

# **Optimalisatie parameterinstellingen AID**

Definitief

Opdrachtgever:  
Rijkswaterstaat  
Adviesdienst Verkeer en Vervoer

Grontmij Verkeer & Infrastructuur bv  
De Bilt, 31 januari 2002

# Verantwoording

Titel : Optimalisatie parameterinstellingen AID  
Projectnummer : 42.0907.1  
Documentnummer : V&I-99311640  
Revisie : 3  
Datum : 31 januari 2002

Auteur(s) : ing. M.L.D. van Rij  
e-mail adres : martijn.vanrij@grontmij.nl  
frans.dehaes@grontmij.nl  
Gecontroleerd : ing. F. de Haes  
Paraaf gecontroleerd :  
Goedgekeurd : ing. F. de Haes  
Paraaf goedgekeurd :

# Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	5
1.1	Aanleiding .....	5
1.2	Doel studie.....	5
1.3	Opzet studie.....	7
1.4	Leeswijzer .....	7
2	Automatische Incident Detectie.....	8
2.1	Doel AID.....	8
2.2	Werking algoritme.....	9
2.2.1	Werking AID op hoofdlijnen.....	9
2.2.2	Parameters.....	15
3	Uitkomsten expertsessie.....	16
3.1	Inleiding.....	16
3.2	Problemen met huidige AID .....	16
3.2.1	Detectie / plaatsing beelden.....	16
3.2.2	Parameterinstellingen.....	17
3.2.3	Database instellingen .....	17
3.3	Oplossingsrichting.....	18
3.3.1	Detectie/Plaatsing.....	18
3.3.2	Parameterinstellingen.....	18
3.3.3	Database-instellingen.....	19
3.3.4	Wanneer waarschuwen?.....	19
3.4	Hoe beveiligen?.....	20
3.5	Toetsingscriteria .....	21
3.6	Varianten.....	22
4	Simulator.....	23
4.1	De AID simulator .....	23
4.2	Werking simulator op hoofdlijnen.....	23
4.3	Invoer .....	24
4.4	Uitvoer .....	25
5	Gegevens .....	26
5.1	Gebruikte meetdata.....	26
6	Performanceberekening .....	29
6.1	Criteria .....	29
6.2	Berekening op hoofdlijnen .....	29
6.3	Berekenen verkeerstype.....	30
6.4	Berekening AID-status .....	31
6.5	Vergelijking beelden – verkeerstype.....	31
6.6	Korte beelden .....	32
6.7	Berekening totale performance .....	33
7	Varianten van het AID-algoritme.....	35
7.1	Beschrijving varianten.....	35

## Inhoud (vervolg)

7.2	Variant 50.....	35
7.3	Variant 70.....	35
7.4	Onderzoeksdagen .....	36
7.5	Simulatieopzet .....	36
8	Resultaten simulatiestudie .....	38
8.1	Inleiding.....	38
8.2	Instellingen .....	38
8.2.1	Variant [50].....	38
8.2.2	Variant [70].....	39
8.3	Performance .....	39
8.3.1	Variant [50].....	39
8.3.2	Variant [70].....	42
8.4	Effect wijziging parameters .....	45
8.4.1	Effect wijziging $\alpha_{\text{dec}}$ .....	45
8.4.2	Effect wijziging $\alpha_{\text{acc}}$ .....	46
8.4.3	Effect Ondergrens .....	47
8.4.4	Effect Bovengrens .....	49
8.4.5	Effect dubbele grenzen .....	51
8.4.6	Actietabel .....	52
9	Conclusies en aanbevelingen .....	56
9.1	Conclusie .....	56
9.1.1	Conclusie [50]-variant .....	57
9.1.2	Conclusie [70]-variant .....	58
9.1.3	Vergelijking tussen de twee varianten .....	58
9.2	Aanbeveling.....	59
9.2.1	[50] variant.....	59
9.2.2	[70] variant.....	59
Bijlage 1 Woordenlijst		
Bijlage 2 Uitvouwblad		
Bijlage 3 Voorbeeld RCU-data		
Bijlage 4 Vlekkenkaarten incidenten		

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Sinds de jaren tachtig is er een functionaliteit binnen het Motorway Control and Signalling System (MCSS) (nu Motorway Traffic Management (MTM)) ontwikkeld die files op het hoofdwegennet automatisch kan detecteren en het achteroprijdend verkeer waarschuwt met behulp van matrixborden. De zogenaamde Automatische Incident Detectie (AID). Het systeem is lange tijd operationeel geweest zonder verdere wijzigingen.

In de jaren negentig kwamen er vragen van de Regionale Directie's over het functioneren van het AID-mechanisme, in sommige situaties deed het systeem niet waarvoor het was ontwikkeld. Op kleine schaal zijn o.a. door Transpute experimenten uitgevoerd<sup>1</sup> om de instellingen van het systeem te verbeteren. Recentelijk heeft Grontmij onderzoek<sup>2</sup> gedaan naar de verschillende fouten die optreden.

Op basis van deze experimenten en dit onderzoek heeft de Adviesdienst Verkeer en Vervoer besloten twee studies uit te voeren naar de verbetering van het AID-systeem. De eerste studie richt zich op het (op korte termijn) verbeteren van het AID-algoritme binnen het bestaande MTM2 systeem door de parameterinstellingen te wijzigen, de zogenoemde optimalisatie. De tweede studie richt zich op verbeteringen op lange termijn waarvoor (mogelijk) een aanpassing aan de hardware en/of software voor nodig is, het gaat hierbij om een modificatie van het AID-algoritme.

Dit rapport beschrijft de resultaten van de eerste studie: de optimalisatie.

## 1.2 Doel studie

Het oorspronkelijke doel van de optimalisatiestudie was:

**Het verbeteren van de instellingen van de parameters van het algoritme in de Automatische Incident Detectie, zodanig dat het verkeer beter wordt gewaarschuwd bij filevorming en langzaamrijdend verkeer en dat de gemelde problemen minder of niet meer voorkomen. Ook dient te worden gekeken of de instellingen toepasbaar zijn op andere locaties/situaties, zodat hiervoor richtlijnen kunnen worden opgesteld.**

Om de doelstelling te kunnen beantwoorden is het van belang om over meetdata van verschillende situaties te beschikken. Voor het inwinnen van de gegevens was rekening gehouden met de implementatie van RESI (Research Systeem Signalering). Helaas bleek gedurende het project dat RESI niet op

---

<sup>1</sup> Onderzoek wijziging parameters AID in de autosnelwegsignalering op het traject A12 Driebergen – De Meern, drs. J.A.C. van Toorenburg en drs. J.A.C.M. Elbers, Transpute 2001.

<sup>2</sup> Functioneren AID, Bevindingen, conclusies en aanbevelingen, ing. M.P.A. de Graauw, Grontmij 2000.

tijd operationeel was. Voor de simulaties is gebruik gemaakt van alternatieve meetgegevens afkomstig uit de trajectcontrole proef op de A2. Het gevolg hiervan was dat er niet naar locatiespecifieke instellingen gekeken kan worden. In hoeverre de gesimuleerde instellingen op de A2 (drie rijstroken en rechte weg) toepasbaar zijn op andere trajecten moet in een later stadium (als RESI beschikbaar is) worden bekeken met aanvullende simulaties.

De optimalisatie is gebonden aan de randvoorwaarde dat de aanpassingen mogelijk zijn binnen het MTM2-systeem. Dit houdt in dat er alleen een wijziging van de parameterinstellingen van het AID-algoritme mogelijk is. Een alternatief algoritme betekent een aanpassing aan de onderstations (OS) of een aanpassing van de software binnen de verkeerscentrale. Deze varianten worden bij de modificatie uitgewerkt.

Tijdens de studie is gebleken dat de afvlakfactoren in de specificatie 'Onderstation MTM' afwijken van de bedoelde instellingen zoals deze eind jaren 80 zijn voorgesteld. In het hoofdstuk over de werking van het algoritme is echter uitgegaan van de bedoelde instellingen omdat deze beter aansluiten bij de theorie. Bij de presentatie van de gesimuleerde instellingen wordt zowel vergeleken met de huidige (default) instellingen als de oorspronkelijk bedoelde instellingen, op de plaatsen waar is uitgegaan van de oorspronkelijk bedoelde instellingen (bijvoorbeeld bij de uitleg over de werking van het systeem) wordt dit expliciet vermeld. Bij de analyse worden tenslotte beide instellingen met elkaar vergeleken.

Bij deze studie worden met behulp van een simulatiepakket verschillende parameterinstellingen gevarieerd en geanalyseerd. De uitkomst van de studie is een instelling van het algoritme die onder verschillende omstandigheden het beste presteert.

Om het doel te bereiken is het wenselijk over een instrument te beschikken dat (nauwkeurig en snel) de effecten van de wijzigingen door kan rekenen. Er is daarom gekozen een simulatiepakket te bouwen dat aan de specifieke vraag beantwoordt in plaats van het uitvoeren van veldproeven. Met de simulator is het mogelijk systematisch een grote range van instellingen door te rekenen onder gelijkblijvende omstandigheden. De verschillende instellingen kunnen hierna door middel van een performancemeting met elkaar worden vergeleken.

De simulator wordt ingezet in zowel de optimalisatie- als de modificatiestudie.

### 1.3 Opzet studie

Deze studie is ingedeeld in vier onderdelen:

1. Inventarisatie en opstellen plan van aanpak:
  - het verzamelen van problemen met de huidige parameterinstelling en een probleemanalyse;
  - criteria vaststellen voor de meting van de prestatie;
  - opstellen plan van aanpak;
2. Specificatie en bouw simulatieomgeving;
  - maken simulatieprogramma;
3. Simulatie varianten;
  - verzamelen en selecteren bestaande verkeersgegevens;
  - testen en optimaliseren parameterinstellingen met deze verkeersgegevens;
4. Eindrapportage.

Dit rapport is de eindrapportage.

### 1.4 Leeswijzer

Als eerste zal in hoofdstuk 2 de werking van het AID algoritme worden behandeld. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 de resultaten van de expertsessie beschreven, hierin komen o.a. de problemen met het huidige AID en de mogelijke oplossingsrichtingen en toetsingscriteria naar voren. In hoofdstuk 4 wordt beknopt de werking van de AID-simulator, en in hoofdstuk 5 de gebruikte meetdata toegelicht. Hierna zal in hoofdstuk 6 de performanceberekening, en in hoofdstuk 7 de varianten worden toegelicht. Hoofdstuk 8 gaat vervolgens in op de resultaten van de simulatiestudie. Tot slot staan in hoofdstuk 9 de conclusies en de aanbevelingen.

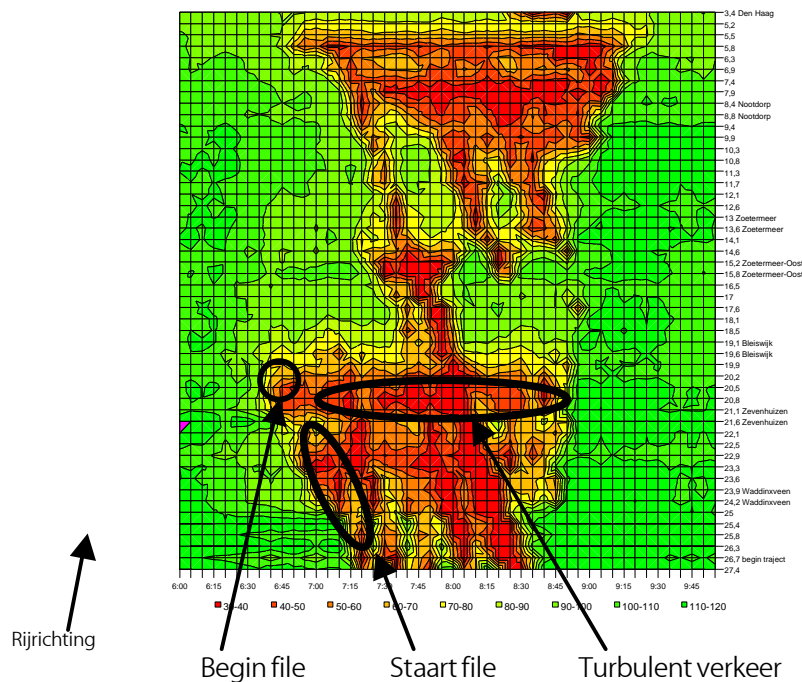
## 2 Automatische Incident Detectie

### 2.1 Doel AID

Het primaire doel van de Automatische Incident Detectie (AID) is het beveiligen van de filestaart. Het systeem heeft als doelstelling het aantal secundaire ongevallen in de file te verminderen. Bij een evaluatiestudie van het systeem in 1982 (De Kroes, 1982) kwam naar voren dat het aantal secundaire ongevallen met ongeveer 45% is afgenomen.

Het AID bestaat uit twee onderdelen, het detecteren van een incident en het waarschuwen van de weggebruikers. Voor het detecteren van een incident is men altijd te laat. Een incident voorspellen is (helaas) niet mogelijk. Een goed AID detecteert een incident snel (enkele seconden) en plaatst de beelden dusdanig boven de weg dat het aankomende verkeer zo snel mogelijk wordt gewaarschuwd. Vervolgens moet een goed AID een betrouwbaar beeld boven de file laten zien. Een AID dat valse meldingen geeft of continu aan- en uitgaat boezemt weinig vertrouwen in, waardoor de effectiviteit afneemt. Er moet daarom een afweging worden gemaakt tussen nauwkeurigheid (snel de goede beelden plaatsen) en betrouwbaarheid (een stabiel systeem). Om dit te bereiken is een vertragsingsmechanisme met hysteresis en afvlakfactoren ingebouwd dat een onderdeel is van het AID-algoritme.

In de onderstaande tijd/weg/snelheidsgrafiek (vlekkenkaart) zijn de verschillende onderdelen van de file weergegeven.



figuur 2.1, Filegebieden



## 2.2 Werking algoritme

We bespreken eerst de werking van het huidige AID algoritme in hoofdlijnen. Daarna geven wij in deze paragraaf een overzicht van de parameters die kunnen worden aangepast in het AID-algoritme.

### 2.2.1 Werking AID op hoofdlijnen

Het AID algoritme werkt op basis van een vergelijking van de gemiddelde snelheid met een grenswaarde. De snelheid wordt per rijstrook berekend en getoetst. Komt de snelheid onder de grenswaarde (deze is nu ingesteld op 35 km/uur) dan zal het AID 'aangaan'. Komt de snelheid weer boven een grenswaarde dan zal het AID weer uitgaan.

De snelheid voor de toetsing wordt berekend uit de rijtijden die door de detectielussen worden gemeten<sup>3</sup>. Om de invloed van foutmetingen te minimaliseren worden de rijtijden eerst gefilterd op te hoge (omgerekend >200 km/uur) en worden snelheden <18 km/uur opgehoogd naar 18 km/uur. De rijtijden die overblijven, worden vervolgens gebruikt voor de berekening van de afgevlakte rijtijd. De rijtijd wordt afgevlakt om fluctuaties in de snelheden te dempen. Incidentele uitschieters kunnen het AID hierdoor niet aan of uit krijgen, zodat er een stabiel beeld ontstaat. De afgevlakte rijtijd wordt vervolgens omgerekend naar de snelheid. Deze snelheid is (bij de huidige instelling) pas geldig als er minimaal 12 correcte rijtijden zijn gemeten.

De afgevlakte rijtijd (P) wordt berekend met de volgende formule:

*Als de gemeten rijtijd kleiner of gelijk is aan de huidige afgevlakte rijtijd:*

$$\tilde{P}_{nieuw} = \alpha_{acc} * P_{gemeten} + (1 - \alpha_{acc}) * \tilde{P}_{oud}$$

*Als de gemeten rijtijd groter is dan de huidige afgevlakte rijtijd:*

$$\tilde{P}_{nieuw} = \alpha_{dec} * P_{gemeten} + (1 - \alpha_{dec}) * \tilde{P}_{oud}$$

De  $\alpha$ 's **waren oorspronkelijk**<sup>4</sup> ingesteld op:

$$\alpha_{acc} = 0,15$$

$$\alpha_{dec} = 0,40$$

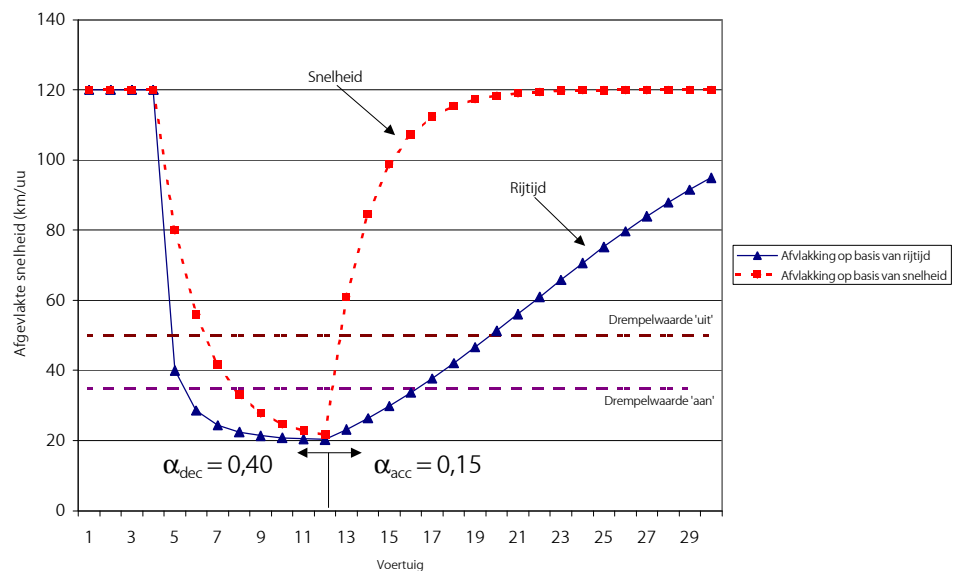
Door gebruik te maken van twee verschillende afvlakfactoren kan de invloed van de gemeten rijtijd op de gemiddelde rijtijd bij langzaam rijdend verkeer worden vergroot ( $\alpha_{dec} = 0,4$ ), en bij snel rijdend verkeer worden verkleind ( $\alpha_{acc} = 0,15$ ). De snelheidsdaling wordt hierdoor minder afgevlakt dan een snelheidsstijging. Het AID zal hierdoor sneller reageren op een incident en iets langer aanblijven zodat te snelle beeldwisselingen worden voorkomen.

De reden waarom er bij het afvlakken wordt gerekend met rijtijden in plaats van snelheden is dat een afvlakking op basis van de rijtijd sneller en beter reageert op snelheidsverschillen. Dit komt omdat in de formule voor het afvlakken een hoge waarde (de rijtijd in milliseconden) een grotere invloed op de

<sup>3</sup> De inductielussen in het wegdek registreren het tijdstip waarop een voertuig de eerste en de tweede lus aanrijdt. Aan de hand van het verschil tussen de twee tijden en de vaste afstand tussen de lussen kan de rijtijd worden berekend.

<sup>4</sup> In het huidige systeem zijn de  $\alpha$ 's omgedraaid, in hoofdstuk 8 is een vergelijking tussen de twee instellingen opgenomen.

uitkomst heeft dan een kleine waarde (de snelheid). In figuur 2.2 is een voorbeeld opgenomen van een plotselinge verandering in de snelheid van 120 naar 30 km/uur en weer terug naar 120 km/uur, waarbij dezelfde snelheden worden afgevlakt (met dezelfde default afvlakfactoren<sup>5</sup>). De afvlakking op basis van rijtijd reageert sneller op een daling van de snelheid en volgt deze dieper dan de afvlakking op basis van de snelheden. Bij het afvlakken met rijtijden zal bij het 6<sup>e</sup> voertuig de AID aangaan, en bij de afvlakking op basis van de snelheid pas bij het 8<sup>e</sup> voertuig. Ook blijft het AID langer aan bij het afvlakken met rijtijden. Door te werken met rijtijden wordt automatisch met een harmonisch gemiddelde snelheid gerekend ( $1/\text{snelheid}$ ).



figuur 2.2, Afvlakking op basis van snelheid en rijtijd

De volgende stap is het classificeren van de snelheid op de verschillende rijstroken aan de hand van een onder- en bovengrens. Komt de afgevlakte snelheid onder de ondergrens (huidig = 35 km/uur) dan is er file op de betreffende rijstrook. In het huidige systeem zijn de volgende klassen gedefinieerd:

- X = geen data
- 0 = geen file = gemiddelde snelheid > 50
- D = 'doubtful' = gemiddelde snelheid tussen de 35 en 50 km/uur
- 1 = file = gemiddelde snelheid < 35 km/uur

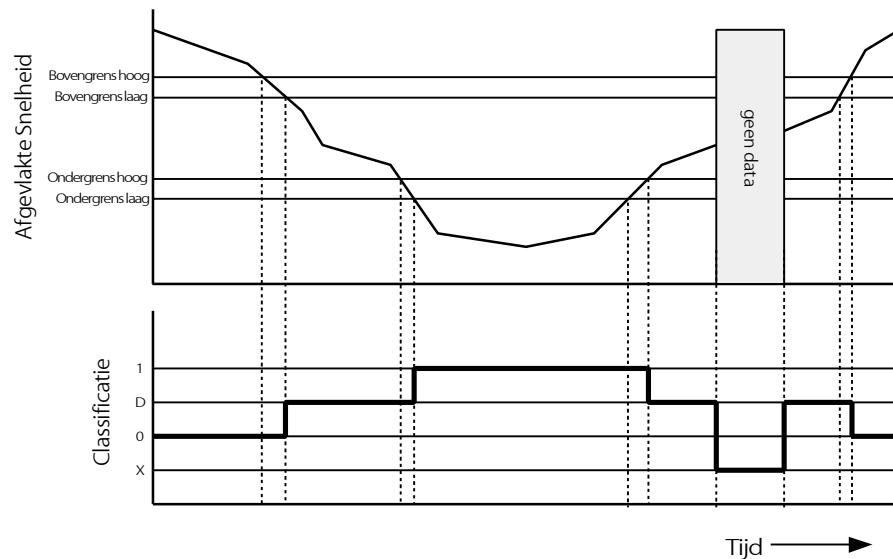
Voordat het beeld wordt ingetrokken moet de afgevlakte snelheid hoger zijn dan de bovengrens (huidig = 50 km/uur). Tussen de overgang van file naar filevrij is er een klasse D van 'doubtful' (twijfelachtig). De klasse D wordt gebruikt als overgang tussen 'geen file' en 'file' en omgekeerd. Door gebruik te maken van een klasse D kan worden voorkomen dat er veel beeldwisselingen ontstaan.

Bij de classificatie kan gebruik worden gemaakt van dubbele boven- en ondergrenzen. De grenzen zijn aangegeven met bovengrens hoog en laag. De grens laag wordt bij een snelheidsdaling gebruikt voor een overgang van de classificatie, en de grens hoog bij een snelheidsstijging. Het gebruik van de

<sup>5</sup> Hoe dichter de afvlakfactoren bij 1 komen te liggen, hoe kleiner het verschil tussen de beide methoden.

dubbele boven- en ondergrenzen is ook een middel om de stabiliteit te verhogen en te snelle beeldwisselingen te voorkomen.

In figuur 2.3 is de werking van de classificatie weergegeven. In de bovenste grafiek is de afgevlakte snelheid op een rijstrook in de tijd weergegeven en in het onderste deel van de onderstaande figuur de bijbehorende classificatie. Als de (omgerekende) afgevlakte snelheid onder het niveau van de bovengrens laag komt krijgt de rijstrook op dat tijdstip de classificatie 'D'. Daalt de afgevlakte snelheid nog verder, en komt deze onder de ondergrens laag dan krijgt de rijstrook de classificatie '1'. Bij het stijgen van de snelheid moet de afgevlakte snelheid de ondergrens hoog passeren voor de overgang naar een nieuwe classificatie.



figuur 2.3, werking classificatie met dubbele onder- en bovengrenzen

Of er een beeld boven de weg wordt getoond is afhankelijk van de combinatie van de classificaties over de rijstroken. De verschillende combinaties en de bijbehorende beelden zijn opgenomen in de actietabel. In tabel 2-1 zijn de combinaties opgenomen die standaard zijn ingesteld op een 3-strooksweg. De classificatie staat op volgorde van ernst (de meest restrictieve classificatie staat links). 100 betekent dus dat er op één rijstrook file is gedetecteerd, dit hoeft niet de linker rijstrook te zijn.

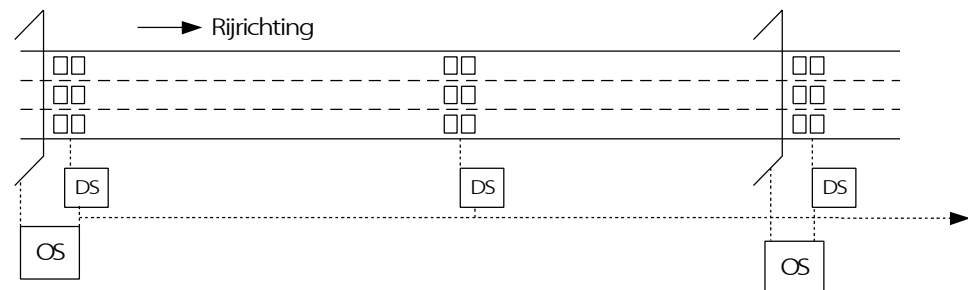
**tabel 2-1, Actietabel voor een driestrooksweg**

Klasse combinatie	Aanvraag
000	geen maatregel
D00	no change
DD0	no change
DDD	no change
100	[50] <sup>6</sup>
1D0	[50]
1DD	[50]
110	[50]
11D	[50]
111	[50]

<sup>6</sup> In dit rapport worden de beeldstanden op de matrixborden tussen brackets geplaatst, een beeld van 50 km/uur is hierdoor [50] en een beeld van 70 km/uur is [70].

Na een controle van de aanvraag kan het beeld boven de weg worden geplaatst.

De procedure die hierboven is beschreven wordt per rijbaan uitgevoerd. Elk portaal boven de weg heeft een OS waarin twee of drie detectorstations (DS) zijn aangesloten die de maatregel kunnen aanvragen. In figuur 2.4 is de configuratie van de apparatuur schematisch weergegeven.



figuur 2.4, Configuratie langs de weg

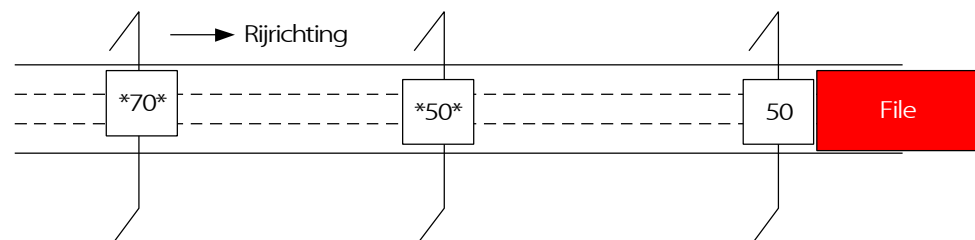
Als de classificatie leidt tot een aanvraag van een beeld, dan zal dit verzoek worden doorgegeven aan het centraal systeem (CS). Het CS controleert en coördineert de aanvragen van de verschillende OS'en en zorgt voor een 'volledige maatregel'. De beeldstanden worden hierna weer teruggestuurd naar het OS.

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

1. Op het portaal stroomopwaarts van het DS waarop file is gedetecteerd wordt een [50] geplaatst;
2. Afhankelijk van de situatie, bijvoorbeeld in tunnels) wordt de [50] een aantal keren gekopieerd naar stroomopwaarts gelegen portalen;
3. Stroomopwaarts van de laatste [50] wordt een inleiding<sup>7</sup> [70] geplaatst;
4. Vervolgens worden er kruisrelaties tussen rijbanen aangebracht (dit wordt ook wel semi-dependency genoemd);
5. Tot slot worden er flashers (knipperende lampen naast de matrixborden) aan elk eerste [50] en [70] toegevoegd.

Het OS zorgt er vervolgens voor dat de volledige maatregel op de signaalgevers wordt geplaatst.

