een filegolf, hij met een factor 15 zijn gegroeid. Er geldt dan:

$$\exp\left(5 \cdot \frac{T}{60}\right) = 15$$

en dus  $T = 32$  min. Met andere woorden, de inhaalbeweging zou in dit geval meer dan een half uur moeten duren voordat de verstoringen zouden leiden tot een filegolf.

### 3.4 Conclusie theoretische analyse

In dit hoofdstuk is onderzocht of op grond van de verkeersstroomtheorie kan worden geconcludeerd dat inhalende vrachtwagens kunnen leiden tot filegolven. We hebben hiertoe:

1. Bepaald tot welke verstoring een inhalende vrachtwagen kan leiden
2. Ingeschat of bij deze verstoring (op grond van aard van de verstoring en de duur ervan) een filegolf kan ontstaan.

Op grond van de analyse lijkt de kans op het ontstaan van een filegolf als gevolg van een inhalende vrachtwagen klein.

We moeten echter wel enkele kanttekeningen maken bij onze analyses. Zo zijn we ervan uitgegaan dat er tijdens de vrachtwagen tijdens het inhalen zorgt voor een volledige blokkade. Dit is een conservatieve aanname, zeker voor de beschouwde situaties waar veelal drie rijstroken beschikbaar zijn.

Indien inhaal mogelijkheden aanwezig zijn, kan dit ook een *nadelig effect* hebben, namelijk dat veel voertuigen de linkerrijstrook verkiezen. Uit de data-analyse is gebleken dat de intensiteiten op de linkerrijstrook zeer hoog kunnen zijn (tot 2500 vtg/u/rijstrook op de linkerrijstrook van de A1 bijvoorbeeld). Het *is niet onmogelijk* dat op een rijstrook instabiele verkeerscondities ontstaan waarin verstoringen wel degelijk kunnen uitgroeien tot filegolven, die overslaan naar de andere rijstroken.

Binnen de beperkte scope van dit onderzoek was geen ruimte dit mogelijke effect (theoretisch) nader te onderzoeken.

## 4 Empirische analyse

In dit hoofdstuk beschrijven we kort de resultaten van een beknopte empirische analyse voor twee snelwegen, de A1 en de A50, waar het inhaalverbod is opgeheven. We kijken naar de frequentie waarmee wordt ingehaald en in hoeverre we in de data terugzien of inhaalbewegingen leiden tot filegolven.

### 4.1 Beschrijving meetopzet

De effecten op de doorstroming zijn als aanvulling op het gedragsonderzoek uitgevoerd voor de A50 R en de A1 R. Voor deze locaties zijn het aantal inhaalbewegingen van vrachtwagens geturfd (per kwartier) gebruikmakend van de verzamelde videobeelden voor twee nametingen (1-meting en 2-meting, ochtendperiode en middagperiode). Daarnaast zijn MoniCa gegevens beschouwd voor deze locaties / perioden.

### 4.2 Overzicht verkeerskundige kenmerken meetlocaties

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de gegevens verzameld voor de 1-meting en de 2-meting voor de genoemde meetperioden. Voor beide situaties zijn gedurende de meetperiode 3 rijstroken beschikbaar geweest.

*Tab. 1 Overzicht meetlocaties en meetperioden; kenmerken van afwijking op de meetlocaties; inhaalfrequentie (per 15 min): gemiddeld, maximum en spreiding.*

Locatie	Periode	Dag	1-meting (10, 12 mei)				
			Intensiteit	Snelheid	I-freq	Max	Spreiding
A1	8:00 - 10:00	dinsdag	3260	103.6	2.75	5	1.58
		donderdag	3037	102.9	2.88	10	3.56
	14:00 - 16:00	dinsdag	3756	95.7	12.13	22	6.29
		donderdag	3916	98.1	3.56	15	3.6
A50	8:00 - 10:00	dinsdag	3624	105	7.63	20	5.55
		donderdag	3482	103.8	6.13	10	2.9
	15:00 - 17:00	dinsdag	3960	105.6	10.38	15	3.54
		donderdag	4281	105.4	12	21	5.13
			2-meting (8, 10 nov)				
			Intensiteit	Snelheid	I-freq	Max	Spreiding
A1	8:00 - 10:00	dinsdag	2993	91.9	6.13	11	3.00
		donderdag	3907	95.2	3.00	8	2.83
	14:00 - 16:00	dinsdag	3017	102.2	0.00	0	0.00
		donderdag	4127	93.1	4.54	13	5.23
A50	8:00 - 10:00	dinsdag	3013	102.3	4.38	11	4.14
		donderdag	3445	99.8	1.13	6	2.23
	15:00 - 17:00	dinsdag	4241	104.3	3.25	15	6.11
		donderdag	4324	102.8	9.38	24	10.38

*Nota bene: voor de 2-meting is niet voor ieder kwartier de inhaalfrequentie bepaald. Dit heeft invloed op de gemiddelde en de spreiding.*

### 4.3 Inhaalfrequentie

Het is evident dat er meer wordt ingehaald in de 1-meting en de 2-meting dan in de 0-meting. Kijken we naar het aantal inhaalbewegingen per kwartier, dan zien we een grote spreiding van slechts enkele inhaalbewegingen (1 per vijf minuten) tot ongeveer 1 inhaalbeweging per minuut.

Een belangrijke vraag is in hoeverre we meer of minder inhaalbewegingen in de 2-meting kunnen waarnemen ten opzichte van de 1-meting. Ofschoon op grond van de beschikbare data daar geen *statistisch onderbouwd* bewijs voor kan worden gegeven lijkt het er op grond van de beelden niet op dat er sprake is van een groot verschil.

