

Eindverslag

Onderzoek naar filebeveiliging op de A50

Hogenberg J.G.

Datum november 2009

Status eindverslag

Colofon

Uitgegeven door: Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Rijkswaterstaat
Directie Oost-Nederland
Postbus 9070
6800 ED Arnhem
info@don.rws.minvenw.nl

Informatie: Hogenberg J.G.
E-mail: j.g.hogenberg@student.utwente.nl

Uitgevoerd door: Hogenberg J.G.

Datum: november 2009

Status: Definitief



Voorwoord

In dit rapport wordt verslag gedaan van het onderzoek naar de werking van de filebeveiliging zoals deze op de A50 wordt toegepast. Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van de afstudeeropdracht ter afsluiting van de bacheloropleiding van de studie Civiele techniek en Management aan de Universiteit Twente.

Het onderzoek is uitgevoerd voor Rijkswaterstaat Directie Oost-Nederland (DON). DON is een onderdeel van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat die belast is met de praktische uitvoering van de waterstaat, d.w.z. de (water)wegenaanleg en -onderhoud en de aanleg van grote spoorwegprojecten in Oost-Nederland.

De afstudeercommissie bestond uit de volgende personen:

T. Thomas (Universiteit Twente)

W. Traag (Rijkswaterstaat)

E. Janssen (Rijkswaterstaat)

Ik wil hen bedanken voor de begeleiding die zij mij gedurende de stageperiode hebben geboden.

Justin Hogenberg

Arnhem, Enschede, november 2009

Inhoudsopgave

VOORWOORD.....	5
SAMENVATTING	8
1. INLEIDING	9
2. PROBLEEMANALYSE.....	10
ALGEMEEN	10
SITUATIEBESCHRIJVING.....	10
GEWENSTE SITUATIE.....	10
DOEL VAN HET ONDERZOEK	11
AFBAKENING	11
3. WERKING VAN DE SIGNALERING.....	12
HET ALGORITME	12
FYSIEKE IMPLEMENTATIE	13
4. VERKEERSDATA.....	15
VALIDITEIT MARE-DATA	15
5. HET ONDERZOEKSGBIED	16
6. BEOORDELINGSKADER.....	17
FOUT 1B: SIGNALERING STAAT UIT	18
FOUT 2: SIGNALERING STAAT AAN.....	19
7. PRESTATIE VAN HET ALGORITME.....	21
VOORKOMENDHEID VAN BEELDSTANDEN	21
VOORKOMENDHEID VAN FOUTEN	21
8. ANALYSE VAN DE FOUTEN	22
WEGKENMERKEN	27
9. RELATIE TUSSEN FOUT 2 EN MODEL SMULING.....	28
DE SIGNALERING GAAT TE VROEG AAN.....	28
DE SIGNALERING BLIJFT TE LANG AAN STAAN.....	29
DE SIGNALERING STAAT LANG ONTERECHT AAN	30
CONCLUSIE	30
10. RELATIE FOUT 2 MET VERKEERSKENMERKEN.....	31
HYPOTHESE VOOR DE TYPE FOUTEN	31
OORZAKEN VAN CONGESTIE.....	32
CONCLUSIE	33
11. VALIDITEIT VAN DE FILEBEVEILIGING	34
CONCLUSIE	34
12. OPTIMALISEREN VAN DE VARIABLEN	35
RELATIES TUSSEN DE STORINGEN	35
AANPASSEN VAN DE VARIABLEN	36
AANPASSEN VAN DE VARIABLEN EN MARE-DATA.....	36
CONCLUSIE	36

13. EINDCONCLUSIE	37
OMVANG VAN DE FOUTEN	37
EIGENSCHAPPEN VAN FOUT 2	37
INTERPRETATIE VAN DE FOUTEN	38
TEKORTKOMINGEN VAN HET MODEL	38
OPTIMALISEREN VAN DE VARIABELEN	38
14. DISCUSSIE	39
BIJLAGE 1: TREFWOORDENLIJST	41
BIJLAGE 2: PORTALEN	42
BIJLAGE 3: MATLAB PROGRAMMA	43
BIJLAGE 4: SNELHEDEN	45

Samenvatting

Dit onderzoek gaat over de prestatie van de filebeveiliging op de rijksweg A50, traject Grijsoord - Valburg. In dit onderzoek zijn de volgende fouten, die in de filebeveiliging ontstaan, onderzocht.

Fout 1: Het uitstaan van de signalering terwijl er wel file is op het traject.

Fout 2: Het aanstaan van de signalering terwijl er geen file is op het traject.

Het doel van dit onderzoek is het in kaart brengen van de bovengenoemde fouten die door de filebeveiliging worden gemaakt en het weergegeven van de plaatsen op het traject waar deze fouten voorkomen. Op basis hiervan wordt weergegeven hoe de filebeveiliging presteert, wat de oorzaken van de fouten zijn, hoe deze fouten geïnterpreteerd moeten worden en hoe deze fouten eventueel kunnen worden opgelost.

Uit dit onderzoek blijkt dat op het traject Grijsoord – Valburg fout 1 bij goed werkende signalering niet voorkomt. Als fout 1 geregistreerd wordt is dit het gevolg van defecte signalering, waardoor de signalering niet aangaat als er file is.

Fout 2 komt wel veel voor op het traject. Fout 2 heeft op verschillende plaatsen de volgende eigenschappen:

Op het gehele traject Grijsoord – Valburg blijft de signalering vaak te lang aanstaan.

Op locatie Rijnbrug en locatie Valburg blijft de signalering vaak te lang aan staan, gaat de signalering vaak te vroeg aan en gaat de signalering vaak geheel onterecht aan.

De filebeveiliging blijkt op het traject echter zijn werk goed te doen. De types van 'fout 2' die geconstateerd zijn, blijken het gevolg te zijn van de resolutieverschillen tussen de data die gebruikt wordt om de fouten te registreren en de data die de filebeveiliging gebruikt om de signalering aan en uit te laten gaan.

De eindconclusie is dat de filebeveiliging op het traject Grijsoord – Valburg valide is en geen aanpassingen behoeft.

1. Inleiding

Op de Nederlandse rijkswegen wordt verkeerssignalering veelvuldig toegepast. Verkeerssignalering geeft de afwikkeling van het verkeer een sterk dynamisch karakter; het verkeer kan op elk gewenst moment voorzien worden van informatie over bijvoorbeeld het mogen gebruiken van spitsstroken en maximaal toegestane snelheden.

Een specifiek onderdeel van verkeerssignalering is filebeveiliging. Filebeveiliging waarschuwt het verkeer voor congestie op het traject. Het waarschuwen bestaat uit het tonen van een snelheidsbeperking op de matrixborden boven het traject in geval van congestie. Het doel van de filebeveiliging is om de veiligheid in het verkeer en de doorstroming van het verkeer te garanderen.

Sinds de ingebruikname van de filebeveiliging zijn er echter veel klachten over de werking van de filebeveiliging. Deze klachten gaan voornamelijk over het onterecht aangaan van de filebeveiliging; er is een snelheidsbeperking te zien boven de weg maar er is geen sprake van congestie.

In dit onderzoeksrapport wordt een beeld geschetst van de werking van de filebeveiliging, de fouten die voorkomen in het systeem en de interpretatie van deze fouten.

De volgende onderwerpen komen achtereenvolgend aan bod:

In hoofdstuk 2 wordt een situatieschets gegeven. Tevens zal de doelstelling van dit onderzoek concreet worden gemaakt. Ten slotte zal voor het eerst het onderzoeksgebied afgebakend worden.

In hoofdstuk 3 zal de werking van het algoritme weergegeven worden en wordt de fysieke implementatie van het algoritme weergegeven.

In hoofdstuk 4 wordt de beschikbare verkeersdata gepresenteerd. Tevens worden beperkingen van deze data vermeld.

In hoofdstuk 5 wordt het onderzoeksgebied gepresenteerd en verder afgebakend.

In hoofdstuk 6 wordt het model waarmee de fouten worden gekwantificeerd gepresenteerd en wordt weergegeven tussen welke fouten onderscheidt gemaakt wordt. Tevens worden vermeld hoe de fouten opgespoord worden door gebruik van het model.

In hoofdstuk 7 zullen de fouten die in de filebeveiliging ontstaan gekwantificeerd worden.

In hoofdstuk 8 zullen de fouten geanalyseerd worden. Er wordt weergegeven wat de kenmerken van de fouten zijn, op welke locaties op het traject de fouten voorkomen en wat de verkeerskenmerken zijn van deze locaties.

In hoofdstuk 9 wordt gekeken naar de relatie die het gebruikte model heeft met het ontstaan van de fouten in de filebeveiliging.

In hoofdstuk 10 wordt gekeken naar de relatie die de wegkenmerken op het traject hebben met het ontstaan van fouten in de filebeveiliging.

In hoofdstuk 11 wordt op basis van de bevindingen de validiteit van de filebeveiliging geëvalueerd.

In hoofdstuk 12 wordt vermeld hoe fouten in de filebeveiliging eventueel verholpen kunnen worden door het aanpassen van de variabelen en welke problemen hierbij kunnen ontstaan.

In hoofdstuk 13 worden de conclusies met betrekking tot het onderzoek naar de fouten in de filebeveiliging vermeld.

In hoofdstuk 14 wordt kort de discussie geopend met betrekking tot dit onderzoek en eventueel vervolg onderzoek.

2. Probleemanalyse

In dit hoofdstuk zal een beeld geschetst worden van de problemen die relevant zijn voor dit onderzoek. De huidige en gewenste situaties worden beschreven om een beeld te krijgen van de verschillen tussen deze situaties. Vervolgens worden hoofd- en deelvragen opgesteld en wordt het onderzoeksgebied voor het eerst afgebakend.

Algemeen

Verkeerssignalering wordt veelvuldig toegepast op de Nederlandse rijkswegen. Filebeveiliging is een onderdeel van verkeerssignalering en heeft als doel het signaleren van verstoringen in de doorstroming van het wegverkeer. Door het verkeer stroomopwaarts te waarschuwen voor congestie krijgt dit verkeer voldoende tijd om haar snelheid aan te passen, zodat er niet met hoge snelheid op de congestie 'ingereden' wordt. Het aanpassen van de snelheid van het verkeer stroomopwaarts moet tevens zorgen voor een verbeterde doorstroom; situaties waar verkeer plotseling hard moet afremmen werken filevorming in de hand.

Rijkswaterstaat streeft door onder andere het gebruik van filebeveiliging de volgende doelstellingen na:

Capaciteit:

Het beter benutten van de aanwezige wegcapaciteit door een gelijkmatige verdeling van het verkeer over de weg en het voorkomen van overbelasting en schokgolven.

Veiligheid:

Het verhogen van de veiligheid door het verkleinen van de kans op primaire ongevallen en te waarschuwen voor stremmingen

Taakverlichting:

Verlichting van de taak van de wegbeheerder en de politie door het bieden van hulpmiddelen om wegwerkzaamheden sneller en efficiënter te kunnen uitvoeren en het bieden van de mogelijkheid om bij ongevallen snel verkeersmaatregelen te kunnen treffen

Milieu:

Het verminderen van luchtvervuiling door het verkeer een zo constant mogelijke snelheid te laten rijden

Verkeersgegevens:

Het verzamelen van verkeersgegevens met als doel: het evalueren van het systeem, het verbeteren van de werking van het systeem en het ontwikkelen van nieuwe regelstrategieën.

Binnen het kader van filebeveiliging is het onderwerp veiligheid de belangrijkste, gevolgd door de verkeersafwikkeling. Door het gebruik van verkeersdata zal de werking van de filebeveiliging geëvalueerd en getoetst worden op deze twee onderwerpen.

Situatiebeschrijving

Er zijn, zoals vermeld, veel klachten over de werking van de filebeveiliging op de rijkswegen. Een klein aantal van deze klachten heeft betrekking tot het niet actief zijn van de verkeerssignalering terwijl het op dat moment wel gewenst is. Als de signalering onterecht niet actief is, komt verkeer zonder waarschuwing in een langzaam rijdende of stilstaande situatie terecht, wat grote problemen kan opleveren voor de veiligheid en de doorstroming.

Het overgrote deel van de klachten heeft te maken met het actief zijn van de filebeveiliging terwijl er geen sprake is van langzaam rijdend of stilstaand verkeer. Het verkeer wordt dus onterecht gewaarschuwd, wat de geloofwaardigheid van het systeem niet ten goede komt. Als automobilisten opmerken dat de signalering vaak onterecht aanstaat, zullen ze de signalering uiteindelijk gaan negeren.

Gewenste situatie

De situatie die nagestreefd wordt is een situatie waar het verkeer tijdig voor langzaam rijdend of stilstaand verkeer gewaarschuwd wordt door de filebeveiliging zonder dat deze onterechte filemeldingen geeft.

Als verkeer tijdig gewaarschuwd wordt voor langzaam rijdend verkeer dan kan het verkeer haar snelheid op een homogene manier verminderen, wat de veiligheid en wegcapaciteit ten goede zal komen.

Doel van het onderzoek

Een algoritme ligt ten grondslag aan de werking van de filebeveiliging. Dit onderzoek heeft als doel het analyseren en evalueren van dit algoritme, om zo te bepalen of er aanpassingen gedaan kunnen worden om zo de werking van de filebeveiliging te verbeteren.

Rijkswaterstaat DON heeft aangegeven de volgende zaken te willen onderzoeken:

Hoe werkt het algoritme dat de filebeveiliging aanstuurt?

Hoe functioneert de filebeveiliging in de praktijk?

Hoe verhouden de storingen zich tot het verkeersbeeld?

Het doel van deze onderzoeksvragen is het beantwoorden van de hoofdvraag die gesteld is door Rijkswater DON:

Zijn er verbetervoorstellen qua ontwerp, uitvoering, plaats?

De doelstelling van dit onderzoek, die voortkomt uit de onderzoeksvragen en doel van Rijkswaterstaat DON, luidt als volgt:

Het evalueren en analyseren van de prestatie van het huidige algoritme dat ten grondslag ligt aan de filebeveiliging, wat moet leiden tot aanbevelingen ter verbetering en aanpassing van het algoritme.

Het onderzoek richt zich op de tijdstippen en plaatsen waar de filebeveiliging faalt in:

Het ontbreken van waarschuwen voor langzaam rijdend of stilstaand verkeer

Het ontbreken van waarschuwen voor langzaam rijdend of stilstaand verkeer

Deze fouten worden gedetecteerd, gelokaliseerd en geanalyseerd. Bij de analyse wordt niet alleen gekeken naar de werking van het algoritme maar ook naar de verkeerskenmerken op de plaatsen waar deze fouten zich voordoen.

Afbakening

Het onderzoeksgebied dient te worden afgebakend, om zo grenzen van het onderzoek in kaart te brengen. De grenzen voor nu zijn als volgt:

- Er zal uitsluitend gekeken worden naar de rijksweg A50 tussen hectometer 155,0 en 170,0 ofwel tussen knooppunt grijsoord en knooppunt Valburg.
- Er zal uitsluitend gewerkt worden met verkeersdata uit het verleden. Het verzamelen van nieuwe data kost te veel tijd en geld binnen het kader van dit onderzoek
- Er zal uitsluitend gekeken worden naar reguliere situaties waarin de signalering zijn werk doet. Dit houdt in dat de signalering geanalyseerd wordt bij een normaal dag/week ritme van het verkeersaanbod en een normale (maximum) wegcapaciteit. Niet reguliere situaties zoals, vakantiedrukke, onderhoud aan wegen, ongevallen en noodweer worden niet meegenomen in de analyse.

Opmerking: Voor verklaring van begrippen wordt verwezen naar de trefwoordenlijst, in bijlage 1

3. Werking van de signalering

Het is van belang een beeld te krijgen van de werking van de signalering zoals deze wordt toegepast op de Nederlandse snelwegen. Zowel het algoritme en de fysieke signalering komen in dit hoofdstuk aan bod.

Het Algoritme

De filebeveiliging werkt op basis van een algoritme. Het algoritme werkt op basis van een vergelijking van de gemiddelde snelheid met een grenswaarde. De snelheid wordt per rijstrook berekend en getoetst. Als de snelheid op één of meerdere rijstroken op een richting onder een ondergrenswaarde komt zal de signalering op de gehele rijbaan 'aangaan'. Komt de snelheid op alle rijstroken weer boven een bovengrenswaarde dan zal de signalering weer 'uitgaan'.

Het algoritme bestaat uit 2 formules:

$$1) \quad P_{nieuw\uparrow} = \alpha_{acc} * P_{gemeten} + (1 - \alpha_{acc}) * P_{oud}$$

Als $P_{gemeten} < P_{oud}$

$$2) \quad P_{nieuw\downarrow} = \alpha_{dec} * P_{gemeten} + (1 - \alpha_{dec}) * P_{oud}$$

Als $P_{gemeten} \geq P_{oud}$

De variabelen in deze formules worden in onderstaande tabel toegelicht.

