

Provinciale Toepassingen voor Wegverkeersgegevens: Gebeurtenisdetectie op basis van NDW Verkeersdata

J. Vries

Provinciale Toepassingen voor Wegverkeersgegevens: Gebeurtenisdetectie op basis van NDW Verkeersdata

SCRIPTIE

ter verkrijging van de graad van master
aan de Technische Universiteit Delft

door

Jasper VRIES

Juni 2012

Samenstelling afstudeercommissie

Prof.dr.ir. S.P. Hoogendoorn	Technische Universiteit Delft
Dr.ir. J.W.C. van Lint	Technische Universiteit Delft
Ir. P.B.L. Wiggenraad	Technische Universiteit Delft
Drs. V.L. Knoop	Technische Universiteit Delft
Ir. L.J.J. Steendijk	Provincie Zuid-Holland

Contactgegevens

J. Vries
mail@jaspervries.nl

Samenvatting

Probleemstelling

Provincie Zuid-Holland (PZH) beschikt over wegverkeersgegevens uit verschillende bronnen. Via lussen in de weg worden intensiteiten en puntsnelheden gemeten en door middel van kentekenherkenningscamera's worden reistijden vastgelegd. Deze verkeersgegevens zijn zowel actueel (met een vertraging van 1 à 2 minuten) als in de vorm van historische gegevens beschikbaar. PZH heeft gevraagd waarvoor ze deze verkeersgegevens zoal zou kunnen gebruiken.

Daarnaast is PZH in januari 2012 gestart met de verkeersmanagementdesk (VM-desk), een verkeerscentrale voor de provinciale wegen. De VM-desk heeft als taak het beheer van de verkeerslichten en het monitoren van het verkeer op de provinciale wegen. Het monitoren van het verkeer gebeurt momenteel met behulp van camerabeelden en verkeersinformatie van derden. Het is echter ondoenlijk om meer dan honderd camerabeelden tegelijkertijd te bekijken om gebeurtenissen zo snel mogelijk op te sporen; vandaar dat de provincie bijzonder gebaat is bij een systeem dat automatisch kan waarschuwen zodra zich een ongewone gebeurtenis voordoet. De mogelijkheden voor een dergelijk gebeurtenisdetectiesysteem voor provinciale wegen zijn onderzocht.

De centrale probleemstelling, die ten grondslag van dit afstudeerwerk ligt, luidt:

Welke wegverkeersgegevens zijn beschikbaar binnen provincie Zuid-Holland en welke operationele toepassingen zijn hiermee te realiseren, hoe kunnen irreguliere verkeerstoestanden op provinciale wegen uit deze verkeersgegevens gedetecteerd worden en hoe kan deze detectiemethode worden ingezet als informatievoorziening aan de verkeersmanagementdesk?

Onderzoek

Er is inhoudelijk naar de beschikbare wegverkeersgegevens gekeken en tevens op welke locaties deze worden ingewonnen en per hoeveel minuten gegevens worden samengenomen. Daarnaast zijn toepassingen voor verkeersgegevens geïnventariseerd die interessant kunnen zijn voor PZH. Per toepassing is gekeken of deze gerealiseerd kan worden met de beschikbare verkeersgegevens.

Vervolgens zijn de mogelijkheden onderzocht voor een gebeurtenisdetectiesysteem voor provinciale wegen op basis van data uit de Nationale Databank Wegverkeersgegevens (NDW), waarop tweehonderd provinciale meetpunten zijn aangesloten. Hiertoe is eerst in een literatuurstudie gezocht naar vergelijkbare toepassingen. Voor situaties vergelijkbaar met Nederlandse provinciale wegen leken deze echter nog niet te bestaan. Verder is bekeken hoe gebeurtenissen met verschillende impact op de doorstroming in theorie zichtbaar zijn in intensiteitsmetingen, puntsnelheidsmetingen en reistijdmetingen.

Om te bepalen of het zinvol zou zijn een gebeurtenisdetectiesysteem verder te ontwikkelen is historische verkeersdata vergeleken met een lijst met geregistreerde incidenten. Op basis hiervan is een inschatting gemaakt van het nut van een gebeurtenisdetectiesysteem. Aansluitend zijn verschillende manieren om gebeurtenissen uit verkeersdata vast te stellen onderzocht. Dit heeft geleid tot een aantal detectiealgoritmes. Eén

detectiealgoritme probeert aan de hand van het fundamenteel diagram voor snelheid en intensiteit vast te stellen of er sprake is van congestie of vrije doorstroming. In een tweede algoritme worden intensiteit en reistijd gecombineerd, wederom om te bepalen of er sprake is van congestie of vrije doorstroming. Een ander onderzocht algoritme vergelijkt de actuele snelheid en reistijd met een referentiesituatie voor de betreffende locatie, dag van de week en tijd. Nieuwe verkeersgegevens worden dagelijks in deze referentiesituatie verwerkt en er is sprake van een gebeurtenis bij een bepaalde afwijking van de actuele verkeersgegevens ten opzichte van de referentiesituatie. Het laatste onderzochte algoritme zoekt naar sterke stijgingen en dalingen in zowel snelheid als reistijd. Dit algoritme is vooral bedoeld ter ondersteuning om de tijd tot detectie te verkorten.

De algoritmen zijn verwerkt in een gebeurtenisdetectiemethode, welke met behulp van historische wegverkeersgegevens aan verschillende tests is onderworpen. Wederom is hierbij een vergelijking gemaakt met in het verleden geregistreerde incidenten.

Tot slot is gekeken naar de technische vereisten om actuele NDW data te ontvangen en hoe een uiteindelijk gebeurtenisdetectiesysteem er grafisch uit kan zien. Voor het systeem is tevens geïnterviewd over welke opties het moet beschikken en hoe het aan de VM-desk gebruikt kan worden.

Resultaten

Van elf bekeken toepassingen voor wegverkeersgegevens bleken er zeven mogelijk te zijn aan de hand van de wegverkeersgegevens die PZH ter beschikking heeft. Hieronder zijn de toepassingen vermeld die gerealiseerd kunnen worden.

Als online toepassing waarbij actuele verkeersgegevens gebruikt worden is het detecteren van afwijkende gebeurtenissen op provinciale wegen ten behoeve van de inzet van verkeersmanagementmaatregelen mogelijk. Bepaling van de geschiktheid van omleidingsroutes is vanwege de ligging van meetlocaties beperkt mogelijk. Voor andere online toepassingen is de aanlevering van NDW niet snel genoeg of worden er niet op voldoende plaatsen verkeersgegevens ingewonnen.

In de categorie verkenningstoepassingen met historische gegevens is het mogelijk om trajecten vast te stellen waar regelmatig te hard wordt gereden, wat een reden kan zijn om de inrichting van een weg te veranderen. Verder is het mogelijk om verkeerstellingen te doen, welke gebruikt kunnen worden om toekomstige verkeersgroei te voorspellen.

Als toepassing voor het toetsen van beleidsdoelstellingen is het mogelijk om voor trajecten met reistijdmeting vast te stellen wat de minimale gemiddelde snelheid op deze trajecten is. Hiermee kan een provinciale ambitie om een minimale snelheid binnen en buiten de spits te faciliteren worden geverifieerd.

De laatste categorie toepassingen heeft betrekking op verkeersregelinstallaties. De verkeersgegevens kunnen gebruikt worden om te onderzoeken of het zinvol is op bepaalde plaatsen een verkeersafhankelijke verkeersregeling of tovergroen te installeren.

Wat betreft gebeurtenisdetectie op provinciale wegen blijkt uit de haalbaarheidanalyse dat iets meer dan de helft van de bekende incidenten eerder door een gebeurtenisdetectiesysteem gedetecteerd zou kunnen worden dan de gangbare informatievoorzieningen hierin hebben voorzien. Er is dus sprake van een behoorlijke winst en voldoende reden om de mogelijkheden verder te onderzoeken.

Van de verschillende algoritmes bleek het algoritme op basis van het fundamenteel diagram niet te werken. Hoewel de verkeersdata wel de globale vorm van het fundamenteel diagram vertoont, was het algoritme niet in staat om bekende incidenten te achterhalen. Het algoritme dat de actuele verkeersgegevens vergelijkt met een vastgelegde referentiesituatie

werkt echter goed. Het algoritme dat kijkt naar snelle stijgingen en dalingen in reistijd en snelheid blijkt inderdaad bij te dragen aan een snellere detectie van gebeurtenissen, voor de bekende incidenten een tijdswinst van gemiddeld bijna 3 minuten. Het algoritme dat intensiteit en reistijd is onder andere door het ontbreken van bepaalde informatie die hiervoor nodig is niet in de praktijk getest.