### 4.4 Ontstaan schokgolven

Op grond van de theoretische analyse ligt het niet voor de hand dat verstoringen daadwerkelijk zullen ontstaan en zullen uitgroeien tot filegolven. Om deze analyse nader te onderbouwen hebben we gekeken of we het ontstaan van verstoringen kunnen terugvinden in de MoniCa data en in hoeverre we deze verstoringen kunnen relateren aan inhalende vrachtwagens. *Gegeven de scope van het onderzoek is slechts een visuele inspectie uitgevoerd.*

Onderstaande figuur toont de relatie tussen de inhalende vrachtwagens (zwarte kruisjes) en de gemeten intensiteit (boven) / snelheid (onder) op de A1 (1-meting). Een filegolf zouden we herkennen aan een gebied met zeer lage snelheid (< 30 km/u) dat met een constantie snelheid in tegenovergestelde richting van het verkeer zou bewegen. Dergelijke patronen zijn in de figuur niet terug te vinden.

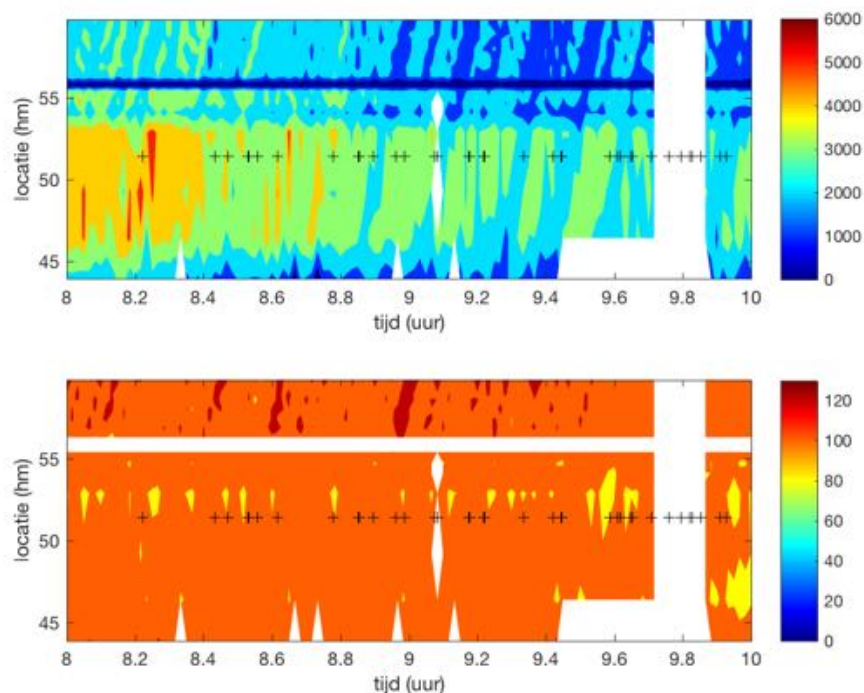


Fig. 8 Relatie inhalende vrachtwagens en verkeersafwikkeling voor de A1, 10 mei 2016, ochtendperiode (boven: intensiteit; onder: snelheid).

Onderstaande figuur laat dezelfde relatie zien, maar nu voor de A50. Ook hier zien we geen filegolven ontstaan en lijkt het dus niet voor de hand te liggen dat de inhalende vrachtwagens leiden tot grote verstoringen.



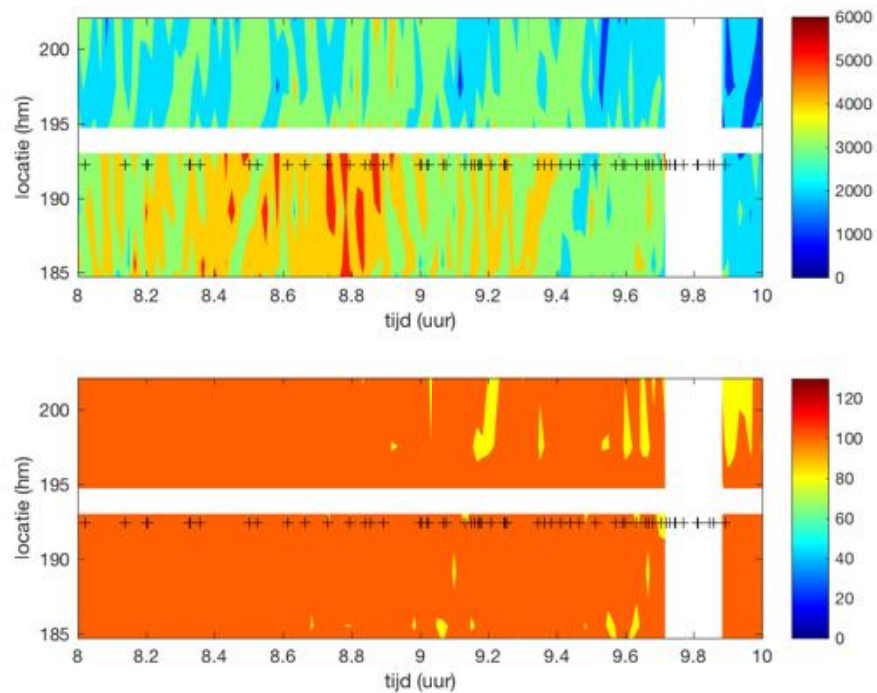


Fig. 9 Relatie inhalende vrachtwagens en verkeersafwikkeling voor de A50, 10 mei 2016, ochtendperiode (boven: intensiteit; onder: snelheid).

Deze analyse is uitgevoerd voor alle beschouwde meetlocaties en voor alle perioden in de 1-meting en de 2-meting. Er zijn *geen aanwijzingen gevonden* dat inhalende vrachtwagens leiden tot filegolven. Voor een overzicht van alle figuren verwijzen we naar de bijlage.

#### 4.5 Conclusies empirisch verkeerskundig onderzoek

Op grond van de analyse van de beschikbare data kunnen we concluderen dat er geen aanwijzingen zijn gevonden dat inhalende vrachtwagens (tijdens de 1-meting en de 2-meting) leiden tot grote verstoringen (filegolven) in de verkeersafwikkeling. Dit betekent dat de invloed van de inhalende vrachtwagen nauwelijks in de minuut-data zichtbaar is. Dit betekent niet per definitie dat de vrachtwagen geen enkele verstoring veroorzaakt (lokaal kunnen immers best een paar voertuigen hinder ondervinden), maar de verstoringen zijn blijkbaar zo kort en zo lokaal dat in de vlekkenkaarten geen effect kan worden vastgesteld.