Variabele	Betekenis	Eenheid	Waarde
$P_{nieuw\uparrow}$	Nieuwe rijtijd	msec.	257 msec (35 km/uur)
$P_{nieuw\downarrow}$	Nieuwe rijtijd	msec.	180 msec (50 km/uur)
α_{acc}	Afvlakkingsfactor	-	0.15
α_{dec}	Afvlakkingsfactor	-	0.40
$P_{gemeten}$	Gemeten rijtijd	msec.	-
P_{oud}	Gemeten rijtijd	msec.	-

Tabel 9.1 betekenis van de variabelen

Bij de formules worden afgevlakte rijtijden P_{nieuw} berekend. Door gebruik te maken van 2 verschillende afvlakfactoren kan de invloed van de gemeten rijtijd op de gemiddelde rijtijd bij langzaam rijdend verkeer worden vergroot en bij snel rijdend verkeer worden verkleind. De snelheidsdaling wordt hierdoor minder afgevlakt dan de snelheidsstijging. De filebeveiliging zal hierdoor sneller reageren op langzaam rijdend verkeer en minder snel op sneller rijdend verkeer. Dit zorgt ervoor dat de signalering op tijd aangaat en niet te snel uit zal gaan.

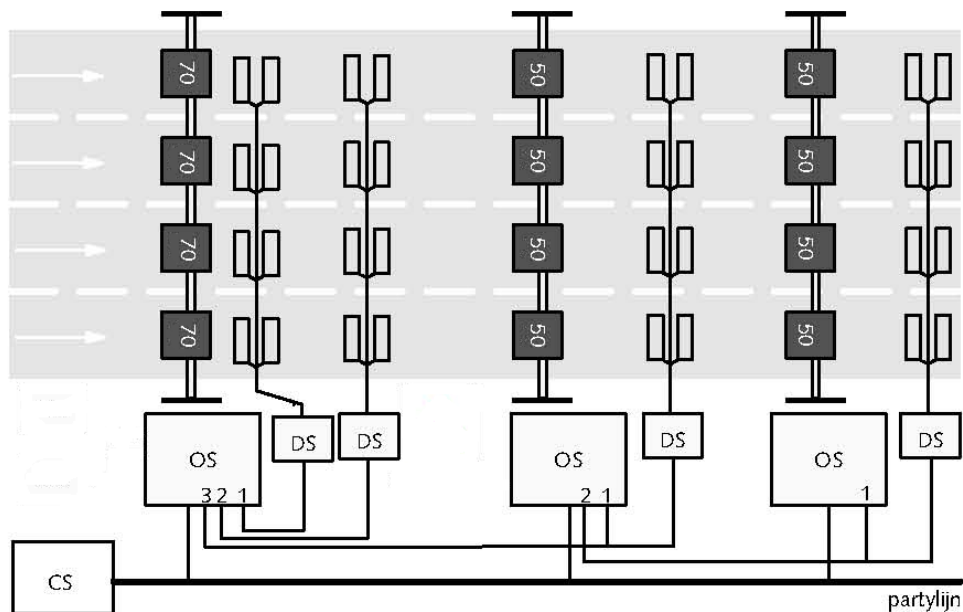
Voor het afvlakken worden rijtijden in plaats van snelheden gebruikt, omdat een afvlakking op basis van rijtijden sneller en beter reageert op snelheidsverschillen. Dit komt omdat in de formule voor het afvlakken een hoge waarde (rijtijd in milliseconden) een grotere invloed op de uitkomst heeft dan een kleine waarde (de snelheid in km/uur).

Opmerkingen

- De afstand waarover de rijtijden gemeten worden bedragen in de regel 2,5 meter. De waarden van de rijtijden komen daarom overeen met de snelheden die erachter staan. Er geldt immers $P_{nieuw} = \frac{\text{snelheid}}{\text{afstand}}$.
Hoewel er in het algoritme gewerkt wordt met rijtijden zal in dit onderzoek voortaan gesproken worden over snelheden omdat deze meer tot de verbeelding spreken.
- $P_{gemeten}$ en P_{oud} zijn variabelen die gemeten worden en dus niet gewijzigd kunnen worden.

Fysieke implementatie

Het algoritme wordt per rijstrook geïmplementeerd (zie figuur 3.1).



Figuur 3.1: fysieke implementatie signalering

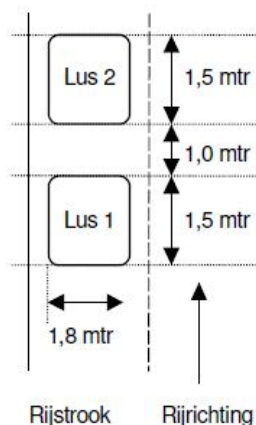
Elk portaal boven de weg heeft een operationeel station (OS) waarin twee of drie detectorstations (DS) zijn aangesloten die een maatregel kunnen aanvragen. Als de classificatie leidt tot een aanvraag van een beeld, dan zal dit verzoek worden doorgegeven aan het centraal systeem (CS). Het CS controleert en coördineert de aanvragen van de verschillende OS'en en zorgt voor een volledige maatregel. De beeldstanden worden vervolgens weer teruggestuurd naar het OS.

De plaatsing van de volledige maatregel gebeurt aan de hand van de volgende stappen

- Op het portaal stroomafwaarts van het DS waarop file is gedetecteerd wordt een [50] geplaatst
- Afhankelijk van de situatie, wordt de [50] een aantal keren gekopieerd naar stroomopwaarts gelegen portalen
- Stroomopwaarts van de laatste [50] wordt een inleiding [70] geplaatst
- Vervolgens worden er kruisrelaties tussen de rijbanen aangebracht
- tot slot worden er flashers (knipperende lampen naast de matrixborden) aan elke eerste [50] en [70] toegevoegd

Een maatregel bestrijkt dus meerdere portalen. Het centrale systeem zorgt er voor dat meerdere portalen betrokken worden bij de aanvraag van een maatregel.

De rijtijden worden veelal gemeten door een koppel van lussen in de weg. Deze lussen liggen in de regel, van begin tot begin, 2,5 meter uit elkaar en zijn gekoppeld aan de detectorstations (zie figuur 3.1 en 3.2).



Figuur 3.2 Werking lussen

Omdat het plaatsen van lussen zeer kostbaar en tijdrovend is, wordt op nieuwe wegen soms gebruik gemaakt van Falcon radardetectie. Falcon radardetectie kan boven de weg geplaatst worden en is een goed alternatief voor lusdetectie. Omdat Falcon eenvoudig boven de weg geplaatst kan worden hebben ze een sterk dynamisch karakter. Zo kunnen ze uitstekend toegepast worden bij de aanleg van een nieuwe weg of het in gebruik nemen van een spitsstrook, zonder dat de weg afgezet en opgebroken hoeft te worden.

Aan de hand van de onder- en bovengrens wordt de snelheid op de verschillende rijstroken als volgt geclassificeerd:

X	=	geen data	=	afgevlakte snelheid > 50 km/uur
0	=	geen congestie	=	afgevlakte snelheid tussen de 35 en 50 km/uur
D	=	Doubtful (twijfelachtig)	=	afgevlakte snelheid < 35 km/uur
1	=	congestie	=	

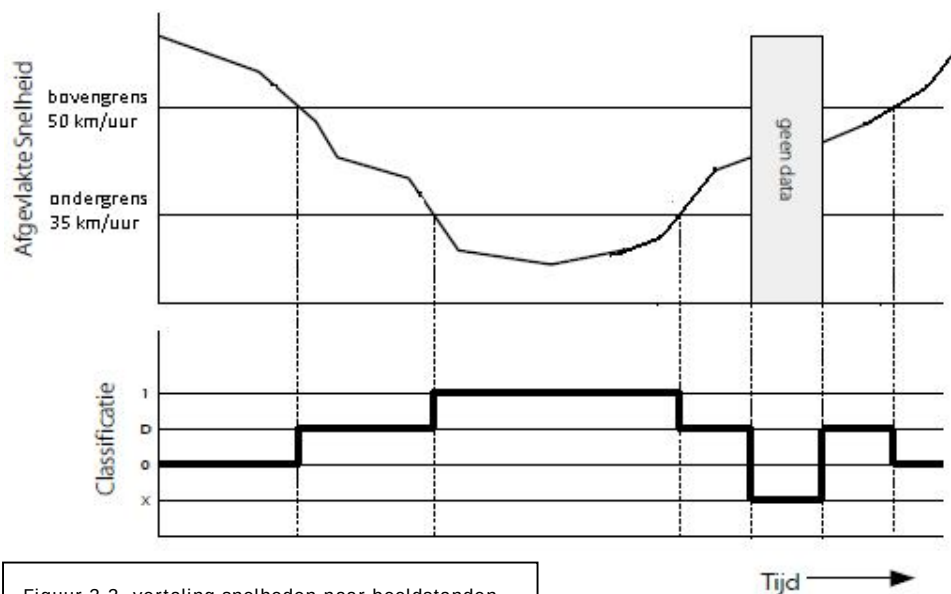
Klasse combinatie	Aanvraag
000	Signalering uit
D00	Geen verandering
DD0	Geen verandering
DDD	Geen verandering
100	Signalering aan
1D0	Signalering aan
1DD	Signalering aan
110	Signalering aan
11D	Signalering aan
111	Signalering aan

Of er een beeld boven de weg getoond zal worden is afhankelijk van de combinatie van de classificaties over de rijstroken. Het is immers zo dat de filebeveiliging de afgevlakte snelheden op rijstrookniveau berekend, maar dat de signalering rijbaanbreed wordt ingeschakeld. Op een 3-baansweg geldt de werkwijze van tabel 3.1.

Geen verandering houdt in dat de situatie 'twijfelachtig' is. Als de signalering aanstaat dan hoeft ze niet uit, maar als de signalering uitstaat dan hoeft ze ook niet aan. Er verandert dus niets in deze drie situaties.

Tabel 3.1 classificaties

Figuur 3.3 geeft weer hoe de gemeten snelheden zich vertalen naar beeldstanden.



Figuur 3.3 vertaling snelheden naar beeldstanden

4. Verkeersdata

De gangbare dataset die voor de analyse van filebeveiliging gebruikt wordt is de MARE-dataset. MARE geeft elke minuut de snelheid, intensiteit en de beeldstanden weer, zoals deze bij de verschillende lussen geregistreerd wordt. De MARE-dataset heeft een aantal beperkingen waar rekening mee moet worden gehouden bij de analyse van de filebeveiliging, hieronder zijn deze beperkingen weergegeven.

	Gewenst	MARE
Beschikbare data	Onbeperkt	Onbeperkt
Detailniveau van rijbaan	Rijstrook	Rijbaan
Weergave signaalbeelden	Ja	Ja
Detailniveau van tijd	Per voertuig	Minuutgemiddelden
Weergave snelheden	Ja	Ja
Weergave intensiteiten	Ja	Ja
Weergave bezettingsgraden	Ja	Ja
Weergave voertuigcategorie	Ja	Nee

Tabel 4.1 beperkingen Mare-data

Detailniveau van rijbaan

De filebeveiliging meet de snelheden per rijstrook. Als op één rijstrook de afgevlakte snelheid onder de 35 km/uur komt dan gaat de signalering aan. De MARE-gegevens geven echter de gemiddelde snelheden weer per rijbaan.

Detailniveau van tijd

De filebeveiliging meet de snelheid per passerend voertuig. Op basis van de gemeten snelheid en de formules in het algoritme wordt bepaald of de filebeveiliging aan moet gaan. De MARE-gegevens worden echter per minuut weergegeven. De snelheid die MARE laat zien is de gemiddelde snelheid op de rijbaan van alle auto's die een portaal gepasseerd zijn in de betreffende minuut.

Tevens worden beeldstanden ook per minuut weergegeven. Dit betekent dat als in een minuut de signalering minder dan een minuut heeft aangestaan, er in MARE vermeld wordt dat de signalering de gehele minuut heeft aangestaan.

Weergave voertuigcategorie

Een laatste punt waar de MARE-gegevens niet voldoen aan de vraag is bij het weergeven van de voertuigcategorie. Uit eerder onderzoek blijkt dat het goed mogelijk kan zijn dat vrachtwagens invloed hebben op het foutief werken van de signalering. De invloed van vrachtwagens of andere voertuigcategorieën kan echter niet met behulp van MARE-data inzichtelijk worden gemaakt, omdat de MARE-data ze niet weergeeft.

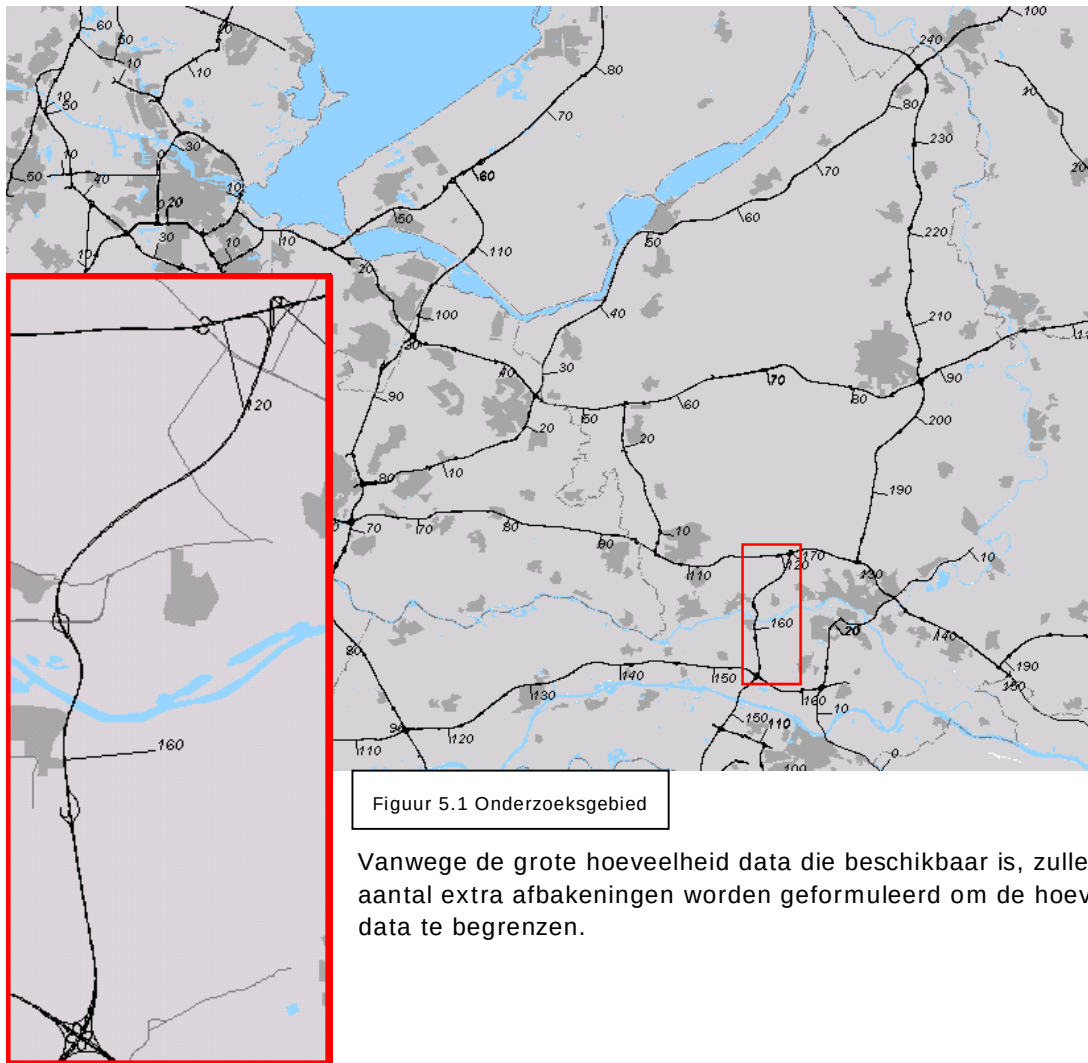
Validiteit MARE-data

Omdat de filebeveiliging congestie meet op basis van snelheden en de MARE-data ook snelheden weergeeft, wordt de MARE-data als valide beschouwd. De MARE-dataset is echter niet volledig omdat er minuutgemiddeldes per rijbaan weergegeven worden.

Er ontbreken veel gegevens ten aanzien van de veranderingen binnen een minuut. Deze veranderingen zijn van groot belang om verstoringen in de verkeersafwikkelingen in kaart te brengen. Het model is ook niet volledig in de zin dat er geen individuele voertuiggegevens en snelheden per rijstrook beschikbaar zijn. Er mist zo informatie over de samenstelling van het verkeer, volgtijden, voertuiglengtes en dichtheden. Op deze manier wordt de werkelijkheid niet geheel weergegeven en kunnen vertekende beelden van de verkeerssituatie ontstaan.