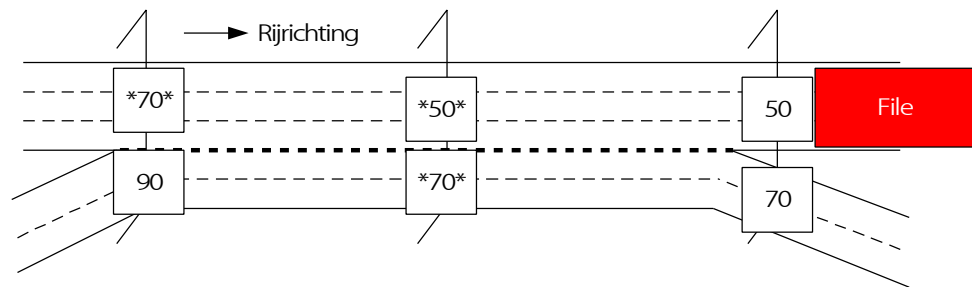
In de onderstaande figuur is een situatie weergegeven waarin er file is gedetecteerd op een DS. In een normale situatie worden de volgende beelden geplaatst:



figuur 2.5, Plaatsing beelden

<sup>7</sup> Een inleiding wordt geplaatst op het meest stroomopwaarts gelegen portaal om het snelheidsverschil te verminderen.

Als de weg uit meer rijbanen bestaat, dan krijgt de rijbaan zonder file een +20 maatregel, dit houdt in dat alle beelden met 20 km/uur wordt verhoogd:



figuur 2.6, Plaatsing beelden bij meerdere rijbanen

Naast een aanvraag van een DS kan een OS ook een aanvraag krijgen van de verkeerscentrale (eventueel handmatig door de operator).

De configuratie van de detector- en de onderstations is opgenomen in de database. In de database wordt aangegeven welke verkeersstromen kunnen worden onderscheiden en hoe de beelden boven de weg worden geplaatst. Zo kunnen bijvoorbeeld maatregelen zoals een +20, of een afwijkende lusconfiguratie waarbij een extra OS moet worden aangesproken, worden opgenomen in de database. Voor het correct functioneren van het AID is een goede invulling van de database van belang; een verkeerde invulling kan leiden tot gevaarlijke situaties of onnodige (valse) alarmen. Omdat de database locatie-specifiek moet worden ingevuld wordt dit onderdeel niet meegenomen in deze studie. Wel is een controle van de database een goede manier om het AID beter te laten functioneren. Het corrigeren van een verkeerde invulling van de database kan meer effect hebben dan het aanpassen van de parameters.

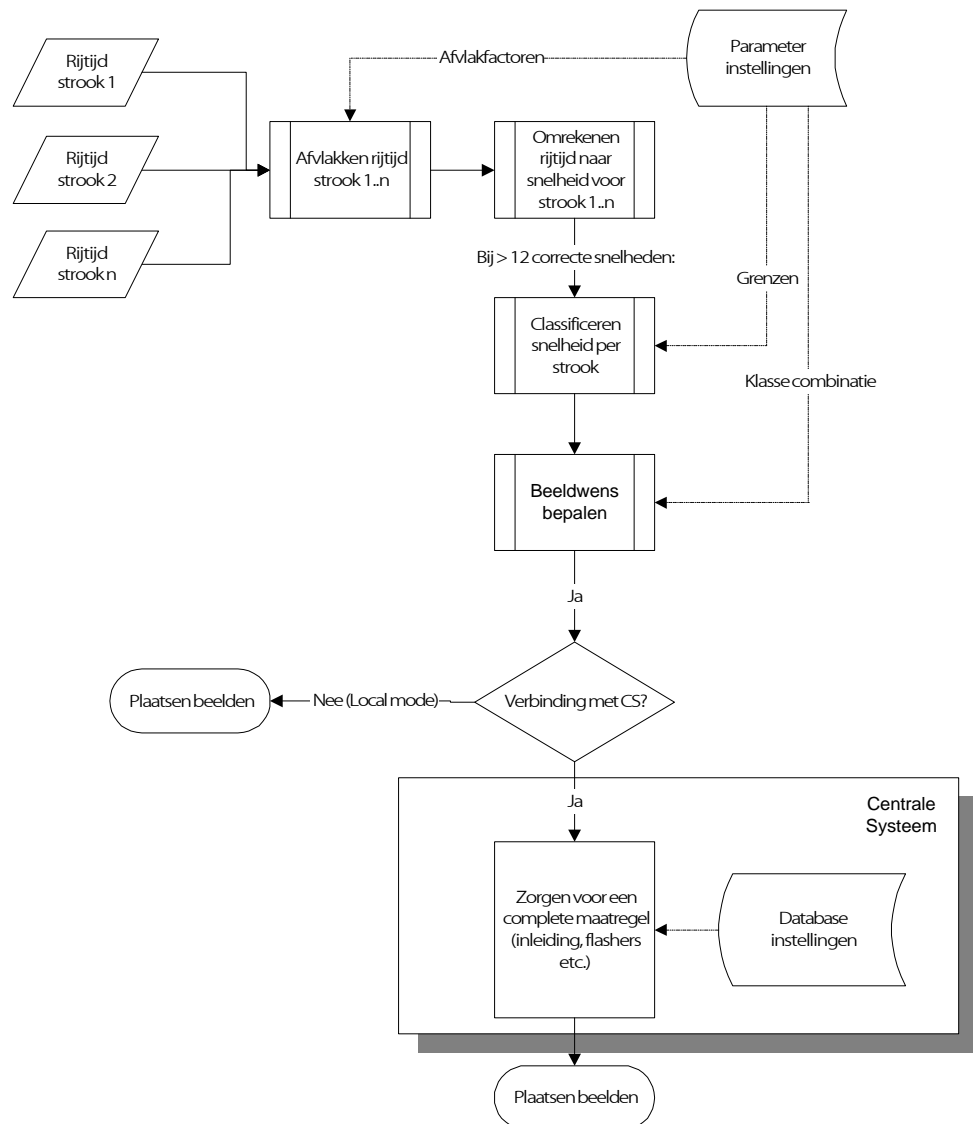
Het AID zal in de meeste gevallen functioneren zoals in deze paragraaf is beschreven. Afwijkende situaties kunnen echter vragen om een aangepaste procedure voor de plaatsing van de beelden. Voor een beschrijving van de werking van het AID bij deze situaties wordt verwezen naar de handleiding van Transpute<sup>8</sup>.

Met de huidige instellingen is alleen een [50] als aanvraag mogelijk (ingeleid met een [70] en flashers). Binnen MTM-2 is het mogelijk ook direct en alleen een [70] te plaatsen<sup>9</sup>. Met deze optie is het mogelijk verkeer sneller te waarschuwen voor een komende file zonder een sterke verlaging van de snelheid naar 50 km/uur. Ook kan verkeer dat 120 km/uur rijdt worden gewaarschuwd voor verkeer dat 60 km/uur rijdt, iets wat nu niet wordt gedaan. Het beeld [70] kan in de actietabel worden gekoppeld aan een klasse, bijvoorbeeld [1DD] of [DDD] in de actietabel.

<sup>8</sup> Automatic Incident Detection in the Motorway Control System MTM, drs. J.A.C. van Toorenburg & drs. M.L. de Kok, maart 1999

<sup>9</sup> Of een [70] direct kan worden geplaatst hangt ook af van het type onderstation dat wordt gebruikt, dhr. ing. N. Bukkems van de Adviesdienst Verkeer en Vervoer verwacht op de meeste onderstations geen problemen zolang er geen beelden >90 km/uur worden aangevraagd. Door het ontbreken van ervaring kan deze functionaliteit echter niet worden gegarandeerd.

In het onderstaande stroomschema is de berekening voor het in- en uitschakelen (vereenvoudigd) weergegeven:



figuur 2.7, Berekening AID

Als hulpmiddel bij het lezen van het rapport zijn in bijlage 2 enkele figuren op een uitvouwblad opgenomen.

### 2.2.2 Parameters

Als basis zijn de volgende documenten gebruikt:

- MTM2 Onderstation specificatie (april 1995);
- MTM2 Detectorstation specificatie (juni 1995);
- Automatic Incident Detection in MTM (Transpute maart 1999);

De volgende parameters van het AID-algoritme kunnen worden ingesteld of gewijzigd:

**tabel 2-2, Parameters AID**

Parameter	Huidige instelling
Aantal correcte snelheden	12
Bovengrens snelheid	200 km/uur
Ondergrens snelheid	18 km/uur
$\alpha_{acc}$ (hogere snelheid = dalende rijtijd)	0,40
$\alpha_{dec}$ (lagere snelheid = stijgende rijtijd)	0,15
Bovengrens afgevlakte snelheid (hoog/laag)	50/50 km/uur
Ondergrens afgevlakte snelheid (hoog/laag)	35/35 km/uur
Combinatie klasse – beeldstand	afhankelijk v.d. actietabel

## 3 Uitkomsten expertsessie

### 3.1 Inleiding

Op 25 september 2000 is een workshop gehouden waaraan experts van Rijkswaterstaat, Transpute en Grontmij hebben deelgenomen. Het doel van de workshop was om inzicht te krijgen in de problematiek van het huidig AID, en de wensen betreffende de oplossingsrichtingen. Voor de volledigheid worden in dit hoofdstuk alle problemen en oplossingen behandeld die zijn besproken in de workshop. Bij de uitwerking zijn daarom ook onderdelen opgenomen die worden uitgewerkt bij de studie naar de modificatie van het algoritme.

In de workshop zijn de volgende onderwerpen aan bod gekomen:

- de problemen met het huidig AID;
- wat is file en wanneer moet er worden gewaarschuwd;
- hoe moet er worden gewaarschuwd;
- welke criteria kunnen worden gebruikt bij de toetsing;
- welke varianten zijn kansrijk?

De volgende personen hebben deelgenomen aan de workshop:

- dr. W.J.J. Knibbe (AVV);
- drs. T.P. Alkim (AVV);
- ing. R. Walhout (Verkeerscentrale Utrecht);
- ing. W. Kneepkens (RWS-ON);
- drs. J.A.C. van Toorenburg (Transpute);
- drs. J.A.C.M. Elbers (Transpute);
- ing. F. de Haes (Grontmij);
- ing. M.L.D. van Rij (Grontmij);

### 3.2 Problemen met huidige AID

In deze paragraaf wordt een samenvatting gegeven van de problemen die zijn gevonden in de literatuur en de problemen die bekend zijn vanuit de ervaring van de deelnemers.

De problemen zijn verdeeld in de categorieën:

- detectie / plaatsing beelden;
- parameter instellingen;
- database-instellingen.

#### 3.2.1 Detectie / plaatsing beelden

- Schokgolven ‘passeren’ soms een detectiepunt zonder dat het AID een beeld toont (de snelheid van de schokgolf is niet laag genoeg), hierdoor ontstaat de mogelijkheid dat het AID geen file meet terwijl tussen de detectiepunten (later) wel een schokgolf / filestaart aanwezig is.
- Op een aantal wegen liggen de lussen op zeer korte afstand (200 tot 300 meter i.p.v. 500 meter in een normale situatie). Dit betekent dat het aan-



komende verkeer pas op 250-500 meter wordt gewaarschuwd voor de filestaart.

- Bij een onderzoek van de Directie Noord-Brabant op de A2 bij Best<sup>10</sup> is gebleken dat filevorming optreedt tussen detectiepunten in, waardoor verkeerssignalering niet aangaat totdat de file het detectiepunt heeft bereikt.
- Bij mist is goede waarschuwing van het naderende verkeer nodig. In een onderzoek van Transpute<sup>11</sup> wordt aangegeven dat het zinvol zou kunnen zijn om bij mist (door de verminderde kijkafstand tot het volgende portaal) de eerste waarschuwing een portaal stroomopwaarts te plaatsen.
- Bij het uitvallen van één of twee OS-en vindt er (uiteeraard) informatieverlies plaats. Het is hierdoor mogelijk dat een [50] wordt geplaatst onder dat deze wordt ingeleid. Het verschil in snelheid tussen het verkeer en de beeldstand wordt hierdoor erg groot.

### 3.2.2 Parameterinstellingen

- Als op een detectiepunt een beeldstand [50] is getoond en er vervolgens geen voertuigen meer passeren (bijvoorbeeld 's nachts op de linker rijstrook) dan blijft de filewaardering 'hangen'. Pas als een aantal voertuigen is gepasseerd met hogere snelheid, dan wordt de waardering opgeheven.
- Momenteel wordt alleen gewaarschuwd voor langzaam rijdend verkeer (<35 km/uur). Aan de waarschuwing van het middengebied tussen de 40 en de 60 km/u wordt niets gedaan. In de eerdere onderzoeken is aangegeven dat het wel zinvol is om voor dit soort verkeer ook te waarschuwen. Dit geldt zeker voor 120 km/u wegen. In de actietabel is geen ander beeld dan [50] of [blank] opgenomen.
- Te snelle beeldwisselingen boven file schaden de geloofwaardigheid. Door frequent in- en uitschakelen kunnen weggebruikers denken dat het systeem niet goed functioneert of niet betrouwbaar is.
- In het onderzoek van Noord-Brabant is geconstateerd dat het enige tijd duurt voordat een beeld wordt ingetrokken nadat het verkeer weer op snelheid is gekomen. Gesteld wordt dat dit niet bevorderlijk is voor de doorstroming en de geloofwaardigheid van het systeem bij de weggebruiker kan aantasten.

### 3.2.3 Database instellingen

- Bij een onderzoek naar het (niet goed) functioneren van AID in Oost-Nederland<sup>12</sup> is gebleken dat veel oorzaken te vinden zijn in de wijze waarop de database is ingevuld. Het betreft hier met name verwijzingen van signaalgevers boven rijbanen, of verwijzingen op DS-niveau en in de invulling van de semi-dependency (meer rijbanen op één dwarsdoorsnede) in de omgeving van knooppunten en aansluitingen. Daarnaast zijn er meetpunten op 'ongelukkige' plaatsen neergelegd, waar het verkeer veel langzamer rijdt dan normaal, bijvoorbeeld voor een scherpe bocht bij een boog of afrit.
- 5- en 6-strooks rijbanen behoeven extra aandacht. Hoe ga je om met langzaamrijdend verkeer op alleen de linker- of de rechterstrook?

<sup>10</sup> Onderzoek Verkeersafwikkeling A2 Boxtel – Best. drs. ing. S.M. van Gorp, Rijkswaterstaat Directie Noord-Brabant 2000.

<sup>11</sup> Verbetering filebeveiligingsalgoritme in signalering. drs. J.A.C. van Toorenburg, Transpute 1998.

<sup>12</sup> Functioneren AID, bevindingen, conclusies en aanbevelingen. ing. M.P.A. de Graauw, Grontmij 2000.

### 3.3 Oplossingsrichting

#### 3.3.1 Detectie/Plaatsing

In de tabel 3-1 worden de oplossingen voor de problemen met het detecteren van incidenten en de plaatsing van de meetpunten beschreven.

***tabel 3-1, Oplossingsrichting plaatsing/detectie***

Probleem	Oplossing
Passeren detectiepunt zonder aanvraag	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bij hogere snelheid al tonen van een AID-beeld</li> </ul>
Detectielussen op korte afstand	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Meer raaien aansluiten zodat de afstand tot de filestaart wordt vergroot</li> <li>• Raaien overslaan</li> </ul>
File tussen twee meetpunten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Raaien op centrale niveau koppelen</li> <li>• Extra detectiepunten toevoegen tussen de bestaande meetpunten</li> <li>• Detectiepunten verplaatsen naar punten waar de file begint</li> </ul>
Late waarschuwing bij mist	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plaatsen van een extra beeld stroomopwaarts zodat het verkeer eerder wordt gewaarschuwd</li> </ul>
Geen inleiding bij het uitvallen van een OS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inleiding doorschuiven naar een volgend OS</li> <li>• OS-en meer stroomafwaarts aan detectieraaien koppelen zodat een OS stroomopwaarts de inleiding kan geven</li> </ul>

#### 3.3.2 Parameterinstellingen

De oplossingen voor de problemen met de parameterinstellingen worden in de onderstaande tabel toegelicht:

**tabel 3-2, Oplossingsrichting parameterinstellingen**

Probleem	Oplossing
Filewaardering blijft 'hangen'	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Waarderen op rijbaan i.p.v. rijstrook</li> <li>• Minder afvlakken van de snelheid</li> <li>• Time-out beeld na 'x' seconden</li> </ul>
Alleen voor verkeer <35 km/uur wordt gewaarschuwd	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Het mogelijk maken direct een [70] te plaatsen</li> </ul>
Te snelle beeldwisselingen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gebruik maken van een alternatief waarschuwingssignaal zoals een fileteken of alleen flashers</li> <li>• Ook waarschuwen voor snelheden tussen de 40- en de 60 km/uur<sup>13</sup></li> <li>• Een minimumtijdsduur (houdtijd) voor een beeldstand toevoegen</li> <li>• 'Gladstijken' van de beelden (opvullen van gaten in de beeldstanden in de lengterichting). Weggebruikers krijgen hierdoor een aaneenschakeling van beelden in plaats van losse beeldstanden, bijv: [*70*]-[*50*]-[50]-[ ]-[*70*]-[*50*]-[50] wordt: [*70*]-[*50*]-[50]-[70]-[70]-[*50*]-[50]</li> </ul>
AID blijft te lang aan <sup>14</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De afvlakfactoren voor accelererend verkeer wijzigen</li> <li>• De bovengrens verlagen</li> </ul>

### 3.3.3 Database-instellingen

In de onderstaande tabel worden de oplossingen voor de problemen met de database-instellingen beschreven:

**tabel 3-3, Oplossingsrichting database-instellingen**

Probleem	Oplossing
Database is niet goed ingevuld	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Controle van de database</li> <li>• Controle van de locatie van detectiepunten</li> <li>• Alternatieve (locatiespecifieke) instellingen van de parameters</li> </ul>
Invulling voor 5- en 6 strooks rijbanen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Opdelen van de rijbaan in verschillende verkeersstroken</li> </ul>

### 3.3.4 Wanneer waarschuwen?

Op basis van de snelheid van het verkeer stroomopwaarts van de file en de snelheid van het verkeer in de file, kan de minimale afstand worden berekend waarop gewaarschuwd moet worden. De grenswaarde van de snelheid waarvoor gewaarschuwd dient te worden is niet afhankelijk van het soort weg, maar van de snelheid van het verkeer op die weg.

Om beter te kunnen inspelen op de verschillende snelheden van de files zou een [70] aanvraag ervoor kunnen zorgen dat er sneller een beeld boven de weg

<sup>13</sup> Als grenzen voor turbulent- en fileverkeer is in de workshop gekozen voor 60 km/uur (turbulent verkeer) en 40 km/uur (fileverkeer).

<sup>14</sup> Vanuit de workshop wordt voorgesteld om juist de AID wat langer aan te houden teneinde ook het laatste restje file eerst te laten verdwijnen alvorens de maatregel op te heffen. De waarschuwingfunctie gaat dus voor de eventuele doorstromingsverbeterende functie.

wordt geplaatst. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat het gebruik ervan niet alleen afhankelijk mag zijn van de snelheid van het fileverkeer. Zo willen we verkeer dat 120 km/u rijdt wel waarschuwen voor verkeer dat 70 km/u rijdt, maar verkeer dat 80 km/u rijdt liever niet. Hiervoor zouden we dus ook stroomopwaarts in de verkeersstroom moeten (kunnen) kijken. De controle van de snelheid stroomopwaarts vereist echter wel een aanpassing van het AID-algoritme.

Hoeveel rijstroken de rijbaan ook telt, als er op één van die stroken file staat, dient daarvoor te worden gewaarschuwd.

Om beter om te kunnen gaan met files die ontstaan en snel weer oplossen, kan het AID eventueel worden gekoppeld aan een belastingsklasse (I/C-verhouding), waarmee een soort van voorspelling kan worden gedaan of de verstoring zal voortbestaan in de tijd.

Er mag geen snelheid worden getoond die (veel) lager is dan de snelheid van de file. Als er [50] wordt getoond en het verkeer in de file tot 60 km/uur kan rijden totdat het beeld wordt ingetrokken (iets wat juridisch gezien niet mag), dan zal het AID in zijn huidige beeld kunnen blijven hangen als de weggebruikers zich aan de maximumsnelheid van de matrixborden houden.

Bij het waarschuwen moet onderscheid gemaakt worden tussen:

1. het begin (ontstaan) van file, hiervoor ben je per definitie te laat met waarschuwen;
2. de aangroei van file, dit wordt in de praktijk vrijwel feilloos gedaan;
3. turbulent verkeer, het ene moment zit je in een file dan weer even niet.

#### **Belangrijkste punten bij het waarschuwen:**

1. Stilstaand verkeer (en filestaart) moet goed worden gewaarschuwd, andere filevormen (ontstaan file en turbulent verkeer) zijn van minder belang.
2. Het systeem zou moeten waarschuwen onder moeilijke en complexe situaties zoals:
  - bij een file tussen twee detectorstations (DS) in;
  - als de file aan het oplossen is;
  - bij slecht weer;
  - als een onderstation (OS) uitvalt.
3. Er is nog geen voorspellingsmethodiek. Het is dus niet mogelijk om een incident te voorspellen.
4. Boven de file (stabiel of turbulent) moet ook worden gewaarschuwd. Met welke middelen blijft nog even in het midden, binnen de studie naar de optimalisatie blijven dit snelheden.

### **3.4 Hoe beveiligen?**

In de workshop zijn drie manieren van beveiligen besproken:

- het tonen van snelheden;
- alleen (of ander) gebruik van flashers;
- het gebruik van een fileteken.

Combinaties van de bovenstaande manieren zijn ook mogelijk zoals de huidige manier van beveiligen met snelheden én flashers.

Het tonen van snelheden boven een stabiele file is een goede manier om te informeren. Bij turbulent verkeer is het minder geschikt omdat het verkeer op het ene moment 60 km/uur rijdt en een tijdje later weer stil staat. De moge-

lijkheid bestaat dat het AID veel snelle beeldwisselingen laat zien (eventueel met [ ]), wat de geloofwaardigheid schaadt.

Wanneer het AID met afpellende snelheid ([70] → [50]) werkt dan moet er minimaal op 250, en maximaal op 1000<sup>15</sup> meter voor de filestaart een waarschuwing met een beeld worden gegeven. Bij een grotere afstand zal, wegens de vele kort op elkaar volgende toe- en afritten, veel verkeer onnodig worden gewaarschuwd. Bij het uitvallen van een OS kan de afstand voor het waarschuwen worden overbrugd, maar wanneer er twee OS'en achter elkaar uitvallen zal dit vanwege de te grote afstand niet zinvol meer zijn.

Naar aanleiding van het onderzoek in Noord-Brabant kan men zich afvragen of er op het laatste portaal boven de file (de filekop stroomafwaarts) nu wel een beeld moet worden getoond. Het tonen van een beeld kan tot gevolg hebben dat het verkeer wordt gehinderd op gang te komen. Of er wel of geen beeld wordt getoond maakt volgens sommigen niets uit, volgens anderen weinig.

Gezien de beperkte mogelijkheden om op korte termijn andere soorten beelden te tonen (zowel technisch als financieel), is besloten alleen het gebruik van snelheden mee te nemen in de variantkeuze.

### 3.5 Toetsingscriteria

In de workshop is aan de deelnemers gevraagd criteria op te stellen voor het toetsen van het AID-algoritme, en vervolgens te waarderen met een getal (op een schaal tussen de 1 en de 10). De volgende criteria zijn genoemd:

- vals alarm (wel beeld, geen file);
- niet gewaarschuwd (geen beeld, wel file);
- te ver voor file;
- foutieve beelden boven de file;
- te snelle wisseling van de beelden;
- het niet goed gladstrijken van beelden boven de file (teveel of te weinig beelden geplaatst)<sup>16</sup>.

Het niet waarschuwen van weggebruikers voor een naderende file wordt door de deelnemers als belangrijkste criterium gezien (dit is immers het doel van het AID). Uitgedrukt in een cijfer heeft nagenoeg iedereen het niet waarschuwen een 10 als gewicht gegeven.

Het tonen van een AID-beeld zonder file (vals alarm) wordt ook als een belangrijk criterium gezien door de deelnemers. Het foutief waarschuwen heeft een negatief effect op de naleving van de beelden, en hierdoor ook de verkeersveiligheid.

Het te ver voor de filestaart waarschuwen wordt als hinderlijk ondervonden. Als het verkeersbeeld niet overeenkomt met de verwachting dan kunnen weggebruikers denken dat er geen file meer komt en dat het systeem niet goed functioneert. Hun attentieniveau kan hierdoor afnemen, wat gevaarlijke situaties tot gevolg kan hebben. Dit criterium is echter volledig afhankelijk van de

<sup>15</sup> Het betreft hier een gemeenschappelijke 'expert guess' uit de workshop.

<sup>16</sup> Gladstrijken is een functionaliteit die alleen bij de modificatie gebruikt wordt. Dit criterium is niet van toepassing op de optimalisatie maar is vanwege de volledigheid wel opgenomen in de lijst.

locatie van de detectielussen en de invulling van de database. Op dit criterium kan dus in deze studie niet worden getoetst.

Ook het toetsen van het foutief gladstrijken bij de optimalisatie (en bij deze gekozen methode) niet mogelijk. Het gladstrijken van de beelden is niet mogelijk binnen het huidige MTM-systeem en wordt niet verder bij de optimalisatie uitgewerkt.

De foutieve beelden zijn afhankelijk van de filegrenzen en de boven- en ondergrenzen van het algoritme. De performanceberekening (zie hoofdstuk 6) houdt hier (indirect) al rekening mee.

Vanuit de workshop zijn de volgende criteria en gewichten opgesteld:

**tabel 3-4, Criteria en gewichten**

Criterium	Gewicht
Te traag inkomen <sup>17</sup>	1
Gemist alarm	10
Vals alarm	3
Te traag uitkomen <sup>18</sup>	1
Te snelle beeldwisselingen	Afhankelijk van de lengte van het beeld

### 3.6 Varianten

De varianten die naar voren zijn gekomen uit de workshop zijn:

1. Het langer vasthouden van het AID;
2. Naast een [50] ook een [70] aanvraag mogelijk maken;
3. Een OS overslaan indien deze op “idle” staat;
4. Het opvullen van hiaten en het overbruggen van turbulent verkeer (gladstrijken);
5. Het verschil in snelheid tussen filestaart en aanrijdend verkeer gebruiken in plaats van absolute snelheid;
6. Een AID op centraal niveau;
7. Een AID ondersteund door een event-detector, bijvoorbeeld blokkades;
8. Een intensiteitsafhankelijke aanvraag van het AID in plaats van een snelheid.

Voor een aantal van de varianten zijn functies nodig die niet zijn geïmplementeerd in MTM-2 en waarvoor een aanpassingen van het systeem (hardware en/of software) noodzakelijk is. Voorbeelden hiervan zijn het gebruik van een andere afvlakprocedure en een intensiteitsafhankelijke aanvraag. Deze varianten zijn slechts op lange termijn te implementeren en worden bij de studie naar de modificatie uitgewerkt. Ook varianten waarbij er extra communicatie met de verkeerscentrale nodig is, zoals het gebruik van een blokkade detector worden bij de deelstudie modificatie uitgewerkt. De varianten die wel met de huidige mogelijkheden zijn te gebruiken en binnen de optimalisatie vallen worden uitgewerkt in hoofdstuk 6.7. Deze zijn:

- het langer vasthouden AID door gewijzigde parameterinstelling;
- een [70] aanvraag als AID-maatregel.

<sup>17</sup> Bij het te traag inkomen wordt getoetst op de overgang van de klasse filevrij (0) naar Doubtful (D).

<sup>18</sup> Zie voetnoot 17 (hierboven), alleen nu bij de overgang van de klasse Doubtful (D) naar Vrij (0)

## 4 Simulator

### 4.1 De AID simulator

In opdracht van AVV heeft Transpute een softwarepakket ontwikkeld dat de werking van het AID-algoritme simuleert, de AID-simulator. Het pakket is speciaal voor de optimalisatie en modificatie ontwikkeld maar is ook te gebruiken bij toekomstige studies. In de volgende paragrafen wordt een beschrijving gegeven van de werking van de simulator. Hierbij wordt niet ingegaan op de details en de technische werking ervan, deze zijn beschreven in de documentatie van de simulator<sup>19</sup>. De beschrijving richt zich met name op een globale omschrijving van de werking en de gebruikte invoer en uitvoer van het pakket.