Er worden minder bekende incidenten herkend dan vooraf ingeschat, maar daarvoor in de plaats worden er ook incidenten gedetecteerd die vooraf niet in de verkeersgegevens zijn gezien. Ongeveer 60 % van de bekende incidenten wordt eerder gedetecteerd dan de tijd die bij de incident registratie is vastgelegd; dit is in lijn met de verwachting. Een kwart van gedetecteerde gebeurtenissen houdt slechts kort stand: binnen vijf minuten na het afgeven van de gebeurtenismelding heeft de toestand op de weg zich weer voldoende hersteld. Dergelijke 'korte detecties' zijn hinderlijk, maar niet volledig te voorkomen. Het aantal gebeurtenismeldingen ligt voor het onderzochte Westland op gemiddeld 3 per dag, een acceptabele hoeveelheid. Wel is de tijd tot detectie, vanaf het voor het eerst waarnemen van een gebeurtenis in de verkeersgegevens tot het afgeven van een gebeurtenismelding, met zo'n elf minuten vrij lang.

De korte detecties en lange tijd tot detectie worden hoofdzakelijk veroorzaakt door de lage dichtheid van meetlocaties op provinciale wegen. Hierdoor moeten beslissingen om een gebeurtenismelding af te geven vaak op de verkeersgegevens van slechts één individuele meetlocatie gebaseerd worden, waardoor de betrouwbaarheid van gebeurtenismeldingen relatief laag blijft.

Conclusies

De NDW is de enige bron van actuele verkeersgegevens, maar geschikt voor gebeurtenisdetectie, wat niet bijzonder tijdskritisch is. Toepassingen die een zeer snelle data-aanlevering nodig hebben zijn niet mogelijk met NDW verkeersgegevens. De provincie beschikt verder over meerdere bronnen van historische verkeersgegevens. Toepassingen voor deze historische verkeersgegevens zijn betrekkelijk eenvoudig te realiseren en behoeven meestal geen uitgebreid vooronderzoek.

Gebeurtenisdetectie voor provinciale wegen op basis van NDW verkeersdata is niet perfect, maar zonder meer mogelijk. Er is aangetoond dat met een dergelijk detectiesysteem tijdswinst te behalen is in het tijdig opsporen van gebeurtenissen op provinciale wegen. Een gebeurtenisdetectiesysteem dient wel complementair aan andere bestaande informatievoorzieningen gebruikt te worden, het is geen volledige vervanging hiervan.

De ontwikkelde detectiemethode kan verbeterd worden door aanvullende meetlocaties toe te voegen. Hiermee kunnen de korte detecties en de lange tijd tot detectie worden teruggedrongen en kan de algehele zekerheid van gebeurtenismeldingen worden vergroot. Dit is zeker nodig als het systeem voor de hele provincie ingezet moet worden. Ter uitbreiding van meetlocaties kunnen de resterende provinciale lussen op de NDW worden aangesloten en kunnen reistijdtrajecten worden ingekort. Verder zijn er mogelijkheden als lusgegevens uit verkeersregelininstallaties actueel beschikbaar worden gemaakt, of kan naar totaal andere vormen van data-inwinning worden gekeken.

Om een werkelijk beeld te krijgen van de prestatie en de toegevoegde waarde van een gebeurtenisdetectiesysteem is pilot aanbevolen. Hierbij kan de detectiemethode in de praktijk worden getest om te zien of deze daadwerkelijk iets toevoegt, alvorens te investeren in de bouw van een definitief systeem en uitbreiding van meetlocaties. Een dergelijke pilot kan op een eenvoudige (doch recente) huis-tuin-en-keukencomputer worden gerealiseerd; er is hiervoor geen specialistische hardware noodzakelijk.

Summary

Problem definition

The Province of South Holland (PSH) collects road traffic data through several sources. Traffic flow and time mean speed are measured via loop detectors and realized travel time is recorded through number plate recognition cameras. These traffic data are available both as real time (with a delay of 1 to 2 minutes) and historic information. PSH have asked what type of applications are possible with the traffic data that is being collected.

Furthermore, PSH have started the traffic management desk (TM-desk) in January 2012, a traffic control centre for provincial roads. Among the current tasks of the TM-desk are the management of traffic signals and monitoring of traffic on the provincial road. The monitoring of traffic is currently done through use of CCTV cameras and traffic information provided by third parties. It is however impossible to monitor traffic and track down unusual events by watching over a hundred video feeds at the same time. Therefore PSH is in search of a system that can report unusual events automatically as soon as they occur. The possibilities for such an event detection system for provincial roads have been explored.

The central problem definition, which is the basis for this master's thesis, is:

Which traffic data are available within the Province of South Holland and for which operational applications is the traffic data suitable, how can irregular traffic circumstances on provincial roads be detected from the available traffic data and how can this detection method be used as source of information for the traffic management desk?

This master's thesis is, as far as the author could tell, the first research into event detection for provincial roads in the Netherlands, using traffic data from the National Data Warehouse. An exceptional feature of the developed event detection method is the distinction between daily traffic jams and non-recurring events. The combination of multiple detection algorithms in one system is also not (yet) very common. This research furthermore shows that no particularly complicated detection algorithms are required to obtain usable results.

The definition for *event detection* used here comprises the detection of non-recurring events that have a direct influence on road traffic and targets the use at a traffic management centre. This is different from *incident detection*, which also includes incidents that have no direct influence on road traffic (and are therefore very hard to detect).

Research

The contents of the traffic data streams have been reviewed, including the aggregation level in minutes, as well as the locations at which the traffic data is obtained. An overview was made of traffic data applications that can be of interest to PSH. Of each application it is reviewed if it's possible to accomplish this application with the available traffic data.

The possibilities for an event detection system for provincial roads using traffic data from the Dutch National Data Warehouse (NDW) have been researched. The NDW provides access to traffic data from 200 provincial measurements sites in the province of South Holland. A literature review showed that no similar detection systems appeared to exist for situations

comparable to Dutch provincial roads. For events with different impact on traffic flow it has been reviewed how these events are visible in traffic data for flow, speed and travel time under theoretic conditions.

Before starting development of the event detection system, the use of such a system was estimated. This is done by comparing historic traffic data with a list of registered traffic incidents. Proven useful, different ways to establish the occurrence of events from traffic data have been researched. This resulted in a number of detection algorithms. One detection algorithm aims to decide on the basis of the fundamental diagram of traffic flow for speed and flow whether the traffic state is congested or free-flowing. A second algorithm combines traffic flow and travel time, again to decide between a congested or free-flowing traffic state. Another algorithm considered compares measured speed and travel time with a reference situation which is recorded for the particular measurement site, day of the week and time of the day. New traffic data is added to this reference situation on a daily basis. It is considered an event in case the measured speed or travel time differs more than a certain threshold from the reference situation. The last algorithm reviewed searches for significant increases or decreases in travel time and speed. This algorithm is intended as a supporting algorithm to reduce the time to detection.

The algorithms are combined in an event detection method. Historic traffic data was used to test the detection method for different parameters. Again the results are compared to the list of registered traffic incidents.

The last part of the research focuses on the technical requirements to receive NDW traffic data as well as on a possible graphical user interface for the event detection system. This part also lists the options available to the detection system and considers its method of usage at the TM-desk.

Traffic data applications

Eleven applications of road traffic data are considered. Seven of these can be accomplished with the available traffic data of PSH. These are listed below.

An online application which uses live traffic data is the detection of unusual events on provincial roads, which can be used to aid the application of traffic management measures. With limited possibilities due to the location of measurement sites, live traffic data can also be used to estimate the possibilities of using an alternate route for diverting traffic in case of a traffic event. For other online applications the NDW traffic data delay is too large or the number of measurement sites on provincial roads is too little.

In the category of exploration applications, historic traffic data can be used to locate road segments where speeding occurs on a regular basis. Regular speeding can be a reason to change the road layout. This category also lists using traffic data for traffic counts, which can be used to estimate future traffic growth.

A possible application for governmental policy is one that verifies the provincial ambition to facilitate certain minimal average speeds inside and outside rush hours. These average speeds can be established for road segments with travel time measurement facilities.

The last category of applications applies to traffic signal control. Traffic data can be used to review the benefit of installing traffic actuated traffic signal control or extended green for trucks on certain locations.

Event detection

The initial comparison between historic traffic data and the list of known traffic incidents shows that slightly over half of the known incidents can be detected earlier from traffic data than common information services have provided. This is a significant gain and reason to further explore the possibilities of an event detection system. This comparison was carried out by plotting historic traffic data from one hour before to one hour after the registered incident time, for measurement sites relevant to the incident location. These graphs were manually analysed and subjectively estimated if a pattern that possibly could be picked up by an automatic detection system was visible. This resulted in 40 of 95 registered incidents visible in the historic traffic data. The other 55 incidents did not have a significant influence on traffic, or at least not as such visible in the traffic data. 57 % of the 40 visible incidents can be detected earlier from the traffic data than the registered incident time.