5. Het onderzoeksgebied

Als onderzoeksgebied is gekozen voor het wegvak op de A50 tussen knooppunt Grijsoord en knooppunt Valburg (zie figuur 5.1). Dit wegvak staat bekend om een grote hoeveelheid files. Tevens heeft dit wegvak meerdere opeenvolgende meetpunten waar snelheden worden geregistreerd, waardoor het verloop van de file en de relatie tussen opeenvolgende portalen kan worden onderzocht. Een duidelijker beeld van de A50 tussen knooppunt Grijsoord en knooppunt Valburg wordt gegeven in figuur 8.1.



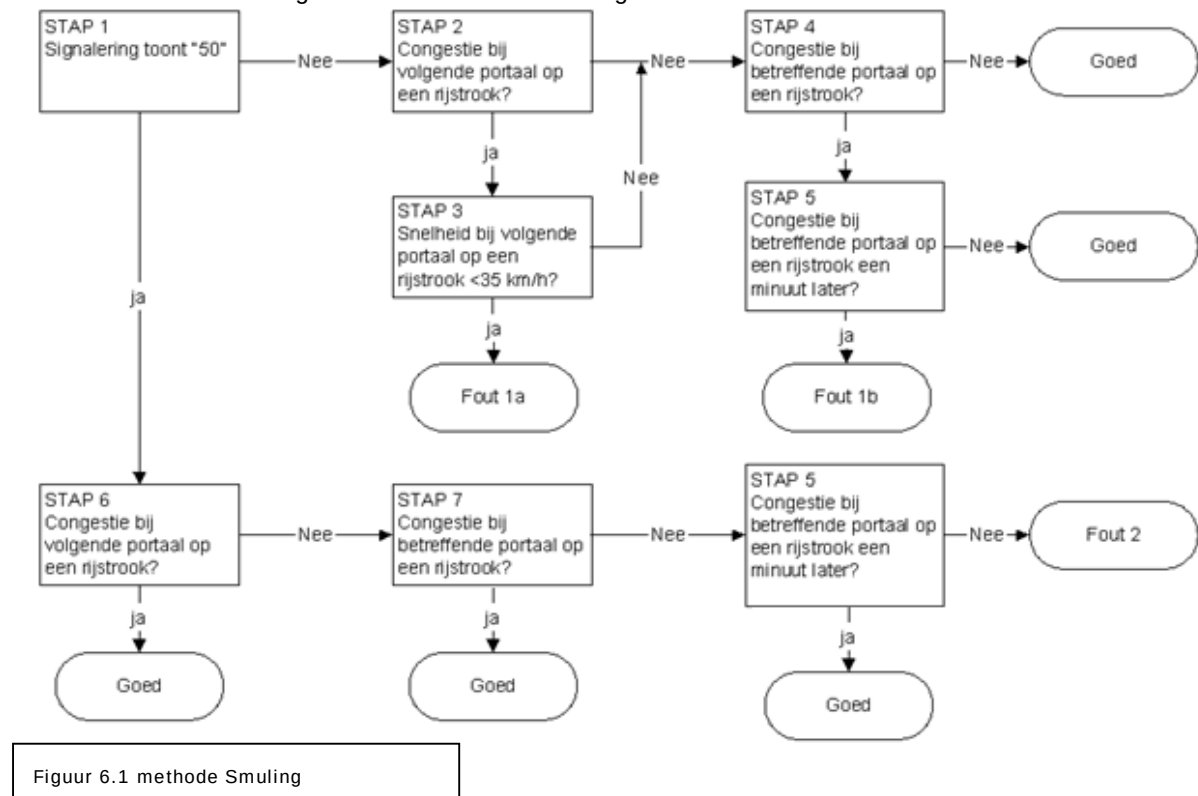
Figuur 5.1 Onderzoeksgebied

Vanwege de grote hoeveelheid data die beschikbaar is, zullen er een aantal extra afbakeningen worden geformuleerd om de hoeveelheid data te begrenzen.

- Er zal uitsluitend gekeken worden naar meetgegevens die onder het beheer van Directie Oost-Nederland vallen. Dit wordt gedaan, omdat deze gegevens voorhanden zijn.
- Er zal uitsluitend gekeken worden naar de linkerrijbaan van het beschreven onderzoeksgebied (zie figuur 5.1). Er is gebleken dat de filedruk op de linkerrijbaan veel hoger is dan de filedruk op de rechterrijbaan.
- Er wordt gewerkt met de data van twee weken van de maand februari 2009.
- Er zal uitsluitend gekeken worden naar de ochtend en de avondspitsen (met een half uur uitloop) op werkdagen (6:30 tot 9:30 en 16:30 tot 19:30). Op deze tijden zullen de meest frequente files voorkomen en zullen zich ook de meest frequente storingen voordoen. Op zaterdag en zondag is de filedruk zo laag dat deze dagen niet mee worden genomen in de metingen.

6. Beoordelingskader

Om de fouten in de filebeveiliging te kwantificeren en te analyseren, wordt gebruik gemaakt van het model van Smuling. Dit model ziet er als volgt uit:



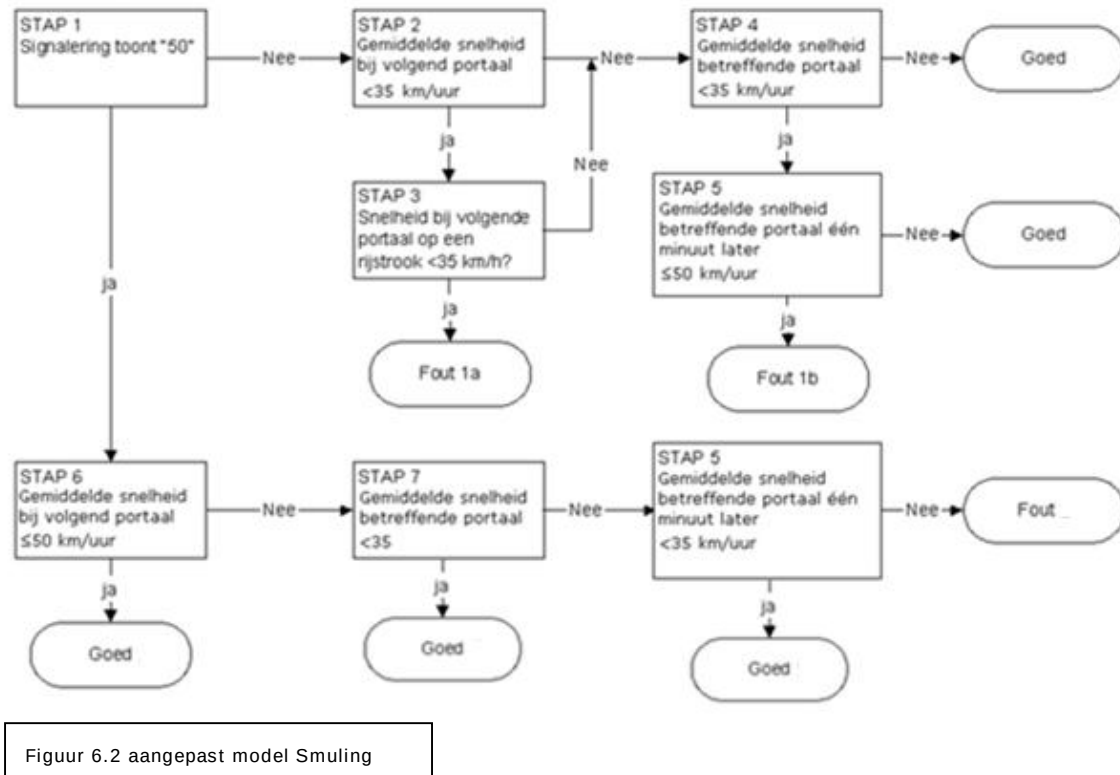
Figuur 6.1 methode Smuling

Het model van Smuling geeft doormiddel van een stappenplan voor elke individuele beeldstand (aan of uit) aan of dit correct is.

De definitie van congestie die bij het model gebruikt wordt is als volgt:

Congestie is de periode vanaf het moment dat de gemiddelde snelheid onder de 35 km/uur komt, tot het moment dat de gemiddelde snelheid weer boven de 50 km/uur komt. (Smuling, 2000)

Het model van Smuling uitgedrukt in meetbare waarden wordt met behulp van de definitie van congestie als volgt:



Het model van Smuling maakt gebruik van de MARE-data die gemeten wordt bij het huidige portaal en het volgende portaal. De term gemiddelde snelheid in het model is daarom de gemiddelde minuutsnelheid.

De verschillende situaties die leiden tot het ontstaan van fouten zullen, daar waar mogelijk, worden toegelicht met behulp van figuren

Fout 1a: signalering staat uit

De gemiddelde snelheid bij het eerstvolgende portaal is kleiner dan 35 km/uur
en

De snelheid op een rijstrook bij het eerstvolgende portaal is kleiner dan 35 km/uur

Fout 1a ontstaat als de gemiddelde minuutsnelheid bij het eerstvolgende portaal kleiner is dan 35 km/uur maar de afgevlakte snelheid ten alle tijde groter of gelijk is aan 35 km/uur.

Fout 1b: signalering staat uit

De gemiddelde snelheid bij het eerstvolgende portaal is niet kleiner dan 35 km/uur
en

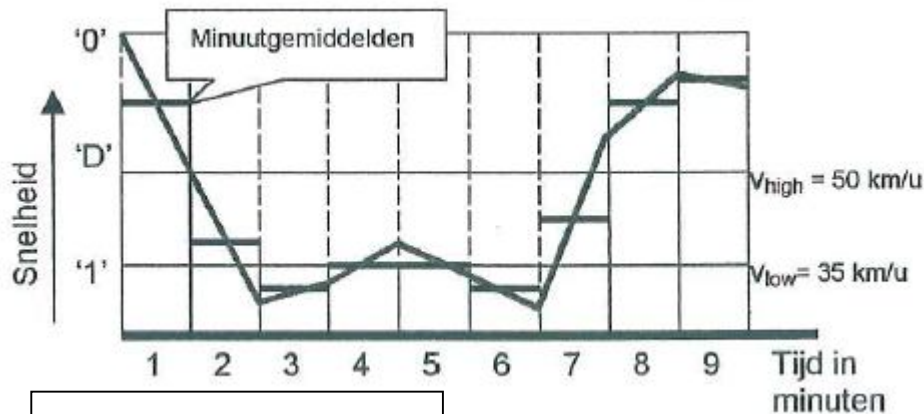
De gemiddelde snelheid bij het betreffende portaal is kleiner dan 35 km/uur
en

De gemiddelde snelheid bij het betreffende portaal één minuut later is kleiner dan 50 km/uur

Er vanuit gaande dat er bij een volgend portaal een gemiddelde minuutsnelheid wordt gemeten die groter of gelijk is aan 35 km/uur, ontstaat fout 1b als de gemiddelde minuutsnelheid bij het betreffende portaal in de huidige minuut kleiner is dan 35 km/uur en in de volgende minuut kleiner of gelijk aan 50 km/uur, terwijl de afgevlakte snelheid ten alle tijde boven de 35 km/uur blijft.

Voor het ontstaan van fout 1a en 1b moet de afgevlakte snelheid in een minuut ten alle tijde groter of gelijk zijn aan 35 km/uur, omdat de MARE-data een beeldstand '50' altijd registreert in de minuutgemiddeldes. Zelfs als de beeldstand '50' in een minuut slechts één seconde getoond wordt registreert MARE dat de signalering de gehele minuut aan is geweest.

Onderstaande figuur laat een afgevlakt snelheidsverloop en de bijbehorende minuutgemiddeldes zien.



Figuur 6.3 voorbeeld snelheidsverloop

De minuutgemiddeldes liggen altijd tussen de gemiddelde afgevlakte snelheden. De volgende aannames worden daarom gemaakt:

“Als een minuutgemiddelde onder de 35 km/uur ligt, dan is de afgevlakte snelheid in die minuut ook onder de 35 km/uur geweest”

en

“Als een minuutgemiddelde boven de 50 km/uur ligt, dan is de afgevlakte snelheid in die minuut ook boven de 50 km/uur geweest”

Met deze aannames is het ondenkbaar dat er zich een situatie voor zal doen waar het minuutgemiddelde kleiner is dan 35 km/uur terwijl de afgevlakte snelheid in diezelfde minuut ten alle tijde groter is dan 35 km/uur. Het ontstaan van fout 1a en 1b mag nooit voorkomen bij correct werkende signalering. Als dit echter wel dan duidt dit op een ernstige fout in de werking van het algoritme of de fysieke signalering.

Fout 2: signalering staat aan

Fout 2 voldoet aan de volgende eigenschappen:

De gemiddelde snelheid bij het eerstvolgende portaal is niet kleiner of gelijk aan 50 km/uur

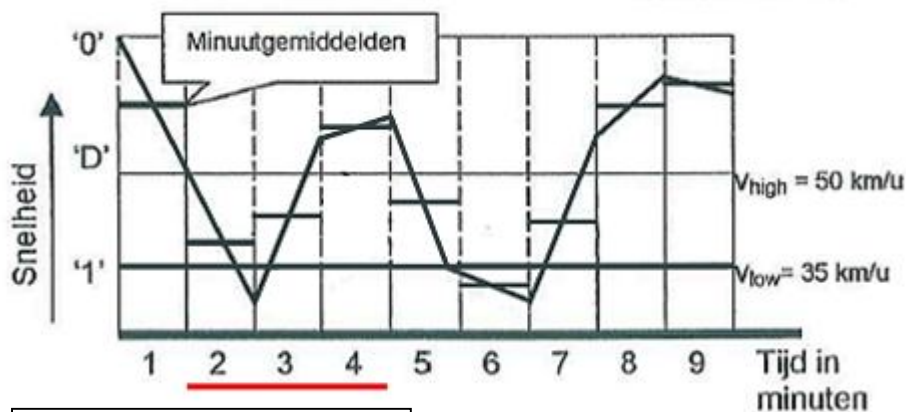
en

De gemiddelde snelheid bij het betreffende portaal is niet kleiner dan 35 km/uur

en

De gemiddelde snelheid bij het betreffende portaal één minuut later is niet kleiner dan 35 km/uur

Er vanuit gaande dat de gemiddelde minuutsnelheid bij het volgende portaal groter is dan 50 km/uur, wordt in onderstaande afbeelding een voorbeeld gegeven hoe fout 2 bij het desbetreffende portaal kan ontstaan.



Figuur 6.4 voorbeeld snelheidsverloop

In minuut 2 gaat de signalering aan en is de minuutsnelheid groter dan 35 km/uur, echter de afgevlakte snelheid is onder de 35 km/uur gekomen, waardoor de signalering toch een beeldstand '50' laat zien.

In de volgende minuut is de afgevlakte snelheid weer gestegen waardoor in minuut 3 de gemiddelde minuutsnelheid boven de 35 km/uur ligt. Minuut 2 geeft een voorbeeld van het ontstaan van fout 2 weer. De signalering blijft tot en met minuut 4 onterecht aanstaan.

Opmerking

De signalering zou aan het einde van minuut 3 weer uit moeten gaan, in de praktijk gebeurt dit echter niet altijd, zelfs niet als het minuutgemiddelde boven de 50 km/uur uitkomt.

7. Prestatie van het algoritme

Voor het kwantificeren van de fouten wordt het aangepaste model van Smuling gebruikt. Dit model geeft duidelijke criteria voor het kwantificeren van fouten en houdt zo goed mogelijk rekening met de beperkingen van de MARE-gegevens.

Om de grote hoeveelheid data te kunnen analyseren is het van belang een programma voorhanden te hebben die de fouten in de filebeveiliging kan filteren. Om deze reden is een programma in het softwareprogramma Matlab geschreven die de verschillende data met elkaar kan vergelijken en hier conclusies uit kan trekken. Dit programma (met korte uitleg) is te vinden in bijlage 3. De portalen waar de minuutgemiddelden en beeldstanden gemeten zijn, zijn weergegeven in bijlage 2.

Voorkomendheid van beeldstanden

De voorkomendheid van beeldstanden en geen beeldstanden is weergegeven in tabel 7.1.

	Ochtendspits	Avondspits
aan / uit	Links	Links
2-feb	691/2442	1/2116
3-feb	466/2812	929/957
4-feb	137/2920	745/1212
5-feb	944/2424	1115/849
6-feb	6/3480	1485/1022
9-feb	734/2269	767/1085
10-feb	417/2616	1562/776
11-feb	69/2786	1527/951
12-feb	1308/1879	1907/667
13-feb	762/2482	3104/508

In de ochtendspits op 2 februari stond de signalering links dus in 691 gevallen aan en in 2442 gevallen uit.

Opmerking: Het totaal aantal beeldstanden verschilt per dag en per ochtend- of avondspits. Dit komt omdat er een aantal beeldstanden zijn die niet in deze analyse meegenomen worden. Deze bestaan voornamelijk uit [70] en [90] beeldstanden. Voor het model van Smuling hebben deze beeldstanden echter geen waarde.