Met de simulator is het mogelijk voor elk traject de werking van het AID te simuleren. De gebruiker is vrij om elk willekeurig traject in te voeren, zelfs complexe situaties zoals knooppunten zijn mogelijk zolang de invoergegevens aanwezig zijn.

De AID-simulator werkt op basis van events (gebeurtenissen). Als events worden voertuigpassages gebruikt. Na elke voertuigpassage vindt er een (her)berekening plaats van de AID-status, en hieruit volgend de beelden boven de weg.

### 4.2 Werking simulator op hoofdlijnen

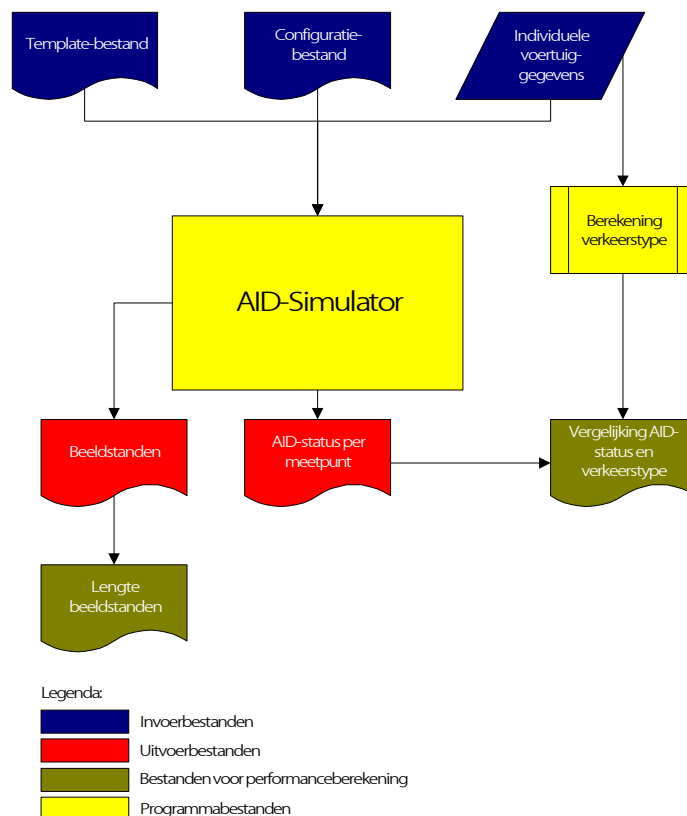
Voor het uitvoeren van de runs moeten de bestanden worden ingevoerd in het simulatiepakket. Van de simulator is geen executable aanwezig. Dat houdt in dat alles binnen de programmeeromgeving ingevoerd moet worden.

Na het invoeren van de bestanden kan de simulatie worden gestart. Naast de berekening van de beelden wordt in een aparte routine het verkeerstype berekend. Het verkeerstype zal later worden gebruikt bij de performanceberekening. Meer hierover is te lezen in hoofdstuk 6.

---

<sup>19</sup> “Gebruikershandleiding AID-simulator” en “Beschrijving AID-simulator”, ir. C. van Nieuwenhuize, Transpute 2002

De werking van de simulator is in de onderstaande figuur weergegeven:



figuur 4.1, Werking AID-simulator

### 4.3 Invoer

Voor het uitvoeren van simulaties moeten de volgende bestanden worden gemaakt en ingevoerd:

- een configuratiebestand;
- een template (sjabloon) bestand;
- individuele voertuiggegevens.

Het configuratiebestand moet voor elke simulatierun worden aangepast. In het bestand is opgenomen:

- in welke directory's de verschillende bestanden staan en naar welke directory de uitvoer moet worden geschreven;
- uit welke meetdagen en meetperioden de dataset bestaat;
- welke parameterinstellingen moeten worden gebruikt, zoals bijvoorbeeld de  $\alpha$ 's en de boven- en ondergrenzen. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van ranges van instellingen;
- een specificatie van het traject naar verkeersstromen en meetpunten.

Voor elke variant moet een apart template-bestand worden gemaakt. In het bestand is opgenomen:

- welke meetdata moeten worden gebruikt;
- wat de default-instellingen van de variant zijn;
- welke actietabel moet worden gebruikt;
- welke verkeersstromen kunnen worden onderscheiden op het traject (en over welke rijstroken de verkeersstromen lopen), welke kruisrelaties er be-



- staan (ophoging van de beelden op naastliggende rijbanen/verkeersstromen) en inleidingen;
- de instellingen van tijden, zoals het tijdsinterval voor de berekeningen (hoe vaak de berekeningen worden uitgevoerd) en initialisatie parameters (instellingen waarmee de simulator wordt begint);
- welke uitvoerbestanden worden gegenereerd.

Als individuele voertuiggegevens kunnen twee typen gegevens worden gebruikt, oude RCU-data<sup>20</sup> en het nieuwe RESI-format<sup>21</sup>. In de bestanden moet per rijstrook minimaal een tijdstempel en een snelheid aanwezig zijn.

#### 4.4 Uitvoer

De uitvoer van de simulator bestaat uit verschillende binaire bestanden:

- het verkeerstype per raai, per seconde en per rijstrook;
- de AID-status per raai, per seconde en per rijstrook;
- de beeldstanden per raai, per 4 seconde.

Omdat voor de analyse van de varianten niet alle detailinformatie nodig is, is het mogelijk na een simulatierun de relevante informatie uit de verschillende bestanden te laten inventariseren. Het betreft hier een overzicht van:

- De totale duur van de verschillende combinaties van de AID-statussen en verkeerstypen (per RCU, per rijstrook);
- De tijdsduur van de beelden boven de weg (per RCU, per rijstrook).

De bovengenoemde bestanden worden als ASCII opgeslagen en worden gebruikt bij de performanceberekening.

In dit verslag wordt gebruik gemaakt van de naamgeving uit de simulator. De naam van de variant bestaat uit de instellingen die zijn doorgerekend. Hierdoor is, bij de beoordeling van de varianten, duidelijk met welke instellingen de score is behaald.

De naam is opgebouwd uit de volgende onderdelen:

**tabel 4-1, Opbouw naamgeving**

Positie:	Betekenis / omschrijving
1	A = $\alpha$ 's
2 en 3	$\alpha_{\text{dec}}$ (bij snelheidval = toename rijtijd)
4 en 5	$\alpha_{\text{acc}}$ (bij snelheidsstijging = afname rijtijd)
6	L = ondergrens
7 en 8	Ondergrens hoog
9 en 10	Ondergrens laag
11	H = bovengrens
12 en 13	Bovengrens hoog
14 en 15	Bovengrens laag

De naamgeving is bijvoorbeeld als volgt:

A4020L3535H5050

<sup>20</sup> RCU, staat voor Research Communication Unit. Deze functionaliteit is ontwikkeld voor het MCSS en is bedoeld om (rij)tijden uit detectorstations op te slaan.

<sup>21</sup> RESI, staat voor Research Systeem Signalering. Een functionaliteit in MTM-2 waarmee individuele voertuiggegevens kunnen worden ingewonnen.

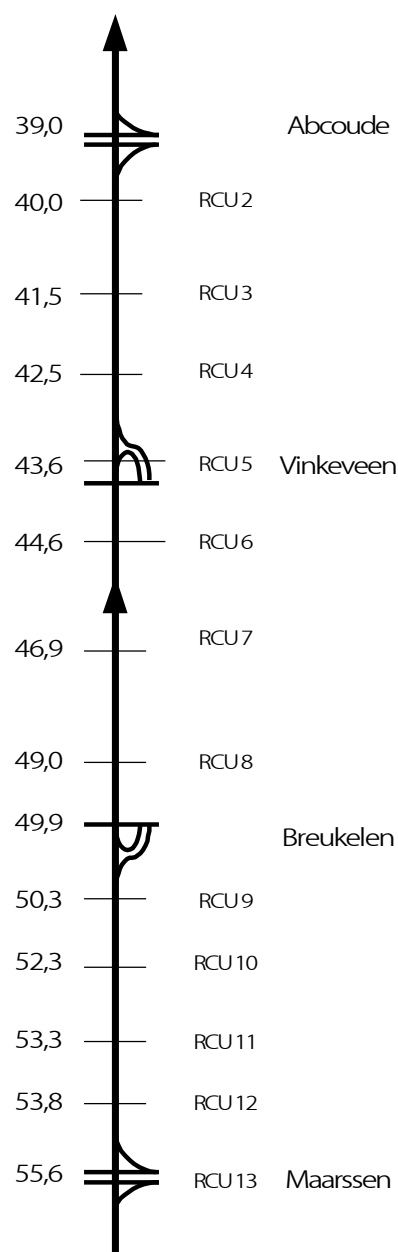
## 5 Gegevens

### 5.1 Gebruikte meetdata

Voor deze studie is gebruik gemaakt van de individuele voertuiggegevens die zijn ingewonnen voor de evaluatie van het trajectcontrolesysteem. De data zijn uit de maanden april en mei 1997.

De gegevens zijn ingewonnen op 12 doorsneden op oostbaan van de A2 tussen Utrecht en Abcoude. Niet op alle lussenparen van het traject zijn gegevens ingewonnen, de afstand tussen de RCU's is in de meeste gevallen 1 tot 1,5 km.

De A2 data zijn ingewonnen onder invloed van het huidige algoritme. Er heeft hierbij al interactie plaatsgevonden tussen het AID en het verkeer (het verkeersbeeld is een resultaat van het functioneren van het AID). Met de simulator kan het gedrag van de voertuigen echter niet worden beïnvloed. Er is hierdoor geen interactie tussen algoritme-instelling en voertuiggedrag mogelijk, en er zal geen gevolg te zien zijn van de nieuwe instelling. Bij de toetsing van de nieuwe instellingen wordt alleen gekeken naar de reactie van het algoritme op het ingewonnen (en statische) verkeersbeeld. Hoe verder de nieuwe instellingen van het huidig algoritme liggen, hoe onnauwkeuriger het resultaat van de simulatie (omdat het verkeer hierop anders zou reageren dan het heeft gedaan met het huidig algoritme).



*Figuur 5.1, Traject A2*

Voor het berekenen van de AID-status zijn de data goed bruikbaar, maar niet voldoende voor het toetsen van alternatieve varianten (bij de modificatie) waarbij bijvoorbeeld gaten tussen files worden opgevuld. Hiervoor is een simulator aangepast om ook RESI-data in te lezen. Met RESI is men niet meer afhankelijk van specifiek ingewonnen gegevens en zijn (in principe) de AID-instellingen op elke weg met signalering te simuleren.

De implementatie van RESI verliep nagenoeg parallel aan de voorliggende studie. De RESI-gegevens waren nog niet beschikbaar. Omdat voor de optimalisatie de RESI-gegevens niet noodzakelijk zijn, is besloten de studie uit te voeren met de RCU-data van de A2. Bij de toetsing van de nieuwe varianten wordt wel gebruik gemaakt van de RESI gegevens.

Het gevolg van het ontbreken van voldoende data is dat er niet naar locatie-specifieke instellingen kan worden gekeken. Dit was wel een onderdeel van de

doelstelling van de studie. In hoeverre de gesimuleerde instellingen op de A2 (drie rijstroken en rechte weg) toepasbaar zijn op andere trajecten moet in een later stadium (als RESI beschikbaar is) worden bekeken met aanvullende simulaties.

Een voorbeeldbestand van de A2-data is opgenomen in bijlage 3.

## 6 Performanceberekening

### 6.1 Criteria

In de workshop zijn uitgangspunten opgesteld waaraan het (toekomstig) AID moet voldoen:

1. het belangrijkste doel is filebeveiliging;
2. de aangroei van de file moet goed worden afgedekt;
3. rekening houden met turbulent verkeer;
4. waarschuwen bij file op 1 strook.

Aan de hand van de uitgangspunten zijn criteria opgesteld waarop wordt getoetst (in volgorde van belangrijkheid):

1. niet waarschuwen voor file (gemist alarm/betrouwbaarheid);
2. geloofwaardigheid/vals alarm;
3. (te) snelle beeldwisselingen.

ad 1

Omdat het doel van AID ‘filebeveiliging’ is, wordt het niet waarschuwen voor een file gezien als de ernstigste fout.

ad 2

Weggebruikers zullen de maatregel beter naleven als het systeem geloofwaardig is. Valse alarmen schaden de geloofwaardigheid en hierdoor ook de naleving.

ad 3

Deze eis komt ook voort uit de geloofwaardigheid. Als een weggebruiker veel beeldwisselingen krijgt te zien, zal de geloofwaardigheid afnemen.

De criteria voor de geloofwaardigheid (ad 1) en de betrouwbaarheid (ad 2 en 3) zijn tegenstrijdig met elkaar: zo kan een snel algoritme betrouwbaar zijn (snelle detectie en plaatsing van de beelden) maar kan veel korte beelden tot gevolg hebben (dit schaadt de geloofwaardigheid). Bij de performanceberekening kan hiertussen een afweging worden gemaakt. Aan de verschillende criteria zijn daarom gewichten toegekend; deze zijn opgenomen in tabel 6-1 in paragraaf 6.5.

### 6.2 Berekening op hoofdlijnen

Aan de hand van de criteria en de daaraan toegekende gewichten is een performanceberekening opgesteld om te bepalen welke van de varianten het beste scoren. In deze paragraaf wordt deze performanceberekening toegelicht.

De performanceberekening is een aanvulling op de AID-simulator en heeft tot doel verschillende instellingen van het AID-algoritme in een gecontroleerde omgeving met elkaar te vergelijken. Door het toekennen van ‘penalty’s aan ongewenste gebeurtenissen kan een totaalscore worden berekend. De totaalscores kunnen later met elkaar worden vergeleken.

De berekening beperkt zich tot de AID-status; dit houdt in dat inleidende beelden niet worden meegenomen in de berekening. Hoewel de inleidende beelden ervoor zorgen dat het aanrijdende verkeer tijdig wordt gewaarschuwd, is het plaatsen van inleidende beelden niet afhankelijk van de instellingen van de parameters. De plaatsing van inleidende beelden en de bijbehorende flashers zijn opgegeven in de actietabel of worden door de verkeerscentrale verzorgd.

De methode is als volgt:

1. het berekenen van het verkeerstype;
2. het berekenen van de AID-status per raai;
3. vergelijken van de combinaties tussen AID-status en verkeerstype;
4. het toekennen van penalty's aan fouten;
5. berekening totale performance.

De berekening vindt plaats voor elke meetpunt. De scores worden voor alle meetpunten bij elkaar opgeteld. Elke stap wordt in de volgende paragrafen toegelicht.

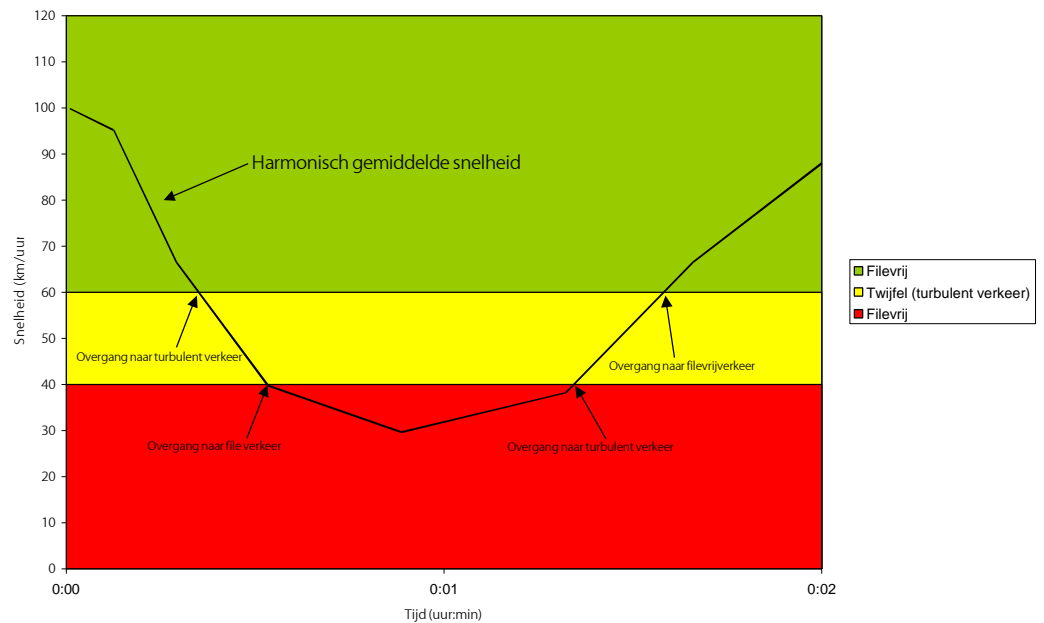
### 6.3 Berekenen verkeerstype

De berekening van het verkeerstype dient als referentiesituatie bij de performanceberekening. Het verkeerstype wordt daarom onafhankelijk berekend van het algoritme en is voor iedere variant hetzelfde.

Het berekenen van het verkeerstype vindt plaats aan de hand de individuele voertuigsnelheden. De individuele voertuigsnelheden zijn afkomstig uit een extern bestand (zoals RESI- of RCU-data). Op basis van de individuele voertuigsnelheden wordt de *harmonisch* gemiddelde snelheid berekend over zeven voertuigen (het gepasseerde voertuig en de drie voorgaande en drie komende voertuigen). Verschillende methoden van middelen zijn in het ontwikkelstadium getest, zoals het middelen over meerdere voertuigen en het toekennen van een gewicht per voertuig. De huidige methode presteert het beste.

De gemiddelde snelheid wordt vervolgens vergeleken met vooraf opgegeven grenzen voor de overgangen tussen: vrij - twijfel (turbulent verkeer) – file. Als filegrenzen zijn 60 en 40 km/u gebruikt (deze grenzen zijn bepaald in de workshop). De keuze van de filegrenzen is belangrijk omdat deze sturend zijn voor de uitkomst van de varianten. Het geeft o.a. aan bij welke snelheid de AID aan en uit zou moeten gaan.

In figuur 6.1 zijn de gebieden file, turbulent verkeer en filevrij weergegeven:



figuur 6.1, Verkeerstype bepaling

Een routine berekent elke seconde de gemiddelde snelheid per rijstrook en bepaalt in welke categorie (filevrij, twijfel of file) de snelheid zich bevindt. De uitvoer wordt weggeschreven in een bestand.

In verband met de vergelijkbaarheid worden bij de optimalisatie en de modificatie dezelfde filegrenzen en verkeerstypebepaling gebruikt.

#### 6.4 Berekening AID-status

Na het bepalen van het verkeerstype (en dus referentiekader) worden de varianten ingevoerd in de AID-simulator. De simulator berekent met de opgegeven parameters de AID-status per seconde. Aan de hand van de actietabel wordt bepaald welke beelden worden getoond. In de simulator kunnen met een batch/script verschillende varianten achter elkaar in één run gedraaid worden. De resultaten worden per run gegroepeerd in een uitvoerbestand.

#### 6.5 Vergelijking beelden – verkeerstype

De volgende stap is het combineren van de uitvoer van stappen 1 (berekening verkeerstype) en 2 (berekening AID-status). Een speciale routine inventariseert hoeveel seconden elke combinatie van verkeerstype en AID-status is voorgekomen tijdens de simulatieperiode. De vergelijking wordt uitgevoerd per meetpunt en per rijstrook.

In tabel 6-1 zijn de verschillende combinaties van AID-status en verkeerstype weergegeven. Bij de combinaties die bij de performanceberekening een penalty krijgen, staat aangegeven wat voor fout er optreedt en welk gewicht hierbij hoort.

tabel 6-1, combinaties en gewichten

AID/VKtype	undef	vrij	twijfel	file
undef	-	-	-	-
vrij	- <sup>22</sup>	-	te traag = 1	gemist alarm = 10
twijfel	-	licht vals alarm * = 1	-	licht gemist alarm * = 3
file	-	vals alarm = 3	te traag = 1	-

\* Bij de uitwerking van de performanceberekening kwam naar voren dat de criteria ‘vals alarm’ en ‘gemist alarm’ enige nuancering vereisen. Bij de gebruikte methode is er een tussengebied; dit houdt in dat er ook lichte gemiste en lichte valse alarmen bestaan. De reden waarom de gewichten van de zachte fouten zijn aangepast is dat de zachte alarmen niet resulteren in verkeerde beelden boven de weg, iets wat bij de gemiste alarmen en valse alarmen wel het geval is.

Op het uitvouwblad in bijlage 2 is een figuur opgenomen waarin de verschillende fouten schematisch worden weergegeven aan de hand van de klassificatie van de AID-status.

## 6.6 Korte beelden

De laatste stap is het toekennen van penalty's aan korte beelden. Een algoritme dat snel en accuraat reageert heeft bij turbulent verkeer tot gevolg dat het beeld snel aan- en uit gaat, wat niet gewenst is. Om dit negatieve effect te ‘bestrafen’ worden extra penalty's uitgedeeld aan korte beelden. Als grens is 30 seconden aangehouden, overeenkomstig met de rijtijd over 500 m (portaalafstand) bij een snelheid van 60 km/uur (begin filegebied). Hierbij wordt dus één beeldwijziging toegestaan maar geen twee wijzigingen.

In de uitvoer van de beeldstanden wordt de duur van een beeldstand berekend. Bij elke wijziging van de beeldstand wordt de duur het beeld weer op nul gezet. Voor elke beeldstand die wordt getoond wordt berekend hoelang deze boven de weg heeft gestaan.

De penalty's worden berekend met de formule:

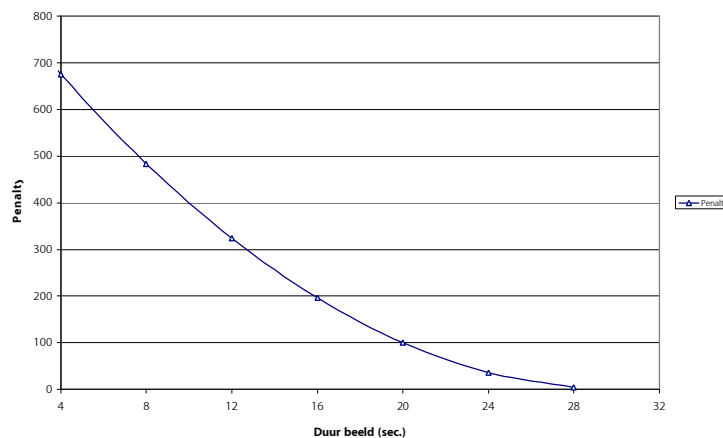
$$\text{Penalty}_{\text{beeldstand}} = (30 - \text{Duur}_{\text{beeld}})^2$$

<sup>22</sup> Undefined komt voor wanneer er onvoldoende voertuigen zijn gepasseerd voor de berekening. Bij de AID status zijn voor de initialisatie twaalf voertuigen nodig voor de eerste klassificatie. Bij het verkeerstype zijn er maar zeven gepasseerde voertuigen nodig. Combinaties waarbij de AID-status bekend is en het verkeerstype niet komen (theoretisch) niet voor.



Beelden van 4 of 8 seconden komen weinig voor. Om ervoor te zorgen dat deze situaties voldoende worden bestraft als ze voorkomen, wordt de uitkomst gekwadrateerd. Het lijkt hierdoor dat de penalty voor korte beelden erg hoog is in relatie tot de penalty voor een gemist alarm. Gemiste alarmen kunnen echter enkele seconden duren, en gedurende deze tijd een hogere penalty opbouwen. Binnen een uur simulatie kunnen er gedurende 3600 seconden penalty's aan de verschillende fouten worden toegekend. Een kort beeld is een gebeurtenis die eenmalig wordt bestraft. Gezien de frequentie waarop korte beelden plaatsvinden nl. enkele keren over de gehele dataset van ruim 200 uur, kwam na enkele proefruns naar voren dat de penalty op dit niveau moest komen te liggen om de korte beelden een rol kunnen laten spelen in de beoordeling van de varianten.

In de onderstaande figuur is de penalty voor de korte beelden weergegeven:



figuur 6.2, Gewichten korte beelden

## 6.7 Berekening totale performance

Bij de berekening van de totale performance worden de penalty's van de verschillende onderdelen (vergelijking verkeerstype en AID-status en de korte beelden) bij elkaar opgeteld. De performance wordt als volgt berekend:

$$Performance = \sum Penalty_{AID-status} + Penalty_{beeldstand}$$

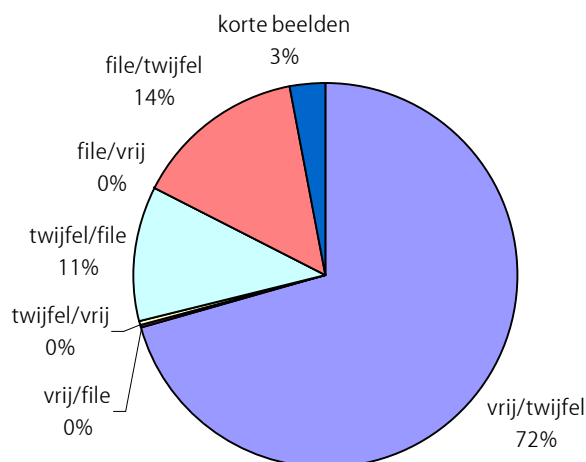
Waarbij de penalty voor de AID-status als volgt wordt berekend:

$$Penalty_{AID-status} = \sum_{RCU} (a * 1) + (b * 1) + (c * 3) + (d * 3) + (e * 10)$$

Waarbij:

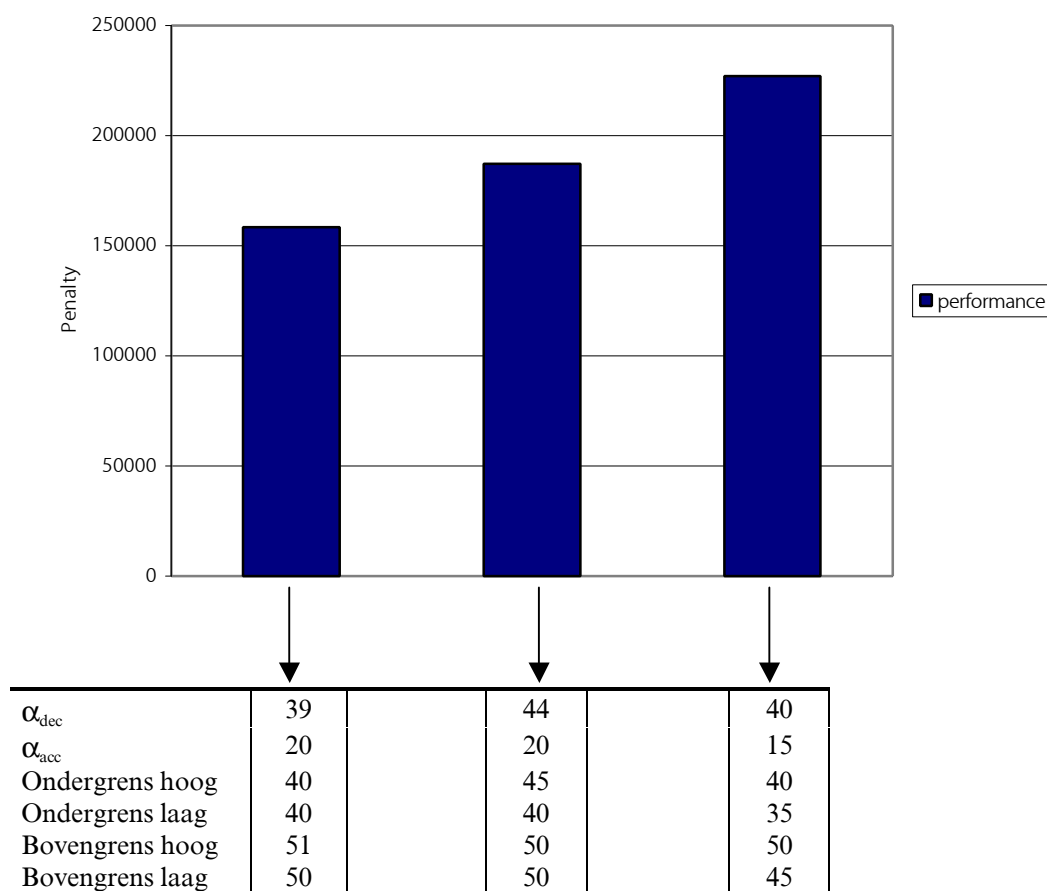
- a = het totaal aantal seconden van de combinatie vrij/twijfel gedurende de gehele simulatieperiode op alle rijstroken van een RCU
- b = het totaal aantal seconden van de combinatie twijfel/vrij gedurende de gehele simulatieperiode op alle rijstroken van een RCU
- c = het totaal aantal seconden van de combinatie twijfel/file gedurende de gehele simulatieperiode op alle rijstroken van een RCU
- d = het totaal aantal seconden van de combinatie file/vrij gedurende de gehele simulatieperiode op alle rijstroken van een RCU
- e = het totaal aantal seconden van de combinatie vrij/file gedurende de gehele simulatieperiode op alle rijstroken van een RCU

In figuur 6.3 is een voorbeeld opgenomen van de opbouw van de performance van een instelling.



figuur 6.3, Opbouw performance van een instelling

Als de penalty's van een instelling bij elkaar worden opgeteld, kunnen verschillende instellingen op basis van de gekozen criteria en de toegekende gewichten objectief met elkaar worden vergeleken. In de onderstaande figuur is een voorbeeld opgenomen van de totale performance voor een aantal instellingen. De instelling met de laagste penalty scoort het beste:



figuur 6.4, Voorbeeld totale performance

## 7 Varianten van het AID-algoritme

### 7.1 Beschrijving varianten

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de verschillende varianten die zijn onderzocht.