The algorithm based on the fundamental diagram calculates the direction of movement along the diagram, based on the last two measurements of flow and speed. A decrease in speed together with an increase in flow or the exact opposite indicates free-flow conditions. A decrease in speed together with a decrease in flow or the exact opposite indicates congested conditions. This algorithm did not work due to too heterogeneous traffic conditions on provincial roads, even with traffic data smoothed by the exponential moving average. Although traffic data shows the global shape of the fundamental diagram, the algorithm proves incapable of detecting events. It is expected that this algorithm can be improved by taking the trend over for instance the last five measurement values rather than just the last two, providing no event detection for traffic flows less than 200 veh/h and always considering speeds below for instance 40 km/h congested and above that uncongested. It must be noted that either way this algorithm will always also detect recurrent congestion, something which needs to be accounted for in a practical application.

On the other hand the algorithm comparing new traffic data with a reference situation works well. This algorithm compares smoothed speed and travel time data with stored reference situation that is different for every 10 minutes of a day, every day of the week and every measurement site. A trapezoidal weighted average is used for the reference situation, as to keep a correlation between adjacent blocks of 10 minutes. Including weather conditions, holidays, etc. in the reference situation is considered to be too dependent on human input and therefore ignored. The reference situation also uses the exponential moving average to make it self-learning: persistent changes in traffic conditions will automatically be picked up by the reference situation. An event is detected if speed is lower than a certain fixed margin from the reference situation, or if the difference between the actual and reference travel time is higher than a percentage of the reference time (with a fixed lower boundary to account for very short travel time sections).

The algorithm detecting significant increases and decreases in travel time and speed works by comparing the last two measurement values. If the difference between those is larger than a certain threshold, this is marked as a significant increase/decrease. The algorithm indeed contributed to a quicker detection of events. For known events the average reduction of detection times was slightly under 3 minutes.

The algorithm combining traffic flow and travel time has not been tested due to lack of certain required information. The algorithm combines the travel time measured at the end of a travel time section with the flow of a loop inside the travel time section measured a number of minutes earlier. The time difference required between the travel time measurement and flow measurement is calculated from the average speed on the travel time section. This gives an estimate that is more accurate when the distance between start or end of the travel

time section and the induction loop is lower. Its further method of working is similar to that of the algorithm based on the fundamental diagram. Results therefore are also expected to be similar, or potentially worse due to the time difference estimation, but possible improvements are similar as well.

The detection method furthermore comprises the combination of more than one algorithm. This results in quicker detection if the algorithms are in agreement, because the certainty about an event is higher. If the algorithms are not in agreement, more measurement data is awaited to see how the traffic situation evolves, which in turn also increases certainty in case an event alarm is eventually issued.

Where possible, measurement sites are combined. This also results in quicker detection if multiple measurement sites in the same area indicate an event, because in that case the certainty about the event is again higher. Due to the low density of measurement sites, events are however often only visible in traffic data from a single measurement site.

The results from testing the event detection method show that less known incidents are detected than initially estimated, but in return some incidents are detected that have been missed in the prior analysis of traffic data. About 60 % of the known incidents are detected earlier than the incident registration time, which meets the expectations.

About a quarter of detected events are maintained less than five minutes: the traffic conditions return to normal in up to five minutes after issuing an event alarm. These “short detections” are inconvenient, but cannot be completely banned.

For the *Westland* area considered in this research, the number of event alarms is on average 3 per day, which is an acceptable amount. Extrapolating this to the whole province, gives about 12 event alarms per day, which is almost certainly too much to handle for one road traffic manager.

The time to detect, measured between first noticing an event in the traffic data and issuing an event alarm, is with around eleven minutes quite high. Short detections and the high time to detect are mainly caused by the low density of measurement sites on provincial roads. Because of this, decisions to issue an event alarm need to be based more often than not on traffic data from a single measurement site. This results in a relatively low confidence level of event alarms.

It was not possible to estimate true false alarm rates, detection rates and mean time to detect. The event detection method was tested using true historic traffic data rather than synthetic data. This gives a good insight in the true real-life performance, but does not allow estimating the aforementioned indicators due to the lack of a comprehensive and accurate registration of all previous events on provincial roads.

Looking into the practical application of an event detection system, the most useful features of a system for the end user are sound alerts whenever a new event warning is issued and displaying the location of the event on a map. The sound alert prevents the traffic manager from having to look at the same screen all day in order to spot new events; this makes the additional work load very low, because the event detection system can largely be ignored when there are no events. The map can furthermore be used to display all traffic management instruments available to the traffic manager.

Conclusions

The NDW is the only source of live traffic data, but is suitable for the not significantly time critical event detection. Applications which require a very rapid delivery of traffic data are not possible with data from the NDW. The Province of South Holland furthermore has access to several sources of historic traffic data. Applications for historic traffic data are quite easily built and usually don't need extensive prior research.

Event detection for provincial roads using NDW traffic data isn't perfect, but certainly possible. It is proven that an event detection system can provide time gain in the early detection of events on provincial roads. The event detection system however always needs to be used complementary to other information sources, as it cannot completely replace those.

The developed event detection system can be improved by adding additional measurement sites. This allows for a reduction of short detections and a reduction of the time to detection. It can also increase the overall reliability of event alarms. Additional measurement sites are certainly required, may the system be rolled out for the entire province. A possibility for extending the measurement sites is making the traffic measurements of the remaining provincial induction loops available via the NDW. Shortening of travel time sections can also provide ways to increase the reliability of the system. Making loop data from traffic lights real-time available will open up the possibilities for additional algorithms and it is possible to look into completely different forms of data-collection.

It is recommended to set up a pilot to test the event detection system and its performance in practice. This will show if the system provides the time gain as found during this research, before investing in development of a final system and expansion of the measurement sites. A simple (but recent) household computer can be used for such a pilot; there are no special hardware requirements.

Future research

Some topics for future research are listed below:

- Testing of the algorithm that combines travel time with flow measurements. When using the same historic traffic data as used for this research, the results can be directly compared with the results in this report.
- The provincial TM-desk currently uses social media in the form of Twitter reports to get information about events on provincial roads. It is interesting to compare these reports with the event detection system to see how they compete. It is possible that one makes the other redundant, or possibly both complete each other and can be used in coexistence.
- The last research topic listed here is looking into different forms of data collection and establishing which one is the most suitable for event detection on provincial roads. It is possible that expanding the current measurement sites is sufficient to improve performance considerably, or maybe floating car data is far superior to data collection via induction loops and number plate recognition.

Inhoudsopgave

Inleiding.....	1
Leeswijzer	3
Deel I: Provinciale verkeersdata en provinciale toepassingen	5
1 Beschikbare gegevensstromen.....	7
1.1 Nationale Databank Wegverkeersgegevens.....	7
1.1.1 Verkeersgegevens: puntmetingen en trajectmetingen	7
1.1.2 Frequentie en aggregatie.....	8
1.1.3 Datakwaliteit.....	8
1.1.4 Locaties.....	13
1.2 VRI-Kwaliteitscentrale	15
1.2.1 Verkeersgegevens: puntmetingen	15
1.2.2 Frequentie en aggregatie.....	15
1.2.3 Locaties.....	15
1.3 Meetlusdata	16
1.3.1 Verkeersgegevens: puntmetingen	16
1.3.2 Frequentie en aggregatie.....	16
1.3.3 Locaties.....	17
1.4 VID Reistijddumps.....	18
1.4.1 Verkeersgegevens: trajectmetingen	18
1.4.2 Frequentie en aggregatie.....	18
1.4.3 Locaties.....	18
1.5 Overzicht beschikbare gegevensstromen	19
2 Toepassingen.....	21
2.1 Online toepassingen.....	23
2.1.1 Incidentdetectie	23
2.1.2 Gebeurtenisdetectie.....	25
2.1.3 Meest geschikte omleidingsroute	27
2.1.4 Voorspelling aankomsttijd lijnbussen op halte	28
2.2 Verkenningstoepassingen	30
2.2.1 Overschrijding maximumsnelheid	30
2.2.2 Verkeerstellingen op een wegvak.....	31
2.2.3 Voorspellingen verkeersgroei	32
2.3 Toetsen beleidsdoelstellingen	33
2.3.1 Gemiddelde minimale snelheid op een traject.....	33
2.4 Verkeerskundig beheer VRI's	35
2.4.1 Afweging verkeersafhankelijke verkeersregeling	35
2.4.2 Afweging voorrang lijnbussen bij verkeerslichten	37
2.4.3 Afweging tovergroen.....	39
2.5 Overzicht toepassingen.....	41
3 Conclusies en aanbevelingen	43
3.1 Conclusies.....	43
3.2 Aanbevelingen.....	43