Tabel 7.1 voorkomendheid van beeldstand / geen beeldstand

Voorkomendheid van fouten

De voorkomendheid van de fouten, in de ochtend- en avondspits is weergegeven in tabel 7.2.

	Ochtendspits			Avondspits		
Datum	Fout 1a	Fout 1b	Fout 2	Fout 1a	Fout 1b	Fout 2
2-feb	0%	0%	25%	0%	0%	0%
3-feb	0%	0%	36%	0%	0%	22%
4-feb	0%	0%	20%	1%	1%	24%
5-feb	0%	0%	34%	2%	0%	27%
6-feb	0%	0%	33%	6%	2%	13%
9-feb	1%	1%	26%	1%	0%	27%
10-feb	0%	0%	26%	9%	1%	17%
11-feb	0%	0%	10%	3%	0%	19%
12-feb	3%	0%	22%	13%	2%	16%
13-feb	0%	0%	30%	27%	8%	6%
Gemiddeld	0 %	0 %	26 %	6 %	1 %	17 %

Tabel 7.2 voorkomendheid fouten

In bijlage 4 zijn afbeeldingen te zien van het snelheidsverloop op de linker- en rechterrijbaan in de ochtend- en avondspitsen. Beide rijbanen worden hier weergegeven, zodat duidelijk wordt dat de filedruk op de linkerrijstrook veel groter is dan de filedruk op de rechterrijstrook.

Deze afbeeldingen komen in grote mate overeen met de beeldstanden. Duidelijk is ook te zien dat er op veel punten een normale fileontwikkeling plaatsvindt. De lage snelheden bewegen zich naar achteren in de tijd. Dit komt overeen met een normale fileontwikkeling, omdat in een file de filestaart sneller aangroeit dan de filekop, waardoor de file in de tijd naar achteren aangroeit.

8. Analyse van de fouten

De voorkomendheden van fout 1a, 1b en 2 zijn nu bekend. Er zal worden aangegeven waar op het traject zich de fouten voordoen en wat de eigenschappen zijn van deze fouten. Ten slotte zal bekeken worden of er een relatie bestaat tussen de fouten en de locaties.



De locaties van alle fouten zijn weergegeven in de figuur hiernaast.

Toelichting op de figuur

De verschillende kleuren in de figuur staan voor verschillende type fouten. Deze fouten zijn op het traject als volgt:

Op de met rood aangegeven wegstukken gaat de signalering terecht aan omdat er congestie is. Echter op dit punt blijft de signalering vaak een aantal minuten te lang aanstaan.

Op de met groen weergegeven wegstukken zijn er meerdere problemen met de signalering. De signalering gaat hier vaak te vroeg aan of gaat aan terwijl er helemaal geen congestiesituatie volgt. Tevens blijft de signalering ook hier regelmatig te lang aanstaan.

De blauwe punt geeft aan waar fout 1a en 1b voorkomen. Dit gebeurt echter slechts bij één portaal.

In de rest van dit hoofdstuk zullen de fouten op het traject worden belicht aan de hand van tabellen met minuutgemiddelden. De legenda voor deze fouten staat in tabel 8.1.

<i>Notering</i>	<i>Betekenis</i>
X (geen decimaal)	Beeldstand [70] of beeldstand [90]
X,1	Signalering staat terecht aan, beeldstand [50]
X,2	Signalering staat terecht uit
X,666	Fout 2
X,777	Fout 1a
X,888	Fout 1b
X,01	Signalering staat aan, maar te weinig data om correctheid te beoordelen
X,02	Signalering staat uit, maar te weinig data om correctheid te beoordelen

Tabel 8.1 legenda tabellen

Opmerkingen

- Als er geen decimaal achter een snelheid staat, betekent dit dat de signalering wel aanstaat, maar een andere beeldstand laat zien dan [50]. In het model van Smuling worden deze beeldstanden niet beoordeeld, dit zal daarom in dit onderzoek ook niet gebeuren.
- Het model Smuling heeft data nodig van het eerstvolgende portaal en/of het huidige portaal. Als een deel van deze data mist dan kan het aan- of uitstaan van de signalering soms niet beoordeeld worden op correctheid. Deze situaties zijn aangegeven met X,01 of X,02.

Belangrijk:

Op de volgende pagina worden de tabellen van de minuutgemiddelde bij de verschillende portalen getoond. Omdat het hier de linkerrijbaan betreft is het belangrijk te beseffen dat de Hectometrering met de rijrichting afneemt. In de tabellen is de rijrichting daarom van rechts naar links.

(L) Hect.	163,2	163,7	164,4	164,7	165,1	165,5	165,8	166,4	166,8
Tijd									
8:00	92,2	114,2	112,2	111,2	103,2	98,2	92,2	91,2	91,2
8:01	111,2	103,2	96,2	92,2	88,2	83,2	77,2	88,2	94,2
8:02	97,2	93,2	96,2	91,2	88,2	78,2	62,2	95,2	96,2
8:03	95,2	96,2	97,2	94,2	82,2	70,2	69,2	89,2	92,2
8:04	97	102,2	92,2	89,2	84,2	57,2	61,2	84,2	106,2
8:05	79,1	94	97,2	92,2	83,2	55,2	46,2	95,2	106,2
8:06	66,1	90	90,2	86,2	75,2	61,2	60,2	65,2	93,2
8:07	81,2	87,2	87,2	86,2	80,2	71,2	67,2	45,2	70,2
8:08	88	92,2	90,2	92,2	85,2	74,2	70,2	54,2	46,2
8:09	78,1	98	92,2	87,2	81,2	78,2	75,2	61,2	58,2
8:10	52,1	85	87,2	85,2	84,2	84,2	71,2	59,2	92,2
8:11	23,1	75,1	84	87,2	81,2	72,2	47,2	100,2	110,2
8:12	7,1	47,1	71,1	75	82	68,2	71,2	109,2	111,2
8:13	32,1	13,1	69,1	76	69	97,2	104,2	110,2	110,2
8:14	63,2	18,1	42,1	56	69	91,2	103,2	116,2	114,2
8:15	82,2	48,2	9,1	36,1	57,1	87	104	111,2	110,2
8:16	91	68,2	22,1	8,1	36,1	75	91	104,2	106,2
8:17	79	84,2	53,2	16,1	16,1	55	71	100,2	104,2
8:18	89,1	93	67,2	47,666	11,1	23,1	38,1	103,1	113
8:19	79,1	84	70,2	62,666	37,666	12,1	19,1	83,1	102
8:20	54,1	83,666	79	70,2	57,2	24,1	13,1	86,1	109
8:21	20,1	77,1	77	72,2	71,2	54,666	27,1	78,1	91
8:22	11,1	60,1	77	74,2	77,2	73,2	58,2	41,1	87
8:23	21,1	27,1	70,1	84	87	81,2	68,2	19,1	67
8:24	25,1	16,1	73,1	79	78	76,2	67,2	44,666	22,1
8:25	24,1	33,1	41,1	62	71	67,2	61,2	57,2	41,666
8:26	21,1	39,1	17,1	36,1	64,1	48	59	68,2	59,2
8:27	41,666	29,1	37,1	15,1	45,1	27,1	37,1	69,1	75
8:28	67,2	37,666	45,1	32,1	25,1	29,1	26,1	49,1	75
8:29	77	58,2	43,666	47,1	21,1	36,1	29,1	30,1	63
8:30	77	71,2	53,2	42,666	46,1	27,1	25,1	18,1	23,1
8:31	79,1	68	62,2	40,666	49,1	35,1	17,1	15,1	26,1
8:32	69,1	78	67,2	49,666	45,1	50,1	31,1	22,1	21,1
8:33	41,1	79,1	66	55,666	47,666	55,1	47,666	25,1	17,1
8:34	54,2	80,2	72,2	61,2	59,2	65,666	45,666	22,1	27,1
8:35	87,2	85,2	77,2	75,2	80,2	69,2	67,2	41,2	32,1
8:36	90,2	90,2	85,2	87,2	73,2	81,2	78,2	54,2	42,666
8:37	92	96,2	87,2	85,2	91,2	86,2	77,2	60,2	43,666
8:38	86,1	96	97,2	95,2	92,2	79,2	69,2	72,2	41,666
8:39	88,1	94	95,2	92,2	87,2	75,2	74,2	74,2	52,2
8:40	81,1	93	91,2	86,2	89,2	92,2	86,2	70,2	63,2
8:41	59,1	88,666	92,2	91,2	89,2	81,2	84,2	74,2	74,2
8:42	44,666	81,1	83	80,2	77,2	83,2	82,2	77,2	97,2
8:43	56,2	80,2	74,2	64,2	74,2	78,2	71,2	95,2	99,2
8:44	70,2	85,2	67,2	69,2	72,2	61,2	54,2	94,2	100,2
8:45	87,2	83,2	81,2	78,2	76,2	59,2	61,2	70,2	92,2
8:46	82	91,2	87,2	84,2	75,2	71,2	68,2	49,2	69,2
8:47	82,1	88	83,2	78,2	76,2	78,2	75,2	65,2	46
8:48	61,1	85	71,2	68,2	79,2	78,2	75,2	77,2	36
8:49	65,2	83,2	63,2	68,2	75,2	83,2	90,2	78,2	62,2
8:50	95	87,2	67,2	67,2	59,2	65,2	73,2	79,2	76,2
8:51	86,2	88,2	82,2	76,2	64,2	53,2	58,2	87,2	88,2
8:52	97,2	95,2	87,2	78,2	60,2	49,2	51,2	82,2	96,2
8:53	101,2	93,2	83,2	76,2	69,2	64,2	45,2	80,2	104,2
8:54	93	91,2	87,2	83,2	81,2	74,2	58,2	50,1	91
8:55	79	92,2	93,2	93,2	93,2	84,2	67,2	31,1	70
8:56	79,1	99	107,2	102,2	98,2	85,2	72,2	54,2	57,2
8:57	70,1	91	100,2	99,2	92,2	80,2	72,2	68,2	97,2
8:58	45,1	89,1	91	88,2	83,2	87,2	94,2	100,2	99,2
8:59	60,1	81	80,2	77,2	82,2	89,2	89,2	79,2	101,2
9:00	80,1	86	65,2	69,2	70,2	80,2	89,2	105,2	108,2
9:01	72,1	80	66,2	59,2	64,2	89,2	100,2	100,2	102,2
9:02	46,1	81,1	69	67,2	69,2	86,2	88,2	106,2	112,2
9:03	23,1	68,1	73	65,2	65,2	89,2	102,2	107,2	104,2
9:04	25,1	37,1	67,1	64	76	90,2	105,2	110,2	108,2
9:05	41,666	20,1	51,1	71	91	106,2	108,2	108,2	108,2
9:06	61,2	29,1	37,1	63	81	100,2	104,2	107,2	113,2
9:07	77	52,2	17,1	33,1	68,1	96	101	108,2	105,2
9:08	85,2	73,2	28,1	13,1	55,1	75	83	102,2	103,2
9:09	92,2	82,2	50,2	32,1	34,1	63	68	100,2	107,2
9:10	95,2	83,2	63,2	46,666	28,1	34,1	48,1	81	99,2
9:11	93,2	89,2	65,2	59,2	46,2	19,1	39,1	66	106,2
9:12	81	81,2	72,2	65,2	65,2	46,666	21,1	74,1	109
9:13	89,2	87,2	92,2	88,2	67,2	52,666	37,666	78,1	94
9:14	96	103,2	94,2	79,2	62,2	48,666	48,1	61,1	96
9:15	92	99,2	88,2	78,2	74,2	58,2	53,2	63,2	87,2
9:16	95	98,2	85,2	85,2	77,2	72,2	71,2	53,2	90,2
9:17	78,1	89	89,2	83,2	73,2	82,2	79,2	42,666	98
9:18	78,1	88	90,2	89,2	87,2	94,2	81,2	74,2	104,2
9:19	79,2	84,2	100,2	100,2	102,2	95,2	92,2	98,2	100,2
9:20	88,2	103,2	104,2	102,2	99,2	99,2	101,2	103,2	104,2

De met rood aangegeven wegstukken op de linkerrijbaan van het traject Grijsoord – Valburg, zijn de wegstukken waar de signalering te lang aan blijft staan. De tabel links is een voorbeeld van een wegstuk op het betreffende traject. De tabel geeft goed weer dat de signalering telkens correct aangaat omdat er congestie gemeten wordt. Het verloop van het correct aangaan van de signalering laat ook duidelijk zien dat de file zich naar achteren beweegt in de tijd, wat typerend is voor een normale file. De filestaart groeit sneller aan dan de filekop.

Fout 2 openbaart zich op een enkele uitzondering na, door het te lang aan blijven staan van de signalering.

(L) Hect.	156,3	156,9	156,9	157,5	(L) Hect.	161,2	161,8	162,1	162,6
Tijd					Tijd				
7:15	86	95,2	91	85	7:10	98,2	85,2	93,2	94,2
7:16	83	89,2	86	87	7:11	83,2	84,2	92,2	97,2
7:17	79,1	91,2	90	91	7:12	88,2	93,2	91,2	92,2
7:18	75,1	81,2	79	81	7:13	91,2	89,2	90,2	100,2
7:19	68,1	77,2	73	82	7:14	65,666	94	92,2	94,2
7:20	55,1	70,2	63,666	89	7:15	58,666	62	86,2	104,2
7:21	45,666	73,2	66,666	66	7:16	45,666	63,1	86	93
7:22	58	50,2	46,666	50,1	7:17	55,666	63,666	53,1	82,666
7:23	63	47,2	38,1	58	7:18	57,666	48,666	32,1	56,1
7:24	50,666	54,2	48,666	73	7:19	75,2	57,2	47,666	22,1
7:25	51,1	58,2	52,666	73	7:20	69,666	64	61,666	29,1
7:26	48,1	55,2	48,666	61	7:21	61,1	68	60,666	47,666
7:27	39,1	53,2	50,666	62	7:22	48,1	69,1	66,666	51,666
7:28	28,1	41,777	39,1	59,1	7:23	53,1	43,666	42,1	42,1
7:29	40,1	28,888	28,1	60,1	7:24	53,1	38,666	21,1	24,1
7:30	32,1	29,777	22,1	56,1	7:25	39,1	44,1	18,1	15,1
7:31	50	39,2	32,1	25,1	7:26	35,666	34,1	19,1	21,1
7:32	63,666	43,2	38,1	11,1	7:27	41,666	33,1	14,1	13,1
7:33	62	44,2	34,1	23,1	7:28	48,666	26,1	14,1	16,1
7:34	59	53,2	45,666	32,1	7:29	60,2	25,1	8,1	11,1
7:35	57	59,2	53,666	26,1	7:30	69,2	45,666	22,1	7,1
7:36	47	55,2	48,666	21,1	7:31	78,2	54,2	33,1	10,1
7:37	48	59,2	56,666	44	7:32	71,2	66,2	43,666	39,1
7:38	57	56,2	55	48	7:33	80,2	68,2	59,2	60,2
7:39	55	59,2	57	70	7:34	79,2	71,2	65,2	65,2
7:40	63	62,2	58	83	7:35	76,2	74,2	70,2	77,2
7:41	62,1	74,2	72	84	7:36	78,2	78,2	83,2	90,2
7:42	57,1	74,2	72,666	84	7:37	72,2	83,2	89,2	90,2
7:43	34,1	71,777	67,666	77	7:38	71,2	92,2	91,2	85,2
7:44	35,1	68,2	66,666	82	7:39	77	91,2	88,2	91,2
7:45	34,1	52,777	59,666	81	7:40	71,2	90,2	94,2	93,2
7:46	30,1	41,777	37,1	71,1	7:41	78,666	83	91,2	94,2
7:47	48	33,888	30,1	62,1	7:42	64,1	87	92,2	93,2
7:48	62	35,2	36,1	57,1	7:43	62,666	81	89,2	99,2
7:49	70	43,2	32,1	30,1	7:44	60,666	69,666	84	95
7:50	73	63,2	55	25,1	7:45	59,666	65,666	71	89
7:51	78	63,2	60	28,1	7:46	66,666	79,666	93	90
7:52	77	72,2	69	44	7:47	64,666	89,666	91	94
7:53	76,1	69,2	64	57	7:48	65,666	88,666	85	91
7:54	69,1	62,2	56	57	7:49	57,666	69,666	80	89
7:55	67,1	63,2	55	56	7:50	65,2	63,666	72	93
7:56	44,1	56,2	50,666	56	7:51	62,2	57,666	62	85
7:57	34,1	46,777	42,1	57,1	7:52	71,666	60,666	50	78
7:58	35,1	35,2	29,1	67,1	7:53	60,666	60,666	49	80
7:59	45	33,888	30,1	58,1	7:54	65,666	58,666	35,666	77,1
8:00	55	39,2	33,1	38,1	7:55	60,666	55,666	44,666	67,1
8:01	63	49,2	37,1	31,1	7:56	63,2	50,666	50	53
8:02	54	53,2	49,666	39,1	7:57	77,2	56,2	34,1	39,1
8:03	54,1	55,2	48,666	40,1	7:58	75,666	71	46,666	36,1
8:04	60,1	41,2	33,1	38,1	7:59	68,1	71	60,666	30,1
8:05	47,666	48,2	37,1	50	8:00	51,666	69,666	70,666	38,666
8:06	55,666	53,2	47,666	44,1	8:01	37,666	60,1	58,1	44,666
8:07	56,1	54,2	43,666	40,1	8:02	55,666	37,666	27,1	50,1
8:08	56,1	43,2	36,1	52,1	8:03	64,666	36,666	16,1	32,1
8:09	36,1	43,2	34,1	58,1	8:04	59,666	50,666	21,1	11,1
8:10	40,1	38,2	37,1	58,1	8:05	65,1	49,666	33,1	23,1
8:11	34,1	32,777	28,1	55,1	8:06	52,1	64,666	56,666	36,666
8:12	46	36,2	30,1	50,1	8:07	40,1	57,1	59,666	50,666
8:13	56	39,2	29,1	30,1	8:08	42,1	41,1	35,1	68,1
8:14	61	51,2	46,666	29,1	8:09	44,1	43,1	15,1	62,1
8:15	67	62,2	58	13,1	8:10	46,1	43,1	14,1	33,1
8:16	71,666	65,2	60	36	8:11	36,666	41,1	30,1	12,1
8:17	67,1	58,2	51	51	8:12	38,666	42,1	26,1	15,1
8:18	49,1	54,2	50,666	64	8:13	49,666	32,1	15,1	28,1
8:19	31,1	63,777	56,666	73	8:14	65,2	37,666	10,1	28,1
8:20	31,1	62,777	58,666	78	8:15	71,2	58,2	20,1	16,1
8:21	50,1	43,2	45,1	80	8:16	76	62,2	39,666	19,1
8:22	45,1	46,2	40,1	79,1	8:17	72,666	75	58,666	50,666
8:23	57,666	59,2	50,666	81	8:18	60,666	74	76,2	71,2
8:24	61,666	58,2	50,666	81,666	8:19	52,666	64,666	76	75
8:25	49,1	54,2	49,666	73	8:20	42,666	48,1	54	75
8:26	47,1	65,2	61,666	75	8:21	53,666	39,1	25,1	81,1
8:27	43,1	61,2	62,666	76	8:22	64,666	30,1	15,1	68,1
8:28	50	64,2	63,666	79	8:23	66,2	51,666	24,1	39,1
8:29	43,1	60,2	61,666	83	8:24	67,2	64,2	40,666	25,1
8:30	50,1	76,2	73,666	80	8:25	71,2	70,2	63,2	52,2
8:31	55,1	64,2	65,666	76	8:26	71,2	74,2	63,2	82,2
8:32	47,1	77,2	75,666	77	8:27	67,2	88,2	92,2	95,2
8:33	44,666	73,2	70,666	75	8:28	62,666	87	97,2	100,2
8:34	51,666	59,2	58,666	81,666	8:29	49,1	88,1	88	91
8:35	60	51,2	44,666	78,1	8:30	42,666	59,1	73	88
8:36	63	70,2	68	72	8:31	57,666	45,666	63	102
8:37	66,1	81,2	79	88	8:32	74,2	56,666	64	99
8:38	64,1	87,2	83	93	8:33	74,2	71,2	84,2	104,2
8:39	69,1	88,2	84	95	8:34	79,2	101,2	104,2	112,2
8:40	49,1	78,2	76,666	82	8:35	106,2	105,2	103,2	108,2
8:41	35,666	82,2	81,666	87					
8:42	49	82,2	82,666	85					
8:43	82	87,2	86	84					
8:44	89	97,2	97	95					
8:45	100	99,2	101	95					