Hierbij moeten we natuurlijk wel opmerken dat er slechts een beperkte hoeveelheid data is beschouwd. Zeker omdat de kans dat een verstoring leidt tot een filegolf, zoals ook al bleek uit de theoretische analyse uit hoofdstuk 3, klein is, zouden veel meer data moeten worden beschouwd om een definitieve uitspraak te doen. We zouden ons hiertoe in eerste instantie kunnen beperken tot de MoniCa data, waarbij we ons richten op de vraag of we in het gebied waarin IVV is opgeheven (vaker) sprake is van filegolven (zie aanbevelingen hoofdstuk 5).

## 5 Conclusies en aanbevelingen

In deze korte rapportage zijn de bevindingen van een beknopt onderzoek naar het effect van het opheffen van het InhaalVerbod Vrachtverkeer beschreven. In dit laatste hoofdstuk worden de bevindingen kort samengevat en worden aanbevelingen voor vervolgonderzoek geformuleerd.

### 5.1 Conclusies

De hoofdconclusie van het onderzoek is dat op grond van de theoretische analyse en de beperkte data-analyse *geen aanwijzingen zijn gevonden dat het opheffen van IVV leidt tot een toename van het aantal grote verstoringen (met name filegolven)*.

We zien weliswaar een toename in het aantal inhaalbewegingen (hypothese H2 uit §2.3), maar gegeven de duur van de inhaalbeweging in combinatie met de verkeerscondities die stroomopwaarts van de inhalende vrachtwagen ontstaat wordt niet verwacht dat dit leidt tot een aanzienlijke verhoging van de instabiliteit van de verkeersstroom (hypothese H1 uit §2.3). Om dit aan te tonen is berekend hoe lang de file achter de vrachtwagen maximaal wordt en is geconcludeerd dat deze veelal te kort is om een kleine verstoring tot een filegolf te laten uitgroeien.

De beperkte data-analyse voor de 1-meting en de 2-meting wijst in dezelfde richting.

Dit betekent overigens *niet* dat een inhalende vrachtwagen niet leidt tot een voor de weggebruiker hinderlijke verstoring. De ernst en duur van de verstoring is echter niet voldoende groot om tot een filegolf te leiden.

### 5.2 Discussie

De scope van onderliggend onderzoek is beperkt: de theoretische analyse heeft zich beperkt tot een eenvoudige schokgolfanalyse (1<sup>e</sup> orde effect) op rijbaanniveau en kwalitatieve kennis over verstoringen en de 'groeikenmerken' van deze verstoringen. Het empirisch onderzoek heeft zich beperkt tot de analyse van een klein aantal dagen.

Dit betekent onder andere dat we *niet expliciet* hebben gekeken naar de veranderingen in het gedrag (en de stabiliteit) op de linkerrijstrook. De hogere intensiteit op de linkerrijstrook kan leiden *en* de grotere heterogeniteit op die rijstrook kan leiden tot een hogere instabiliteit van de afwikkeling. Een ernstige verstoring op de linker strook kan 'overslaan' naar de andere rijstroken (synchronisatie effect). Dit kan ertoe leiden dat de instabiliteitseffecten van het opheffen van IVV groter zijn dan op grond van dit onderzoek mag worden geconcludeerd.

Tot slot is alleen gekeken naar verkeersveiligheidseffecten als gevolg van de verhoogde kans op filegolven. Meer directe verkeersveiligheidseffecten zouden op een andere wijze moeten worden onderzocht.

### 5.3 Aanbevelingen

De aanbevelingen tot nader onderzoek vervatten de volgende richtingen:

1. Uitvoeren van een deel van onderliggend onderzoek op grond van groter hoeveelheden data
2. Toetsen aanvullende hypothesen (zie §2.4)
3. Verdiepen theoretisch onderzoek (op rijstrookniveau)

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de geformuleerde aanvullende hypothesen en welke data nodig is om deze te toetsen. Voor veel van de hypothesen (A4-A9 en de hoofdhypothese H1 van dit onderzoek) kunnen we grotendeels uit de voeten met macroscopische (MoniCa) data. Dit heeft als voordeel dat deze hypothesen kunnen worden getoetst door gebruik te maken van grote hoeveelheden data (voor de voor- en na-situatie) waarmee het mogelijk wordt statistisch significante uitspraken te doen.

Een analyse van een jaar MoniCa data zou bijvoorbeeld inzicht kunnen geven in hoeverre filegolven frequenter (of überhaupt) zijn ontstaan in de voor- en nasituatie.

Tab. 2 Aanvullende hypothesen en mogelijke aanpak (analyse micro en/of macro data).

Aanvullende hypothese	Macro	Micro
A1. Afname colonnevorming op de rechterrajstrook		x
A2. Veranderingen in de volgtijdverdeling		x
A3. Veranderingen in conflicten		x
A4. Veranderingen in de gemiddelde snelheid per rijstrook	x	
A5. Andere verdeling van het verkeer over de rijstroken	x	x
A6. Grotere kans instabiliteit linkerrijstrook	x	
A7. Hogere instabiliteit van de verkeersstroom	x	
A8. Veranderingen in de capaciteit rijstroken / rijbaan	x	x
A9. Veranderingen in de afwikkelingskenmerken	x	x

Met name met betrekking tot de verkeersveiligheidseffecten die *niet* worden veroorzaakt door een toename van de instabiliteit zou aanvullend onderzoek zinvol zijn. Dit kan op grond van microscopische data (zgn. RESI data) op doorsneden, waarmee veranderingen in conflictmaten en subjectieve veiligheidsmaten in kaart kunnen worden gebracht (hypothese A3). Een voorwaarde voor het kunnen uitvoeren van een goede nulmeting is dat IVV in het te beschouwen gebied nog actief is. RESI data wordt immers niet standaard verzameld.