Deel II: Gebeurtenisdetectiesysteem voor provinciale wegen	45
4 Literatuurstudie	47
4.1 Incidentdetectie versus gebeurtenisdetectie	47
4.2 Bestaande detectie algoritmes	48
4.3 Verschillen tussen autosnelwegen en provinciale wegen	49
4.4 Aanbevelingen uit eerder onderzoek	50
4.5 Prestatiebeoordeling van detectiemethoden	51
5 Gebeurtenissen in verkeersdata	53
5.1 Weg volledig geblokkeerd	54
5.2 Weg niet geblokkeerd	56
5.3 Weg half geblokkeerd	58
6 Haalbaarheidanalyse	61
6.1 Analyseopzet	61
6.2 Resultaten	65
6.3 Conclusies	66
7 Gebeurtenisdetectiemethode	67
7.1 Achtergrond	67
7.2 Algoritmes	68
7.2.1 Algoritme 1: Fundamenteel diagram	68
7.2.2 Algoritme 2: Combinatie reistijdtrajecten – lussen	71
7.2.3 Algoritme 3-4: Daling en stijging in snelheid en reistijd	73
7.2.4 Algoritme 5-7: Vergelijking met referentiesituatie	74
7.3 Detectiemethode	75
7.3.1 Ontvangst NDW verkeersgegevens	75
7.3.2 Filtering	76
7.3.3 Verwerking door algoritmes	77
7.3.4 Bepaling waarschuwningsniveau	79
7.3.5 Melding naar gebruiker	80
7.3.6 Bijwerken referentiesituatie	80
7.4 Verificatie	82
7.5 Calibratie en scriptparameters	82
7.5.1 Filtering binnenkomende verkeersgegevens	82
7.5.2 Filtering foutieve meetwaarden	85
7.5.3 Calibratie referentiesituatie	85
7.5.4 Aggregatie trapeziumvormig gewogen gemiddelde	86
7.5.5 Calibratie algoritmes	86
7.5.6 Calibratie grenswaarden waarschuwningsniveau	87
8 Resultaten	89
8.1 Aanpassing algoritme 7	89
8.2 Bekende incidenten	89
8.3 Korte detecties	90
8.4 Hoeveelheid meldingen	91
8.5 Tijd tot detectie	91
8.6 Invloed algoritme 1	93
8.6.1 Zonder algoritme 1	93
8.6.2 Alleen algoritme 1	94
8.7 Invloed algoritmen 3 en 4	94
8.7.1 Zonder algoritmen 3 en 4	94
8.7.2 Alleen algoritmen 3 en 4	95

8.8	Invloed algoritmen 6 en 7	95
8.8.1	Zonder algoritmen 6 en 7	96
8.8.2	Alleen algoritmen 6 en 7	96
8.9	Vergelijking algoritmeprestaties	97
9	Conclusies en aanbevelingen	99
9.1	Conclusies	99
9.2	Aanbevelingen	100
Deel III: Gebeurtenisdetectiesysteem in de praktijk		103
10	Gebruikersinterface	105
10.1	Gebruikersopties	105
10.2	Wensen van gebruikers	105
10.3	Interfaceontwerp	106
10.4	Demonstratie in Google Earth	108
10.5	Inpassing VM-desk	109
11	Technische vereisten	113
11.1	Ontvangst van actuele verkeersgegevens	113
11.2	Hard- en softwarevereisten	114
11.3	Systeemopties	115
12	Conclusies en aanbevelingen	117
12.1	Conclusies	117
12.2	Aanbevelingen	118
Conclusie		119
Literatuur		125
Afbeeldingsverantwoording		129
Bijlage 1 Analyse NDW data		131
Bijlage 2 Technische details analyse NDW data		165
Bijlage 3 Bruikbaarheid reistijdlocaties		171
Bijlage 4 Overzicht meetlocaties		173
Bijlage 5 Technische details gebeurtenisdetectiescripts		175
Bijlage 6 Algoritmecalibratie		179
Bijlage 7 Waarschuwingsniveau-calibratie		183
Bijlage 8 Detectieresultaten		185
Bijlage 9 Korte meldingen		187
Bijlage 10 Grafische interface voor systeeminstellingen		193
Lijst van symbolen		205
Verklarende Woordenlijst		207
Index		211

Inleiding

Op de provinciale wegen van provincie Zuid-Holland (PZH) worden verschillende wegverkeersgegevens ingewonnen: reistijden, snelheden uit lussen in de weg en intensiteiten uit kentekenherkenningscamera's. Daarnaast is PZH in januari 2012 als pilot gestart met de verkeersmanagementdesk (VM-desk), een verkeerscentrale voor de provinciale wegen. De VM-desk heeft als taak het beheer van alle provinciale verkeerslichten en het monitoren van het actuele verkeer op de provinciale wegen. Bij calamiteiten heeft men de mogelijkheid om de situatie op de weg via camera's te bekijken, instellingen voor verkeersregelininstallaties te wijzigen om de doorstroming te bevorderen en het verkeer te informeren via Dynamische Route Informatie Panelen (DRIPs) of om te leiden via Coördinatie Alternatieve Routes (CAR, ofwel de bekende blauwe bordjes met een U-nummer).

PZH heeft hierop de vraag neergelegd welke verkeersgegevens precies beschikbaar zijn en waar men deze zoal voor zou kunnen gebruiken. Specifiek voor toepassing aan de VM-desk zijn de mogelijkheden voor een informatiesysteem onderzocht dat medewerkers van de VM-desk informeert als uit actuele wegverkeersgegevens blijkt dat er ergens op een provinciale weg sprake is van ongewone omstandigheden.

Probleemstelling

De centrale probleemstelling horende bij het uitgevoerde onderzoek bestaat uit drie delen:

Welke wegverkeersgegevens zijn beschikbaar binnen provincie Zuid-Holland en welke operationele toepassingen zijn hiermee te realiseren (1), hoe kunnen irreguliere verkeerstoestanden op provinciale wegen uit deze verkeersgegevens gedetecteerd worden (2) en hoe kan deze detectiemethode worden ingezet als informatievoorziening aan de verkeersmanagementdesk (3)?

Ter beantwoording van deze probleemstelling zijn een aantal deelvragen opgesteld en is het project in drie delen gesplitst, één voor ieder deel van de probleemstelling.

Het eerste deel van dit rapport heeft betrekking op de beschikbare wegverkeersgegevens en mogelijke toepassingen voor PZH. Hierbij ligt de focus op een brede inventarisatie van de mogelijkheden van gegevensstromen, anders dan het voorzien in file- en reisinformatie. De bijbehorende deelvragen zijn:

- Over welke gegevensstromen beschikt PZH?
- Welke verkeersmanagement toepassingen zijn er zoal mogelijk met dit soort gegevensstromen? Zijn er elders al vergelijkbare toepassingen operationeel?
- Zijn de beschikbare gegevensstromen geschikt om gebruikt te worden voor de gevonden toepassingen; welke datakwaliteitseisen zijn hierbij van belang?

Het tweede deel gaat in op het onderzoek naar de mogelijkheden van een informatiesysteem op basis van de beschikbare wegverkeersgegevens uit de Nationale

Databank Wegverkeersgegevens (NDW) voor toepassing aan de provinciale VM-desk. De bijbehorende deelvragen zijn:

- Hoe kan een irreguliere verkeerstoestand (gebeurtenis) worden gedetecteerd op basis van actuele verkeersgegevens?
- Hoe kunnen hierbij valse positieven en onopgemerkte gebeurtenissen beperkt worden, terwijl de detectietijd zo klein mogelijk blijft?
- Wat is de effectiviteit van de methode? Hoe kan deze verbeterd worden?
- Wat kan de meerwaarde zijn van het integreren van aanvullende gegevensstromen in deze toepassing?

Het laatste deel omvat een praktische beschouwing met betrekking tot de vormgeving en het gebruik van de informatie, die met behulp van de gebeurtenisdetectiemethode zoals beschreven in het tweede deel ingewonnen kan worden. De hierbij behorende deelvragen zijn:

- Hoe kan een informatiesysteem dat de ontwikkelde methoden implementeert er uit zien, ter ondersteuning van medewerkers van de VM-desk?
- Hoe kan dit informatiesysteem binnen de VM-desk ingepast worden, opdat het door medewerkers gebruikt kan worden?
- Hoe kunnen medewerkers dit informatiesysteem benutten bij hun taak aan de VM-desk, om zo de beschikbare verkeersmanagementinstrumenten beter in te kunnen zetten?

Doel

Net als de centrale probleemstelling is het doel van het project drieledig.

Het eerste doel is het inventariseren van de binnen PZH beschikbare bronnen van wegverkeersgegevens en een overzicht te bieden van mogelijke en onmogelijke toepassingen van deze wegverkeersgegevens.