De volgende varianten zijn onderzocht:

1. Referentiesituatie (oorspronkelijk en huidig);
2. Een variant met alleen een [50] aanvraag;
3. Een variant met een [50] en een [70] aanvraag;

In de volgende paragrafen worden de varianten verder behandeld.

### 7.2 Huidige en bedoelde instellingen

Door onduidelijkheid over de defaultinstellingen van de afvlakfactoren zijn aanvankelijk de oorspronkelijk bedoelde parameterinstellingen gehanteerd. Bij de oorspronkelijke instellingen was de  $\alpha_{dec}$  ingesteld op 0,40 en de  $\alpha_{acc}$  op 0,15. In het huidige systeem zijn de afvlakfactoren omgedraaid en is de  $\alpha_{dec}$  ingesteld op 0,15 en de  $\alpha_{acc}$  op 0,40. Als startpunt voor de optimalisatie is uitgegaan van de oorspronkelijke instellingen omdat deze in de simulatie als beste naar voren kwamen. In een later stadium werd echter duidelijk dat dit niet de instellingen zijn die in het huidige systeem operationeel zijn. Daarom zijn beide instellingen bij de performance opgenomen als referentiesituatie.

### 7.3 Variant 50

De eerste variant is de [50] variant. Hierbij wordt uitgegaan van een enkele aanvraag zoals die nu ook in MTM wordt gebruikt. Bij deze variant wordt gekeken of er binnen de nu gebruikte opties nog verbeteringen mogelijk zijn.

Er is wel een beperking bij de [50] variant: de bovengrens van het algoritme mag niet hoger zijn dan het getoonde beeld boven de weg. Het beeld is een wettelijke maximumsnelheid: als de signalering pas uitgaat bij bijvoorbeeld 60 km/uur (= wenselijk gezien de filegrenzen) en het verkeer houdt zich aan de snelheid (waar je vanuit moet gaan), dan kan de situatie bestaan dat de signalering niet meer uitgaat, pas bij overtredingen zal het algoritme uit het filegebied komen. De bovengrens hoog is daarom bij elke variant ingesteld op 50 km/uur. De variant wordt bij de performanceberekening hierdoor gestraft omdat het AID (in relatie tot de filegrenzen) te vroeg uitgaat.

### 7.4 Variant 70

Bij deze variant worden de instellingen doorgerekend als er ook een [70]-beeld geplaatst kan worden. Hiervoor wordt in de actietabel aangegeven dat er een [70] geplaatst moet worden als er op twee of drie stroken een klasse D voorkomt (in de huidige situatie wordt pas een beeld geplaatst als er op meer dan één strook een klasse 1 is berekend). Als er op één strook een klasse 1 voorkomt dan wordt het beeld gewijzigd in een [50].

Deze variant zal het verkeer dus eerder waarschuwen voor een komende file, waarbij ook gewaarschuwd kan worden voor verkeer dat net onder de 60 km/uur rijdt. Hierbij zal het verkeer niet zo sterk worden afgeremd als bij een [50] maatregel. Het kan echter voorkomen dat er meer beelden boven de weg worden geplaatst en dat de beelden sneller wisselen.

### 7.5 Onderzoeksdagen

Voor het bepalen van de dataset zijn de bestanden met RCU-data omgezet naar grafieken die het verkeersbeeld inzichtelijk maken (een voorbeeldgrafiek is opgenomen in bijlage 3. Aan de hand van de grafieken zijn dagen geselecteerd die bruikbaar zijn voor de analyse. Vervolgens is onderzocht of en op welke dagen er incidenten waren<sup>23</sup>. De volgende dagen zijn geselecteerd:

**tabel 7-1, Onderzoeksdagen**

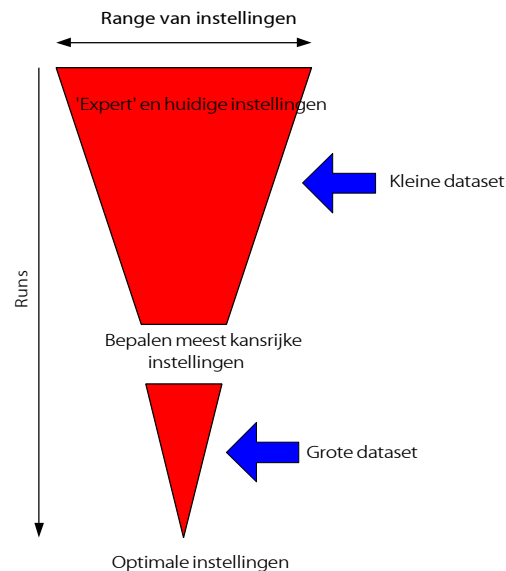
Dag	Datum	Periode	RCU's	Bijzonderheden	Simulatieduur <sup>24</sup>
1	18-04-97	18:00 – 19:30	2,3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13	incident in avondspits	16 uur en 30 minuten.
2	1-05-97	07:00 – 10:00	2,3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13	ochtendspits met veel schokgolven	33 uur
3	11-05-97	13:45 – 15:20	2,3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13	incident in dal-periode	17 uur en 25 minuten
4	15-05-97	17:30 – 20:00	2,3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13	incident + avondspits	27 uur en 30 minuten
5	22-05-97	08:00 – 10:00	2,3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13	ochtendspits met veel schokgolven	22 uur
6	23-05-97	17:00 – 20:00	2,3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13	avondspits + incident	33 uur
7	26-05-97	08:00 – 10:00	2,3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13	ochtendspits met veel schokgolven	22 uur
8	11-06-97	08:00 – 11:00	2,3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13	ochtendspits + incident	33 uur
Totaal=		18 uur, 35 min.		Totaal =	204 uur, 28 min.

### 7.6 Simulatieopzet

Omdat er 6 parameters zijn in te stellen met een grote hoeveelheid mogelijke instellingen kunnen niet alle combinaties worden doorgerekend. De simulaties zijn verdeeld in een aantal runs om het aantal instellingen overzichtelijk te houden en de rekentijd te beperken. In de eerste runs zijn de instellingen met grote stappen gedraaid op een relatief korte simulatieperiode. In de latere runs zijn meer gedetailleerde instellingen getoetst op een grotere dataset. Het proces is weergegeven in de onderstaande figuur:

<sup>23</sup> De incidenten zijn door Transpute bepaald aan de hand van de vlekkenkaarten afkomstig uit de viewer. Hierbij is gezocht naar afwijkende verkeerssituaties, de grafieken zijn opgenomen in bijlage 4.

<sup>24</sup> De totale simulatieduur is het aantal RCU's vermenigvuldigd met de onderzoeksperiode.



figuur 7.1, Opzet simulaties

In de eerste fase van de simulatiestudie is met name gekeken naar de  $\alpha$ 's. Hierbij zijn de huidige instellingen en verschillende expertinstellingen getest. Nadat de meeste instellingen zijn gesimuleerd, worden op basis van de performance de meest kansrijke ranges van instellingen gesimuleerd op een grote dataset. Hierbij worden ook verschillende combinaties van boven- en ondergrenzen gesimuleerd. Tot slot wordt in de laatste fase een simulatie gedraaid met een gewijzigde actietabel.

Zoals eerder is vermeld zijn niet alle onderzoeksdagen meegenomen in de runs. Zo zijn de eerste runs gedraaid met een kleine dataset van één dag. In een later stadium zijn de instellingen getest op een grote dataset. In de onderstaande tabel is een overzicht opgenomen van de dataset en de varianten die per run zijn gesimuleerd. Een overzicht van de instellingen is te vinden in hoofdstuk 7.

**Tabel 7-2, Indeling runs**

Run	Dag:	Huidig	[50]	[70]
1	8	X		
2	8		X	X
3	8		X	X
4	8		X	X
5	1 t/m 8	X	X	X
6	1 t/m 8		X	X
7	1 t/m 8		X	X
8	1 t/m 8		X	X
9	1 t/m 8		X	X
10	1 t/m 8		X	X
11	1 t/m 8		X	X
12	1 t/m 8		X	X
13	1 t/m 8			X
14	1 t/m 8			X
15	1 t/m 8			X

## 8 Resultaten simulatiestudie

### 8.1 Inleiding

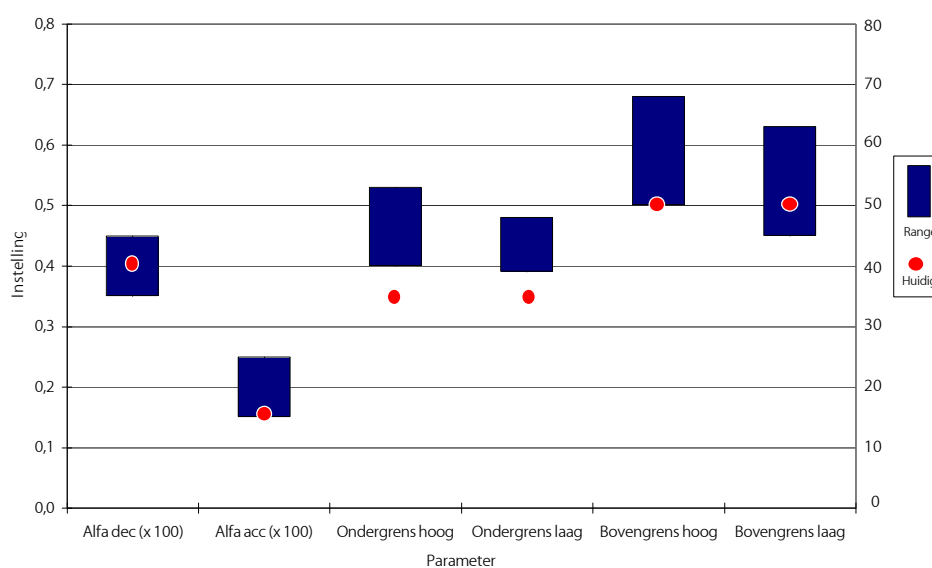
In dit hoofdstuk worden de resultaten van de simulatiestudie besproken. Hierbij zullen niet alle instellingen worden besproken die zijn gesimuleerd. Sommige simulatieruns zijn gebaseerd op een andere dataset of zijn berekend met een gewijzigde verkeerstypeberekening en zijn daarom niet vergelijkbaar.

Als eerste zal per variant een overzicht worden gegeven van de range van instellingen die zijn gesimuleerd. Vervolgens worden per variant de meest kansrijke instellingen gepresenteerd. Tot slot zal per parameter een beschrijving worden gegeven van het effect van een wijziging ervan op de performance.

### 8.2 Instellingen

#### 8.2.1 Variant [50]

In figuur 8.1 is per parameter de range van instellingen weergegeven. Het betreft hier een samenvoeging van de instellingen over de verschillende runs waarbij per parameter de maximale en minimale instelling is weergegeven. Dit betekent dat niet **alle** combinaties van de onderstaande instellingen zijn doorerekend, maar dat de instelling tenminste één maal is doorerekend. De uiteindelijke range van instellingen is dus een resultaat van de uitkomsten van de simulaties. Er is begonnen met een set met expertinstellingen die op sommige punten afwijken van de huidige instellingen. De huidige instelling hoeft dus niet in de range van gesimuleerde instellingen te liggen als blijkt dat de expertinstellingen beter aansluiten bij de nieuwe uitgangspunten (de huidige instellingen zijn uiteraard wel gesimuleerd als referentiesituatie, deze zijn in de onderstaande figuur weergegeven met een stip).

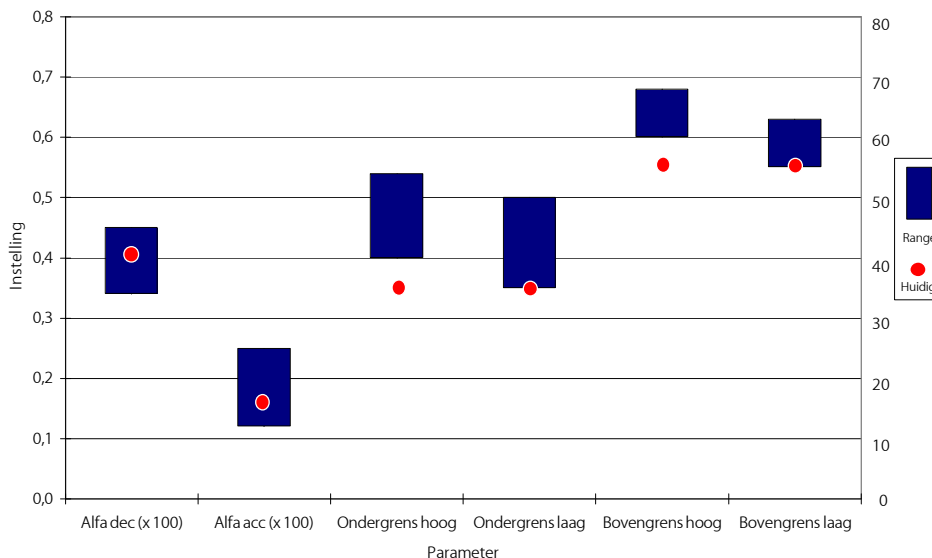


figuur 8.1, Range van instellingen variant [50]

Door de gehanteerde aanpak is de range van instellingen beperkt gehouden. Een groot aantal van de mogelijke instellingen is in een vroeg stadium afgefallen omdat duidelijk was dat een verdere uitbreiding geen verbetering zou betekenen.

### 8.2.2 Variant [70]

In de onderstaande figuur zijn de ranges van instellingen opgenomen die bij de [70] variant zijn doorgerekend.



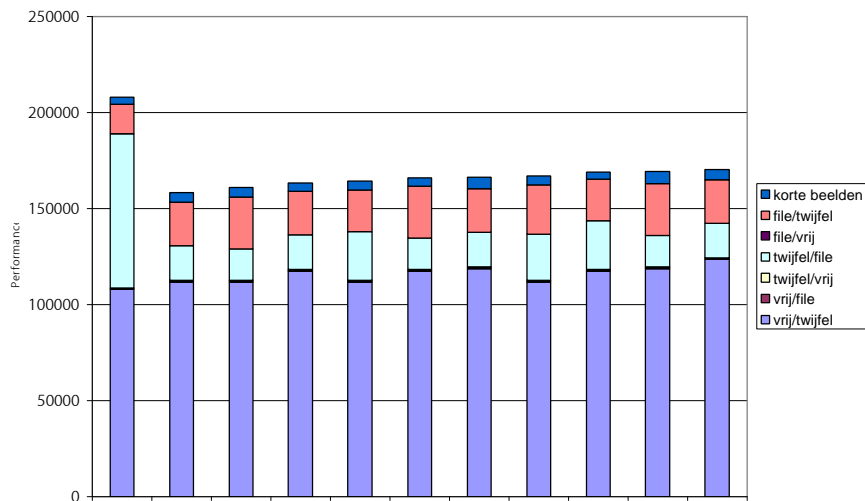
figuur 8.2, Range van instellingen variant [70]

In de grafiek is goed te zien dat de instellingen van de  $\alpha$ 's bij de [70] variant niet veel afwijken van de instellingen bij de [50] variant. De bovengrenzen liggen bij de [70] variant wel hoger dan bij de [50] omdat er geen rekening hoeft te worden gehouden met de maximumsnelheid van 50 km/uur op de signaalgevers, maar met een maximumsnelheid van 70 km/uur.

## 8.3 Performance

### 8.3.1 Variant [50]

In de volgende grafiek zijn de tien best presterende instellingen van de [50] variant over alle 12 runs opgenomen (met als referentiesituatie de oorspronkelijke instellingen):



Oorspronkelijk	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\alpha_{dec}$	0,40	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
$\alpha_{acc}$	0,15	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Ondergrens hoog	35	40	41	40	40	41	40	41	40	41
Ondergrens laag	35	40	40	40	39	40	40	39	39	40
Bovengrens hoog	50	51	51	51	51	51	50	51	51	50
Bovengrens laag	50	50	50	49	50	49	50	50	49	50

figuur 8.3, Top 10 instellingen variant [50]

Zoals in de grafiek is te zien is er bij deze variant nog winst te behalen. De performance is bij de nieuwe instellingen met 24% gedaald. De verdeling over de soorten fouten is ongeveer hetzelfde gebleven (vrij/twijfel, twijfel/file en file/twijfel) maar de omvang is afgenomen. De meeste winst is behaald bij de fout twijfel/file. De oorzaak hiervan ligt bij de gewijzigde ondergrens. Hierdoor zal het AID sneller van de klasse twijfel overgaan in file. De fout vrij/file (gemist alarm) komt bijna niet meer voor.

In de onderstaande tabel is de performance van de bovenstaande instellingen gedetailleerd weergegeven:

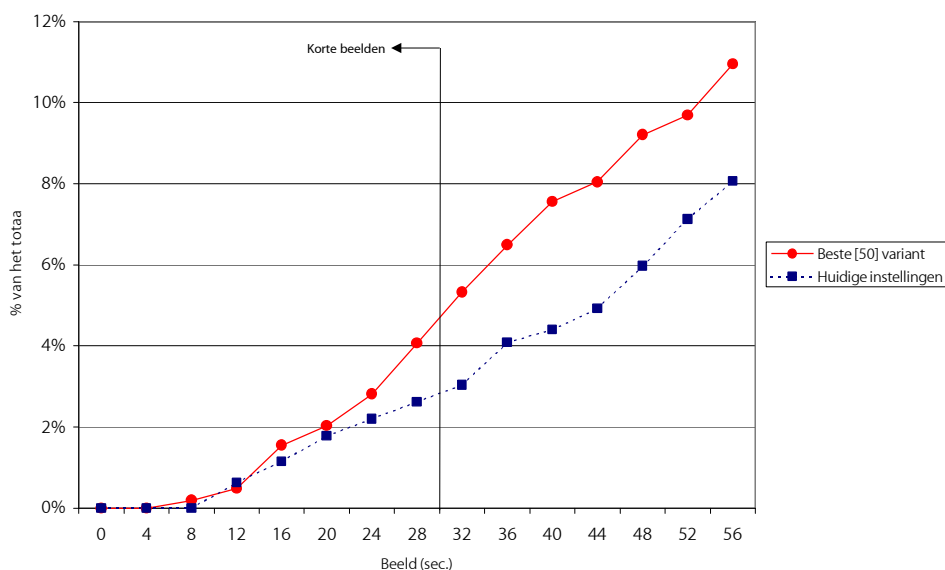
tabel 8-1, Top 10 instellingen variant [50]

Instelling	vrij/ twijfel	vrij/ file	twijfel/ vrij	twijfel/ file	file/ vrij	file/ twijfel	korte beelden	Performance
Penalty	1	10	1	3	3	1	-	
1 A3920L4040H5150	111811	500	302	18129	0	22579	4936	158257
2 A3920L4140H5150	111811	500	299	16428	9	26905	5260	161212
3 A3920L4040H5149	117413	750	298	18054	0	22579	4144	163238
4 A3920L4039H5150	111811	500	302	25620	0	21589	4412	164234
5 A3920L4140H5149	117413	750	295	16353	9	26905	4468	166193
6 A3920L4040H5050	118925	500	214	18129	0	22579	5976	166323
7 A3920L4139H5150	111811	500	299	23988	9	25666	4736	167009
8 A3920L4039H5149	117413	750	298	25545	0	21589	3428	169023
9 A3920L4140H5050	118925	500	211	16428	9	26905	6300	169278
10 A3920L4040H5049	123767	750	213	18054	0	22579	5084	170447
<b>Ref Huidig</b>	<b>157252</b>	<b>761</b>	<b>0</b>	<b>50803</b>	<b>0</b>	<b>68</b>	<b>1784</b>	<b>210668</b>
<b>Ref Oorspronkelijk</b>	<b>108125</b>	<b>390</b>	<b>1129</b>	<b>80154</b>	<b>30</b>	<b>15329</b>	<b>3684</b>	<b>208841</b>



De ligging van de grenzen is het meest bepalend in de resultaten. Naast de ligging van de grenzen (hoe dichterbij de filegrens hoe beter), is het ook belangrijk hoe groot de afstand tussen de grenzen is. Hoe korter de afstand tussen de grenzen hoe beter de resultaten. De verkleining van de afstand tussen de grens hoog en laag heeft tot gevolg dat het aantal korte beelden toeneemt. Er is daarom gekeken naar de frequentie waarop de beelden voorkomen.

In de onderstaande grafiek zijn de beelden korter dan 1 minuut cumulatief als percentage van het totaal aantal beelden weergegeven (de overige beelden zijn langer dan een minuut, en worden niet apart gelogd). Hierin is goed te zien dat de meeste beelden langer dan een minuut blijven staan. Bij de huidige instellingen is slechts 8% van de beelden korter dan een minuut, bij de nieuwe instellingen zou dat oplopen tot 11%.



figuur 8.4, Duur beelden (cumulatief) bij [50] variant

Voor de best presterende instelling is een beeld van 8 seconde twee keer voorkomen (gedurende de gehele simulatieperiode op alle RCU's), voor de rest zijn het beelden van minimaal 12 seconden. Voor beide varianten geldt dat de beelden van 60 seconden of langer verreweg het meest voorkomen (868 keer bij de huidige instelling en 919 keer bij de nieuwe instellingen).

De instelling die het beste presteert is opgenomen in de onderstaande tabel:

**tabel 8-2, optimale instellingen variant [50]**

Parameter	Instelling
$\alpha_{\text{dec}}$	0,39
$\alpha_{\text{accel}}$	0,20
Ondergrens hoog	40
Ondergrens laag	40
Bovengrens hoog	51
Bovengrens laag	50

De bovenstaande instellingen leiden tot een vermindering van de fouten vrij/twijfel (te traag inkomen), twijfel/vrij (licht vals alarm) en twijfel/file (licht gemist alarm). De sterkste afname is te zien in de categorie file/twijfel (te traag uitkomen). Wel laat de nieuwe instelling een (zeer geringe) stijging van de fout

vrij/file (gemist alarm) zien en het aantal korte beelden. Wordt er gekeken naar de frequentie waarop zeer korte beelden (van 4 of 8 seconden) voorkomen dan valt op dat deze slechts in zeer geringe mate voorkomen.

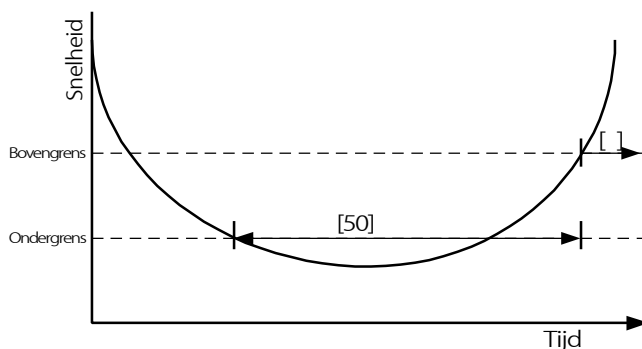
### 8.3.2 Variant [70]

De performance van de [70] variant wijkt op een aantal punten af van de [50] variant. Hoewel dezelfde performancemethodiek wordt gebruikt (en de laagste score nog steeds de beste is) scoort de [70] variant op sommige punten hoger dan de [50] variant. De oorzaak hiervan ligt in de plaatsing van extra beelden. Omdat er een [70] en een [50] beeld wordt geplaatst neemt het aantal beeldwisselingen toe. In een normale schokgolf zullen op een raai de volgende beelden (met uitzondering van de inleiding) worden geplaatst:

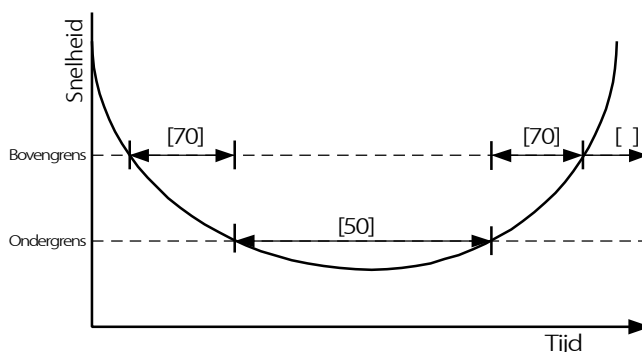
**tabel 8-3, Beelden in een 'normale' schokgolf**

Beeldnr.	Variant [50]	Variant [70]
1	[50]	[70]
2	[einde]	[50]
3		[70]
4		[einde]

In de onderstaande figuren is dit schematisch weergegeven:



figuur 8.5, Plaatsing van de beelden bij de [50] variant in een normale schokgolf

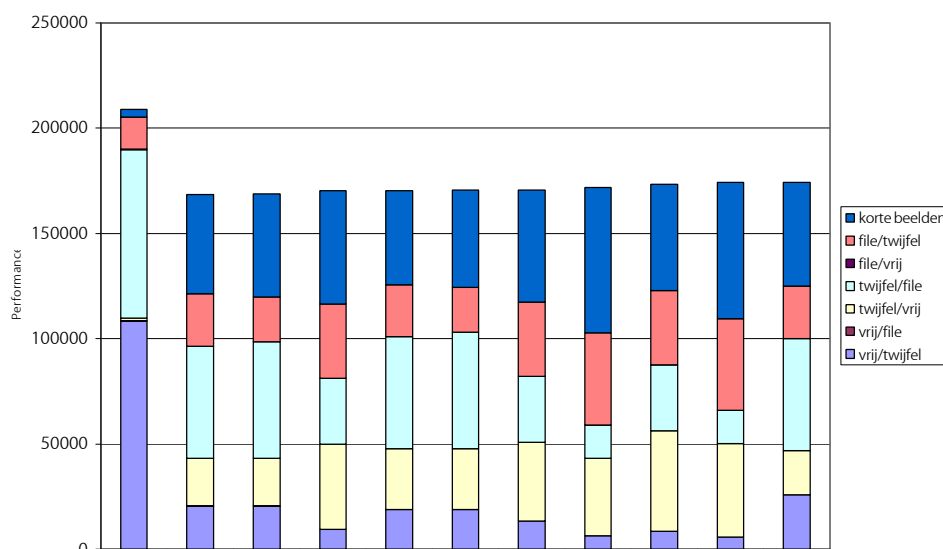


figuur 8.6, Plaatsing van de beelden bij de [70] variant in een normale schokgolf

Omdat er meer beelden in dezelfde tijd worden geplaatst zal de duur van de beelden korter worden. Dit heeft effect op de omvang van de penalty voor korte beelden.

Aan de andere kant is het mogelijk bij de [70] variant de bovengrens hoger in te stellen. Omdat er een [70] beeld wordt getoond in plaats van een [50] kan de grens voor het uitgaan van het AID worden verhoogd naar 70 km/uur zonder dat hiermee de maximumsnelheid wordt overschreden. Dit heeft tot gevolg dat de instellingen beter aansluiten op de filegrenzen en de variant op deze punten beter zal presteren. De performance van de [70] variant zal dus op verschillende punten afwijken van de [50] variant.