# Bijlage A: vlekkenkaarten

## Resultaten 1-meting

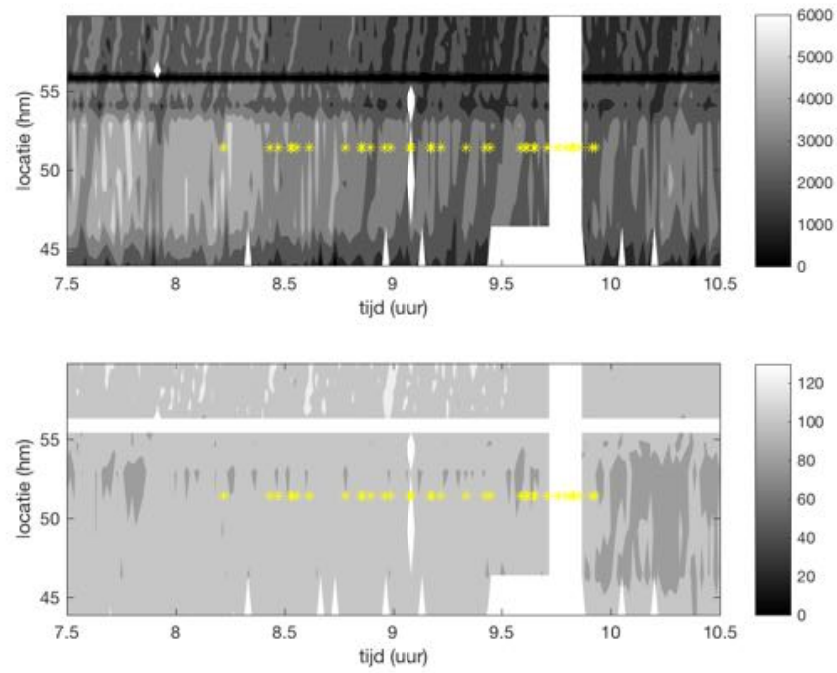


Fig. 10 A1, 10 mei, ochtendspits

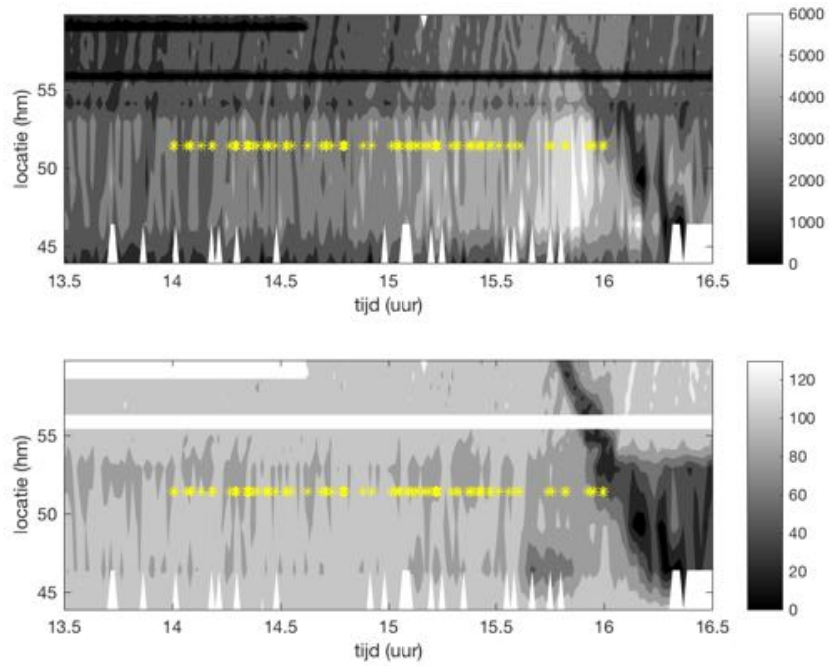


Fig. 11 A1, 10 mei, avondspits.