De met groen aangegeven wegstukken kenmerken zich door drie verschillende openbaringen van fout 2;

- 1) Te lang aan blijven staan van de signalering.
- 2) Te vroeg aangaan van de signalering.
- 3) Aangaan van de signalering terwijl er geen congestie is.

De tabel hiernaast is een voorbeeld van de twee wegstukken op de linkerrijbaan waar deze vormen van fout 2 zich voordoen.

In de tabel zijn duidelijk de verschillende vormen van fout 2 waar te nemen. Naast dat de signalering soms te lang aan blijft of te vroeg aangaat, zijn er situaties waarbij de signalering erg lang onterecht aanstaat soms zelfs zonder dat de signalering hiervoor of hierna correct aan is gegaan. Het komt tevens voor dat de signalering aan blijft staan tussen congestie periodes, waar de signalering terecht aanstaat. Door het model van Smuling worden deze waarden weliswaar fout gerekend, echter worden ze niet meegenomen in de analyse. Het blijven aanstaan van de signalering tussen congestie in vult de snelheidsdeken aan en wordt daarom niet als onwenselijk beschouwd. Deze periodes zijn aangegeven met roze.

Frequente beeldwisselingen komen op deze wegstukken weinig voor. De snelheden zonder decimaal erachter zijn snelheden waarbij een beeldstand gegeven wordt. Deze beeldstand is echter niet '50', maar '70' of '90'. Op locatie Rijnbrug komen beeldwisselingen in lichte mate voor.

In bijlage 4 is goed te zien dat op de hectometerpunten van locatie Rijnbrug en locatie Valburg de snelheden vaak constant laag zijn, terwijl er zich geen echte filestaart ontwikkelt.

november 2009

(L) Hect.	156,3	156,9	156,9	157,5
Tijd				
17:00	32,1	25,777	23,1	13,1
17:01	35,1	45,2	31,1	11,1
17:02	40,1	44,2	40,1	12,1
17:03	39,1	38,2	29,1	32,1
17:04	36,1	42,2	34,1	29,1
17:05	41,1	38,2	30,1	27,1
17:06	42,1	33,888	24,1	31,1
17:07	37,1	43,2	31,1	33,1
17:08	38,1	45,2	39,1	14,1
17:09	38,1	46,2	38,1	14,1
17:10	31,1	38,777	33,1	41,1
17:11	35,1	34,888	30,1	41,1
17:12	39,666	31,888	23,1	25,1
17:13	44,1	39,2	21,1	28,1
17:14	50,666	36,2	30,1	29,1
17:15	38,666	39,2	32,1	28,1
17:16	42,1	40,2	33,1	25,1
17:17	41,1	43,2	35,1	37,1
17:18	39,1	41,2	32,1	34,1
17:19	46,1	47,2	37,1	25,1
17:20	44,1	38,2	34,1	38,1
17:21	40,1	43,2	34,1	31,1
17:22	41,1	39,2	32,1	20,1
17:23	35,1	38,2	35,1	29,1
17:24	36,1	36,2	30,1	42,1
17:25	34,1	37,777	30,1	32,1
17:26	38,1	35,2	24,1	30,1
17:27	34,1	34,777	19,1	34,1
17:28	39,1	31,888	23,1	38,1
17:29	43,1	31,888	26,1	35,1
17:30	42,1	34,888	29,1	35,1
17:31	48,1	37,2	29,1	32,1
17:32	45,1	39,2	31,1	31,1
17:33	44,1	48,2	40,1	35,1
17:34	44,1	46,2	34,1	39,1
17:35	46,1	50,2	28,1	36,1
17:36	39,1	41,2	34,1	34,1
17:37	36,1	36,2	34,1	34,1
17:38	30,1	34,777	22,1	41,1
17:39	31,1	34,777	30,1	42,1
17:40	30,1	33,777	27,1	30,1
17:41	41,1	36,2	30,1	28,1
17:42	35,1	36,2	31,1	19,1
17:43	38,1	42,2	36,1	12,1
17:44	38,1	35,2	28,1	20,1
17:45	39,1	38,2	28,1	39,1
17:46	37,1	32,888	27,1	36,1
17:47	30,1	41,777	30,1	28,1
17:48	43,1	30,888	25,1	29,1
17:49	41,1	30,888	21,1	18,1
17:50	46,1	30,888	20,1	14,1
17:51	42,1	42,2	30,1	6,1
17:52	41,1	46,2	39,1	10,1
17:53	39,1	43,2	39,1	32,1
17:54	44,1	40,2	33,1	43,1
17:55	36,1	32,888	27,1	38,1
17:56	32,1	35,777	26,1	42,1
17:57	27,1	41,777	31,1	32,1
17:58	41,1	22,888	20,1	29,1
17:59	36,1	25,888	19,1	33,1
18:00	45,1	31,888	24,1	29,1
18:01	41,1	37,2	24,1	22,1
18:02	36,1	33,888	27,1	32,1
18:03	40,1	40,2	30,1	38,1
18:04	41,1	37,2	25,1	32,1
18:05	42,1	39,2	27,1	34,1
18:06	37,1	35,2	30,1	33,1
18:07	37,1	34,888	24,1	33,1
18:08	48,1	29,888	22,1	29,1
18:09	31,1	28,777	25,1	18,1
18:10	34,1	30,777	23,1	26,1
18:11	43,1	34,888	28,1	12,1
18:12	43,1	39,2	30,1	11,1
18:13	43,1	50,2	43,1	12,1
18:14	39,666	38,2	33,1	21,1
18:15	44,1	35,2	26,1	32,1
18:16	42,666	46,2	37,1	44,1
18:17	45,1	47,2	41,1	33,1
18:18	49,1	41,2	32,1	30,1
18:19	37,1	37,2	28,1	36,1
18:20	43,1	48,2	40,1	33,1
18:21	36,1	38,2	36,1	41,1
18:22	36,1	30,888	23,1	40,1
18:23	42,1	35,2	30,1	26,1
18:24	38,1	34,888	29,1	16,1
18:25	27,1	39,777	28,1	18,1
18:26	42,1	34,888	27,1	28,1
18:27	37,1	34,888	30,1	28,1
18:28	40,1	34,888	26,1	33,1
18:29	40,1	39,2	35,1	38,1
18:30	35,1	32,888	27,1	30,1

Het met blauw aangegeven wegstuk op de linkerrijbaan is het stuk waar fout 1a voorkomt. Bij hectometerpunt 156.9 komen fout 1a en 1b voor. De tabel links is een voorbeeld de werking van de signalering rond hectometerpunt 156.9.

De tabel laat duidelijk zien dat het portaal op hectometerpunt 156,9 defect is. Rondom dit portaal staat de signalering correct aan, zelfs op een portaal dat zich op hetzelfde hectometerpunt bevindt (het komt vaak voor dat 2 portalen vlak achter elkaar staan). Alleen op het betreffende portaal gaat de signalering niet aan, waardoor zowel fout 1a en fout 1b ontstaan. Het is hierdoor aan te nemen dat fout 1a en fout 1b op dit punt veroorzaakt worden door defecte signalering.

Wegkenmerken

De wegkenmerken van locatie Rijnbrug en locatie Valburg zullen beschreven worden. Op deze twee locaties komt fout 2 veel voor. De wegkenmerken zijn weergegeven in figuur 8.2 en 8.3. De legenda staat in tabel 8.2:



Figuur 8.2 wegkenmerken locatie Valburg



Figuur 8.3 wegkenmerken locatie Rijnbrug

Kleur	Betekenis
Rood	Helling in het wegstuk
Blauw	Uitvoegstrook / Afrit
Oranje	Spitsstrook
Groen	Invoegstrook / Toerit

Tabel 8.2 legenda wegkenmerken

De fouten en wegkenmerken zijn in tabel 8.3 samengevat:

Rijbaan/hectometer	Locatie	Kenmerken	Type fouten
Links / 170,0 - 155,0	Gehele rijbaan	Geen specifieke kenmerken	Signalering blijft te lang aan
Links / 162,0 - 161,0	Rijnbrug	Helling Invoegstrook Spitsstrook	Signalering blijft te lang aan Signalering gaat onterecht aan Signalering gaat te vroeg aan
Links / 155,0 - 157,0	Knooppunt Valburg	Helling Invoegstrook Uitvoegstrook Spitsstrook	Signalering blijft te lang aan Signalering gaat onterecht aan Signalering gaat te vroeg aan

Tabel 8.3 wegkenmerken type fouten op traject Grijsoord - Valburg

9. Relatie tussen fout 2 en model Smuling

De locaties en de verschillende vormen van fout 1 fout 2 zijn nu bekend. Het model van Smuling dat gebruikt wordt om de fouten te achterhalen werkt echter met andere data dan de filebeveiliging. De MARE-data heeft een lagere resolutie (minuutgemiddelde, rijbaanbreed) dan de data van de filebeveiliging (voertuigspecifiek gemiddelde, rijstrookbreed).

In dit hoofdstuk zal een beeld geschetst worden van hoe de verschillende vormen fout 2 kunnen ontstaan door het model van Smuling in combinatie met de MARE-data toe te passen. Fout 1 komt niet voor op het traject en wordt hier daarom achterwege gelaten.

Fout 2 ontstaat als:

De gemiddelde snelheid bij het eerstvolgende portaal is niet kleiner of gelijk aan 50 km/uur en

De gemiddelde snelheid bij het betreffende portaal is niet kleiner dan 35 km/uur en

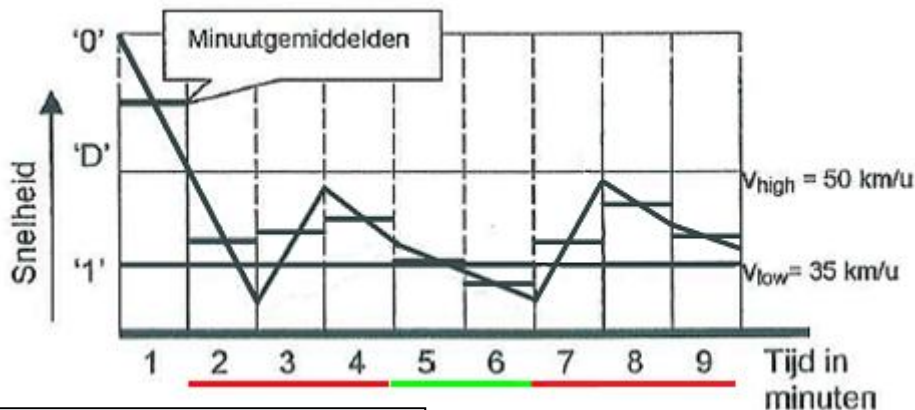
De gemiddelde snelheid bij het betreffende portaal één minuut later is niet kleiner dan 35 km/uur

Bij onderstaande voorbeelden wordt ervan uitgegaan dat de snelheid bij het eerstvolgende portaal groter is dan 50 km/uur, aangezien dit door het model ook wordt gedaan als een beeldstand als fout 2 beoordeeld wordt.

De drie verschillende type fouten zullen worden toegelicht.

De signalering gaat te vroeg aan

In onderstaande figuur van het snelheidsverloop en de bijbehorende minuutgemiddelden, is in minuut 2 te zien hoe de signalering te vroeg aan kan gaan.

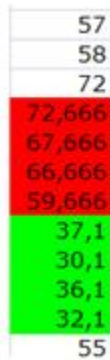


Figuur 9.1 voorbeeld snelheidsverloop

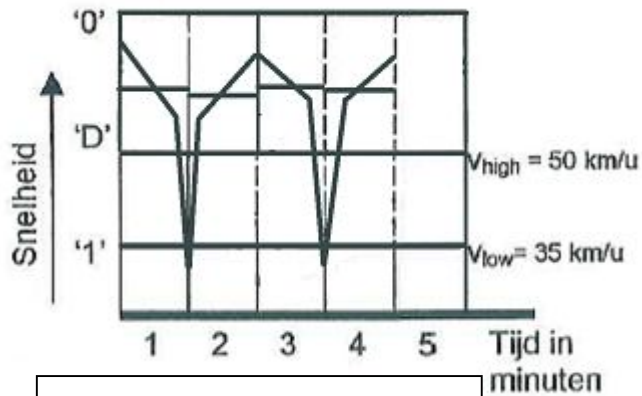
In minuut 2 ligt het minuutgemiddelde boven de 35 km/uur, echter in het einde van deze minuut bereikt de afgevlakte snelheid de grenswaarde van 35 km/uur waardoor de signalering aangaat. In de volgende minuten (3, 4 en 5) ligt het minuutgemiddelde ook boven de 35 km/uur. Pas in minuut 6 ligt het minuutgemiddelde onder de 35 km/uur. Volgens het model van Smuling staat de signalering pas in minuut 5 juist aan. Omdat de MARE-data de daling van de afgevlakte snelheid tot onder de 35 km/uur niet registreert wordt het aangaan als fout geregistreerd.

De signalering kan als gevolg van het resolutieverschil tussen model en werkelijkheid meerdere minuten te vroeg aangaan.