De 10 best scorende instellingen over de 15 runs van de [70] variant zijn opgenomen in de onderstaande grafiek:



Oorspronkelijk	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\alpha_{dec}$	0,40	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
$\alpha_{acc}$	0,15	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Ondergrens hoog	35	42	41	44	42	41	44	45	44	45
Ondergrens laag	35	36	36	38	36	36	38	40	38	40
Bovengrens hoog	50	61	61	63	62	62	63	62	64	63
Bovengrens laag	50	57	57	59	57	57	58	60	59	60

figuur 8.7, Top 10 instellingen variant [70]

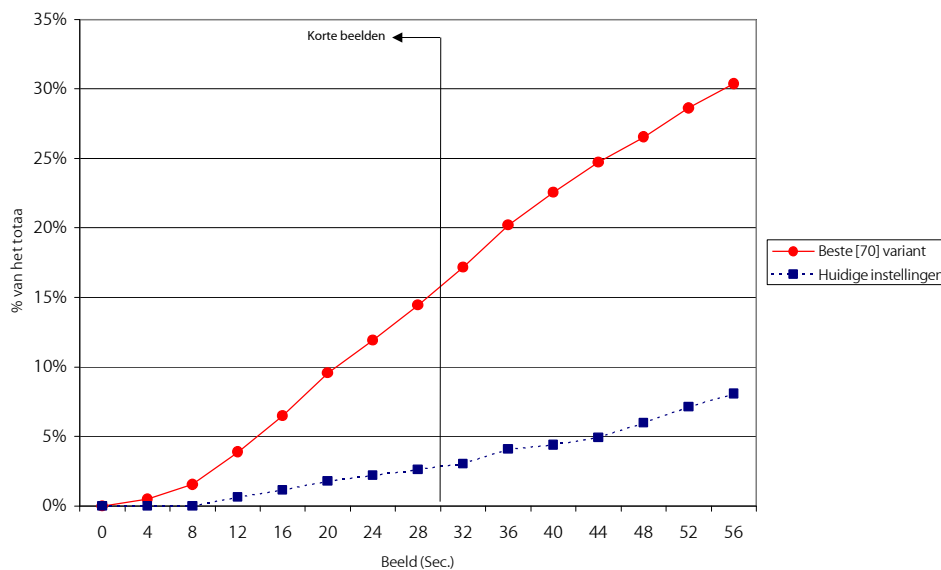
In de grafiek is goed te zien dat de performance opgebouwd is uit andere fouten. Waar de huidige variant slecht scoort bij de fout vrij/twijfel (te traag inkomen), scoort de [70] variant slechter bij de fout twijfel/vrij (licht vals alarm). De oorzaak hiervan ligt in de verlaagde bovengrens bij de [50] variant. Omdat het verkeerstype bij een snelheid van 60 km/uur al op twijfel staat kan dit bij de [50] variant pas bij 50 km/uur. Bij de [70] variant komen de ernstige fouten vrij/file (gemist alarm) en file/vrij (vals alarm) niet tot nauwelijks meer voor. Wel is goed te zien dat de korte beelden bij deze variant sterk zijn toegenomen.

De performance is ook opgenomen in de onderstaande tabel:

**tabel 8-4, Top 10 instellingen variant [70]**

	variant	vrij/ twijfel	vrij/ file	twijfel/ vrij	twijfel/ file	file/ vrij	file/ twijfel	korte beelden	performance
	Penalty	1	10	1	3	3	1	-	
1	A3721L4236H6157	20534	20	22746	53058	0	24813	47200	168371
2	A3721L4136H6157	20534	20	22746	55215	0	21396	48692	168603
3	A3721L4438H6359	9403	0	40442	31152	51	35403	53680	170131
4	A3721L4236H6257	18803	20	28902	53058	0	24813	44736	170332
5	A3721L4136H6257	18803	20	28902	55215	0	21396	46300	170636
6	A3721L4438H6358	13263	20	37511	31146	51	35403	53252	170646
7	A3721L4540H6260	6282	0	36924	15759	57	43541	69068	171631
8	A3721L4438H6459	8687	0	47683	31152	51	35403	50252	173228
9	A3721L4540H6360	5771	0	44384	15759	57	43541	64524	174036
10	A3721L4236H6156	25710	20	21210	53058	0	24813	49444	174255
Ref	Huidig	157252	761	0	50803	0	68	1784	210668
Ref	Oorspronkelijk	108125	390	1129	80154	30	15329	3684	208841

In de onderstaande grafiek is het aantal korte beelden van de [70] variant en bij de huidige instellingen weergegeven.



figuur 8.8, Duur beelden (cumulatief) bij [70] variant

Wordt er gekeken naar de cumulatieve duur van de beelden dan valt op dat 14% van de beelden korter dan een halve minuut duurt. In 10% van de gevallen staat het beeld korter dan 20 seconde.

De instelling die het beste presteert is opgenomen in de onderstaande tabel:

**tabel 8-5, optimale instellingen variant [70]**

Parameter	Instelling
$\alpha_{\text{dec}}$	0,37
$\alpha_{\text{acc}}$	0,21
Ondergrens hoog	41
Ondergrens laag	36
Bovengrens hoog	61
Bovengrens laag	57

De bovenstaande instellingen leiden tot een verdere verbetering van het AID algoritme. Wel hebben de instellingen andere soorten fouten tot gevolg. Bij een snelheidsval zal de [70] variant sneller een beeld boven de weg zetten, maar houdt het beeld ook langer vast bij het uitkomen van de file. De totale tijd dat er een beeld boven de weg wordt getoond zal dus toenemen, maar het soort beeld ([70] of [50]) kan regelmatig veranderen.

## 8.4 Effect wijziging parameters

### 8.4.1 Effect wijziging $\alpha_{\text{dec}}$

De instelling van de  $\alpha_{\text{dec}}$  zorgt ervoor dat de afvlakking van de rijtijd wordt vergroot of verkleind. Een hoge waarde van de parameter heeft tot gevolg dat de laatst gemeten rijtijd een groot aandeel heeft in de afgevlakte rijtijd, en omgekeerd zorgt een lage  $\alpha_{\text{dec}}$  ervoor dat de gemeten rijtijd weinig invloed heeft op de afgevlakte rijtijd.

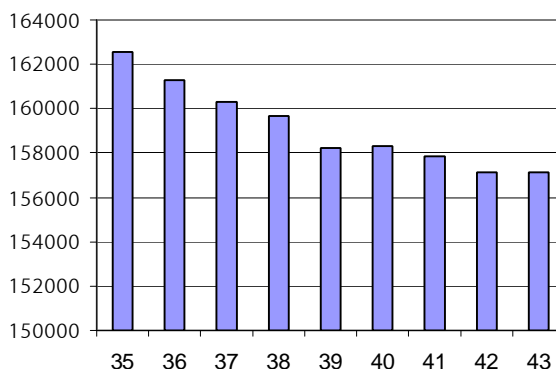
Een lage afvlakking kan zinvol zijn voor het opvangen van foute metingen. Bij een (te) hoge instelling van de  $\alpha_{\text{dec}}$  kan een extreem lage snelheid tot gevolg hebben dat het AID al bij één meting al een beeld toont die na enkele voertuigen weer wordt ingetrokken. Deze situatie is gezien de geloofwaardigheid niet gewenst.

Bij de performance zal een (te) lage instelling van de  $\alpha_{\text{dec}}$  tot gevolg hebben dat het AID te traag reageert. Dit kan in het ergste geval resulteren in gemiste alarmen. Het effect van de parameter zal met name te zien zijn in de foutcombinatie filevrij/twijfel<sup>25</sup> en twijfel/file.

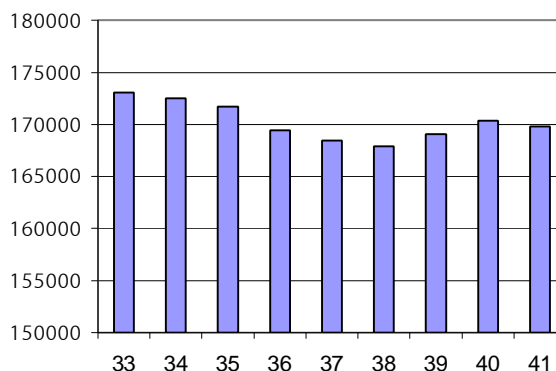
In figuur 8.9 en figuur 8.10 is het gevolg van een wijziging van de parameter weergegeven. Hierbij is de performance berekend voor verschillende instellingen van de  $\alpha_{\text{dec}}$  waarbij de overige parameters ongewijzigd zijn gebleven (de instelling van de parameter opgenomen op de x-as). Omdat er slechts naar één parameter wordt gekeken hoeft de instelling met de laagste score hoeft niet per definitie de uiteindelijke instelling te zijn. Dit is afhankelijk van alle parameters. Als basis is de optimale instelling voor de [50] variant (zie tabel 8-2) en de [70] variant (zie tabel 8-5) gebruikt.

<sup>25</sup> De foutcombinatie bestaat altijd uit de vergelijking tussen AID-status/verkeerstype, bij de fout filevrij/twijfel betekent dit dat de AID status op filevrij staat en het verkeerstype twijfelachtig is.

[50] variant

figuur 8.9, Effect wijziging  $a_{dec}$  bij de [50] variant

[70] variant

figuur 8.10, Effect wijziging  $a_{dec}$  bij de [70] variant

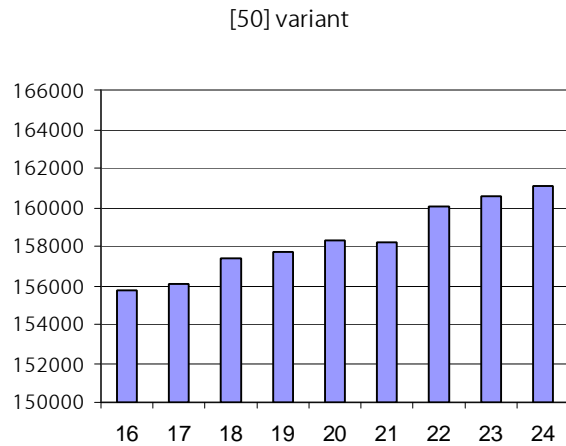
#### 8.4.2 Effect wijziging $\alpha_{acc}$

De  $\alpha_{acc}$  is van invloed op het intrekken van de AID beelden. Een te hoge instelling van de  $\alpha_{acc}$  heeft tot gevolg dat het AID snel reageert op veranderingen van het verkeer. Een snel voertuig heeft hierbij de mogelijkheid het AID 'uit te rijden'. Bij turbulent verkeer heeft dit tot gevolg dat het AID veel korte beeldwisselingen genereert.

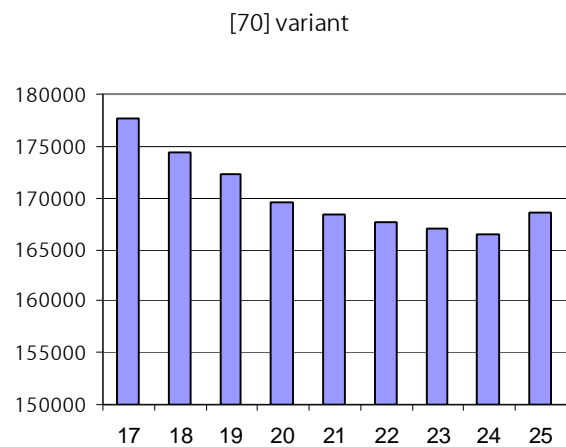
Een te lage instelling van de  $\alpha_{acc}$  zorgt voor een traag reagerend algoritme waardoor het AID te lang aan blijft staan. Het gevolg hiervan kan zijn dat in extreme gevallen er valse alarmen ontstaan als het beeld nog boven de weg staat en de file al is opgelost.

De parameter heeft met name effect op de combinaties file/twijfel en twijfel/filevrij.

In figuur 8.11 en figuur 8.12 het effect van een wijziging van de instelling (van de parameter) op de performance weergegeven.



figuur 8.11, Effect wijziging  $a_{dec}$  bij de [50] variant



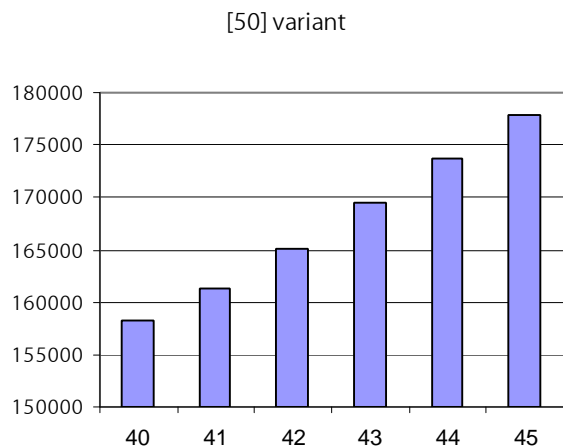
figuur 8.12, Effect wijziging  $a_{dec}$  bij de [70] variant

#### 8.4.3 Effect Ondergrens

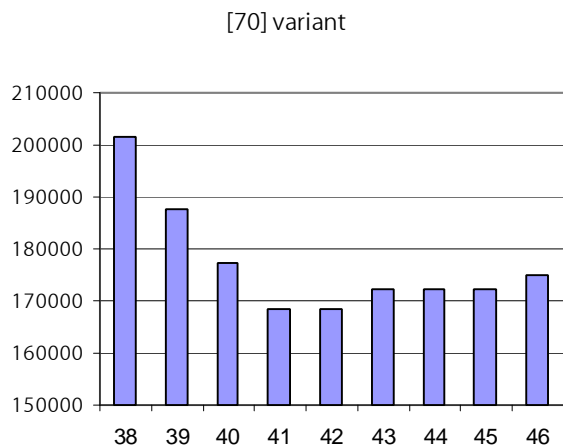
De instelling van de ondergrens bepaalt bij welke (afgevlakte) snelheid het AID zal aangaan. De lage ondergrens bepaalt bij onderschrijding wanneer de classificatie 1 wordt gegeven, de hoge ondergrens bepaalt bij overschrijding wanneer de classificatie 1 wordt ingetrokken.

De hoogte van de grens is afhankelijk van voor welke snelheid men wil waarschuwen. Bij de performanceberekening is de filegrens van 40 km/uur gehanteerd die is vastgesteld in de workshop. Stelt men de grenzen anders in dan zullen de fouten toenemen. Bij een te lage instelling zal het verkeer te laat worden gewaarschuwd en zullen er gemiste alarmen zijn. Dit resulteert in de fout twijfel/file. Bij een te hoge instelling zal het AID te snel aangaan waardoor de foutcombinatie file/twijfel vaker zal voorkomen.

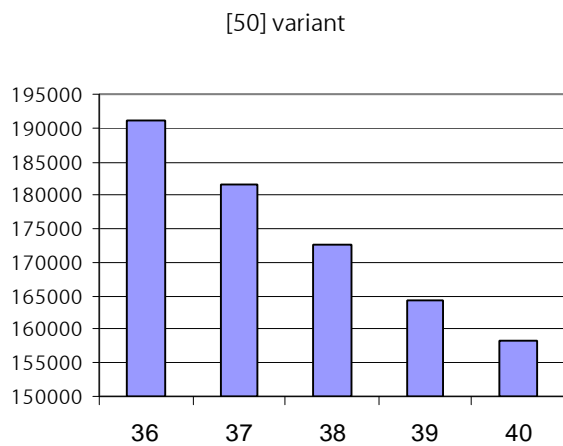
In figuur 8.13 en figuur 8.14 is het effect van de ondergrens<sub>hoog</sub> weergegeven en in figuur 8.15 en figuur 8.16 het effect van de ondergrens<sub>laag</sub>. De range voor de ondergrens hoog stopt bij 40 en kan niet verder worden verlaagd omdat vanaf dit punt de ondergrens hoog gelijk is aan de ondergrens laag.



figuur 8.13, Effect wijziging  $Ondergrens_{hoog}$  bij de [50] variant

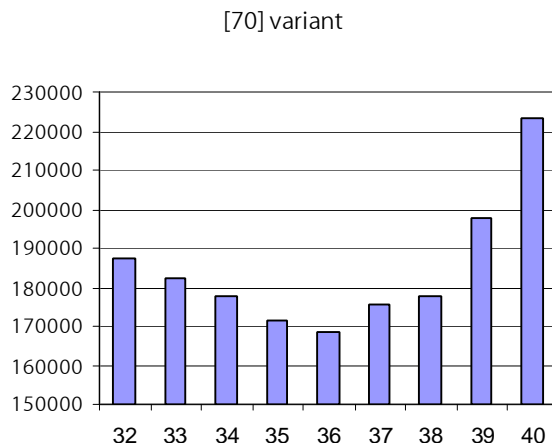


figuur 8.14, Effect wijziging  $Ondergrens_{hoog}$  bij de [70] variant



figuur 8.15, Effect wijziging  $Ondergrens_{laag}$  bij de [50] variant





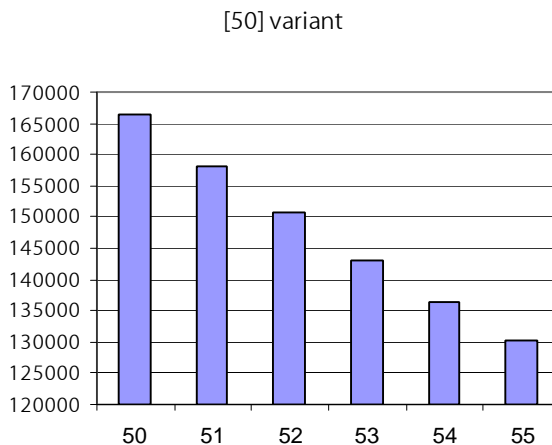
figuur 8.16, Effect wijziging  $Ondergrens_{laag}$  bij de [70] variant

#### 8.4.4 Effect Bovengrens

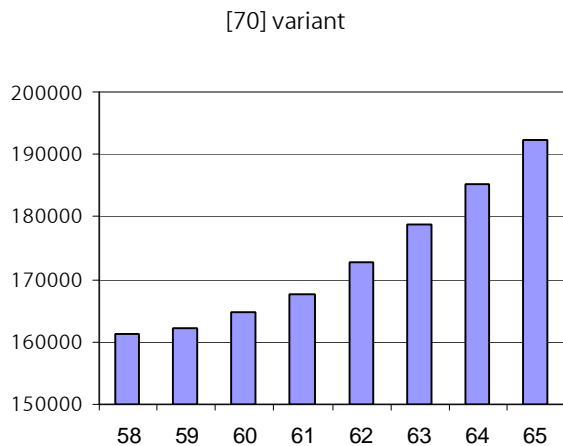
De bovengrens laag bepaalt bij welke afgevlakte snelheid het algoritme tot de klasse D (twijfel) overgaat, de bovengrens hoog bepaalt wanneer het algoritme naar klasse 0 (vrij) gaat.

Als de bovengrenzen niet goed zijn gekozen kan dit tot gevolg hebben dat het AID te laat uitgaat (bij een te hoge instelling) of veel knipperbeelden laat zien (als de instelling te dicht bij de ondergrens ligt). Het effect van de instelling zal met name te zien zijn bij de foutcombinatie vrij/twijfel en twijfel/vrij.

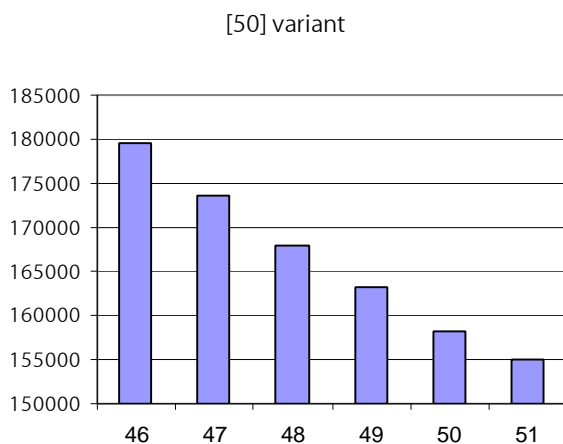
In de onderstaande figuren is de performance opgenomen bij verschillende instellingen van de parameter. In figuur 8.17 en figuur 8.18 is de parameter  $bovengrens_{hoog}$  opgenomen en in figuur 8.19 en figuur 8.20 de  $bovengrens_{laag}$ .



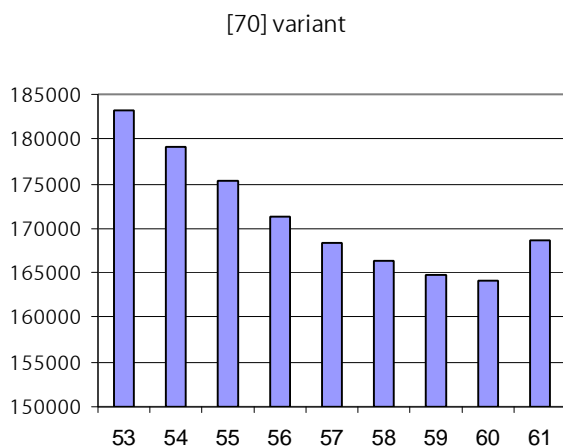
figuur 8.17, Effect wijziging  $Bovengrens_{hoog}$  bij de [50] variant



figuur 8.18, Effect wijziging  $Bovengrens_{hoog}$  bij de [70] variant



figuur 8.19, Effect wijziging  $Bovengrens_{laag}$  bij de [50] variant



figuur 8.20, Effect wijziging  $Bovengrens_{laag}$  bij de [70] variant

De keuzes van de onder- en bovengrenzen hebben geen invloed op elkaar. In de onderstaande tabel is een voorbeeld opgenomen waarbij de  $\alpha$ 's en de bovengrenzen gelijk blijven. Zoals in de tabel is te zien heeft de wijziging van de ondergrens laag alleen invloed op de fouten twijfel/file en file/twijfel. Wel

moet rekening worden gehouden met de korte beelden, de waarde hiervan is wel afhankelijk van de gekozen boven- én ondergrens.

**tabel 8-6, Voorbeeld wijziging ondergrens laag**

	vrij/ twijfel	vrij/ file	twijfel/ vrij	Twij- fel/ File	file/ vrij	file/ twijfel	korte beelden	Performance
Ondergrens <sub>laag</sub> = 35	4883	0	60351	22494	0	17876	39464	145068
Ondergrens <sub>laag</sub> = 36	4883	0	60351	19194	0	18108	47496	150032
Ondergrens <sub>laag</sub> = 37	4883	0	60351	15728	0	18637	74888	174487
Ondergrens <sub>laag</sub> = 38	4883	0	60351	12375	0	19260	102820	199689

#### 8.4.5 Effect dubbele grenzen

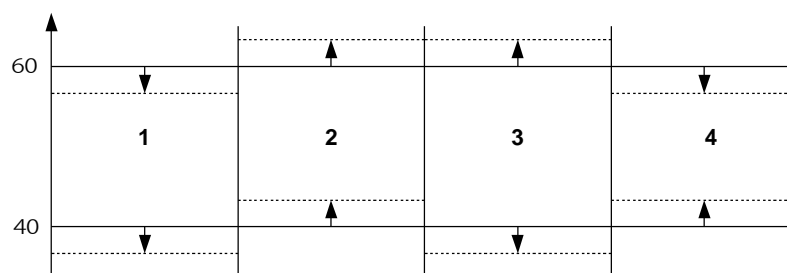
De dubbele boven- en ondergrenzen zijn bedoeld om korte beelden tegen te gaan. Bij de simulaties is onderzocht of, en met welke instellingen, de dubbele grenzen het beste werken.

Het was niet mogelijk alle instellingen door te rekenen. Ten eerste zou een simulatie van alle mogelijke instellingen (binnen een acceptabele range) teveel rekentijd kosten. Ter indicatie: het doorrekenen van één algoritme-instelling kost ongeveer 10 minuten, waarbij gebruik is gemaakt van verschillende parallel draaiende computers (Pentium 2 en 3). Het doorrekenen van alle relevante combinaties van boven- en ondergrenzen binnen een range van 10 km/uur (bijvoorbeeld 65-55 km/uur) zou  $10^4 = 10.000$  instellingen tot gevolg hebben.

Om te proberen het aantal instellingen te verminderen, zijn eerst vier runs gedraaid waarbij is gevarieerd met de ligging én de onderlinge afstand tussen de hoge en lage grenzen. Hierbij is altijd één van de bovengrenzen op 60 km/uur gelegd en één van de ondergrenzen op 40 km/uur. De afstand tussen de grens hoog en grens laag is gevarieerd tussen 0 en 5 km/uur. Bij de berekening is gebruik gemaakt van de  $\alpha$ 's die uit eerdere runs als beste naar voren kwamen. De grenzen zijn op vier manieren gevarieerd:

1. Verlaging van grenzen laag;
2. Verhoging van de grenzen hoog;
3. Het uit elkaar schuiven van de bovengrens hoog en ondergrens laag;
4. Het naar elkaar toetrekken van de bovengrens laag en ondergrens hoog.

In de onderstaande figuur zijn de vier mogelijkheden schematisch weergegeven. De doorgetrokken streep is de vastgestelde grens (dit kan de grens hoog of laag zijn), de stippellijn is de andere grens die wordt gevarieerd:



figuur 8.21, plaatsing boven- en ondergrenzen

*Ad 1*

Bij deze instelling worden de bovengrens hoog en ondergrens hoog op de filegrenzen gelegd, de lage grenzen worden hieronder geplaatst.

*Ad 2*

Hierbij worden de bovengrens laag en de ondergrens laag gelijk gesteld aan de filegrenzen. De bovengrens hoog en ondergrens hoog worden hierboven geplaatst.

*Ad 3*

Bij deze instelling wordt de bovengrens laag op de filegrens van 60 km/uur gelegd en de bovengrens hoog erboven. Bij de ondergrens net andersom; de ondergrens hoog wordt op 40 km/uur gelegd en de ondergrens laag eronder.

*Ad 4*

De bovengrens hoog komt op 60 km/uur te liggen en de bovengrens laag eronder. De ondergrens laag wordt vervolgens op 40 km/uur gelegd en de ondergrens hoog erboven.

Elk van de bovenstaande combinaties heeft voor- en nadelen. Bij de plaatsing van de grenzen moet een keuze worden gemaakt tussen het op tijd aangaan of het op tijd uitgaan van de signalering. Ook heeft verandering van de afstand tussen de grenzen onderling (hoog en laag) en met elkaar (boven en onder) gevolgen voor de prestatie. Zonder simulaties is het niet mogelijk de exacte gevolgen te bepalen.

Uit de analyse kwam de volgende rangorde naar voren:

1. Instelling 3 (laagste score = beste performance);
2. Instelling 4;
3. Instelling 1;
4. Instelling 2 (hoogste score = slechtste performance).

Tot slot heeft er een fine-tuning plaatsgevonden voor de instellingen die het beste presteren. Hierbij is afgeweken van het principe dat een van de grenzen op de filegrens moet liggen, bijvoorbeeld 61/56 (i.p.v. 60/56). Hierbij zijn nogmaals verschillende instellingen doorgerekend.

#### 8.4.6 Actietabel

Voor zowel de [50] variant als de [70] variant zijn de beste instellingen gedraaid met een gewijzigde actietabel. De verwachting is dat een gewijzigde actietabel het aantal korte beelden kan verminderen en het verkeer eerder kan waarschuwen. De volgende instellingen zijn gesimuleerd:

**tabel 8-7 Gesimuleerde instellingen actietabel**

	Huidige instelling	Variant [50]	Variant [70]
000	[blank]	[blank]	[blank]
D00	[no change]	[no change]	[no change]
DD0	[no change]	[no change] & [50]	[no change] & [70]
DDD	[no change]	[no change] & [50]	[no change] & [70]
1* (elke combinatie met tenminste één 1)	[50]	[50]	[50]

De combinaties DD0 en DDD zijn voor beide varianten met verschillende classificaties gesimuleerd. De verwachting was dat met name het wijzigen van

de actie DDD van no change (NC) naar [50] of [70] een verbetering tot gevolg zal hebben omdat er op deze manier eerder een beeld boven de weg wordt getoond en het aantal gemiste alarmen wordt gereduceerd.