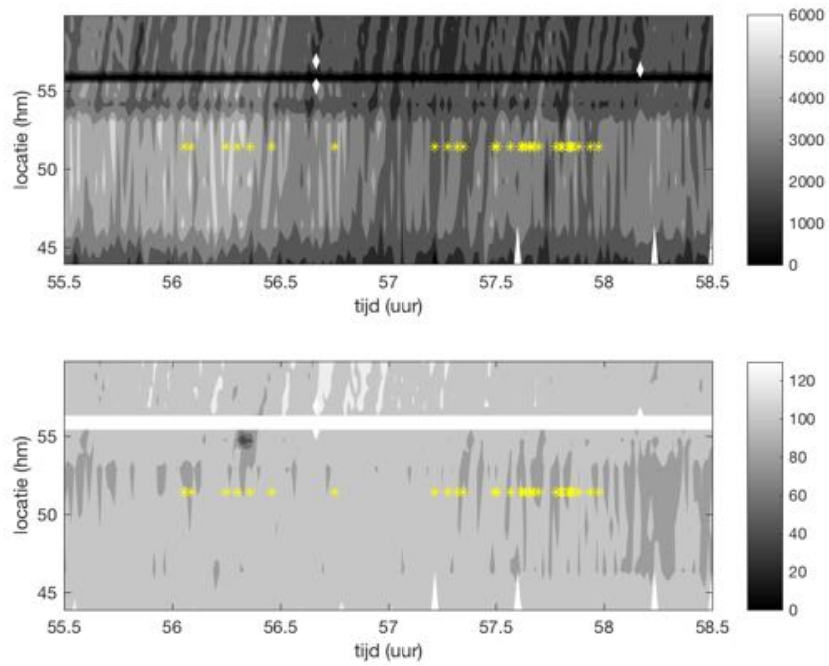


Fig. 12 A1, 12 mei (t + 48u), ochtendspits

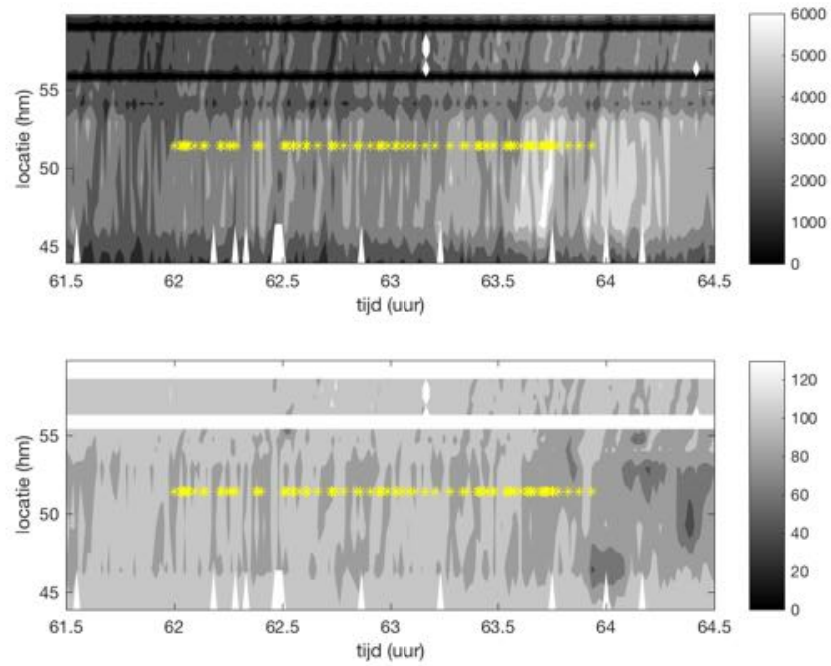


Fig. 13 A1, 12 mei ( $t + 48u$ ), avondspits.

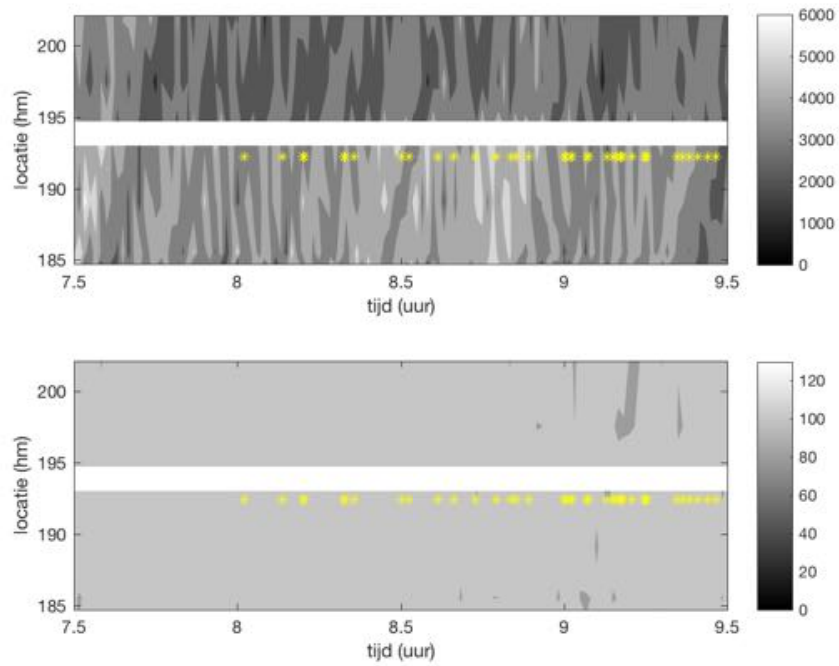


Fig. 14 A50, 10 mei, ochtendspits.

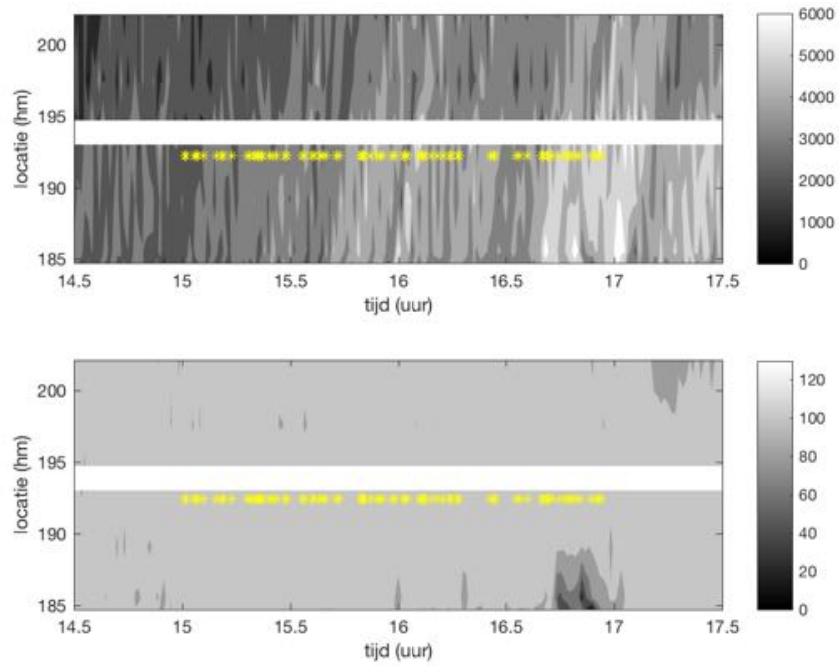


Fig. 15 A50, 10 mei, ochtendspits.