Echter het komt voor dat de signalering meerdere minuten te vroeg aangaat terwijl de afgevlakte snelheden meerdere minuten boven de 50 km/uur liggen. Een voorbeeld hiervan is weergegeven in figuur 9.2. De signalering gaat hier 4 minuten te vroeg aan, met minuutgemiddelden die ruim boven de 50 km/uur liggen. Als dit een gevolg van het resolutieverschil tussen de minuutgemiddelden en de afgevlakte snelheid zou zijn dan zou het snelheidsverloop in de eerste 4 minuten ongeveer de vorm moeten hebben die geschetst is in figuur 9.3.



Figuur 9.2 signalering staat te vroeg aan



Figuur 9.3 Voorbeeld snelheidsverloop

Deze schommelingen in de snelheid ontstaan omdat de signalering elke minuut aan moet gaan terwijl het minuutgemiddelde boven de 50 km/uur moet uitkomen.

Het snelheidsverloop is zo onwaarschijnlijk, dat aangenomen wordt dat dit in een normale verkeerssituatie niet gebeurt. Deze situatie kan daarom niet het gevolg zijn van het resolutieverschil tussen minuutgemiddelden en afgevlakte snelheden.

Om bovenstaande reden wordt de volgende aanname gemaakt:

“Als de signalering te vroeg aangaat dan mag alleen in de eerste minuut hiervan de gemiddelde minuutsnelheid boven de 50 km/uur liggen om dit toe te schrijven aan het resolutieverschil tussen minuutgemiddelden en afgevlakte snelheden”

In het voorbeeld dat gegeven is voldoet de situatie niet aan de aanname. De eerste foutieve beeldstand kan nog wel toegekend worden aan het resolutieverschil, echter de drie daarop volgende niet.

De signalering blijft te lang aan staan

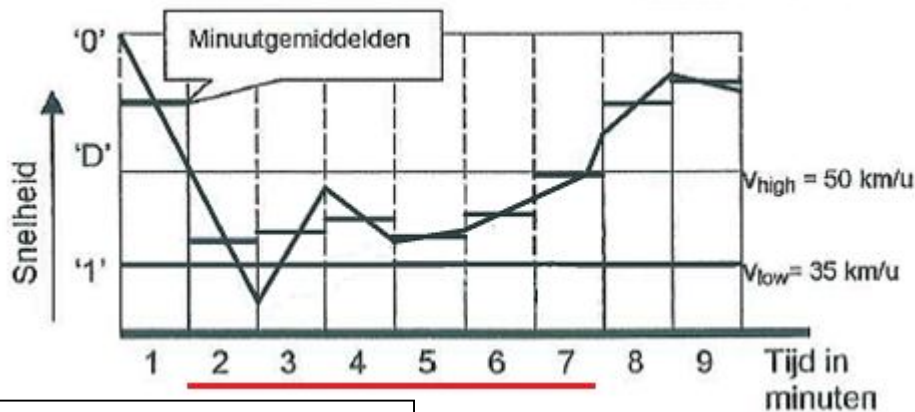
In figuur 9.1 is de gemiddelde minuutsnelheid in minuut 7, 8 en 9 groter dan 35 km/uur, echter de signalering blijft nog aanstaan omdat de afgevlakte snelheid niet boven de 50 km/uur uitkomt. Volgens het model van Smuling staat de signalering in minuut 7, 8 en 9 onterecht aan.

De signalering kan als gevolg van het resolutieverschil tussen model en werkelijkheid meerdere minuten te lang aanstaan.

De minuutgemiddelde horende bij de foutieve beeldstanden zijn allemaal vrij laag. Alleen de laatste foutieve beeldstanden in een reeks ‘te lang aan’ komen boven de bovengrens van 50 km/uur uit. Dit kan natuurlijk erg goed een gevolg zijn van het resolutieverschil tussen de minuutgemiddelden en de afgevlakte snelheden.

De signalering staat lang onterecht aan

In onderstaande figuur is te zien hoe het kan lijken alsof de signalering volledig onterecht aangaat.



Figuur 9.4 voorbeeld snelheidsverloop

Aan het einde van minuut 2 gaat de signalering aan. Het minuutgemiddelde ligt echter nog boven de ondergrens van 35 km/uur. In minuut 3 stijgt de afgevlakte snelheid weer waardoor ook in deze minuut de gemiddelde minuutsnelheid boven de ondergrens ligt. De signalering blijft tot minuut 7 onterecht aanstaan volgens het model van Smuling.

Dit is een voorbeeld van hoe de signalering aan kan gaan zonder dat deze ook maar één keer terecht aanstaat volgens het model van Smuling.

83,2	De signalering kan als gevolg van het resolutieverschil tussen model en werkelijkheid meerdere minuten onterecht aangaan.
92,2	Echter het komt voor dat de signalering onterecht aangaat terwijl de afgevlakte snelheden meerdere minuten boven de 50 km/uur liggen. Een voorbeeld hiervan is weergegeven in figuur 9.5. De signalering staat hier 13 minuten onterecht aan, met minuutgemiddelden die veelal ruim boven de 50 km/uur liggen, met een maximum van 89 km/uur. Om dezelfde reden als bij het te vroeg aangaan van de signalering is het niet mogelijk dat dit door het resolutieverschil komt.
91,2	
90,2	
83	
87	
81	
69,666	
65,666	
79,666	
89,666	
88,666	
69,666	
63,666	
57,666	
60,666	
60,666	
58,666	
55,666	
50,666	
56,2	
71	
71	

“Als de signalering onterecht aangaat dan mag alleen in de eerste minuut hiervan de gemiddelde minuutsnelheid boven de 50 km/uur liggen om dit toe te schrijven aan het resolutieverschil tussen minuutgemiddelden en afgevlakte snelheden”

Conclusie

Het te lang aanstaan van de signalering is zeer waarschijnlijk het gevolg van het resolutieverschil dat ontstaat door het verschil tussen minuutgemiddelden en afgevlakte snelheden. Er ontstaan problemen met dit resolutieverschil door het verschil in de

onder- en bovengrenzen die de filebeveiliging gebruikt.

Het te vroeg aan gaan en het onterecht aangaan kan echter niet het gevolg zijn van dit resolutieverschil omdat de minuutgemiddelden hiervoor te hoog zijn. Voor deze twee type fouten moeten er andere oorzaken zijn.

Figuur 9.5 signalering staat onterecht aan

10. Relatie fout 2 met Verkeerskenmerken

Een deel van de fouten wordt veroorzaakt door het resolutieverschil tussen het model van Smuling in combinatie met de MARE-data en de data waarmee de signalering bediend wordt. Voor de fouten waar het resolutieverschil in tijd niet de oorzaak is, moet er een andere oorzaak zijn. Het te lang aanstaan van de signalering wordt veroorzaakt door het resolutieverschil. Echter het te vroeg aangaan en het onterecht aangaan schijnt in veel gevallen een andere oorzaak te hebben.

De laatste 2 typen fouten komen op twee wegstukken voor, namelijk bij de Rijnbrug en bij knooppunt Valburg. Voor deze wegstukken zijn de wegkenmerken reeds in kaart gebracht.

In dit hoofdstuk zal eerst een hypothese opgesteld worden voor het ontstaan van de type fouten. Hierna zullen oorzaken van congestie en gedane waarnemingen op de locaties beschreven worden. Op basis hiervan zullen conclusies worden getrokken voor het ontstaan van de type fouten op de locaties Rijnbrug en Valburg.

Hypothese voor de type fouten

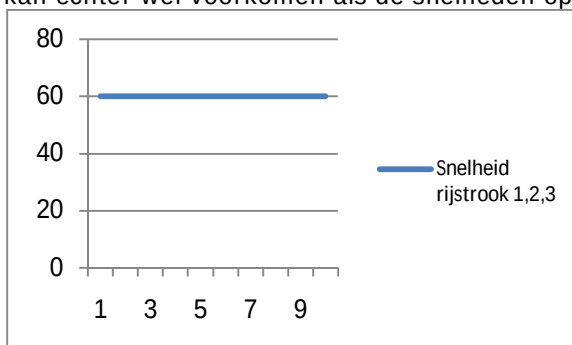
De type fouten ontstaan als volgt:

De signalering staat aan maar de gemiddelde minuutsnelheid ligt boven de bovengrens van 50 km/uur.

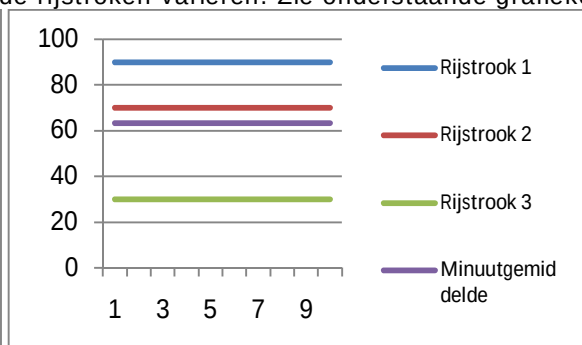
Dit betekent concreet dat tegelijkertijd twee dingen gebeuren:

1. De gemiddelde minuutsnelheid ligt boven de 50 km/uur
2. De afgevlakte snelheid komt in een minuut op minimaal één rijstrook onder de 35 km/uur

Er wordt aangenomen dat dit niet komt door het resolutieverschil tussen het model en de signalering. Daarom kan dit nooit voorkomen als de snelheden op alle rijstroken gelijk zijn. Het kan echter wel voorkomen als de snelheden op de rijstroken variëren. Zie onderstaande grafieken.



Grafiek 10.1 snelheid op de rijstroken is gelijk



Grafiek 10.2 snelheid op de rijstroken is verschillend

Als de snelheid op alle rijstroken gelijk is en het minuutgemiddelde boven de 50 km/uur uitkomt, zal de signalering nooit aanstaan. De afgevlakte snelheid kan immers nooit onder de 35 km/uur komen (zie grafiek 10.1).

Is de snelheid op meerdere rijstroken verschillend dan zal de signalering aan kunnen gaan door de snelheid op de rijstrook waar het minst hard gereden wordt. Het minuutgemiddelde kan echter nog steeds boven de 50 km/uur blijven (zie grafiek 10.2).

De hypothese voor het ontstaan van de twee type fouten is daarom als volgt:

“De signalering gaat te vroeg of onterecht aan omdat, de snelheden op de verschillende rijstroken sterk variëren”

Als de snelheid op één rijstrook laag is (<35 km/uur) kan de signalering daardoor aangaan. Als tegelijkertijd de snelheid op een andere rijstrook hoog is (>50 km/uur) kan het minuutgemiddelde toch hoog uitvallen.

Oorzaken van congestie

Het ontstaan van congestie heeft in reguliere situaties twee oorzaken (bron verkeersinformatiedienst);

Er is (tijdelijk) te veel verkeersaanbod;
er is (tijdelijk) te weinig wegcapaciteit beschikbaar.

Spitsstroken maar ook invoegstroken hebben een grote invloed op bovenstaande oorzaken. Het ophouden van een spitsstrook zorgt ervoor dat er op dat punt te weinig wegcapaciteit beschikbaar zal zijn om al het verkeer van een 3-baans naar een 2-baans rijweg af te wikkelen. Invoegstroken daarentegen zorgen voor teveel verkeersaanbod op het punt van de invoegstrook. Naast deze twee oorzaken zijn er nog incidentele oorzaken voor het ontstaan van congestie. Deze oorzaken hebben te maken met situaties waar wegeigenschappen of verkeerseigenschappen zorgen voor een afname van de snelheid. Deze situaties bestaan onder andere uit scherpe bochten in de weg, hellingen en grote hoeveelheden vrachtverkeer. In al deze situaties komt het voor dat het verkeer ineens langzamer gaat rijden waardoor een schokgolf kan ontstaan. Uitvoegstroken zorgen ook voor congestie omdat punten waar uitvoegstroken aanwezig zijn zorgen voor veel wisselingen van rijstrook wat zorgt voor een afnamen van de snelheid. Proeven met wegbewijzing, waarin het verloop van de wegen en de uitvoegstroken beter weergegeven wordt hebben al gezorgd voor een betere doorstroom van verkeer en een vermindering van congestie (zie figuur 10.1).



Figuur 10.1 oude en nieuwe wegbewijzing

Veel van de wegkenmerken die congestie veroorzaken, zijn terug te vinden in de wegkenmerken van het traject Grijsoord - Valburg. Het is daarom niet verwonderlijk dat er congestie ontstaat in de spitsperiodes op het traject en dat de signalering aangaat.

Waarnemingen

In deze paragraaf zal per locatie de belangrijkste waarnemingen die gedaan zijn worden opgesomd. In combinatie met de oorzaken van congestie moeten de waarnemingen inzicht geven in het onterecht aangaan van de signalering op locatie Rijnbrug en locatie Valburg.

Locatie Rijnbrug

Op locatie Rijnbrug zijn de volgende waarnemingen gedaan.

- Het verkeer rijdt op de rechterrijstrook (dit is een spitsstrook) op veel momenten langzamer dan het verkeer op de middelste en linkerrijstrook. Dit komt omdat er veel vrachtwagens op deze rijstrook rijden en er veel invoegend verkeer is.
- De helling op de rijbaan is duidelijk zichtbaar. Het is echter moeilijk om met waarnemingen een uitspraak te doen over de invloed van de helling op de snelheid van het verkeer. Er wordt echter aangenomen dat het vrachtverkeer door de aanwezigheid van een helling tijdelijk minder snel gaat rijden. Auto's gaan ook wel tijdelijk minder snel rijden maar zijn veel sneller weer op snelheid.

Locatie Valburg

Op locatie Valburg zijn de volgende waarnemingen gedaan.

- Het verkeer rijdt op de rechterrijstrook en de middelste rijstrook stukken langzamer dan op de linkerrijstrook. Dit heeft te maken met het eindigen van de spitsstrook en het invoegende verkeer voorbij knooppunt Valburg.
- De helling op de rijbaan is bij locatie Valburg ook duidelijk zichtbaar. Er wordt wederom aangenomen dat het vrachtverkeer door de aanwezigheid van de helling tijdelijk minder snel gaat rijden. Auto's gaan ook wel tijdelijk minder snel rijden maar zijn veel sneller weer op snelheid.

Opmerking

De waarnemingen zijn over meerdere dagen in zowel de ochtend- als avondspits gedaan. Het is echter erg moeilijk om uitspraken te doen van de situatie op de wegen op basis van waarnemingen met het blote oog.

De waarnemingen die hierboven beschreven zijn worden echter onderbouwd door de beschreven oorzaken van congestie en de wegkenmerken, waardoor ze aannemelijk worden.

Conclusie

De signalering gaat op locatie Rijnbrug en locatie Valburg te vroeg of onterecht aan omdat in de spitsperiodes de snelheden op de verschillende rijstroken vaak verschillende zijn. De lage snelheid op één rijstrook (veelal de rechterrijstrook) zorgt ervoor dat de signalering aanspringt. De hoge snelheden op de andere rijstroken zorgen er echter voor dat de gemiddelde minuutsnelheid hoog blijft. Het gevolg is dat de signalering als foutief aan wordt bestempeld door het model Smuling, omdat de minuutsnelheden per rijbaan worden berekend. De oorzaak voor het ontstaan van de fouten is het resolutieverschil dat ontstaat door het verschil tussen het vermelden van de snelheid per rijbaan of per rijstrook.

11. Validiteit van de filebeveiliging

In dit hoofdstuk zullen uitspraken gedaan worden over de validiteit van de filebeveiliging.

Fout 1a en fout 1b komen niet voor op het traject, behalve bij een defect portaal waar geen beeldstanden doorgegeven worden.

Voor fout 1a betekent dit dat als de minuutsnelheid bij het volgende portaal kleiner is dan 35 km/uur, en de afgevlakte snelheid op minimaal één rijstrook dus ook onder de 35 km/uur is geweest in die minuut, de signalering altijd aangaat.

Voor fout 1b betekent dit dat als de snelheid bij het huidige portaal in de huidige minuut kleiner is dan 35 km/uur en de volgende minuut kleiner is geweest dan 50 km/uur, en de afgevlakte snelheid op minimaal één rijstrook dus ook onder de 35 km/uur is geweest in de eerste minuut, de signalering altijd aangaat.

Omdat er geen fouten gemaakt worden door de filebeveiliging met betrekking tot het aangaan van de signalering als dit moet, werkt de filebeveiliging op dit vlak uitermate goed.

Fout 2 komt op het traject Grijsoord – Valburg voor in de drie types. De werking van de filebeveiliging met betrekking tot fout 2 zal aan de hand van deze drie types worden getoetst op validiteit.

1. De signalering blijft te lang aan

De signalering blijft op het gehele traject regelmatig te lang aanstaan. Echter is het zeer waarschijnlijk dat dit het gevolg is van het resolutieverschil tussen het model en de werkelijke situatie. Echter in de gevallen waar dit niet de oorzaak zou zijn, zijn de minuutsnelheden nog steeds vrij laag, waardoor het te lang aanstaan van de signalering niet als hinderlijk ervaren zal worden.