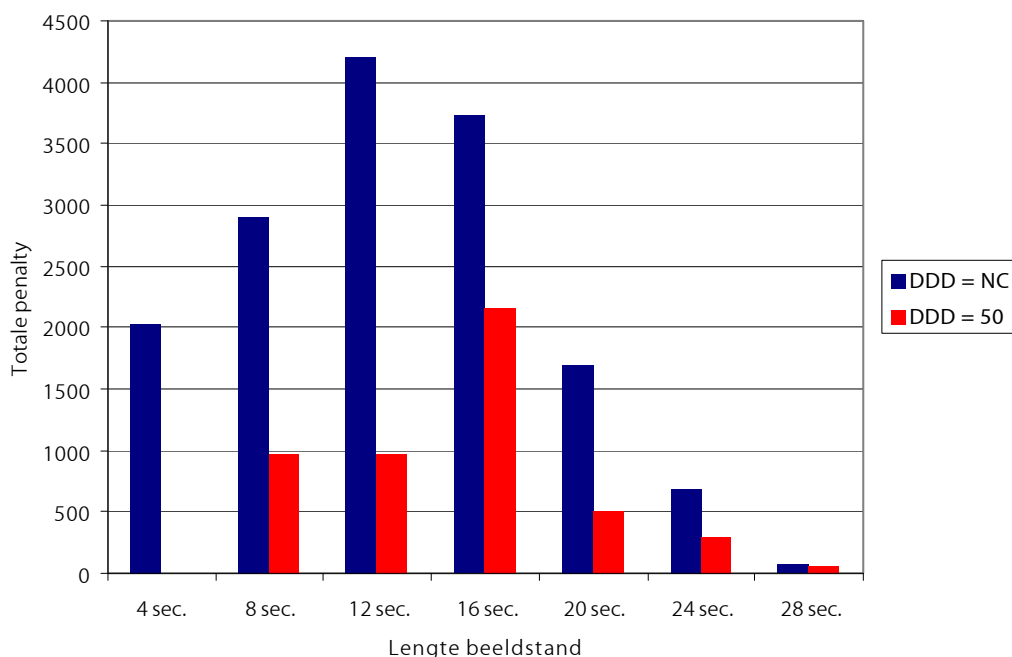
Het wijzigen van de actie DD0 van NC naar [50] heeft tot gevolg dat er veel extra beelden worden gegenereerd. In plaats van een NC wordt in de nieuwe situatie een nieuw beeld geplaatst. Deze wijziging van de actietabel heeft geen verbeteringen tot gevolg.

De wijziging van de actie DDD van NC naar [50] heeft wel een verbetering tot gevolg. Bij de huidige instelling wordt er niets gedaan als er op drie rijstroken sprake is van de klasse D (doubtful). Door het wijzigen van de actie DDD naar [50] kan er eerder gewaarschuwd voor turbulent verkeer. Voor de beste instelling van de [50] variant is in de onderstaande tabel een vergelijking tussen de twee acties opgenomen. In de tabel is te zien dat de actie DDD=50 beter scoort dan DDD=NC (de huidige instelling).

**tabel 8-8, Vergelijking wijziging actietabel**

	vrij/ twijfel	vrij/ file	twijfel/ vrij	twijfel/ file	file/ vrij	file/ twijfel	Korte- beelden	Performance
DDD = NC	111811	500	302	18129	0	22579	15324	168645
DDD = 50	111811	500	302	18129	0	22579	4936	158257

In de onderstaande grafiek is de penalty voor de korte beelden weergegeven. Hierin is goed te zien dat de DDD = NC variant veel meer beeldwisselingen laat zien.

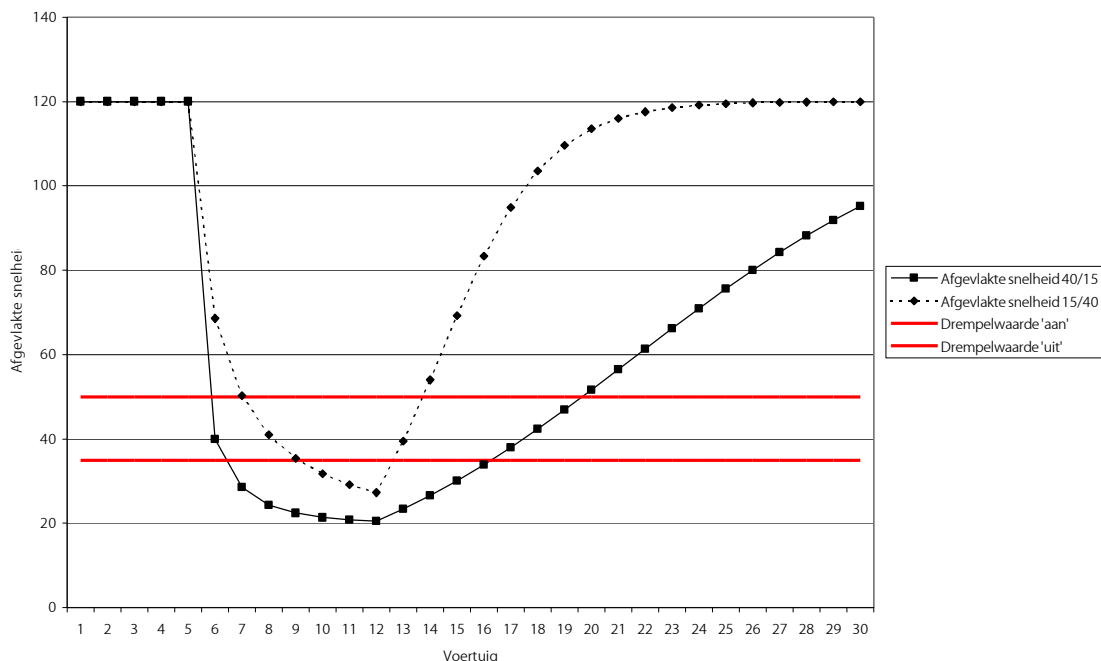


figuur 8.22, Vergelijking penalty's voor korte beelden

#### 8.4.7 Verschillen tussen de oorspronkelijke en huidige instellingen

Zoals eerder in dit rapport is vermeld is tijdens de studie geconstateerd dat de huidige instellingen (uit de specificatie onderstation MTM) afwijken van de oorspronkelijk bedoelde instellingen. Bij de huidige instellingen zijn de afvlakfactoren omgedraaid en wordt een snelheidsdaling meer afgevlakt dan

een snelheidsstijging. Als gevolg hiervan duurt het langer tot een incident door het systeem wordt gedetecteerd. Bij een snelheidsstijging wordt er meer afgevlakt en wordt het beeld sneller ingetrokken. In de onderstaande figuur is de afvlakking van de beide instellingen opgenomen bij een plotselinge daling en stijging van de snelheden:



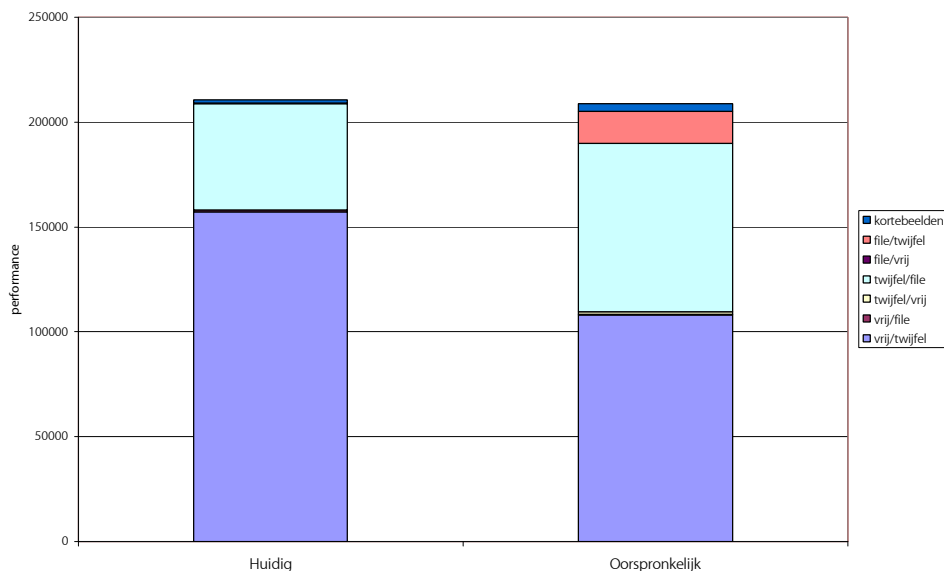
figuur 8.23, Afgevlakte snelheid

Zoals in de figuur goed is te zien reageren de oorspronkelijke instellingen sneller op een incident. De resultaten van beide instellingen zijn opgenomen in de onderstaande tabel:

tabel 9, Resultaten huidige en oorspronkelijke instellingen

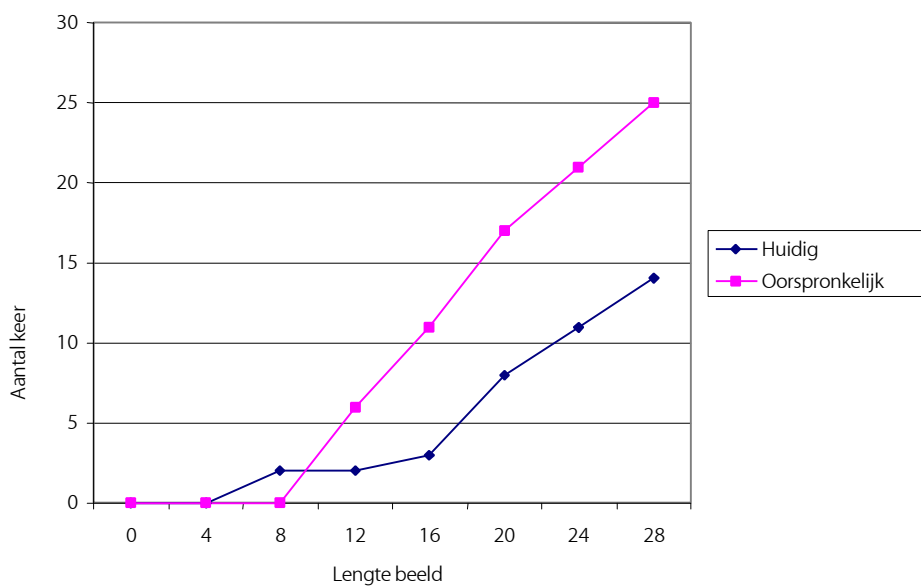
	vrij/ twijfel	vrij/ file	twijfel/ vrij	twijfel/ file	file/ vrij	file/ twijfel	korte- beelden	performance
Huidig	157252	761	0	50803	0	68	1784	210668
Oorspronkelijk	108125	390	1129	80154	30	15329	3684	208841

In de tabel is goed te zien dat de huidige instellingen trager reageren dan de oorspronkelijke instellingen, resulterend in een hogere penalty voor vrij/twijfel (te traag) en vrij/file (gemist alarm). De laatst genoemde fout willen we echter zoveel mogelijk voorkomen. De huidige instellingen scoren wel beter bij de valse alarmen (twijfel/vrij en file/vrij). De resultaten van de analyse staan in figuur 8.24.



figuur 8.24, Performance huidige en oorspronkelijke instellingen

Wordt er gekeken naar de korte beelden dan hebben de oorspronkelijke instellingen meer korte beelden tot gevolg. Beelden van 4 en 8 seconden komen echter niet voor. De huidige instelling hebben wel twee beelden van 8 seconden tot gevolg. Een figuur met het cumulatief aantal beelden is opgenomen in figuur 8.25.



figuur 8.25, Cumulatief aantal beelden

Overall gezien presteren de oorspronkelijke instellingen (op de huidige dataset) beter dan de huidige instellingen en sluit beter aan bij de wensen van het systeem: n.l. het snel detecteren van incidenten en hierop reageren.

## 9 Conclusies en aanbevelingen

### 9.1 Conclusie

Vergeleken met de huidige instellingen is er met het AID nog winst te behalen. Met een gewijzigde parameterinstelling is het mogelijk het systeem verder te optimaliseren. De resultaten uit deze studie zijn echter alleen geldig op drie-strooks wegen. Hoe de nieuwe instellingen werken op twee-, drie- of vier-strookswegen kan met de beschikbare meetdata niet worden onderzocht, hiervoor is RESI-data nodig.

Een belangrijk onderdeel van de studie is door de beschikbaarheid van meetdata komen te vervallen; de locatiespecifieke instellingen. De instellingen in dit rapport zijn specifiek op de A2 gericht. Het wegbeeld van dit traject wijkt af van andere wegen. Of deze instellingen bijvoorbeeld ook op de A12 toepasbaar zijn kon niet worden onderzocht. De in deze studie gevonden parameters kunnen wel dienen als algemene vuistregel. Bij nieuwe locaties kan met behulp van de simulator en RESI-data de locatiespecifieke instelling worden bepaald.

Een deel van de winst is te verklaren doordat instellingen beter aansluiten bij de filegrenzen die zijn voortgekomen uit de workshop. De nieuwe instellingen (en met name de gewijzigde onder- en bovengrenzen) sluiten beter aan bij de wensen van de deelnemers, en zullen daarom tot gevolg hebben dat bepaalde fouten (te traag inkomen en te traag uitkomen) minder vaak voorkomen.

Vanuit de workshop zijn een aantal problemen naar voren die gedeeltelijk kunnen worden opgelost met de parameterinstellingen:

1. Filewaardering blijft 'hangen'
2. Alleen voor verkeer <35 km/uur wordt gewaarschuwd
3. Te snelle beeldwisselingen
4. AID blijft te lang aan

Het probleem met het blijven hangen speelt met name in de nachtelijke uren als het rustig is. Dit probleem is het beste op te lossen met een modificatie. Aan het alleen waarschuwen voor verkeer < 35 km/uur is met de huidige instellingen tegemoetgekomen. Bij de [50] variant wordt nu bij 40 km/uur op één of twee rijstroken, of 50 km/uur op drie rijstroken gewaarschuwd en bij de [70] variant bij 60 km/uur. De te snelle beeldwisselingen zijn iets toegenomen maar blijven beperkt. Wordt gekeken naar de frequentie van de beelden dan komen zeer korte beelden niet vaak voor. Het probleem kan ook eventueel lokaal worden opgelost met aangepaste instellingen. Het te lang aanblijven is met de nieuwe instellingen van de [50] variant voor een groot deel opgelost, de nieuwe instellingen leiden tot een sterke afname van de lichte valse alarmen (het te lang aanblijven). Valse alarmen komen echter nog wel voor.



Uit de workshop kwam naar voren dat er problemen zijn met het AID die niet met gewijzigde parameterinstellingen zijn op te lossen. Zo kan bijvoorbeeld winst behaald worden met:

- De plaatsing van de detectiepunten op verkeerskundig goede locaties;
- De invulling van de database.

De winst die hiermee behaald kan worden kan vele malen groter zijn dan een finetuning van de parameter. Een verkeerde instelling van de database of het ontbreken van detectiepunten kunnen elk positief effect van de parameterinstellingen teniet doen. Voor een optimaal functionerend systeem is het noodzakelijk dat alle onderdelen (detectie, database en instellingen) goed worden ingevuld. Dit onderdeel valt echter buiten de studie en is niet verder onderzocht. Voor praktijkproblemen verdient het de aanbeveling hier goed naar te kijken voordat wordt begonnen met het aanpassen van de parameterinstellingen.

Een ander punt van aandacht is de afweging tussen de criteria waarop wordt getoetst. Aan de ene kant moet het systeem snel en accuraat reageren, dit houdt in dat beelden snel moeten worden geplaatst en worden verversd. Aan de andere kant moet het systeem geloofwaardig overkomen op de weggebruiker, dit betekent dat het systeem stabiele beelden moet tonen en betrouwbaar moet zijn. Het laatste houdt in dat beelden liever iets langer moeten blijven staan. Tussen deze twee criteria is getracht een evenwicht te vinden. Het is echter niet mogelijk beide problemen tegelijk op te lossen.

#### 9.1.1 Conclusie [50]-variant

Bij de [50] variant is een verbetering van 24% in de performance gevonden. De nieuwe instellingen hebben tot gevolg dat de fouten vrij/twijfel (te traag inkomen), twijfel/vrij (licht vals alarm) en twijfel/file (licht gemist alarm) afnemen. De sterkste afname is te zien in de categorie twijfel/file (zacht gemist alarm). De fout vrij/file (gemist alarm) is wel licht toegenomen. Ook is het aantal korte beelden toegenomen. Wordt er gekeken naar het aantal korte beelden (van 4 of 8 seconden) dan valt op dat deze slechts in zeer geringe mate voorkomen. Het AID zal met de nieuwe instellingen over het algemeen sneller waarschuwen.

Een wijziging van de classificatie DDD=NC naar DDD=50 in de actietabel heeft een verdere verbetering tot gevolg. Met deze instelling wordt het aantal korte beelden verkleind.

In de onderstaande tabel is de beste instelling opgenomen.

***tabel 9-1, optimale instelling [50] variant ( op driestrooks wegen)***

Parameter	Huidige instelling	Beste instelling	Geadviseerde instelling
$\alpha_{dec}$	0,40	0,39	0,39
$\alpha_{acc}$	0,15	0,20	0,20
Ondergrens laag	35	40	40
Ondergrens hoog	35	40	40
Bovengrens laag	50	50	50
Bovengrens hoog	50	51	50
Actie DDD	NC	50	50

Van de beste instelling kan eventueel iets worden afgeweken. De bovengrens hoog is verlaagd van 51 naar 50 km/uur vanwege de wettelijke maximumsnelheid.

#### 9.1.2 Conclusie [70]-variant

De instelling van de [70] variant is opgenomen in de onderstaande tabel:

***tabel 9-2, optimale instelling [70] variant (op driestrooks wegen)***

Parameter	Beste instelling
$\alpha_{\text{dec}}$	0,37
$\alpha_{\text{acc}}$	0,21
Ondergrens hoog	41
Ondergrens laag	36
Bovengrens hoog	61
Bovengrens laag	57

De bovenstaande instelling is een verbetering ten opzichte van het huidige AID algoritme (een performance verbetering van 19%), maar niet ten opzichte van de geoptimaliseerde [50] variant. Wel heeft de [70] variant andere verdeling van de fouten tot gevolg. Door het gebruik van een [70] kan bij het onderschrijden van de bovengrens al een beeld worden getoond. Hierdoor plaatst de [70] variant sneller een beeld boven de weg.

De performance van de [70] variant wijkt op een aantal punten af van de [50] variant. De [70] variant scoort op sommige punten slechter dan de [50] variant, met name bij de korte beelden. De oorzaak hiervan ligt in de plaatsing van extra beelden. Omdat er zowel een [70] als een [50] beeld wordt geplaatst neemt het aantal beeldwisselingen toe. De [70] variant scoort slechter bij de fout twijfel/vrij (licht vals alarm), maar beter bij de fout twijfel/vrij (licht vals alarm). Dit komt door de verlaagde bovengrens bij de [50] variant. Ondanks dat het verkeerstype bij een snelheid van 60 km/uur al op twijfel staat kan bij de [50] variant het AID pas bij 50 km/uur een beeld tonen. Bij de [70] variant kan dit al bij 60 km/uur. Bij de [70] variant komen de ernstige fouten vrij/file (gemist alarm) en file/vrij (vals alarm) niet tot nauwelijks meer voor.

#### *Opmerking:*

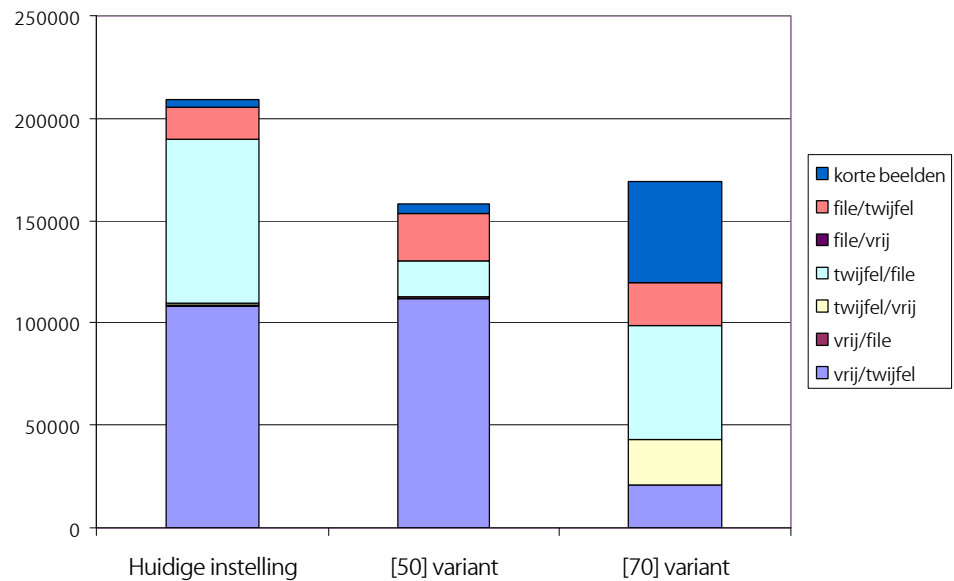
Om het aantal (te) korte beelden te beperken is het mogelijk het algoritme iets aan te passen met een houdtijd voor de beelden. Met behulp van de houdtijd kan het meest restrictieve beeld (het beeld met de laagste snelheid) langer worden vastgehouden en wordt voorkomen dat het na bijvoorbeeld 4 seconden wordt ingetrokken.

#### 9.1.3 Vergelijking tussen de twee varianten

In de onderstaande grafiek is de performance van de beste instellingen van de twee varianten en de huidige variant weergegeven.

In de figuur is goed te zien dat bij de [50] variant de grootste winst is behaald bij de fout twijfel/file (licht gemist alarm). De fout file/twijfel (te traag uitkomen) is iets toegenomen.

Bij de [70] variant is de fout vrij/twijfel sterk gereduceerd (te traag inkomen) omdat de variant sneller een beeld kan plaatsen. De fouten twijfel/vrij (licht vals alarm) en twijfel/file (licht gemist alarm) en de korte beelden zijn toegenomen.



figuur 9.1, Performance beste instellingen per variant

## 9.2 Aanbeveling

### 9.2.1 [50] variant

Er wordt aanbevolen de huidige instellingen te vervangen door de oorspronkelijk instellingen met een  $\alpha_{\text{dec}}$  van 0,40 en een  $\alpha_{\text{acc}}$  van 0,15. Hiernaast wordt aanbevolen een veldproef te houden op de A2 met de nieuwe geoptimaliseerde instellingen. Met behulp van een evaluatie kan worden bekeken of de nieuwe instellingen het gewenste effect hebben.

Hiernaast verdient het de aanbeveling om de instellingen te simuleren op een dataset van een ander type weg (bijvoorbeeld tweestrooks rijbanen, of de A12). Dit kan echter pas nadat RESI beschikbaar is.

### 9.2.2 [70] variant

Met de huidige mogelijkheden wordt geadviseerd nog niet de [70] variant toe te passen. De [70] variant laat nog te veel korte beeldwisselingen zien. Met een modificatie in de vorm van een houdtijd kan het aantal beeldwisselingen worden beperkt. Het meest restrictieve beeld kan met de houdtijd langer worden vastgehouden waarmee wordt voorkomen dat de beelden te snel worden ingetrokken. Met deze aanpassing zal de variant beter presteren en is een veldproef aan te bevelen.

# **Bijlage 1**

## Woordenlijst

## **Bijlage 1**

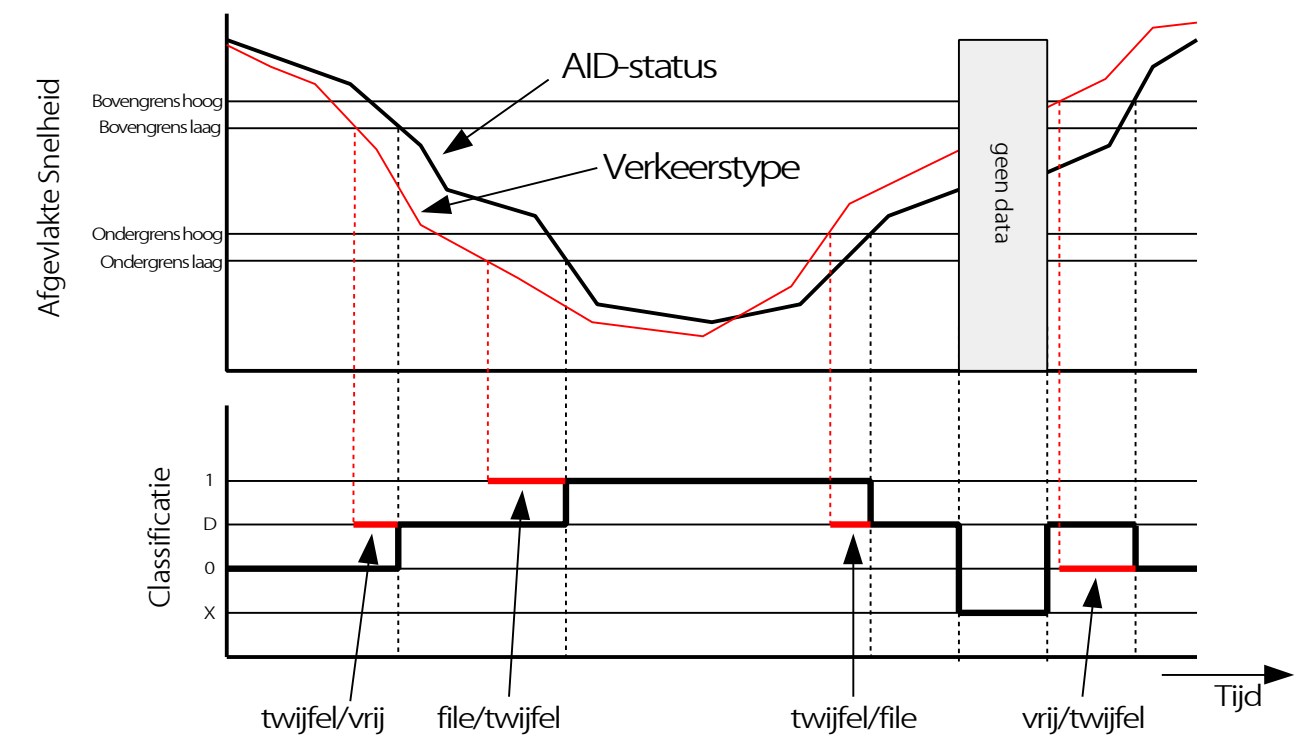
### **Woordenlijst**

AID	Automatische Incident Detectie
CS	Centrale Systeem
DS	Detectorstation = hardware langs de weg die de informatie uit de inductielussen verwerkt tot gegevens voor de onderstations
Flashers	Knipperende lampen naast de snelheid op de signaalgevers
Meetpunt	Een locatie op de rijksweg waarop gegevens ingewonnen worden
MTM	Motorway Traffic Management
OS	Onderstation = hardware langs de weg voor de aansturing van de MTM-maatregelen en die o.a. zelfstandig de AID-status kan berekenen en de beelden plaatst.
Raai	Doorsnede op een rijbaan
RESI	Research Systeem Signalering
RCU	Research Communication Unit = de voorganger van RESI

## **Bijlage 2**

### Uitvouwblad

Schematische weergave fouten:



In de bovenstaande figuur zijn de fouten vrij/file en file/vrij niet opgenomen. Deze fouten treden op als de snelheidsval nog sterker is dan hierboven is weergegeven. Het verkeerstype bevindt zich dan al in klasse 1, terwijl de AID status zich nog in klasse 0 bevindt in plaats van klasse D en omgekeerd.

Foutcombinaties en gewichten:

AID/Vktype	Vrij (0)	Twijfel (D)	File (1)
Vrij (0)	-	te traag = 1	gemist alarm = 10
Twijfel (D)	licht vals alarm = 1	-	licht gemist alarm = 3
File (1)	vals alarm = 3	te traag =1	-

Actietabel

Klasse combinatie	Aanvraag
000	geen maatregel
D00	no change
DD0	no change
DDD	no change
100	[50] <sup>26</sup>
1D0	[50]
1DD	[50]
110	[50]
11D	[50]
111	[50]

<sup>26</sup> In dit rapport worden de beeldstanden op de matrixborden tussen brackets geplaatst, een beeld van 50 km/uur is hierdoor [50] en een beeld van 70 km/uur is [70].