Het tweede doel is het onderzoeken van de mogelijkheden voor het detecteren van afwijkende verkeersomstandigheden uit intensiteitsmetingen, puntsnelheidsmetingen en reistijdmetingen. Onder afwijkende verkeersomstandigheden worden situaties verstaan die normaal gesproken niet voorkomen; de dagelijkse files vallen dus niet onder dergelijke afwijkende omstandigheden. Hierbij worden de mogelijkheden en tekortkomingen in kaart gebracht en wordt een methode gepresenteerd die gebruikt kan worden om gebeurtenissen op (provinciale) wegen te detecteren uit wegverkeersgegevens.

Het derde en laatste doel is inzicht geven in hoe een dergelijk detectiesysteem er uit kan zien en ingepast kan worden binnen de VM-desk van PZH.

Wetenschappelijke en praktische bijdrage

Dit afstudeeronderzoek is voor zover bekend het eerste onderzoek naar gebeurtenisdetectie op provinciale wegen in Nederland, waarbij gebruik wordt gemaakt van verkeersgegevens uit de Nationale Databank Wegverkeersgegevens. Vrij uitzonderlijk aan de onderzochte gebeurtenisdetectiemethode is dat onderscheid wordt gemaakt tussen dagelijkse files en niet-terugkerende gebeurtenissen. Het combineren van meerdere detectiealgoritmes in één systeem is eveneens (nog) niet gangbaar. Verder toont dit afstudeeronderzoek aan dat geen bijzonder ingewikkelde detectiealgoritmes noodzakelijk zijn en dat met relatief weinig meetlocaties bruikbare resultaten behaald kunnen worden.

Tevens bevat dit afstudeerwerk een van de meest uitgebreide analyses van NDW wegverkeersgegevens van dit moment, welke met interesse door NDW ontvangen is.

Leeswijzer

Dit rapport is ingedeeld in drie delen. Deel I gaat in op de binnen provincie Zuid-Holland beschikbare wegverkeersgegevens en mogelijke toepassingen voor deze wegverkeersgegevens. Deel II gaat in op het onderzoek naar de mogelijkheden van een gebeurtenisdetectiesysteem voor provinciale wegen op basis van NDW wegverkeersgegevens. Deel III geeft een praktische uitwerking aan een dergelijk gebeurtenisdetectiesysteem. De conclusies zijn per deel opgenomen aan het eind van het betreffende deel.

Deel I, vanaf pagina 5, omvat de hoofdstukken 1 t/m 3.

In hoofdstuk 1 worden de beschikbare gegevensstromen beschreven, waaronder een overzicht van welke verkeersgegevens worden ingewonnen en op welke locaties binnen de provincie Zuid-Holland dit gedaan wordt. Hoofdstuk 2 geeft allereerst een overzicht van de besproken toepassingen voor deze verkeersdata, welke aansluitend nader worden omschreven. Per toepassing is hierbij gekeken of de beschikbare verkeersgegevens inderdaad geschikt zijn voor de toepassing. In hoofdstuk 3 wordt vervolgens een samenvatting gegeven in de vorm van overzichten van de gegevensstromen en de toepassingen, met hierbij de meest belangrijke eigenschappen. Tot slot volgen in dit hoofdstuk de conclusies en aanbevelingen die betrekking hebben op deel I.

De bijlagen horende bij deel I zijn bijlage 1 t/m bijlage 4, welke zijn opgenomen vanaf pagina 131. In deze bijlagen is onder meer een uitgebreide analyse van de NDW verkeersgegevens opgenomen.

Deel II, vanaf pagina 45, omvat de hoofdstukken 4 t/m 9.

In hoofdstuk 4 is een literatuurstudie opgenomen, waarin allereerst de verschillen tussen incidentdetectie en gebeurtenisdetectie worden toegelicht. Verder is gekeken naar bestaande detectiealgoritmes, de verschillen tussen provinciale wegen en autosnelwegen en wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste aanbevelingen uit eerder onderzoek. Tevens wordt aandacht besteed aan indicatoren om gebeurtenisdetectiemethoden op prestatie te beoordelen. In hoofdstuk 5 wordt een theoretische beschouwing gegeven van hoe gebeurtenissen zichtbaar zijn in verkeersdata die wordt ingewonnen via lussen of reistijdmetingen. Hierbij wordt gekeken naar drie voorbeelden, een waarbij de weg volledig geblokkeerd raakt door een gebeurtenis, een waarbij de weg in één richting versperd is en een waarbij alleen sprake is van vertraging. Hoofdstuk 6 omvat een haalbaarheidsanalyse, waarin is gekeken wat de toegevoegde waarde is van een automatisch gebeurtenisdetectiesysteem ten opzichte van de bij de provincie gangbare informatiekkanalen om op de hoogte te komen van gebeurtenissen op de weg. In hoofdstuk 7 wordt de ontwikkelde gebeurtenisdetectie-methode gepresenteerd en wordt de werking ervan toegelicht. De gebruikte algoritmen komen aan bod en het volledige traject van ontvangst van wegverkeersgegevens tot het genereren van meldingen wordt bekeken. De resultaten hiervan zijn opgenomen in hoofdstuk 8. Hier is gekeken naar de prestatie van het systeem als geheel en de algoritmen afzonderlijk. De conclusies, aanbevelingen en mogelijkheden tot vervolgonderzoek met betrekking tot de ontworpen gebeurtenisdetectiemethode volgen in hoofdstuk 9.

De bijlagen horende bij deel II zijn bijlage 5 t/m bijlage 10, vanaf pagina 175.

Deel III, vanaf pagina 103, omvat hoofdstukken 10 t/m 12.

Hoofdstuk 10 gaat in op een mogelijke gebruikersinterface voor het gebeurtenisdetectiesysteem, rekening houdende met de wensen van toekomstige gebruikers en de mogelijkheden die voor dagelijks gebruik van belang zijn. Hierbij wordt aandacht besteed aan de inpassing van een gebeurtenisdetectiesysteem aan de provinciale VM-desk.

In hoofdstuk 11 wordt gekeken naar de technische vereisten voor het uitvoeren van het gebeurtenisdetectiesysteem en het ontvangen van actuele NDW wegverkeersgegevens op een computer. Dit hoofdstuk bevat tevens een overzicht van alle geavanceerde configuratiemogelijkheden waarover het gebeurtenisdetectiesysteem beschikt. De conclusies en aanbevelingen die volgen uit dit deel zijn opgenomen in hoofdstuk 12.

De bijlage horende bij deel III is bijlage 10, vanaf pagina 193. Deze bijlage bevat een ontwerp van de grafische interface voor het configureren van het gebeurtenisdetectiesysteem.

I

Deel I: Provinciale verkeersdata en provinciale toepassingen

In deel I is een inventarisatie gemaakt van de bronnen van wegverkeersgegevens die beschikbaar zijn binnen provincie Zuid-Holland. Daarnaast is gekeken naar toepassingen voor deze wegverkeersgegevens die interessant kunnen zijn voor provincie Zuid-Holland. Dit deel beantwoordt het eerste gedeelte van de centrale probleemstelling:

Welke wegverkeersgegevens zijn beschikbaar binnen provincie Zuid-Holland en welke operationele toepassingen zijn hiermee te realiseren (1), hoe kunnen irreguliere verkeerstoestanden op provinciale wegen uit deze verkeersgegevens gedetecteerd worden (2) en hoe kan deze detectiemethode worden ingezet als informatievoorziening aan de verkeersmanagementdesk (3)?

Hierbij worden de volgende deelvragen beantwoord:

- Over welke gegevensstromen beschikt PZH?
- Welke verkeersmanagement toepassingen zijn er zoal mogelijk met dit soort gegevensstromen? Zijn er elders al vergelijkbare toepassingen operationeel?
- Zijn de beschikbare gegevensstromen geschikt om gebruikt te worden voor de gevonden toepassingen; welke datakwaliteitseisen zijn hierbij van belang?

Het doel van deze deelfase is enerzijds het geven van een overzicht van de beschikbare bronnen van wegverkeersgegevens. Anderzijds wordt inzicht gegeven in verschillende toepassingen voor wegverkeersgegevens die mogelijk interessant kunnen zijn voor provincie Zuid-Holland. Hierbij zijn de (on)mogelijkheden van de gegevensstromen in beeld gebracht en worden suggesties gedaan over de inzet hiervan.

Nadrukkelijk dient vermeld te worden dat bij deze inventarisatie niet is gekeken naar toepassingen op het gebied van het voorzien van informatie over de dagelijkse files op de verschillende trajecten. Dit soort toepassingen zijn lang en breed door anderen uitgewerkt en hier wordt dan ook niet verder op ingegaan.

De gepresenteerde toepassingen zijn gevonden en uitgewerkt op basis van onderwerpen in de literatuur en op basis van fundamenteel verkeerskundig inzicht van de auteur. Dit laatste is voornamelijk het geval op het gebied van toepassingen die in de literatuur niet of nauwelijks worden beschreven, maar toch interessant kunnen zijn voor PZH.