2. De signalering gaat te vroeg aan

De signalering gaat op locatie Rijnbrug en locatie Valburg regelmatig een aantal minuten te vroeg aan. De minuutgemiddelden zijn in deze situaties vaak vrij hoog (boven de 50 km/uur). Echter zal het zeer onwenselijk zijn om deze foutieve beeldstanden te voorkomen. De signalering gaat op deze punten namelijk aan omdat de snelheid op één rijstrook laag is, waardoor het de veiligheid ten goede komt om de signalering aan te laten gaan op de rijbaan. Door het aan laten gaan van de signalering trekken de snelheden op alle rijstroken weer gelijk waardoor er een veilige situatie ontstaat en de signalering hierna weer uit kan.

Opmerking: Als de signalering (te vroeg) aangaat trekken de snelheden weer gelijk op de gehele rijbaan. Hierdoor blijft de signalering eigenlijk nooit te lang aanstaan, omdat de gemiddelde minuutsnelheid veel overeenstemming heeft met de afgevlakte snelheid als de snelheid overal gelijk is.

3. De signalering gaat onterecht aan

Deze type fout heeft veel overeenstemming met het te vroeg aangaan van de signalering. Door het verschil in snelheden op de rijstroken springt de signalering aan. Ook hier is het om veiligheidsredenen onwenselijk om deze beeldstanden te voorkomen.

Conclusie

Met betrekking tot fout 1 en fout 2 is de filebeveiliging weldegelijk valide. De signalering werkt op bijna het gehele traject zeer goed, omdat er weinig fouten worden geconstateerd. Op locatie Rijnbrug en Valburg staat de signalering vaak foutief aan volgens het model van Smuling, echter in werkelijkheid zijn deze beeldstanden niet onwenselijk en dragen de beeldstanden juist bij aan het ontstaan van een veilige situatie op de weg. Er moet geconcludeerd worden dat de signalering volgens het model Smuling onterecht aangaat omdat de MARE-data te weinig gegevens over het traject weergeeft waardoor de echte verkeerssituatie niet goed weer wordt gegeven.

12. Optimaliseren van de variabelen

Het blijkt dat de filebeveiliging op het traject Grijsoord – Valburg wel degelijk valide is. Het optimaliseren van de variabelen lijkt daarom op het traject niet nodig. Het optimaliseren van variabelen lijkt in zijn geheel ook erg moeilijk te zijn omdat er een relatie blijkt te zijn tussen fout 1 en fout 2. Dit heeft als gevolg hebben dat het optimaliseren van de variabelen om fout 2 af te laten nemen leidt tot een toename van fout 1 en vice versa. Deze relatie tussen de fouten zal in dit hoofdstuk worden toegelicht.

Relaties tussen de storingen

Het algoritme kent vier variabelen

Ondergrens voor inschakelen signalering : 35 km/uur

Bovengrens voor uitschakelen signalering : 50 km/uur

α_{dec} : 0.15

α_{acc} : 0.40

Er zal beschreven worden wat de invloed is van het aanpassen van de variabelen op de werking van de filebeveiliging en de fouten.

Aanpassen onder- en bovengrenzen.

De onder- en bovengrenzen kunnen apart van elkaar of beide aangepast worden. Als slechts één van de variabelen veranderd dan heeft dit tot gevolg dat het verschil tussen onder en bovengrens veranderd. Als het verschil tussen de onder- en bovengrens kleiner wordt dan heeft dit tot gevolg dat de beeldstanden sneller gaan wisselen. Dit is zeer ongewenst.

Als het verschil tussen de drempelwaardes echter groter wordt zal dit leiden tot een langzamere wisseling van de beelden. Dit betekent dat of de signalering later aan zal gaan (ondergrens wordt verlaagd), later uit zal gaan (ondergrens wordt verhoogd) of beide (ondergrens wordt verlaagd en bovengrens wordt verhoogd).

Er kan echter ook voor gekozen worden om het verschil van 15 km/uur te respecteren en de onder- en bovengrenzen in zijn geheel te verschuiven. Op deze manier wordt een te snelle of een te trage wisseling van de beelden voorkomen. Als beide grenzen gelijkmatig naar onderen worden verschoven dan zal de signalering later aangaan en eerder uitgaan. Als de grenzen naar boven worden verschoven dan zal de signalering eerder aangaan en later uitgaan.

Aanpassen van de afvlakkingfactoren

de afvlakkingfactoren geven een maat voor de verandering in de gemeten snelheden. Hoe hoger de afvlakkingfactoren liggen des te sneller zullen de afgevlakte snelheden die maatgevend zijn voor de beeldstanden veranderen. Het aanpassen van de afvlakkingfactoren heeft net als de drempelwaardes een invloed op de snelheid van het aan- of uitgaan van de signalering.

Als α_{acc} kleiner wordt dan zal de signalering minder snel uitgaan.

Als α_{acc} groter wordt dan zal de signalering sneller uitgaan.

Als α_{dec} groter wordt dan zal de signalering sneller aangaan.

Als α_{dec} kleiner wordt dan zal de signalering minder snel aangaan.

Het moge duidelijk zijn dat α_{dec} de toegepaste variabele is voor het aangaan van de signalering en de α_{acc} de toegepaste variabele is voor het uitgaan van de signalering.

De afvlakkingfactoren geven een maat voor de hoeveelheid auto's die nodig zijn om de beeldstanden te veranderen. Als de afvlakkingfactoren kleiner worden dan zullen er meer snelheden gemeten moeten worden om de beeldstanden te laten wisselen.

Opmerking: de afvlakkingfactoren worden bij verschillende formules gebruikt, echter ze zijn niet onafhankelijk van elkaar. Bij afnemende snelheid geldt dat hoe hoger de waarde van α_{dec} is, des te sneller en sterker de afgevlakte snelheid daalt. Als de snelheid hierna weer toeneemt, duurt het langer om de snelheid weer te laten stijgen met behulp van α_{acc} dan wanneer α_{dec} lager was geweest. Op deze relatie wordt in dit hoofdstuk echter niet verder ingegaan.

In onderstaande tabel is weergegeven welke oplossingen voor een fout invloed hebben op het ontstaan voor andere fouten.

Soort fout	Mogelijke oplossing
Fout 1	
Signalering gaat te laat aan	Drempelwaarde 35 verhogen α_{dec} verhogen
Signalering gaat te vroeg uit	Drempelwaarde 50 verhogen α_{acc} verlagen
Fout 2	
Signalering gaat te vroeg of onterecht aan	Drempelwaarde 35 verlagen α_{dec} verlagen
Signalering staat te lang aan	Drempelwaarde 50 verlagen α_{acc} verhogen

Tabel 12.1 relaties tussen de storingen

Aanpassen van de variabelen

De signalering werkt op het traject Grijsoord – Valburg eigenlijk erg goed. Het aanpassen van de variabelen is daarom niet nodig.

Op trajecten waar wel echte fouten voorkomen kunnen variabelen aangepast worden om de ze fouten op te lossen. Er moet dan echter wel rekening gehouden worden met het feit dat het oplossen van een fout kan leiden tot het ontstaan van een andere fout.

Omdat fout 1 om veiligheidsredenen een hogere prioriteit heeft dan fout 2 is het verstandig om fout 1 op te lossen door de variabelen aan te passen. Hierdoor neemt fout 2 zeer waarschijnlijk wel toe maar vanwege de prioriteit van fout 1 is dit het wel waard.

Het oplossen van fout 2 is onwenselijk omdat er een grote kans ontstaat dat fout 1 hierdoor veroorzaakt wordt. Op een traject waar fout 1 niet voorkomt maar fout 2 zullen de variabelen aangepast moeten worden zodat fout 2 deels verdwijnt, maar fout 1 nog net niet ontstaat. Er moet dus gezocht worden naar een marge, maar het is goed mogelijk dat deze marge op veel trajecten niet bestaat. Dit zal per portaal verschillend zijn.

Als variabelen aangepast zullen worden, dan is het onwenselijk om de onder en bovengrenzen te veranderen. Deze grenzen komen overeen met de definitie van congestie, daarom zou het niet logisch zijn om deze variabelen aan te passen. Voor het aanpassen van variabelen wordt daarom aanbevolen om α_{acc} en α_{dec} aan te passen.

Aanpassen van de variabelen en MARE-data

Door de variabelen α_{acc} en α_{dec} aan te passen zullen de afgevlakte snelheden een ander verloop krijgen. Echter gegevens over deze verlopen van afgevlakte snelheden zijn niet bekend, waardoor het erg moeilijk is om de invloed van het aanpassen van de variabelen in kaart te brengen.

Met alleen de MARE-data kunnen er erg moeilijk uitspraken gedaan worden over de gevolgen van aanpassingen van de variabelen, omdat de resolutie van de MARE-data te laag is. Het is door deze lage resolutie ook moeilijk om vast te stellen of een wegstuk wel in aanmerking komt voor het aanpassen van variabelen.

Conclusie

Het aanpassen van de variabelen om fouten op te lossen blijkt, door de relaties tussen de fouten, erg lastig te zijn. Als er variabelen aangepast moeten worden, wordt aanbevolen om de afvlakingsfactoren aan te passen. Door de lage resolutie van de MARE-data is het echter moeilijk om uitspraken te doen over de gevolgen van het aanpassen van deze variabelen.

13. Eindconclusie

Ter afsluiting van dit onderzoek zijn een aantal eindconclusies geformuleerd, die naar aanleiding van dit onderzoek kunnen worden opgesteld.

Omvang van de fouten

De werking van de signalering op de A50 tussen knooppunt Grijsoord en knooppunt Valburg veroorzaakt bij niet defecte signalering geen fouten van de 1^e orde. Dit betekent dat de signalering nooit uitstaat als er congestie is op het traject. Omdat de fout van de 1^e orde de hoogste prioriteit heeft kan op dit punt gezegd worden dat de signalering zijn werk zeer goed doet.

De signalering veroorzaakt volgens het model van Smuling wel fouten van de 2^e orde. Dit betekent dat de signalering aanstaat terwijl er geen congestie is. Op de linkerrijbaan staat de signalering vaak aan maar, in de ochtend- en avondspits respectievelijk 26% en 17% van de tijd onterecht.

Eigenschappen van fout 2

Op het gehele traject blijft de signalering regelmatig te lang aanstaan. Op twee locaties gaat de signalering ook vaak te vroeg of onterecht aan. Dit gebeurt op locatie Rijnbrug en locatie Valburg. Het ontstaan van fout 2 op de twee specifieke locaties blijkt afhankelijk te zijn van een groot aantal variabelen, die alleen of in combinatie met elkaar zorgen voor storingen in de signalering.

- Op plaatsen waar spitsstroken ophouden ontstaat er een capaciteitsprobleem. Voertuigen moeten van een 3-baansweg verdeeld worden over een 2-baans weg. De congestie die hierdoor ontstaat, zorgt voor het ontstaan van 'fout 2' aan de kop van de congestie en aan de staart van de congestie.
- Invoegstroken zorgen ook voor een probleem met de verdeling van het verkeer over de rijstroken. Dit gebeurt zowel bij een situatie waar een invoegstrook overgaat in een spitsstrook als in een situatie waar de invoegstrook ophoudt en het verkeer gedwongen wordt in te voegen. In het geval van de spitsstrook is er nog steeds veel verkeerswisseling van rijstroken waardoor de snelheid afneemt. Als de invoegstrook ophoudt te bestaan ontstaat er wederom een probleem met de capaciteit van de rijbaan waardoor de snelheid afneemt.
- Uitvoegstroken zorgen ervoor dat veel verkeer van rijstrook wisselt. Door het uitvoegen neemt de snelheid in zekere mate toe aangezien de intensiteit op een rijbaan afneemt, echter bij drukte kan het vele wisselen van rijstrook een reden zijn voor plotselinge snelheidsafname. Door de wisseling van snelheidstoename en snelheidsafname ontstaan fouten in de signalering.
- Hellingen en bochten hebben ook een invloed op de werking van de signalering. Door de aanwezigheid van hellingen kan de snelheid afnemen waardoor de signalering aanspringt. De snelheid kan echter ook toenemen. Als de signalering terecht aanstaat, kan een plotselinge verhoging van de snelheid ervoor zorgen dat de signalering onterecht aan blijft staan. Het is niet waarschijnlijk dat hellingen alleen zorgen voor het ontstaan van fouten in de signalering. In combinatie met andere factoren werken ze 'fout 2' echter wel in de hand.
- Vrachtverkeer kan het ontstaan van storingen op vele manieren in de hand helpen. Door het wisselen van rijstrook bij in- en uitvoegstroken, bij het ruimte maken voor ander verkeer bij in- en uitvoegstroken of door het oprijden tegen hellingen of het nemen van bochten kan de snelheid van vrachtwagens gemakkelijk afnemen waardoor een korte schokgolf ontstaat. Door het gewicht van vrachtwagens kan het een langere tijd duren voordat ze weer op snelheid zijn waardoor de afgevlakte snelheid eenvoudig onder de 35 km/uur kan duiken.

Interpretatie van de fouten

Fout 2 blijkt drie verschillende types te hebben:

- De signalering blijft te lang aanstaan op het gehele traject
- De signalering gaat onterecht aan op locatie Rijnbrug en Valburg
- De signalering gaat te vroeg aan op locatie Rijnbrug en Valburg

Als de signalering te lang aan blijft staan gebeurt dit meestal voor slechts één of twee minuten. De minuutsnelheid blijft hierbij echter vrij laag. Het te lang aanstaan van de signalering wordt veroorzaakt door het resolutieverschil tussen het model van Smuling en de filebeveiliging.

Als de signalering te vroeg of onterecht gaat dan wordt dit veroorzaakt door snelheidsvariaties op de individuele rijstroken op de rijbaan. De signalering gaat aan door de lage snelheid op één rijstrook, maar het minuutgemiddelde blijft hoog door de hogere snelheid op de andere rijstroken. Het aanstaan van de signalering op dit soort momenten is niet ongewenst omdat het de veiligheid waarborgt. Tevens zorgt het aangaan van de signalering er op deze momenten voor dat de snelheden op alle rijstroken weer gelijk worden getrokken, waardoor invoegen en wisselen van rijstrook weer beter mogelijk wordt.

De fouten die opgespoord worden met behulp van het model van Smuling blijken in de realiteit niet onwenselijk te zijn. Er kan daarom eigenlijk niet van fouten worden gesproken.

Tekortkomingen van het model

De interpretatie van de fouten, die opgespoord zijn door het gebruikte model van Smuling, komt voort uit de tekortkomingen die het model heeft ten opzichte van de werkelijkheid.

Het model werkt op basis van de gemiddelde minuutsnelheid op basis van rijbaanniveau. Het algoritme werkt op basis van afgevlakte snelheden op rijstrookniveau. Als gevolg van deze verschillende detailniveaus ontstaan er twee verschillende beelden van de verkeerssituatie.

Door het gebruik van een gemiddelde minuutsnelheid in plaats van de afgevlakte snelheid en het gebruik van rijbaanniveau in plaats van rijstrookniveau is de resolutie van het model (minuutgemiddelde, rijbaanbreed) veel lager dan de resolutie van de werkelijkheid (voertuigspecifiek, rijstrook). Door het verschil in resolutie kan het model een beeldstand als fout bestempelen terwijl deze beeldstand in de praktijk helemaal niet ongewenst is. Er moet dan ook geconcludeerd worden dat het te lang aan blijven staan van de beeldstanden en het foutief aanstaan op de locatie Rijnbrug en Valburg gebaseerd is op een model dat geen goed (genoeg) beeld van de werkelijkheid schetst omdat er teveel informatie ontbreekt om een duidelijk beeld te verkrijgen.

Het is belangrijk om te beseffen dat fouten in de signalering niets te maken hebben met het algoritme zelf. Het algoritme zelf bestaat slecht uit twee kleine formules en er kan vanuit gegaan worden dat deze hun werk correct doen. De fouten in de signalering komen echter naar voren door de verschillen in de resoluties van het model en het algoritme.

Optimaliseren van de variabelen

Het is aan de hand van de MARE-data en het model Smuling moeilijk vast te stellen, of een gegeven wegstuk/locatie geschikt is voor het optimaliseren van variabelen. Omdat gegevens over het afgevlakte snelheidsverloop niet bekend zijn en de resolutie van de MARE-data te laag is, is er te weinig informatie bekend over de situatie op de weg.

14. Discussie

Tot slot wordt in dit hoofdstuk de discussie geopend over relevante onderwerpen die niet in dit onderzoek behandeld zijn en worden aanbevelingen voor vervolgonderzoek gedaan.

De werking van de filebeveiliging blijkt voor veel automobilisten een bron van ergernis te zijn. De werking van de filebeveiliging leidt daarom ook tot veel klachten. Uit dit onderzoek komt echter naar voren dat de signalering helemaal niet zo slecht werkt. Op locatie Valburg en locatie Rijnbrug zijn klachten over de werking van de signalering echter wel begrijpelijk. Omdat de snelheid op de linkerrijstrook vaak nog relatief hoog ligt en de signalering enkel aangaat om de snelheid op de rechterrijstrook, kan het voor automobilisten lijken alsof de signalering onterecht aangaat. Het is nog maar de vraag of automobilisten wel genoeg inzicht hebben in de redenen waarom signalering aangaat. Misschien kan betere en directere informatie hier verandering in brengen.