## **Bijlage 3**

### Voorbeeld RCU-data



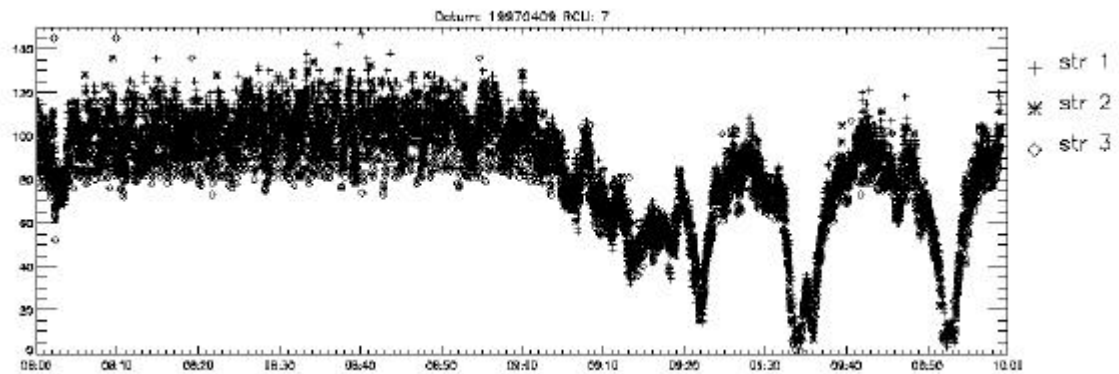
## Bijlage 3

### Voorbeeld RCU-data

Voorbeeld uitvoer:

Datum	Tijd (uu:mm:ss:ddd)	RCU	Rijstrook	Snelheid	Voertuiglengte
970412	140007635	6	2	121	356
970412	140011263	6	3	118	290
970412	140013677	6	2	128	328
970412	140014708	6	2	118	294
970412	140015711	6	2	116	379
970412	140018295	6	3	102	307
970412	140018703	6	2	107	329
970412	140019322	6	3	97	230
970412	140023390	6	3	100	266
970412	140024124	6	2	115	366
970412	140025619	6	3	109	343
970412	140026716	6	2	111	322
970412	140027564	6	3	108	334
970412	140029793	6	3	121	353
970412	140031915	6	2	134	279
...	...	...	...	...	...

Voorbeeld grafiek:

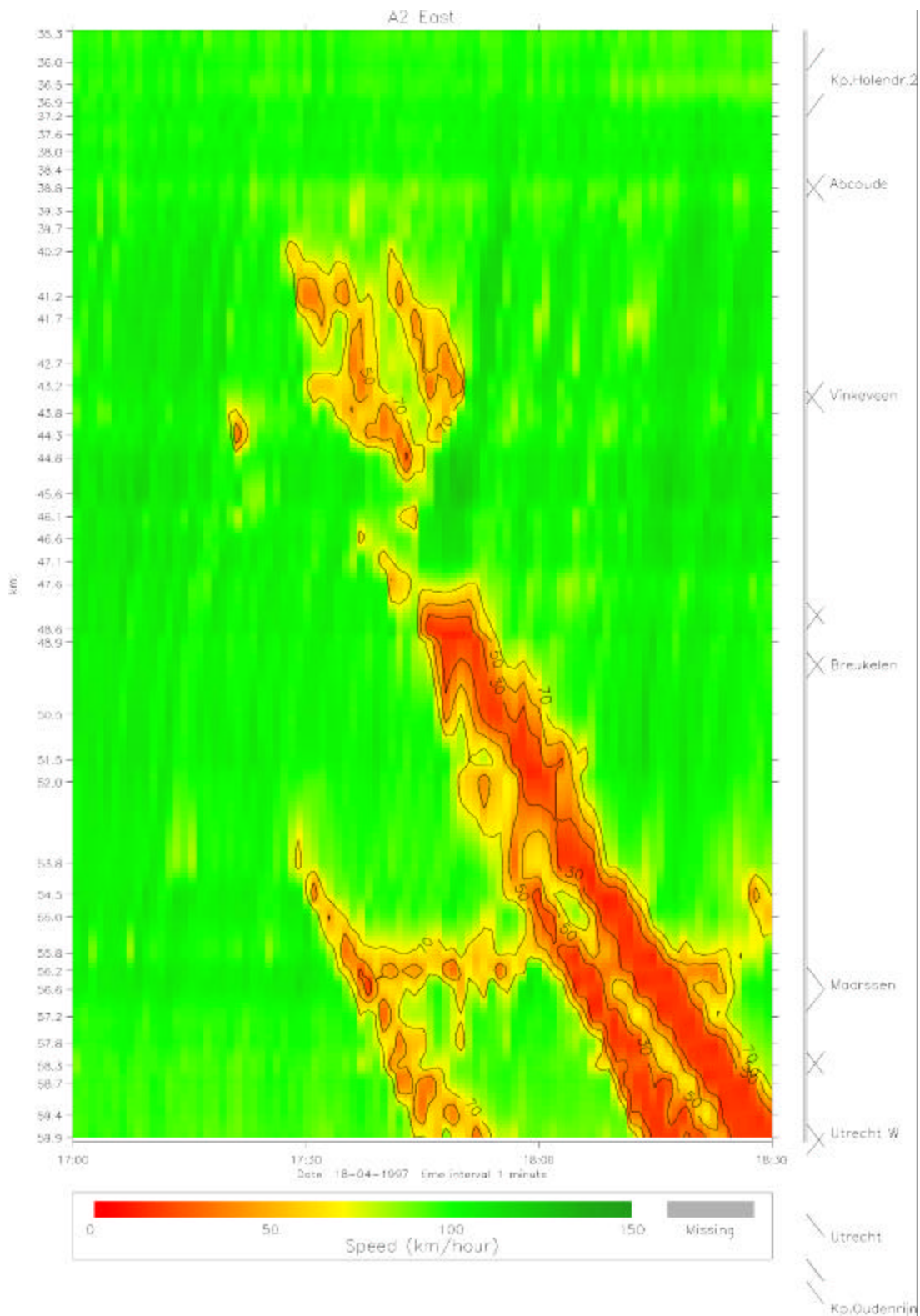


## **Bijlage 4**

### Vlekkenkaarten incidenten

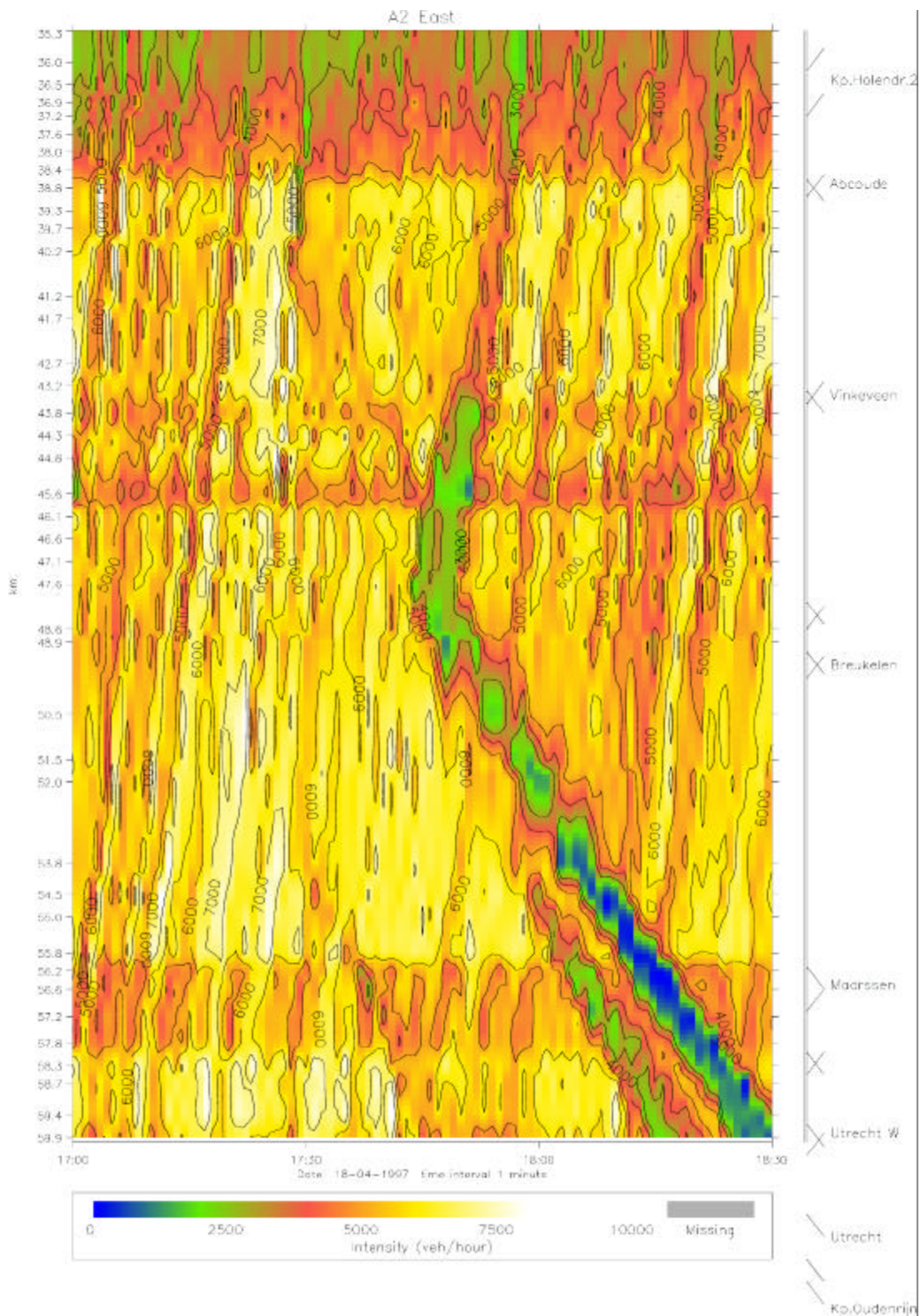
## Bijlage 4

### Vlekkenkaarten incidenten



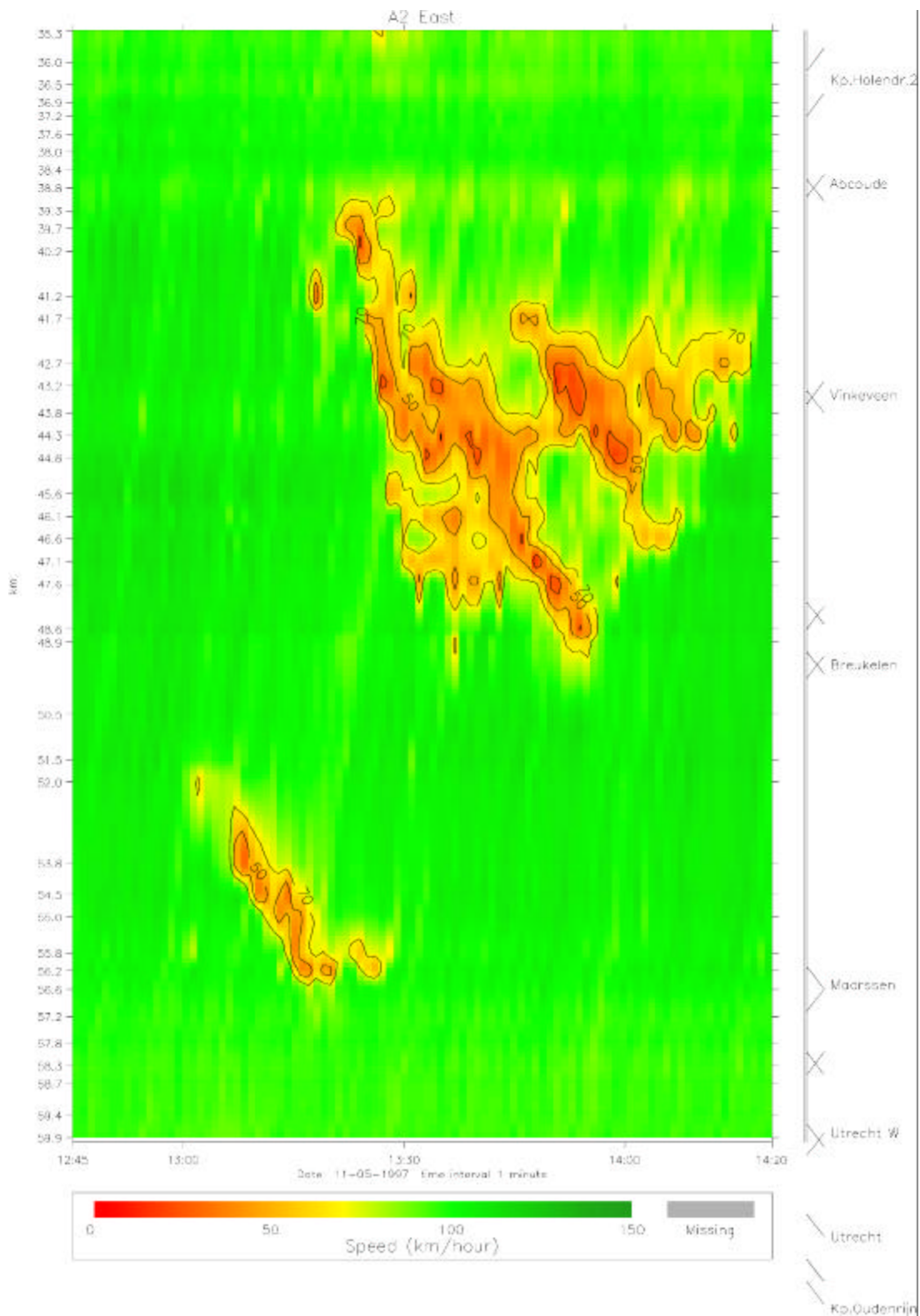
figuur 9.2, Snelheid 18 april 1997

## Bijlage 4 (vervolg 1)



figuur 9.3, Intensiteit 18 april 1997

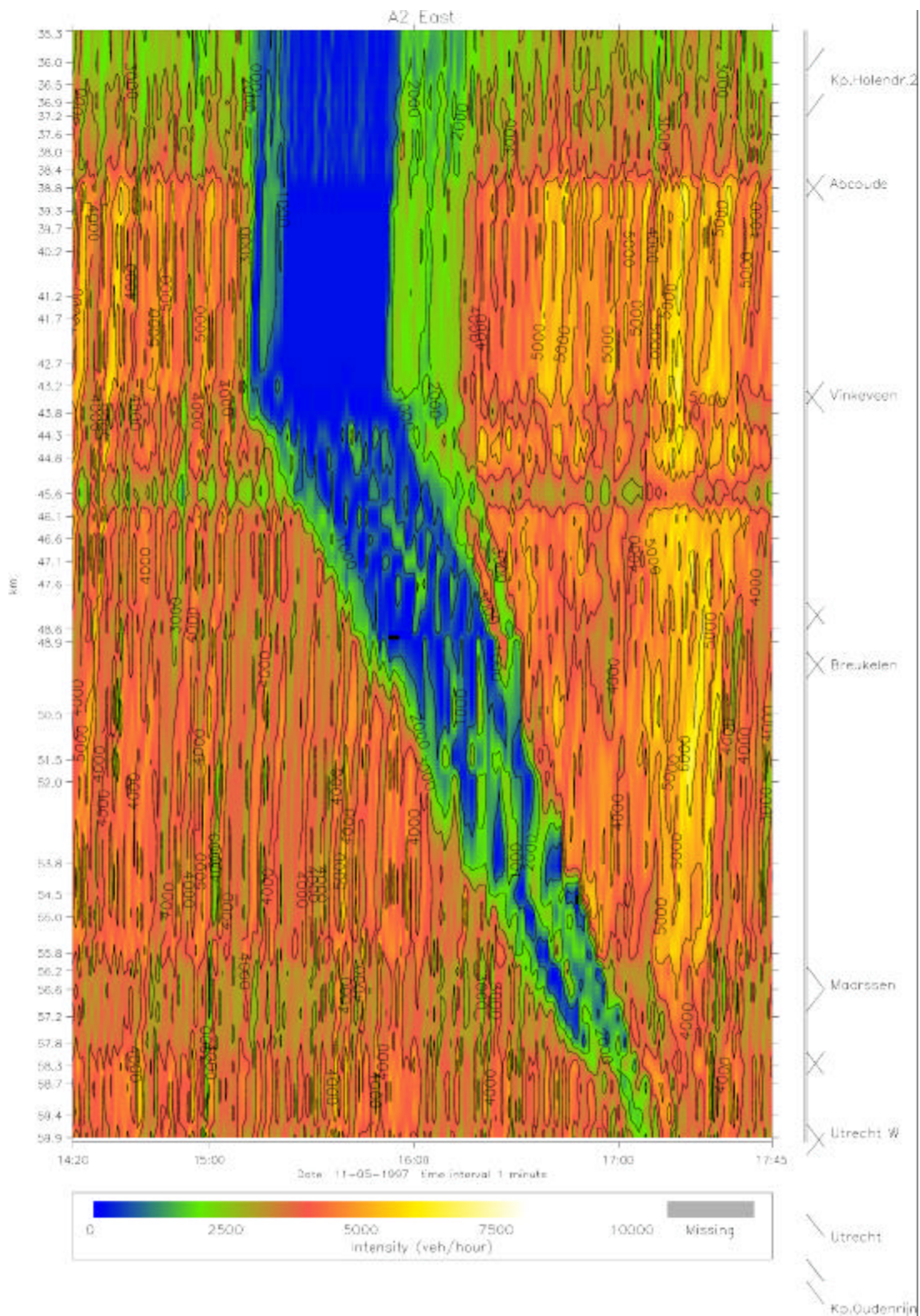
## Bijlage 4 (vervolg 2)



figuur 9.4, Snelheid 11 mei 1997

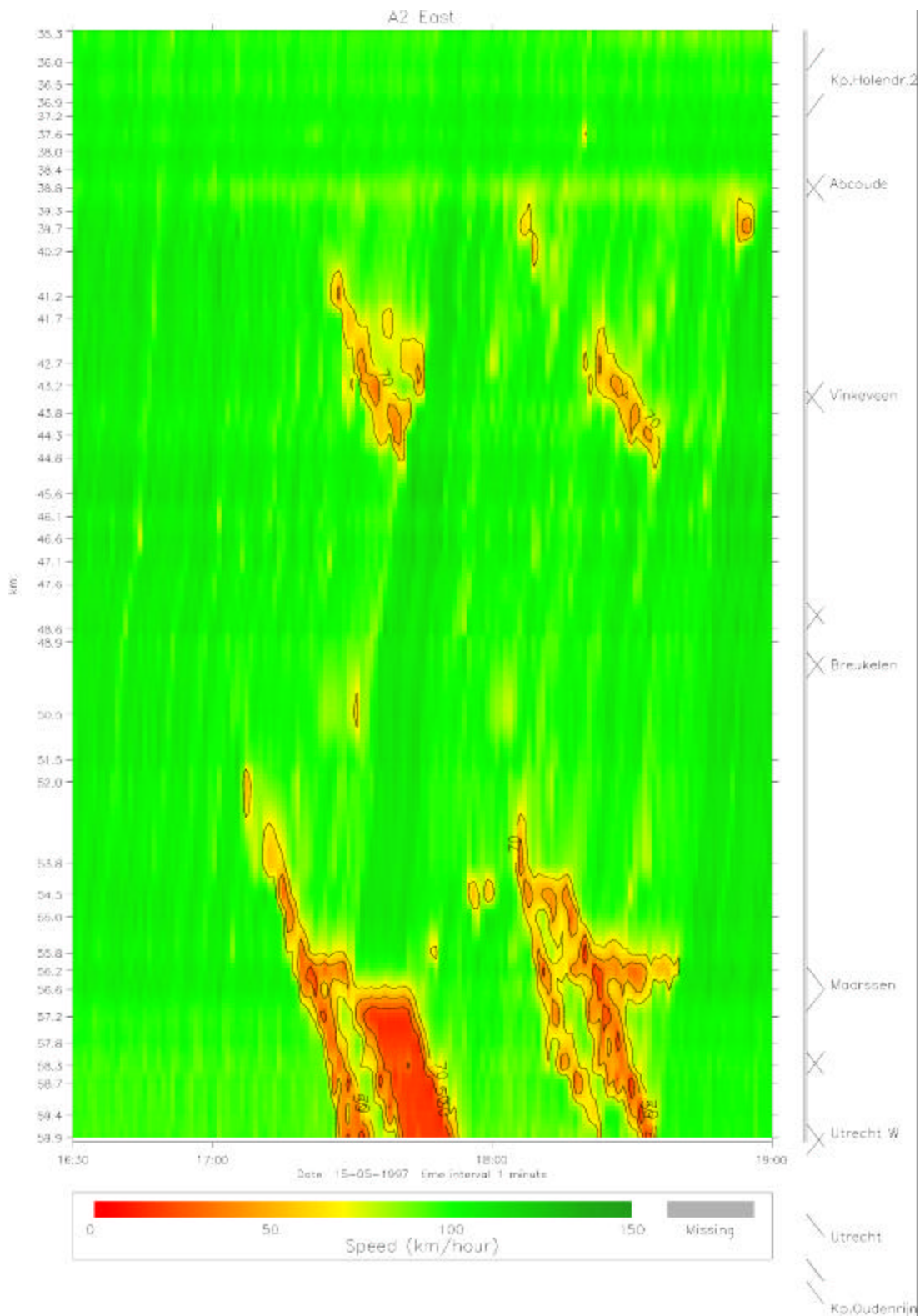


## Bijlage 4 (vervolg 3)



figuur 9.5, Intensiteit 11 mei 1997

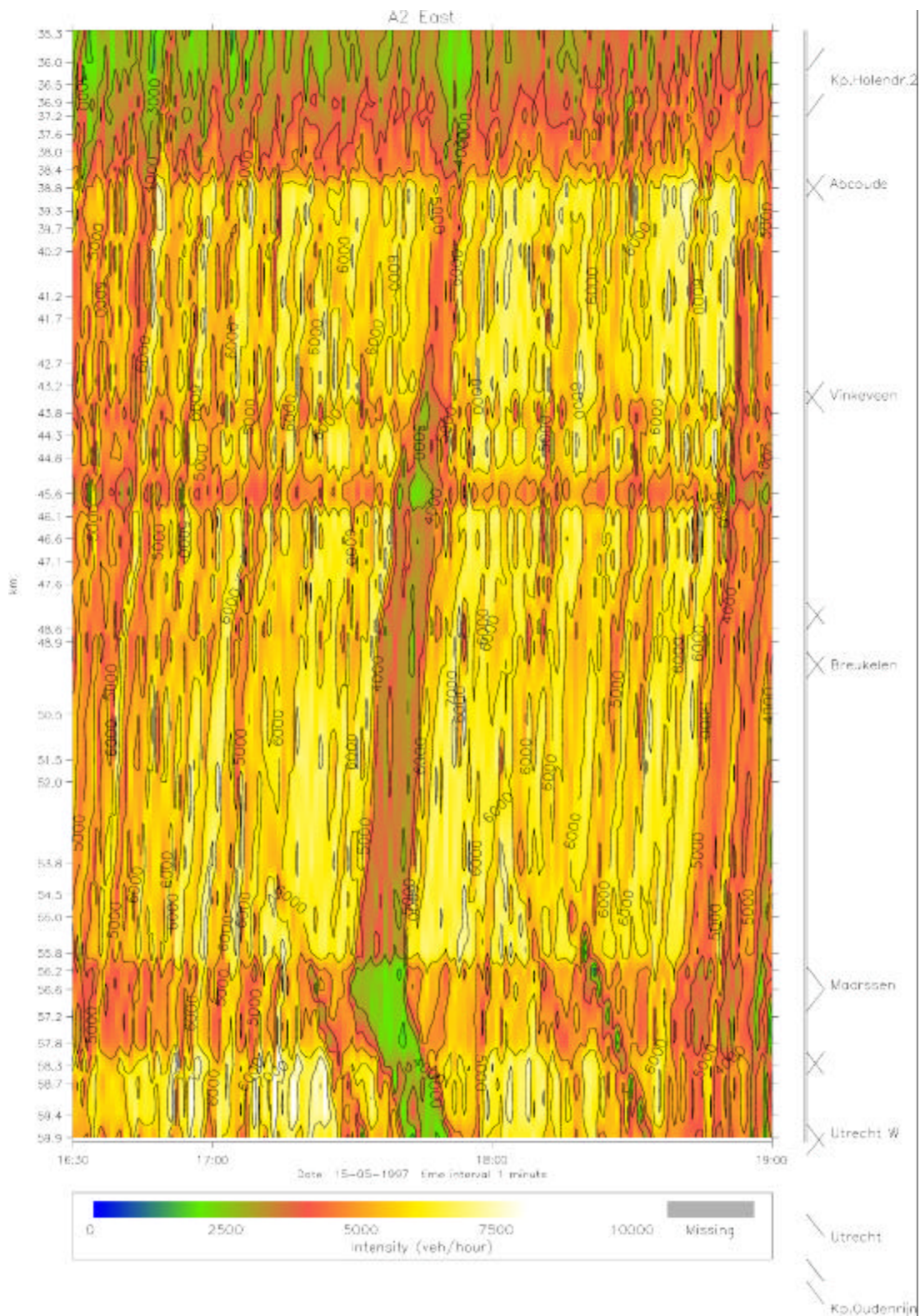
## Bijlage 4 (vervolg 4)



figuur 9.6, Snelheid 15 mei 1997



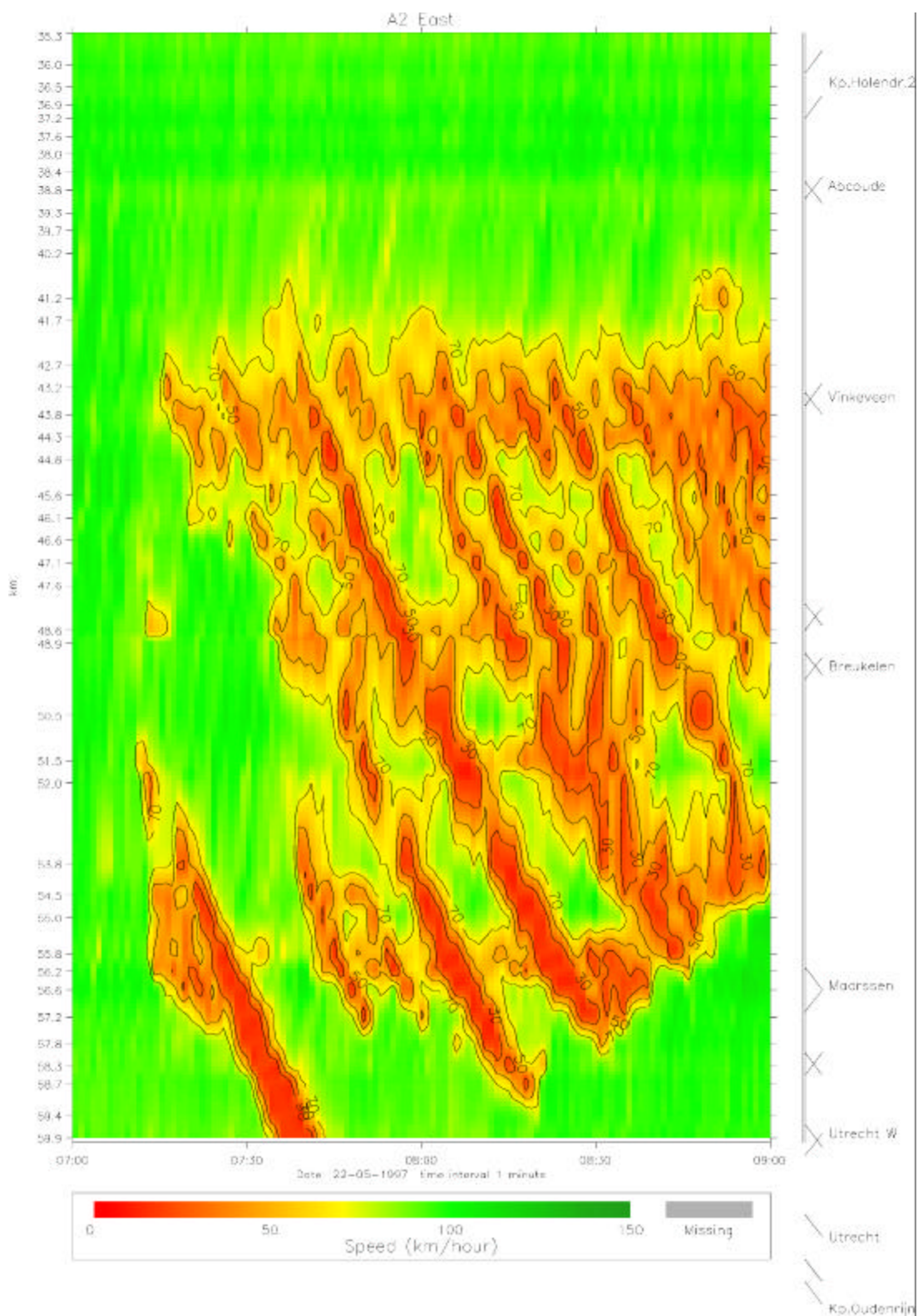
## Bijlage 4 (vervolg 5)