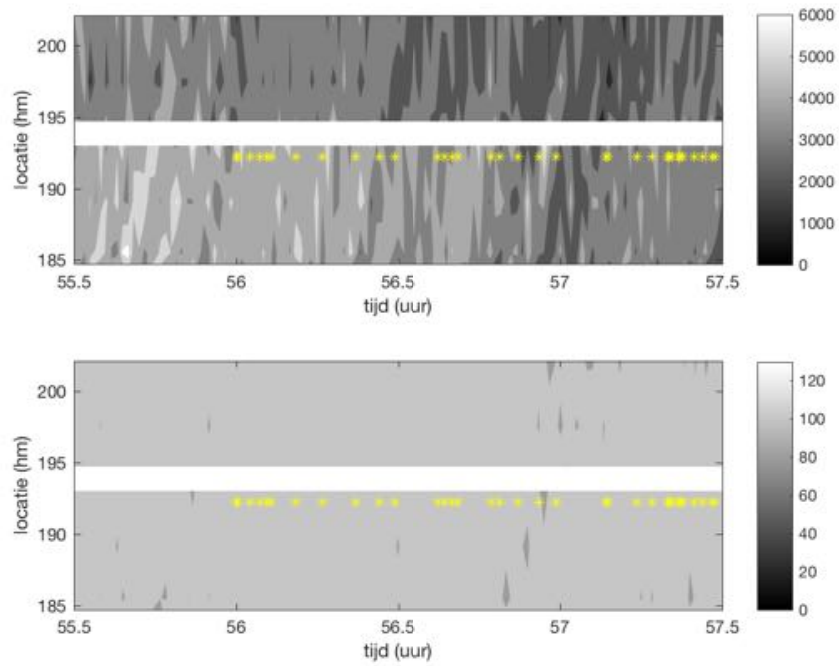


Fig. 16 A50, 12 mei (t + 48), ochtendspits.

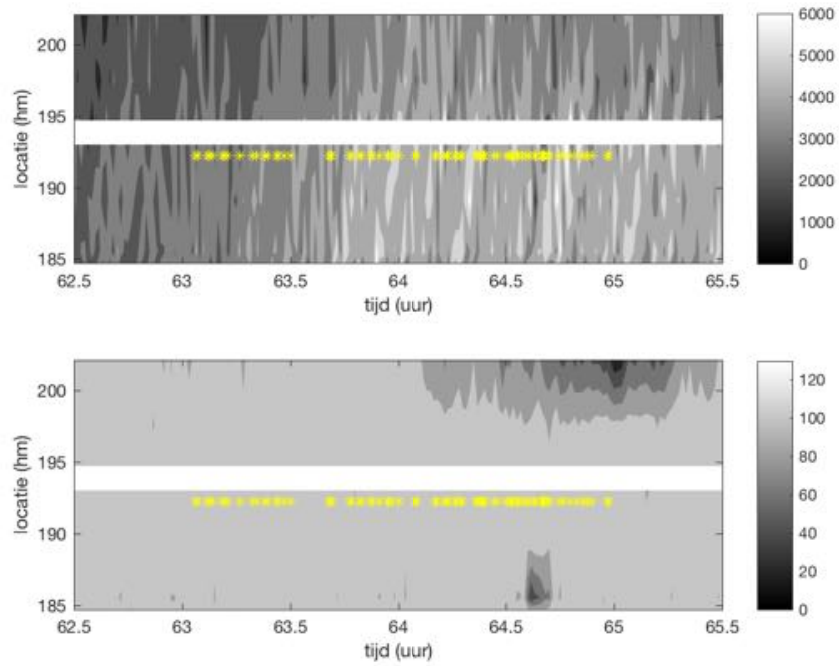


Fig. 17 A50, 12 mei (t + 48), avondspits.

## Resultaten 2-meting

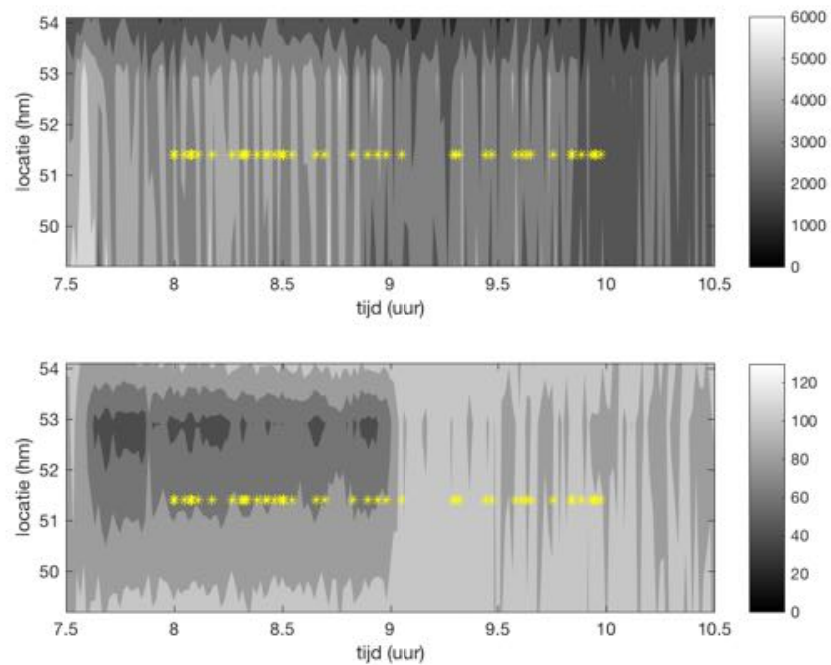


Fig. 18 A1, 8 nov, ochtendspits.



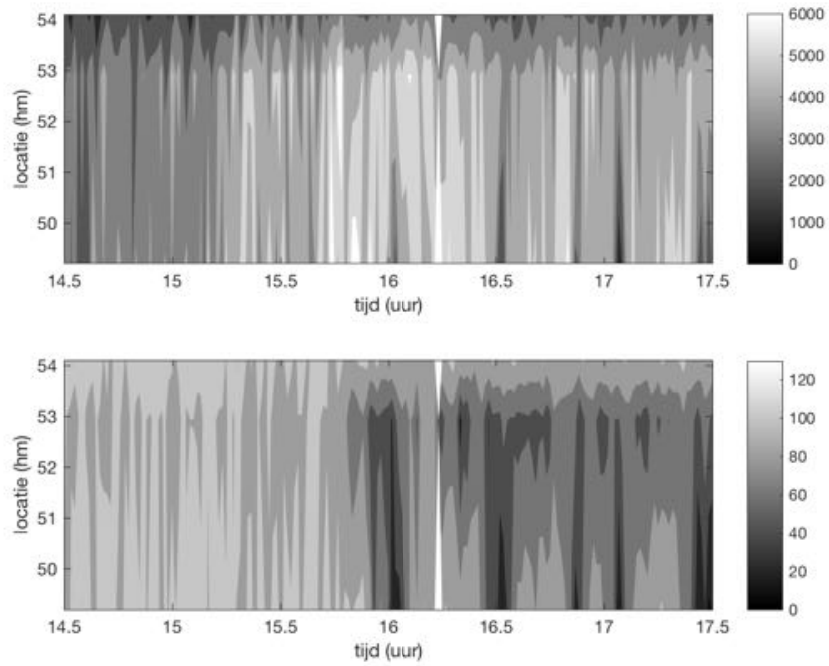


Fig. 19 A1, 8 nov, avondspits (geen inhaalbewegingen geregistreerd).