1 Beschikbare gegevensstromen

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de gegevensstromen die PZH ter beschikking heeft. Hierbij is aangegeven welke verkeerskundige betekenis deze gegevensstromen hebben, waar (traject of raai) de gegevens worden ingewonnen en met welke frequentie deze gegevens beschikbaar zijn.

De beschikbare gegevensstromen kunnen worden ingedeeld in een categorie puntmetingen (snelheid, intensiteit) en in een categorie trajectmetingen (gerealiseerde reistijd).

1.1 Nationale Databank Wegverkeersgegevens

De Nationale Databank Wegverkeersgegevens (NDW) is een samenwerkingsverband tussen overheden die hun krachten hebben gebundeld om verkeersgegevens te verzamelen en benutten. Via de NDW beschikbare verkeersgegevens worden ingewonnen door of in opdracht van wegbeheerders en vervolgens verzameld in een databank. Deze databank is tegen betaling toegankelijk (NDW 2011).



De verdere inhoud van deze paragraaf is gebaseerd op NDW (2010). Waar “NDW” zonder lidwoord is genoemd, wordt NDW als organisatie bedoeld. Indien “de NDW” met lidwoord is genoemd, wordt de databank met wegverkeersgegevens bedoeld.

1.1.1 Verkeersgegevens: puntmetingen en trajectmetingen

De verkeersgegevens die binnen de provincie Zuid-Holland via de NDW beschikbaar zijn worden verzameld met behulp van reistijdcamera's en met behulp van lussen in de weg. De reistijdcamera's meten gerealiseerde reistijden en snelheden over een traject en de lussen meten puntsnelheden en intensiteiten op een vast punt.

1.1.1.1 Toelichting reistijdcamera's

De reistijdcamera's werken op basis van automatische kentekenplaatherkenning (ANPR). Hierbij wordt het kenteken van passerend verkeer gefotografeerd bij het binnenrijden van een meettraject, waarbij tevens de tijd wordt vastgelegd. Bij het uitrijden van het meettraject worden kenteken en tijd wederom vastgelegd. Vervolgens wordt het kenteken vergeleken met eerder gefotografeerde kentekens en bij een gevonden overeenkomst wordt de reistijd uit het verschil tussen de twee tijdmetingen berekend. In combinatie met de bekende lengte van het traject is tevens de trajectsnelheid te berekenen.

De reistijden die hier worden gemeten zijn gerealiseerde reistijden en geven informatie over de toestand die zojuist heeft plaatsgevonden. Het aantal metingen is bekend, doch dit heeft geen directe relatie met de verkeersintensiteit op het meettraject in verband met niet-herkende voertuigen en verkeer dat tussentijds afslaat of het traject binnenkomt.

1.1.1.2 Toelichting lussen

In geval van lussen is er sprake van een vaste meetlocatie waar intensiteiten en puntsnelheden worden gemeten. Intensiteiten en puntsnelheden worden vastgelegd per rijstrook waarbij onderscheid wordt gemaakt in een aantal voertuigklassen op basis van lengteverschillen tussen voertuigen.

1.1.2 Frequentie en aggregatie

Gemeten reistijden, intensiteiten en snelheden worden per minuut geaggregeerd, waarmee de vernieuwingsfrequentie van de gegevens één minuut bedraagt.

Verkeersgegevens uit de NDW zijn beschikbaar als realtime gegevensstroom en tevens als historische gegevenstabellen. De realtime gegevens zijn hierbij, als aan de NDW-kwaliteitseisen wordt voldaan, maximaal 75 seconden na meting beschikbaar voor de afnemers van de realtime gegevensstroom (NDW, 2011b).

Voor reistijden wordt de rekenkundig gemiddelde reistijd gegeven voor alle voertuigen die in deze minuut het meettraject zijn uitgereden, uitgedrukt in seconden. Bij meer dan één meting in een minuut wordt tevens de standaarddeviatie voor de metingen in deze minuut gegeven. Indien er geen verkeer is waargenomen wordt als reistijd de waarde -1 gegeven en is tevens het aantal gemeten voertuigen gelijk aan nul.

Voor intensiteiten wordt per rijstrook en per voertuigklasse per minuut de harmonisch gemiddelde verkeersintensiteit gegeven, uitgedrukt in voertuigen/uur. Tevens wordt de totale intensiteit per rijstrook per minuut gegeven. Indien men het aantal gepasseerde voertuigen in die minuut wil weten dient dus gedeeld te worden door 60 min/uur. Indien er geen verkeer is waargenomen wordt als intensiteit de waarde 0 gegeven.

Voor snelheidsmetingen wordt per rijstrook per voertuigklasse per minuut de harmonisch gemiddelde snelheid gegeven, uitgedrukt in km/uur. Hierbij is ook aangegeven hoeveel voertuigen er zijn meegenomen in de berekening van de gemiddelde snelheid. Indien er geen verkeer is waargenomen wordt als snelheid de waarde -1 gegeven en is tevens het aantal gemeten voertuigen gelijk aan nul.

Als bekend is dat er problemen zijn met het meetpunt of als er niet aan de NDW kwaliteitseisen wordt voldaan is dit in de gegevensstroom aangegeven. De doorgegeven reistijd/intensiteit/snelheid wordt dan tevens op -1 gesteld.

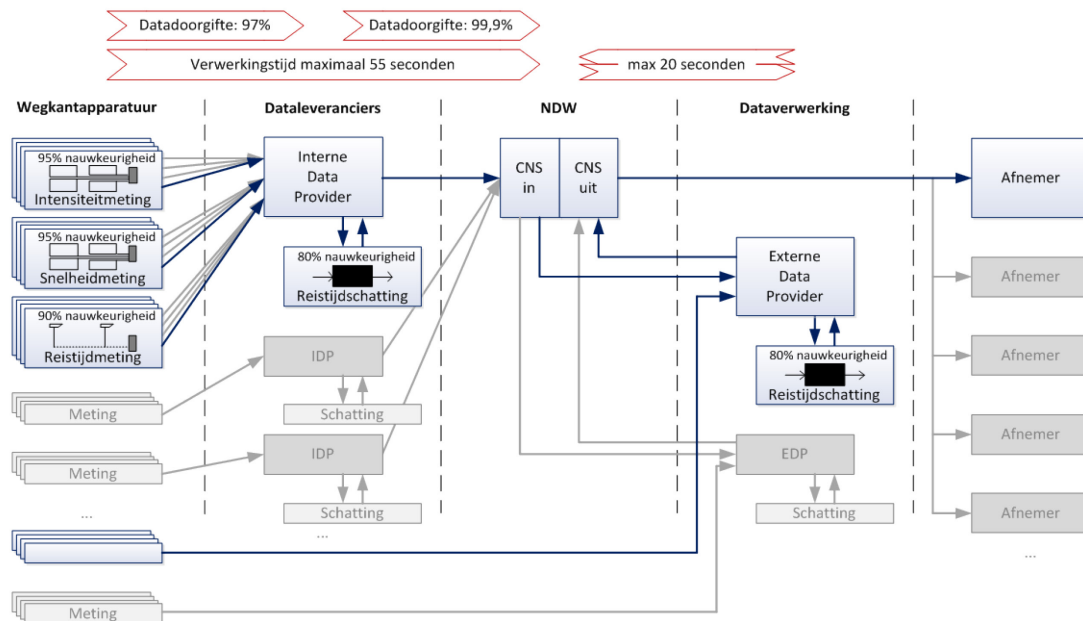
1.1.3 Datakwaliteit

NDW stelt specifieke kwaliteitseisen aan verkeersgegevens. In deze paragraaf worden deze eisen uiteen gezet. De inhoud van deze paragraaf is gebaseerd op NDW (2011b).

NDW stelt eisen aan de volgende kwaliteitsindicatoren:

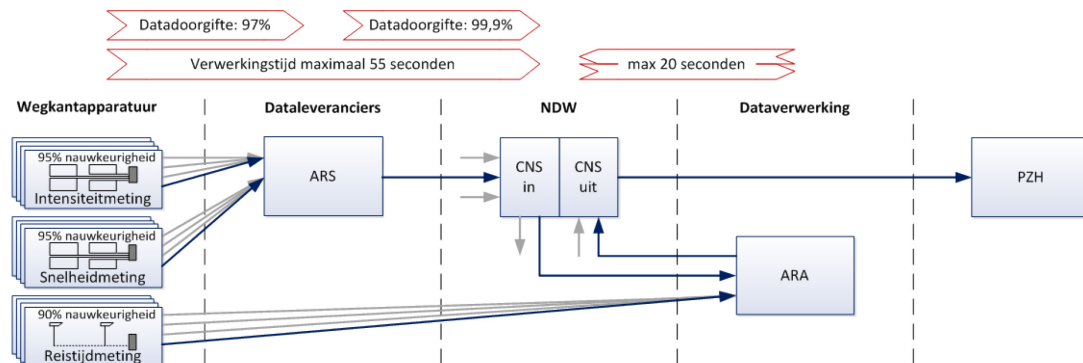
- beschikbaarheid van de datastroom
- beschikbaarheid van meetlocaties/minuutgegevens
- actualiteit van de wegverkeersgegevens
- nauwkeurigheid van de wegverkeersgegevens

De vier kwaliteitseisen en bijbehorende normen zijn samen met de structuur van de verschillende systemen weergegeven in figuur 1. De verschillende normen worden vervolgens afzonderlijk besproken.