figuur 9.7, Intensiteit 15 mei 1997

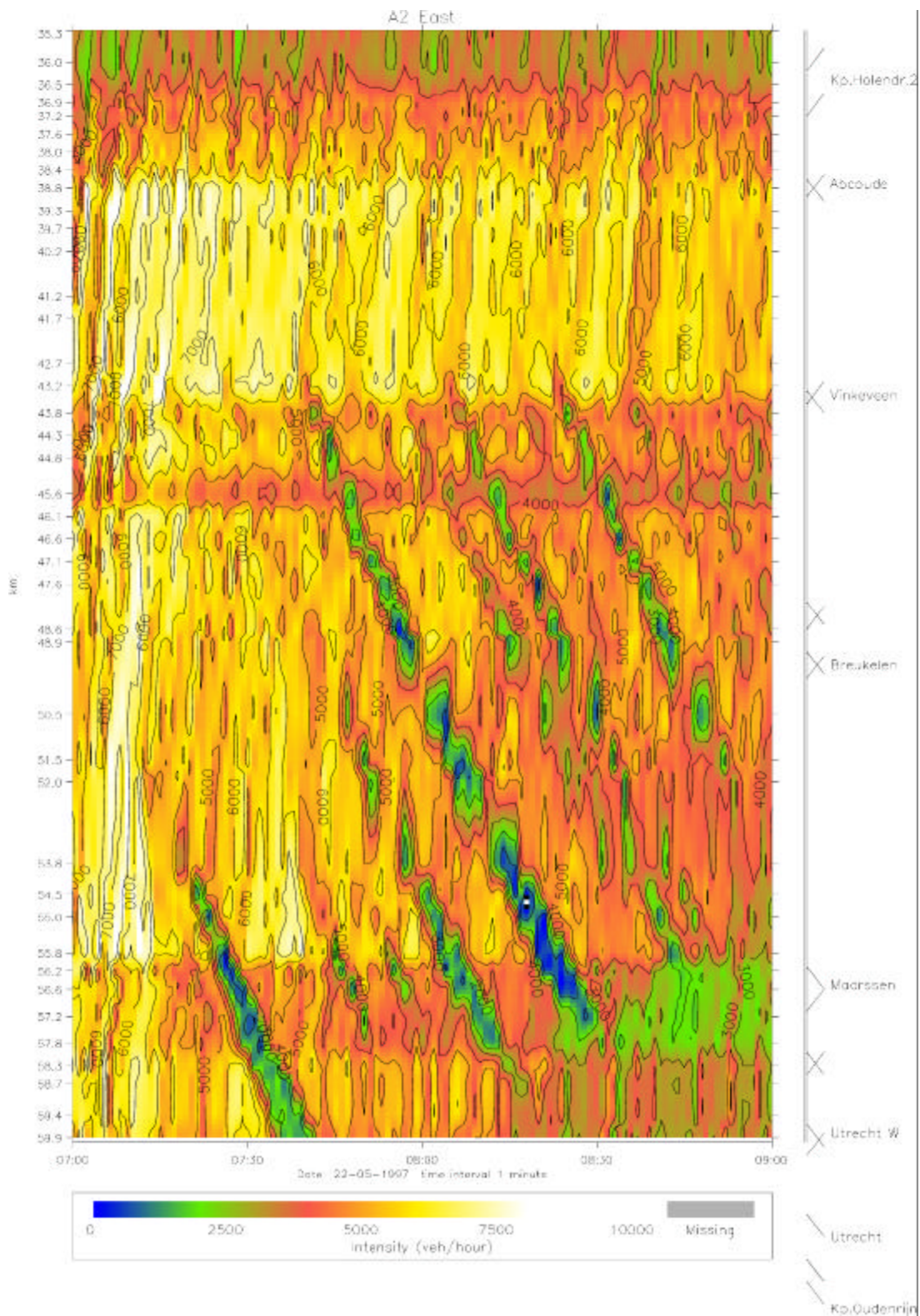


## Bijlage 4 (vervolg 6)



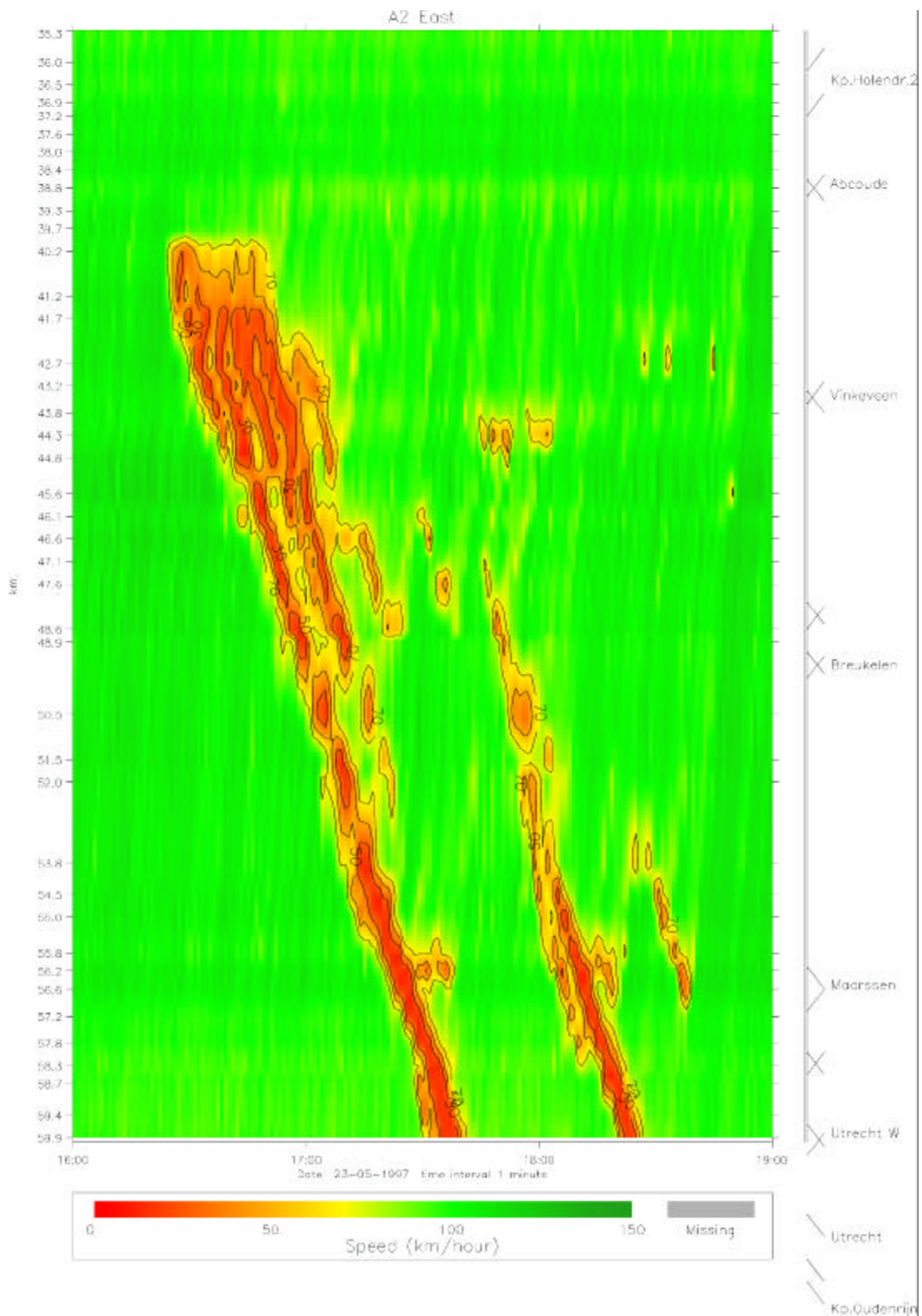
figuur 9.8, Snelheid 22 mei 1997

## Bijlage 4 (vervolg 7)



figuur 9.9, Intensiteit 22 mei 1997

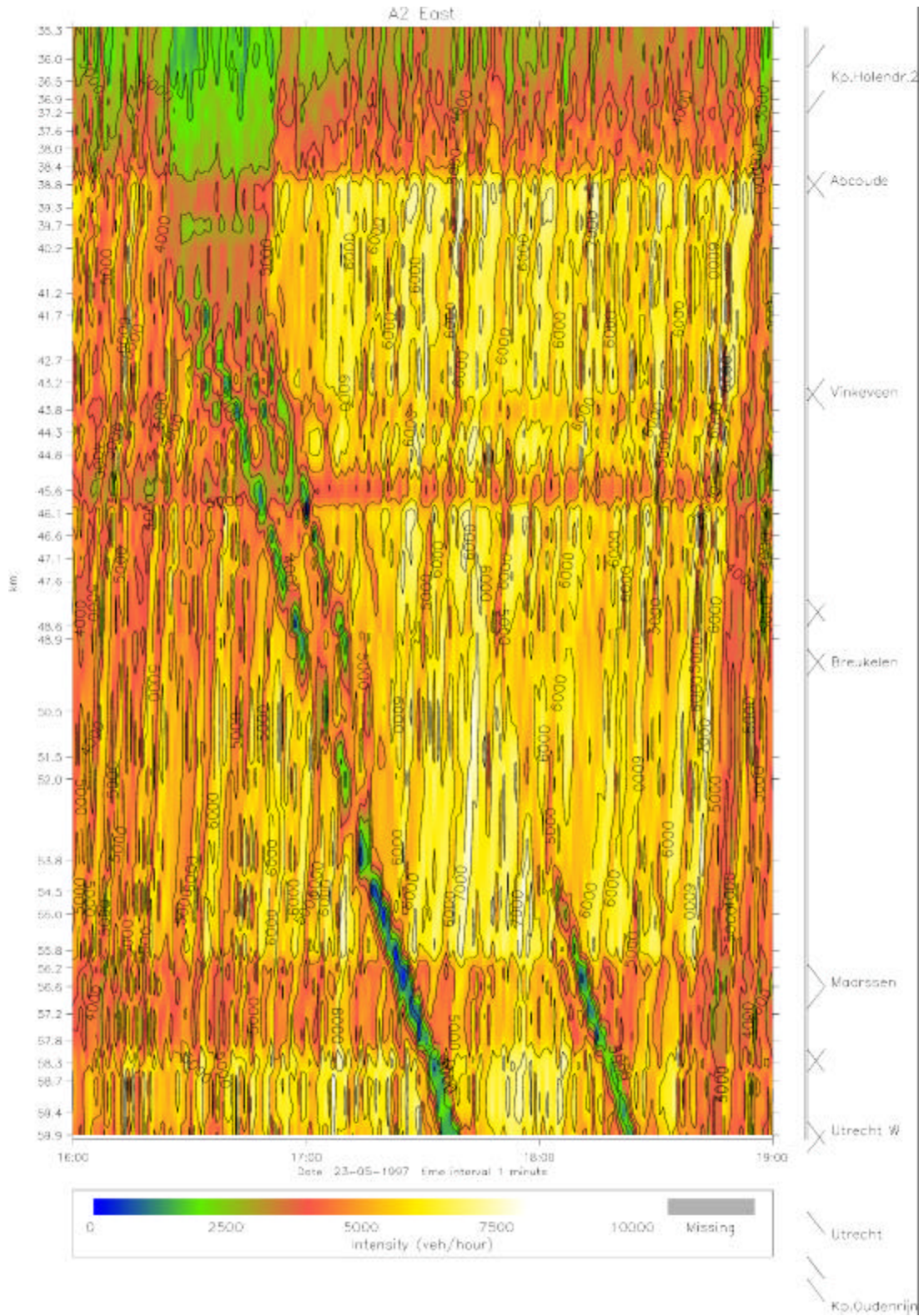
## Bijlage 4 (vervolg 8)



figuur 9.10, Snelheid 23 mei 1997

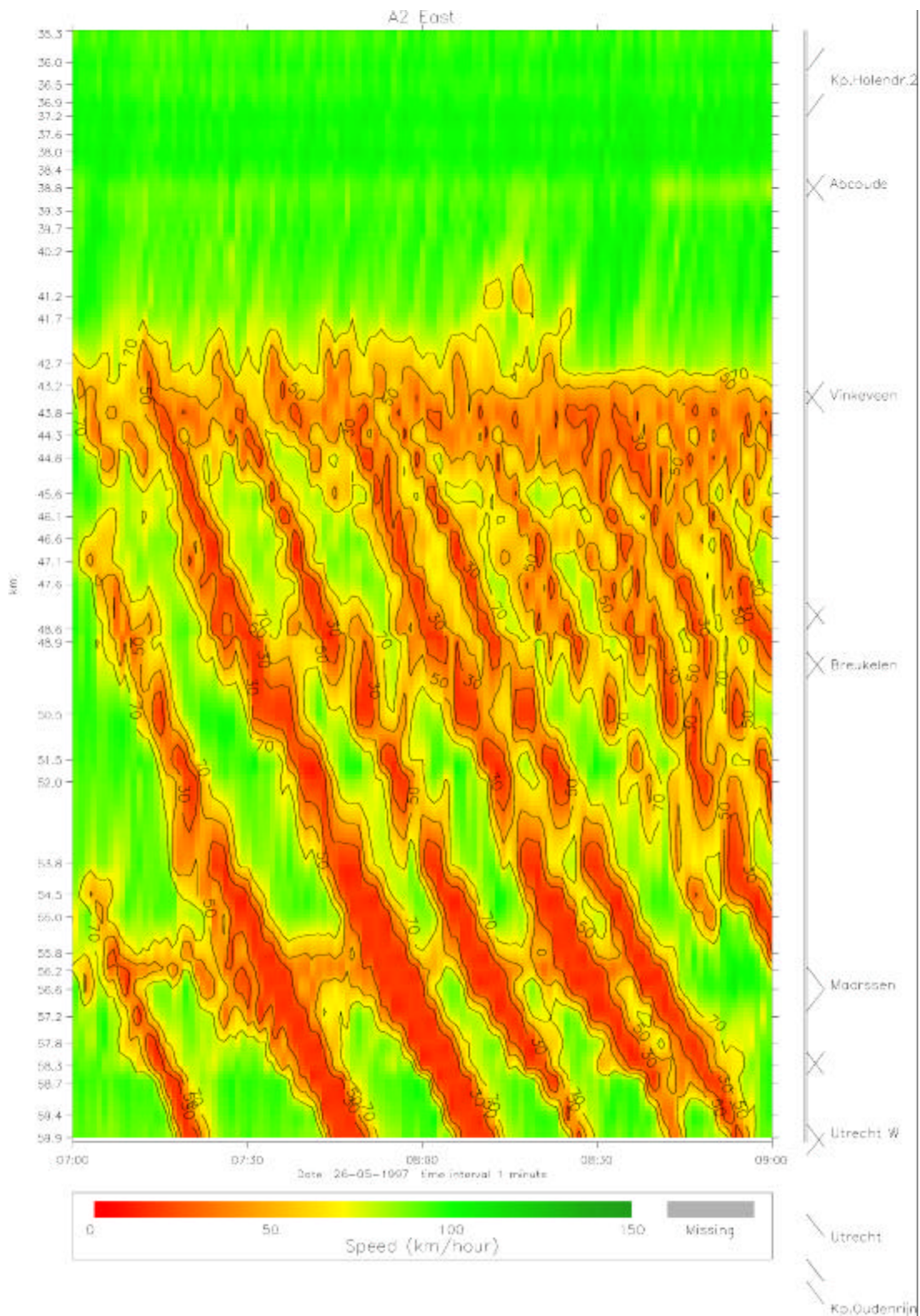


## Bijlage 4 (vervolg 9)



figuur 9.11, Intensiteit 23 mei 1997

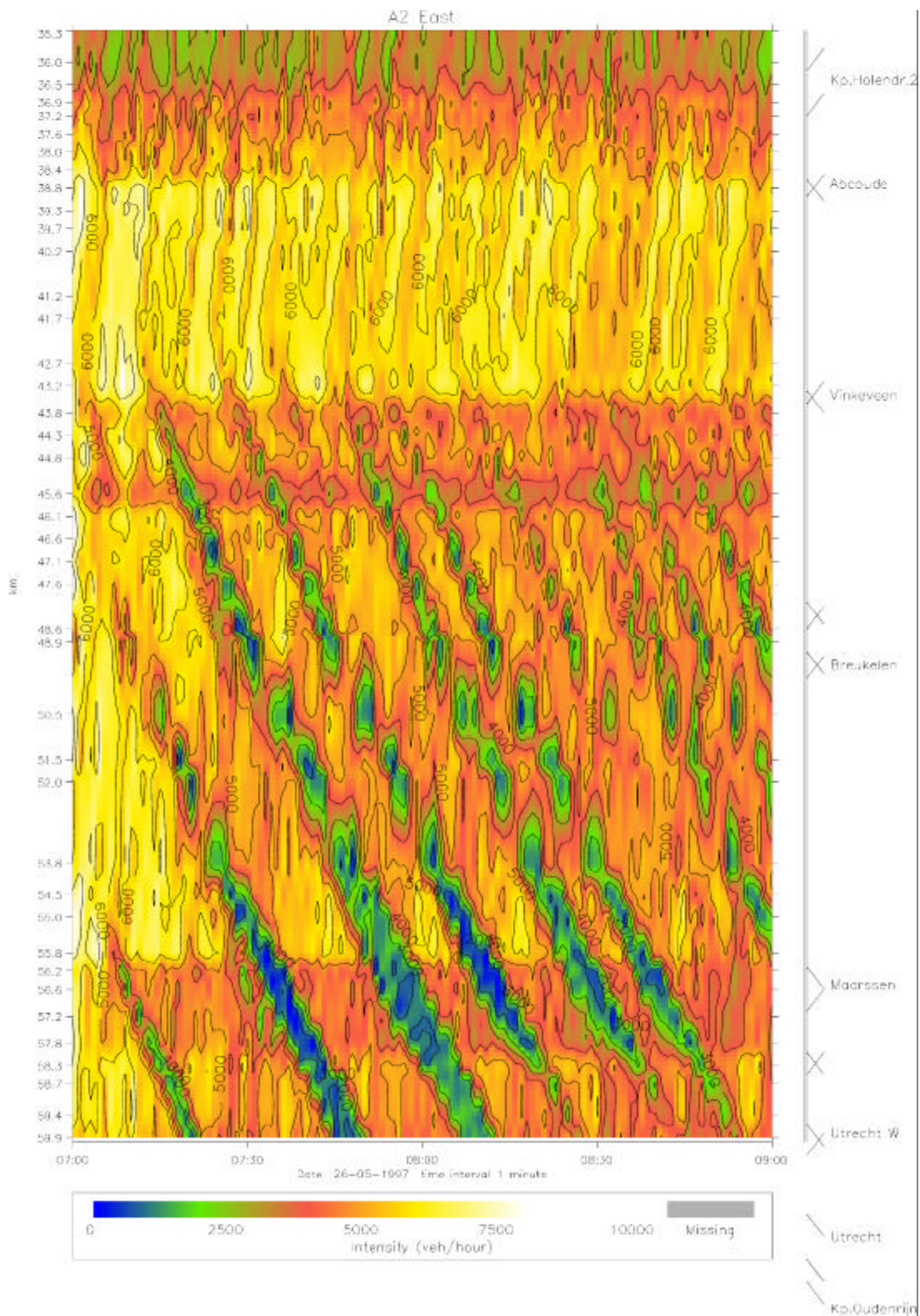
## Bijlage 4 (vervolg 10)



figuur 9.12, Snelheid 26 mei 1997

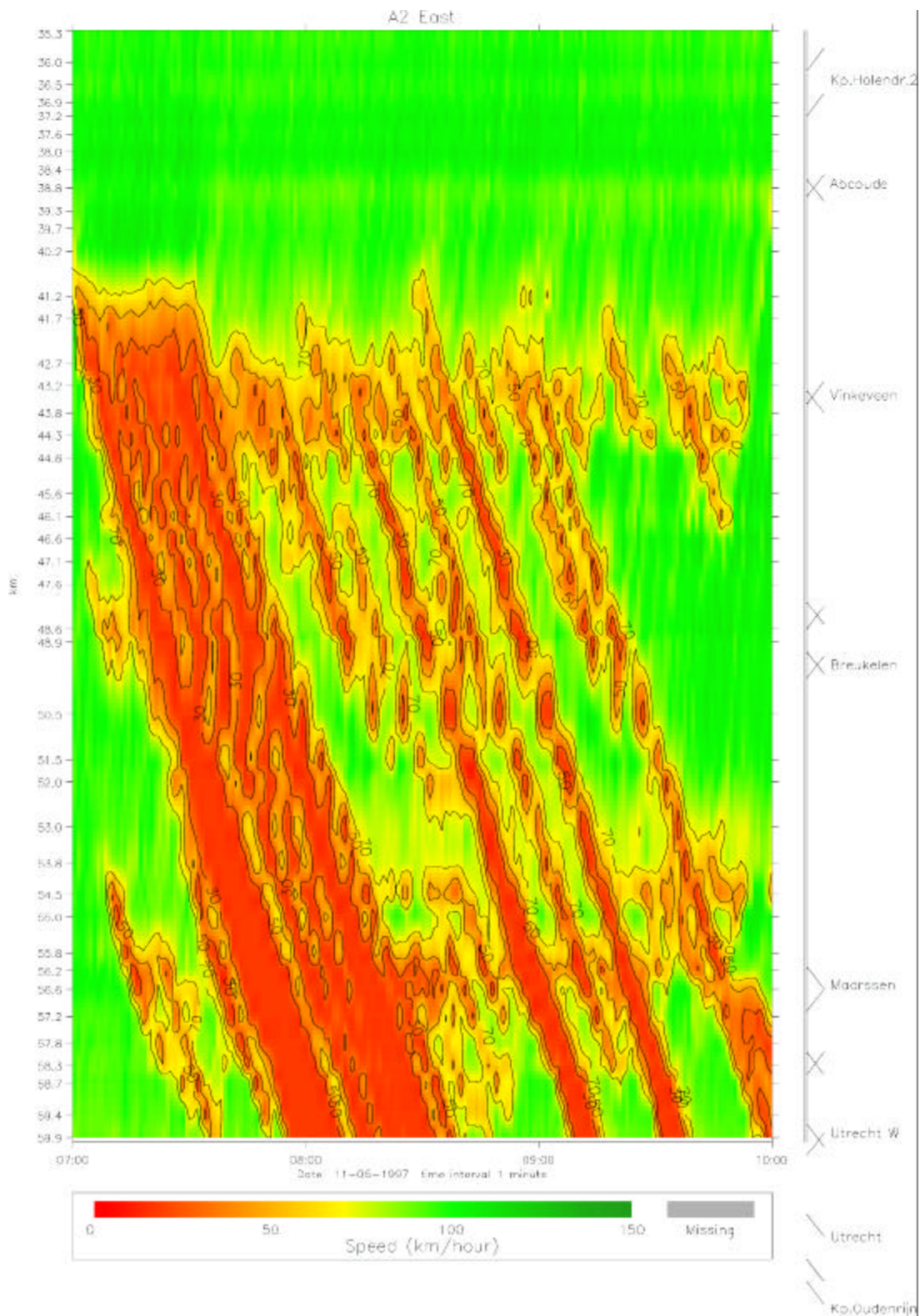


## Bijlage 4 (vervolg 11)



figuur 9.13, Intensiteit 26 mei 1997

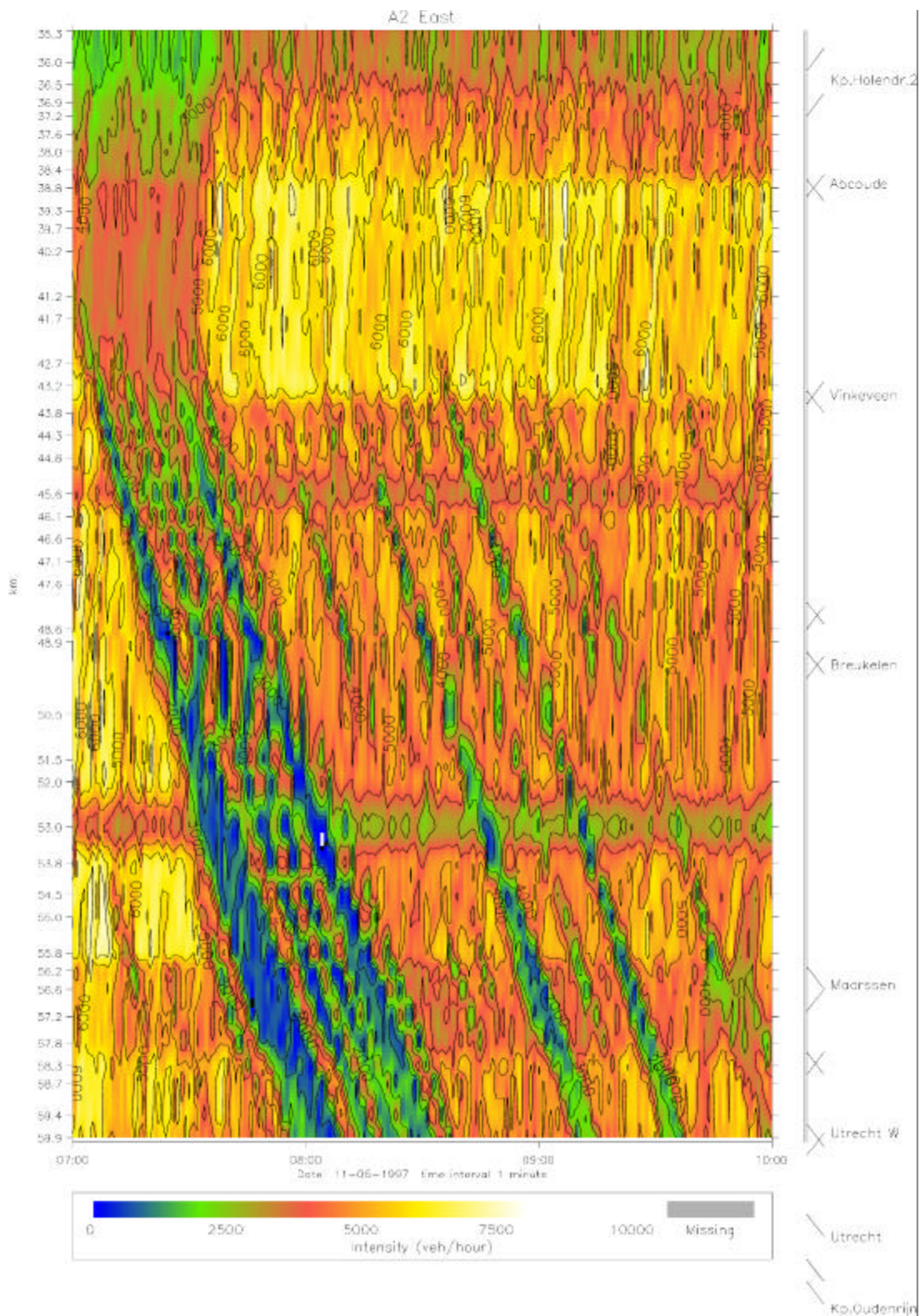
## Bijlage 4 (vervolg 12)



figuur 9.14, Snelheid 6 juni 1997



## Bijlage 4 (vervolg 13)



figuur 9.15, Intensiteit 6 juni 1997