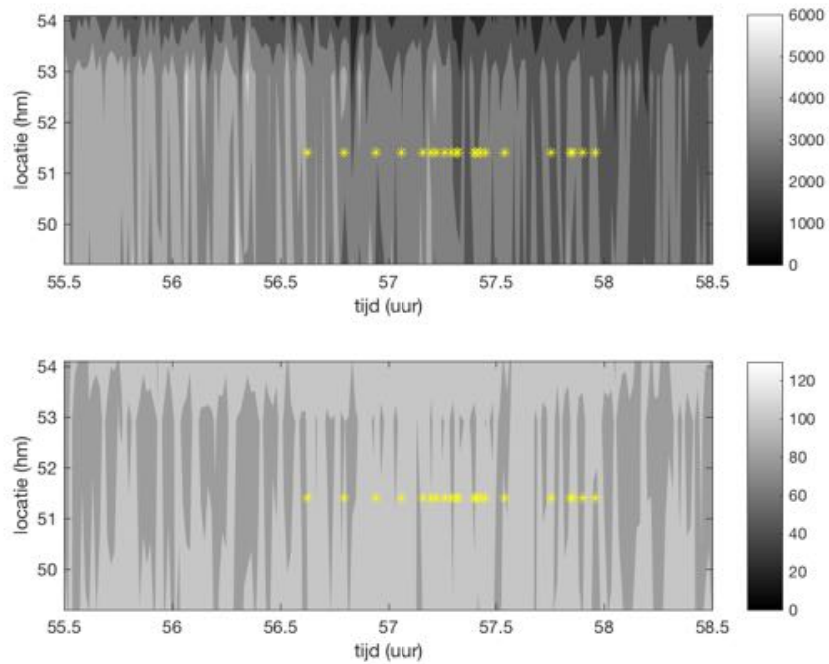


Fig. 20 A1, 10 nov (t + 48), ochtendspits.

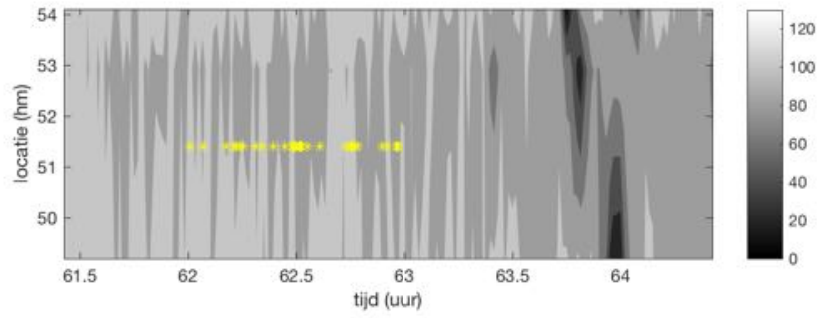
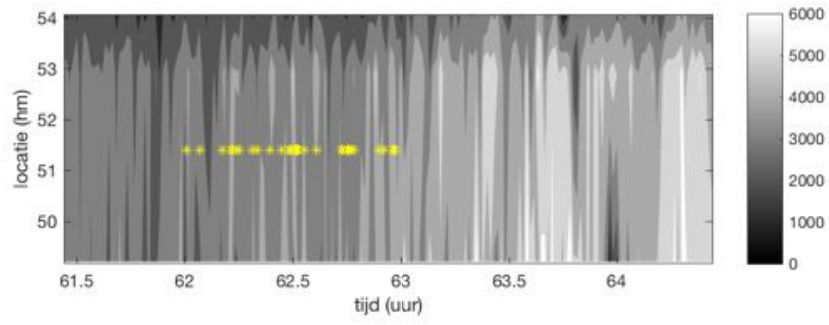


Fig. 21 A1, 10 nov (t + 48), avondspits.

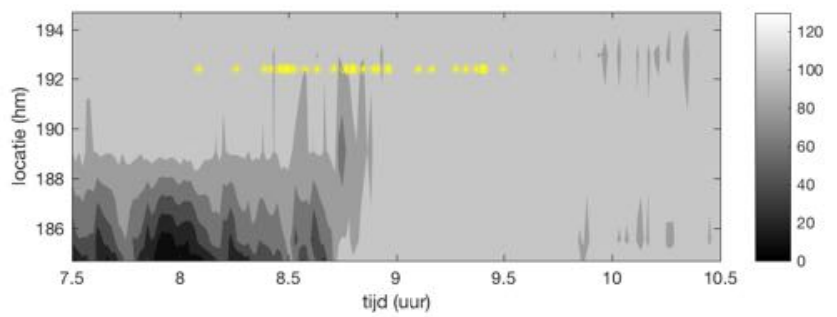
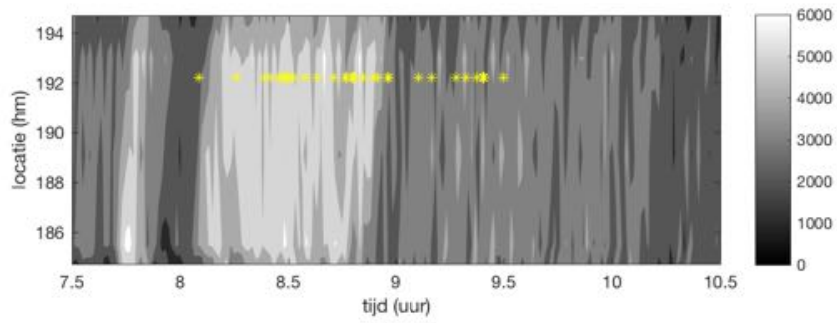