Figuur 1: Schematische weergave NDW systeem met kwaliteitsnormen

In figuur 2 is het NDW systeem uit figuur 1 nogmaals weergegeven, maar dan alleen voor wegkantapparatuur op en langs provinciale wegen in Zuid-Holland.



Figuur 2: Schematische weergave verwerking PZH-verkeersgegevens via NDW systeem

Beschikbaarheid datastroom

Hieronder wordt de beschikbaarheid van de communicatieverbinding tussen de dataleveranciers en het Centraal NDW Systeem (CNS) en de beschikbaarheid van het CNS zelf verstaan. Dit staat los van of er daadwerkelijk gegevens worden aangeleverd, maar gaat om het *kunnen* aanleveren en verwerken van gegevens.

De vastgestelde norm voor het CNS en de communicatieverbinding per dataleverancier vereist een beschikbaarheid van 99,9 %.

Er is geen norm voor datadoorgifte tussen CNS en de afnemer, daar de afnemer verantwoordelijk is voor deze verbinding.

Beschikbaarheid meetlocaties

Hieronder wordt de beschikbaarheid van de afzonderlijke meetlocaties (lussen, reistijdcamera's) verstaan. Hierbij gaat het dan over de beschikbaarheid van de communicatie tussen een meetlocatie en de systemen van de dataleverancier. Correctheid van de gemeten gegevens valt buiten deze kwaliteitseis. Herhaalberichten, waarbij maximaal 15 minuten de laatst gemeten waarde wordt herhaald bij uitvallen van een meetpunt of geen herkende kentekens bij een reistijdtraject, en meetwaarden die als fout zijn gemarkeerd tellen mee in de beschikbaarheid. Voor deze kwaliteitseis gaat het er om *of* er gegevens in het CNS binnen komen, niet *wat* de gegevens voorstellen.

De vastgestelde norm vereist een beschikbaarheid van meetgegevens per individuele meetlocaties van 97 %.

Actualiteit wegverkeersgegevens

Hieronder wordt verstaan de verstreken tijd tussen het meten van verkeersgegevens op een meetpunt en het bij de afnemers beschikbaar zijn van deze meting. Deze kwaliteitseis omvat *alleen* de tijd tussen bekend worden van een meting en het beschikbaar komen hiervan bij de afnemers; de lengte van een reistijdtraject en dus hoe ver een reistijdmeting verwijderd is van de actuele situatie valt niet onder deze kwaliteitseis.

De vastgestelde norm voor actualiteit stelt dat verkeersgegevens na afloop van een meetminuut binnen 75 seconden beschikbaar moeten zijn in het tweede deel van CNS, waarna ze binnen 5 seconden aan de afnemers worden aangeboden.

Nauwkeurigheid wegverkeersgegevens

Hieronder wordt de afwijking verstaan tussen de daadwerkelijke en gemeten verkeerssituatie.

De vastgestelde norm voor nauwkeurigheid varieert per gemeten grootheid.

Snelheid:	minimaal 95 % nauwkeurig;
Intensiteit:	minimaal 95 % nauwkeurig;
Gerealiseerde reistijd:	minimaal 90 % nauwkeurig;
Geschatte reistijd:	minimaal 80 % nauwkeurig.

1.1.3.1 Haalbaarheid kwaliteitseisen

Deze paragraaf geeft als samenvatting van de “*NDW Rapportage Kwaliteit*. Conceptversie, 3^e kwartaal 2011” (NDW, 2011b) in hoeverre de vier gestelde kwaliteitseisen gehaald zijn in de maanden januari tot september van 2011, zoals gerapporteerd door NDW.

Beschikbaarheid datastroom

Onderstaand overzicht geeft de beschikbaarheid van de datastroom per dataleverancier binnen Zuid-Holland. Er is aangegeven wat de gemiddelde beschikbaarheid is geweest over de negen maanden en in hoeveel van deze negen maanden de norm daadwerkelijk gehaald is.

Beschikbaarheid datastroom Norm: 99,9 %	PZH ¹	gemiddeld 99,85 %	gehaald 5 maanden
	ARA ²	gemiddeld 99,89 %	gehaald 7,5 maanden ³
	CNS	gemiddeld 99,69 %	gehaald 3 maanden
	RWS	gemiddeld 99,13 %	gehaald 1 maand

Beschikbaarheid meetlocaties

Onderstaand overzicht geeft de beschikbaarheid van de meetlocaties per dataleverancier binnen Zuid-Holland. Er is aangegeven wat de gemiddelde beschikbaarheid is geweest over de negen maanden en in hoeveel van deze maanden de norm daadwerkelijk gehaald is.

Beschikbaarheid meetlocaties Norm: 97 %	PZH	gemiddeld 93,04 %	geen enkele keer gehaald
	ARA	gemiddeld 96,11 %	gehaald 2 maanden
	RWS	gemiddeld 87,52 %	geen enkele keer gehaald

Opgemerkt wordt de beschikbaarheid van PZH meetlocaties laag is omdat gemiddeld per maand 12,13 % van de meetlocaties langer dan 120 uur aansluitend geen gegevens leverden. Er zijn dus een aantal meetlocaties met technische problemen die de beschikbaarheid van meetlocaties die wel goed functioneren overschaduwen.

Van ARA-locaties is gemiddeld per maand 1,93 % van de meetlocaties langer dan 120 uur aaneengesloten onbeschikbaar.

Actualiteit wegverkeersgegevens

Van de actualiteit van verkeersgegevens is niet bekend of de norm van 75 seconden gehaald wordt, omdat geen betrouwbare gegevens beschikbaar zijn over het tijdsbeslag tussen meetlocatie en CNS (hiervoor is 55 seconden beschikbaar). Daar de verwerking van gegevens binnen CNS via ARA vaak langer dan 20 seconden duurt, kan men er voorzichtigheidshalve van uit gaan dat de verkeersgegevens niet binnen 75 seconden beschikbaar zijn.

Actualiteit	Meetlocatie -> CNS	Norm: 55 sec.	Gerealiseerde waarde niet bekend
	CNS -> EDP -> CNS	Norm: 20 sec.	Regio Randstad gemiddeld 27 sec.

Nauwkeurigheid wegverkeersgegevens

De nauwkeurigheid van verkeersgegevens wordt alleen gerapporteerd door ARA. De gemiddelde nauwkeurigheid van gerealiseerde reistijdmetingen door ARA bedraagt 98,64 % (norm: 90 %), maar dit omvat niet alleen metingen binnen de provincie Zuid-Holland.

De nauwkeurigheid wordt door ARA door middel van zogeheten plausibiliteitstoetsen bepaald. Het is echter de vraag hoeveel waarde gehecht moet worden aan een toetsing waarbij wordt bepaald hoe *waarschijnlijk* het is dat de gegevens correct zijn, zonder het uitvoeren van referentiemetingen. Tevens worden er door de auteur vraagtekens geplaatst bij de opgave dat geschatte reistijden nauwkeuriger zijn dan gerealiseerde reistijden.

Nauwkeurigheid	Door ontbreken van referentiemetingen kan de nauwkeurigheid niet met zekerheid vastgesteld worden.
-----------------------	--

¹ Snelheid en intensiteit.

² Reistijd. Naast de 98 PZH trajecten is dit inclusief ~750 trajecten van andere wegbeheerders.

³ Geen gegevens over januari-maart, beschikbaarheid verdisconteerd naar 9 maanden.

1.1.3.2 Analyse kwaliteitseisen

In deze paragraaf worden de gestelde kwaliteitseisen en de daadwerkelijk gerealiseerde kwaliteit in perspectief geplaatst. Gezien de lage beschikbaarheid van meetlocaties ten opzichte van de norm (zoals gerapporteerd door NDW) is deze beschikbaarheid binnen provincie Zuid-Holland verder geanalyseerd op basis van historische NDW verkeersgegevens, waarvan de resultaten in deze paragraaf zijn samengevat.