Omdat het onderzoek voor een groot deel gedaan is op basis van een model dat de werkelijkheid toets aan de hand van vereenvoudigde MARE-data, heeft het onderzoek een onrealistisch karakter. De data geeft niet voldoende inzicht in wat er op de weg gebeurt, omdat de data te beperkt is. Het gedrag van automobilisten kan erg veel informatie geven over het ontstaan van fouten in de signalering. De waarnemingen in dit onderzoek gaven reeds een inkijk in het ontstaan van fouten, echter door gebrek aan middelen zijn deze waarnemingen beperkt. Betere waarnemingen maar ook gesprekken met automobilisten en vrachtwagenchauffeurs over hun reacties op de signalering kunnen nieuwe inzichten geven over de werking ervan.

Het onderzoek is enkel gericht geweest op het wegstuk A50 tussen knooppunt Grijsoord en knooppunt Valburg. De behandelde MARE-data bestreek hierbij een periode van twee opeenvolgende weken in februari. Een conclusie van het onderzoek was dat de wegeigenschappen een grote invloed kunnen uitoefenen op de werking van de signalering, waardoor de signalering op sommige wegdelen erg gevoelig wordt voor storingen. Onderzoek naar de relatie tussen wegeigenschappen op andere wegen die voorzien zijn van filesignalering kan extra informatie geven over dit onderwerp. Tevens is door het gebruik van data over twee weken in dezelfde maand de invloed van verschillende weersinvloeden niet te toetsen. Uit Smuling kwam naar voren dat weersinvloeden zoals regen en vorst invloed kunnen hebben op de werking van de signalering. Het blijkt dat dit onderzoek slechts een kleine inkijk geeft in de werking van de filebeveiliging, verder onderzoek, met meer locaties en meer data, zal een breder beeld kunnen schetsen.

Vervolgonderzoek met betere data geeft uiteraard een beter inzicht in de verkeerssituatie. Data die rijstrookspecifiek is zou bijvoorbeeld goed weergegeven door het gedrag op welke rijstrook de signalering aangaat. Echter het gebruik van betere data zal leiden tot het wegvallen van de fouten, omdat het algoritme zelf geen fouten maakt, maar de fouten ontstaan door de verschillen in de resolutie van de MARE-data en de lusdetectie. Het opsporen van fouten moet daarom gedaan worden aan de hand van de MARE-data, zodat een globaal beeld ontstaat van waar er 'vreemde' patronen te zien zijn (bijvoorbeeld aanstaan van de signalering bij hoge minuutgemiddelden). Voor het analyseren van deze fouten zou andere data gebruikt moeten worden, vooral verlopen van afgevlakte snelheden per rijstrook zullen hierbij veel inzicht kunnen geven. Ook voor het optimaliseren van de variabelen zij specifiekere data onmisbaar.

Literatuur

- “Alternatieven voor LUSDetectie” N.G.J.C. Bukkems, E. Folles, 2002 (covernota)
- “Evaluatieplan dynamax” T. Vonk, 2008 (evaluatieplan)
- “Exploratief onderzoek naar filebeveiliging in Oost-Nederland” H.V. Smuling, 2000 (afstudeerrapport)
- “Modelling transport” Ortuzar J. De D. (1995) (boek)
- “Optimalisatie parameterinstellingen AID” M.L.D. van Rij, 2002 (adviesrapport)
- “RAMS analyse MTM-2” J.H.S. Van der Worp, 2006 (adviesrapport)
- “Specificatie Onderstation MTM-2” Adviesdienst Verkeer en Vervoer, 1999 (adviesrapport)
- “Verkeer” M.F.A.M van Maarseveen, L. De Jong, F. Tillema, M.H.P. Zuidgeest, 2001/2002 (dictaat)
- “Verkeerskundig functioneel beheer van verkeerssignalering” E. Janssen, 2006 (adviesrapport)
- “Voertuigdetectie: Wensen en Mogelijkheden” W. Polman, 2002 (adviesrapport)
- “Project voertuig categorie indeling” J.F.H.G. Geerarts, J.N. Bergen, 2003 (rapportage)
- “<http://www.verkeersinformatiedienst.nl/fileproblematiek.html>” VID, 2009 (website)

Bijlage 1: Trefwoordenlijst

- Afvlakken:** Een wiskundige methodiek die een aantal metingen in de tijd zodanig middelt dat er een gelijkmatig verlopende grafiek ontstaat
- Algoritme:** nauwkeurig gedefinieerde regels of procedure om een gesteld resultaat te verkrijgen uit een eindig aantal bewerkingen
- Beeldstand:** Een visueel signaal boven de weg, afgegeven door de verkeerssignalering
- Beeldflikkering:** Het frequent aan en uit gaan van de signalering, wordt als ongewenst ervaren
- Capaciteit:** het maximale aantal voertuigen dat een wegdoorsnede per tijdseenheid kan passeren
- Congestie:** Een verkeerssituatie die optreedt vanaf het moment dat de snelheid van het verkeer onder de 35 km/uur komt totdat de snelheid weer boven de 50 km/uur komt. Situatie waar het verkeersaanbod groter is dan de capaciteit van de weg
- Dynamisch systeem:** Een tijdsvariabel systeem
- File:** Een situatie waar het verkeer als gevolg van een te groot verkeersaanbod langzamer dan 25 km/uur rijdt
- Filebeveiliging:** Onderdeel van de verkeerssignalering dat als doel heeft het waarnemen en waarschuwen voor congestie/file, om zo de veiligheid en de doorstroom van het verkeer te garanderen
- Filedruk:** De maat die gebruikt wordt om de drukte op het autosnelwegennet weer te geven. De filedruk van een file wordt berekend door de lengte van de file te vermenigvuldigen met de tijdsduur
- Intensiteit:** Het aantal voertuigen dat per uur of per etmaal een zekere wegdoorsnede passeert.
- Invoegstrook / Toerit:** Een rijstrook die naar de hoofdrijbaan leidt
- Knooppunt:** een kruispunt van wegen, waarbij de verkeersstromen elkaar kruisen, of samenkomen, bij autosnelwegen meestal niet gelijkvloers
- Kwantificeren:** Het aangeven van hoeveelheden
- Lussen:** Meetstelsel om rijtijden/snelheden van voertuigen te meten
- Matlab:** Een natuurkundig/wiskundig softwareprogramma
- Minuutgemiddelde:** Een gemiddelde gebaseerd op waarnemingen die in één minuut gedaan zijn
- Portalen:** Een fysiek onderdeel van de verkeerssignalering, waar rijtijden gemeten worden en beeldstanden getoond worden
- Rijbaan:** Een deel van de wegdoorsnede waarbinnen verkeer zonder fysieke obstakels te overwinnen kan wisselen van laterale positie
- Rijksweg:** Een weg die in beheer is bij de centrale overheid van een land
- Rijstrook:** Onderdeel van de rijbaan. Over een rijstrook kunnen voertuigen rijden
- Rijtijd:** Tijd waarin een bepaalde afstand wordt gereden
- Snelheidsdeken:** Het verlagen van de maximumsnelheid op een traject middels signalering boven de (snel)weg
- Spitsstrook:** Een extra rijstrook op een rijbaan van een autosnelweg
- Stroomafwaarts:** De kant waar de weggebruikers naartoe rijden
- Stroomopwaarts:** De kant waar de weggebruikers vandaan komen
- Uitvoegstrook / Afrit:** Een rijstrook met beperkte lengte waarop bestuurders snelheid kunnen minderen om zo de hoofdrijbaan te verlaten
- Valideren:** Aantonen dat de meetapparatuur / meetmethode geschikt is voor de toepassing
- Variabelen:** Een grootheid die elke willekeurige waarde, kan aannemen
- Verkeersafwikkeling:** Hoe het verkeer zich over de wegen verplaatst
- Verkeerssignalering:** Het complete systeem van matrixborden boven de wegen
- Versnelling:** Toenemende snelheid van een voertuig, of een reeks voertuigen over één punt
- Vertraging:** Afnemende snelheid van een voertuig of een reeksvoertuigen over één punt
- Voertuigcategorie:** Voertuigen ingedeeld in lengtecategorieën
- Wegbewijzering:** Geheel van visuele middelen die op, langs of boven de weg zijn aangebracht om de weggebruiker in staat te stellen zijn route te bepalen
- Wegeigenschappen:** De verschillende eigenschappen van een specifiek wegdeel

Bijlage 2: portalen

Hieronder staan alle portalen waarop de analyse is uitgevoerd.

Portalen Linkerrijstrook	Rijrichting
154,850	
155,500	
155,925	
156,342	
156,888	
156,920	
157,515	
158,070	
158,530	
158,970	
159,400	
160,000	
160,600	
161,247	
161,840	
162,150	
162,615	
163,160	
163,750	
164,360	
164,700	
165,080	
165,500	
165,800	
166,440	
166,850	
167,175	
167,850	
168,238	
168,505	
169,000	
169,630	

Bijlage 3: Matlab programma

Op de volgende pagina is de fysieke versies van het Matlab-programma voor de linkerrijbaan weergegeven. Het programma heeft als doel het opsporen van fout 1 en fout 2 in de verzamelde data en het tellen van de hoeveelheid fouten. Bij het programma staat per stap een korte uitleg.

Programma Linkerrijbaan

```

terechtaan = 0; %teller aanmaken voor aantal keren terecht aan
onterechtaan = 0; %teller aanmaken voor aantal keren onterecht aan
fout777 = 0; %teller aanmaken voor fout 1a
fout888 = 0; %teller aanmaken voor fout 1b
terechtuit = 0; %teller aanmaken voor terecht uit
hectolinks = [0 154.8 155.5 155.9 156.3 156.9 156.9 157.5 158.1 158.5 159
159.4 160 160.6 161.2 161.8 162.1 162.6 163.2 163.7 164.4 164.7 165.1 165.5
165.8 166.4 166.8 167.2 167.8 168.2 168.5 169 169.6 0 0 0]; %ingeven
hectometerpunten
for i=10:189 % ingeven rijen tijdstippen
    for j = 3:34 % ingeven kolommen hectometerpunten
        if strcmp(textdata(i,j),'50/50/-/-') ||
strcmp(textdata(i,j),'50/50/50/-') || strcmp(textdata(i,j),'50/50/50/50')
|| strcmp(textdata(i,j),'50/50/70/-') ||
strcmp(textdata(i,j),'50/50/50/70') %selecteren beeldstanden
            if data(i-1,j-1) > 50 && data(i-1,j) >= 35 && data(i,j) >= 35
                data(i-1,j) = data(i-1,j) + 0.666; % fout 2 selecteren
                onterechtaan = onterechtaan +1; %teller activeren
            elseif data(i-1,j) > 1 && data(i-1,j-1) > 1
                data(i-1,j) = data(i-1,j) + 0.1; % terecht aan selecteren
                terechtaan = terechtaan + 1; %teller activeren
            end
            if data(i-1,j-1) < 1
                data(i-1,j) = data(i-1,j) + 0.01; % selecteer aan, maar
onvoldoende data beschikbaar
            end
        end
        if strcmp(textdata(i,j),'-/-/-/-') || strcmp(textdata(i,j),'[ ]/[
]/-/-') || strcmp(textdata(i,j),'[ ]/[ ]/[ ]/[ ]/-') ||
strcmp(textdata(i,j),'[ ]/[ ]/[ ]/[ ]/[ ]')
            if data(i-1,j-1) < 35 && data(i-1,j-1) > 1
                data(i-1,j) = data(i-1,j) + 0.777; % fout 1a selecteren
                fout777 = fout777+1; %teller activeren
            elseif data(i-1,j) < 35 && data(i,j) <= 50 && data(i-1,j) > 1
&& data(i,j) > 1
                data(i-1,j) = data(i-1,j) + 0.888; %fout 1b selecteren
                fout888 = fout888 + 1; %teller activeren
            elseif data(i-1,j) > 1 && data(i-1,j-1) > 1
                data(i-1,j) = data(i-1,j) + 0.2; %terecht uit selecteren
                terechtuit = terechtuit +1; %teller activeren
            end
            if data(i-1,j-1) < 1 || data(i-1,j) < 1
                data(i-1,j) = data(i-1,j) + 0.02; % selecteer uit, maar
onvoldoende data beschikbaar
            end
        end
    end
end
data(7,:) = hectolinks;
xlswrite('avondlinks1302.xls',data)
'onterechtaan/aan' %data naar Excel-file schrijven
onterechtaan/(onterechtaan+terechtaan)
'fout1a/uit' %weergeven fout percentage
fout777/(terechtuit+fout888+fout777)
'fout1b/uit'
fout888/(terechtuit+fout888+fout777)

```

Bijlage 4: snelheden

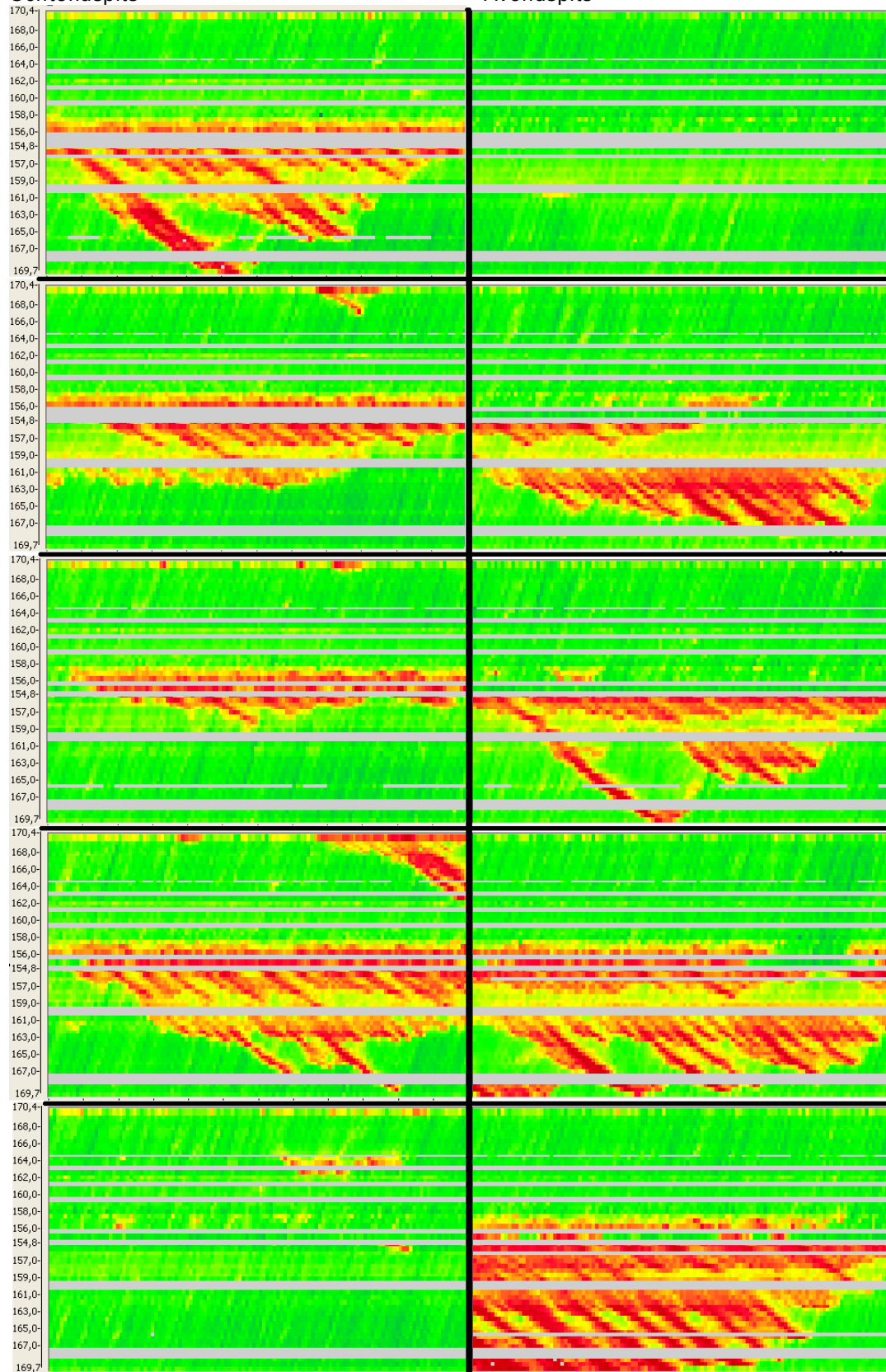
Onderstaande grafieken geven een beeld van de snelheden op het traject Grijsoord – Valburg.

2 Feb t/m 6 Feb

Ochtendspits

Avondspits

Rijbaan



9 Feb t/m 13 Feb

Ochtendspits

Avondspits

Rijbaan