Fig. 22 A50, 8 november, ochtendspits

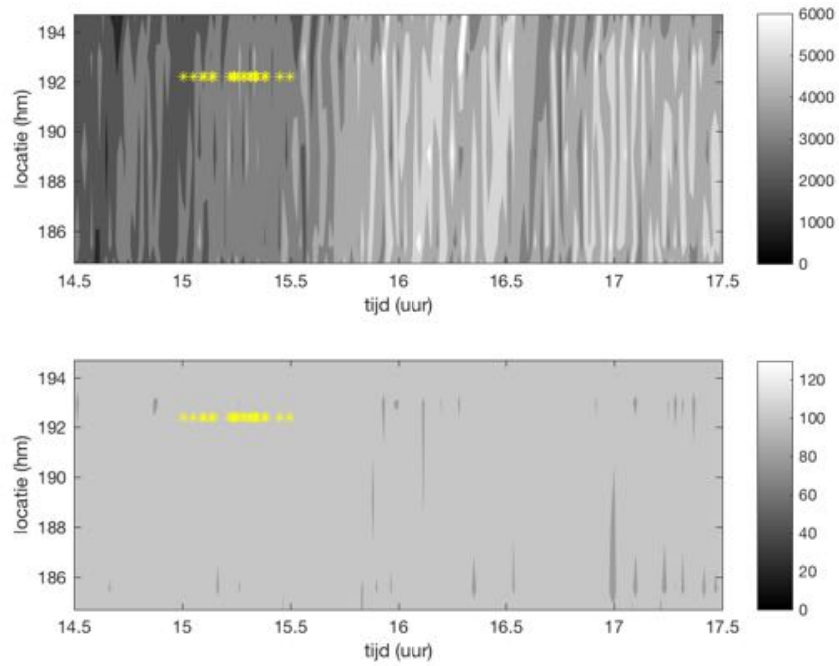


Fig. 23 A50, 8 nov, avondspits.

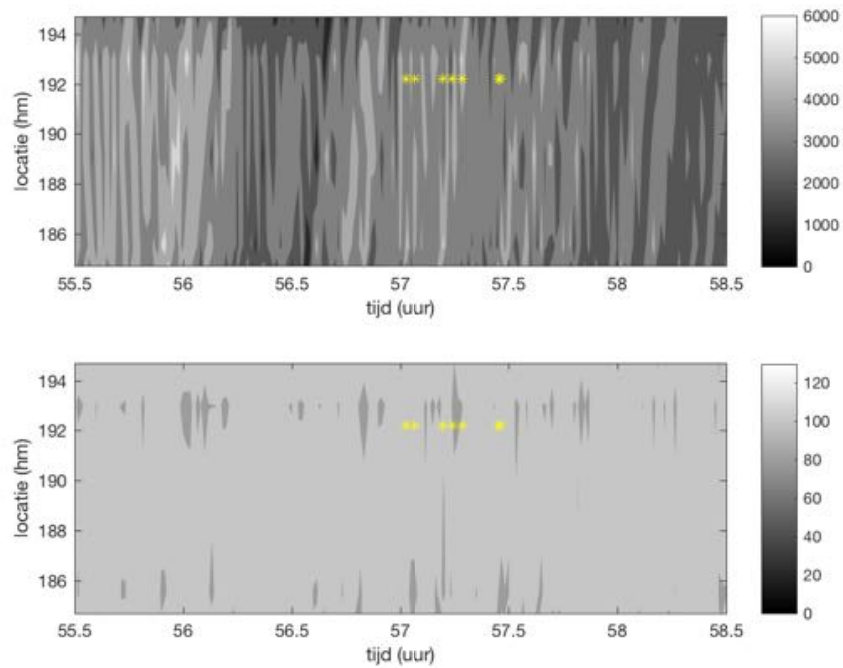


Fig. 24 A50, 10 nov (t + 48u), ochtendspits

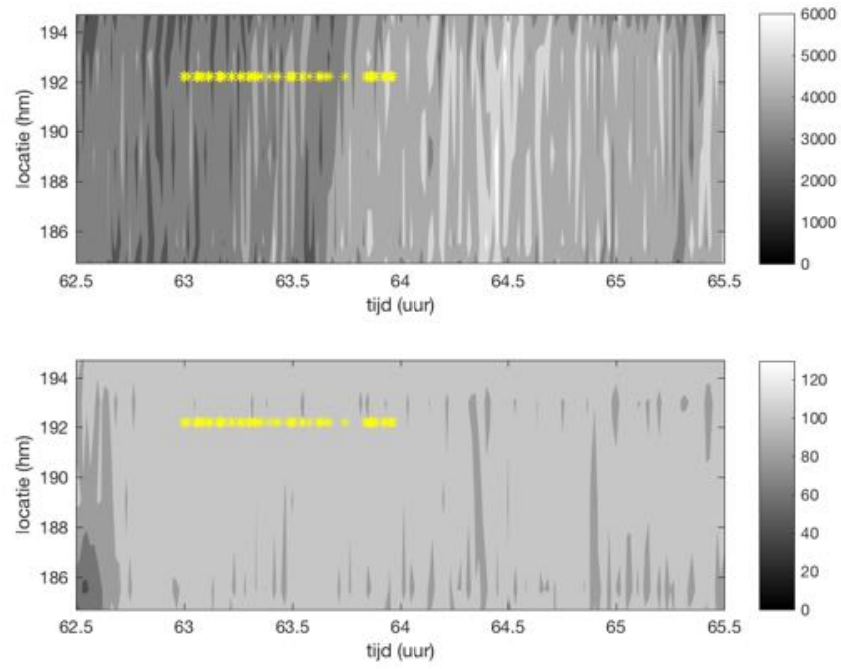


Fig. 25 A50, 10 nov ( $t + 48u$ ), avondspits.