Beschikbaarheid datastroom

Deze kwaliteitseis is gebaseerd op de marktconforme beschikbaarheid (NDW, 2011b) van internetsystemen, -servers en -verbindingen. Deze techniek is zodanig volwassen geworden dat een beschikbaarheid van 24 uur per dag probleemloos gehaald kan worden. Hierop is ook de 99,9 % norm gebaseerd, welke ook door grote spelers binnen de webservermarkt gehanteerd – en gehaald – wordt.

De NDW is, met uitzondering van de inwinning van verkeersgegevens, op dergelijke webserverssystemen gebaseerd. Voor afnemers spreekt het verder voor zich dat een hoge beschikbaarheid des te beter is.

Beschikbaarheid meetlocaties

Ook hier is het logisch dat een hogere beschikbaarheid beter is. Zeker in geval van realtime toepassingen zijn afnemers voor hun toepassing afhankelijk van de beschikbaarheid van actuele verkeersgegevens. Op het moment dat er geen gegevens binnen komen is op dat moment ook de toepassing (gedeeltelijk) onbruikbaar.

Voor toepassingen die alleen gebruik maken van historische verkeersgegevens is een hoge beschikbaarheid veel minder belangrijk. Hier kunnen 'gaten' in de data vaak eenvoudig worden opgevangen door een grote dataset over en lange periode te nemen.

Voor afnemers zijn de door NDW geapporteerde beschikbaarheidscijfers niet bijzonder interessant. Het meenemen van herhaalberichten en als onjuist gemarkeerde gegevens in de beschikbaarheidscijfers leidt ertoe dat de beschikbaarheidscijfers alleen iets zeggen over de prestatie van de technische kant van het NDW systeem. De daadwerkelijke *bruikbaarheid* van verkeersgegevens voor afnemers wordt uit deze cijfers echter niet duidelijk. Herhaalde en foutieve gegevens zijn immers geen bruikbare gegevens.

Om een beeld te krijgen van de bruikbaarheid van de wegverkeersgegevens zijn de afzonderlijke meetpunten geanalyseerd over de periode januari tot en met september 2011. Deze analyse is opgenomen in bijlage 1.

Uit deze analyse volgt dat de bruikbaarheid veel lager is dan door NDW gerapporteerde beschikbaarheid. In geval van verkeerde interpretatie van de NDW kwaliteitsrapportages kan dus de foutieve conclusie getrokken worden dat de meetlocaties goed functioneren, terwijl dit in werkelijkheid niet zo is.

Indien men de bruikbaarheid uitdrukt als het percentage niet-herhaalde en niet-foutieve meetwaarden ten opzichte van het totale aantal minuten in een meetperiode, dan vindt men over de periode januari-september 2011 een bruikbaarheid van 55 % voor reistijdtrajecten en 78 % voor meetlussen.

Deze bruikbaarheid voor reistijdtrajecten lijkt laag, maar is niet direct te wijten aan technische problemen. Enerzijds is een lage hoeveelheid bruikbare waarden inherent aan de inwinmethode in combinatie met verkeerslichten. In meer specifieke situaties wordt een lage bruikbaarheid veroorzaakt door te lange trajecten of verkeerd gesitueerde apparatuur. Bijlage 1 gaat verder in op de oorzaken van deze lage bruikbaarheid.

Actualiteit wegverkeersgegevens

Deze kwaliteitseis is alleen van belang voor realtime toepassingen. De norm van 75 seconden betekent in de praktijk een vertraging van drie minuten. Vanaf het begin van de meetperiode tot het eind ervan is immers al een minuut verstreken. Hierbij komt dan nog een dikke minuut verwerking binnen NDW en wellicht ook nog een kleine minuut verwerking bij de afnemer om de verkeersgegevens om te zetten tot bruikbare informatie.

In geval van file- en reistijdinformatie is een dergelijke vertraging niet heel problematisch, in ieder geval omdat voor reistijdinformatie toch altijd een voorspelling gemaakt moet worden om tot voor de weggebruiker interessante informatie te komen.

Voor andere toepassingen kan de aanleversnelheid van verkeersgegevens echter cruciaal zijn, zoals voor incidentdetectie. Dergelijke toepassingen zijn dan ook niet mogelijk met NDW wegverkeersgegevens. Toepassingen die nog steeds nut hebben met enkele minuten oude data zijn wel mogelijk. Het merendeel van de toepassingen op het gebied van dynamisch verkeersmanagement vallen in deze laatste categorie: hoewel een snellere aanlevering beter zou zijn, kan er nog steeds veel nut gehaald worden uit iets later aangeleverde wegverkeersgegevens.

Nauwkeurigheid wegverkeersgegevens

Hoeveel waarde aan de nauwkeurigheidseis gehecht moet worden is wederom afhankelijk van de specifieke toepassing van verkeersgegevens die men wil realiseren.

Voor analysetoepassingen is de nauwkeurigheid van groot belang om tot juiste conclusies te komen. Meetlocaties die consequent lagere waarden doorgeven leiden bij analysetoepassingen mogelijk tot pessimistische conclusies. Voor realtime toepassingen is nauwkeurigheid iets minder belangrijk, omdat met regelmaat nieuwe waarden binnen komen en de conclusie die men hieruit trekt continue bijgesteld wordt.

Voor reistijdmetingen is de absolute nauwkeurigheid wellicht minder van belang. Een zeer nauwkeurig gemiddelde met een hoge standaardafwijking (ten gevolge van voertuigen die tijdens een reistijdmeting stoppen en later verder gaan) levert immers nog steeds geen bruikbare informatie.

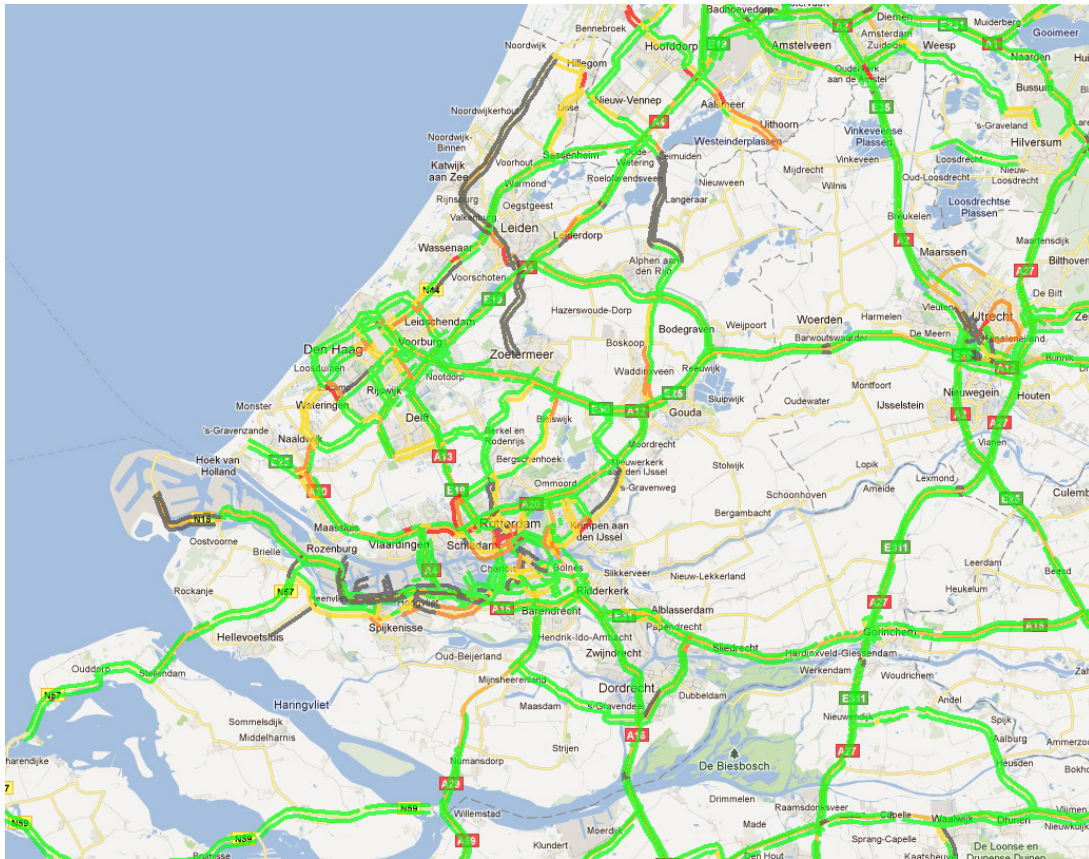
1.1.4 Locaties

De via de NDW beschikbare meettrajecten en -punten kunnen worden ingezien via de NDWviewer⁴. Een overzichtsbeeld van alle op de NDW aangesloten meetlocaties binnen de provincie Zuid-Holland is weergegeven in figuur 3 (reistijdtrajecten) en figuur 4 (meetlocaties intensiteit/snelheid). In deze figuren zijn tevens meetlocaties van andere wegbeheerders weergegeven waarvan gebruik kan worden gemaakt.

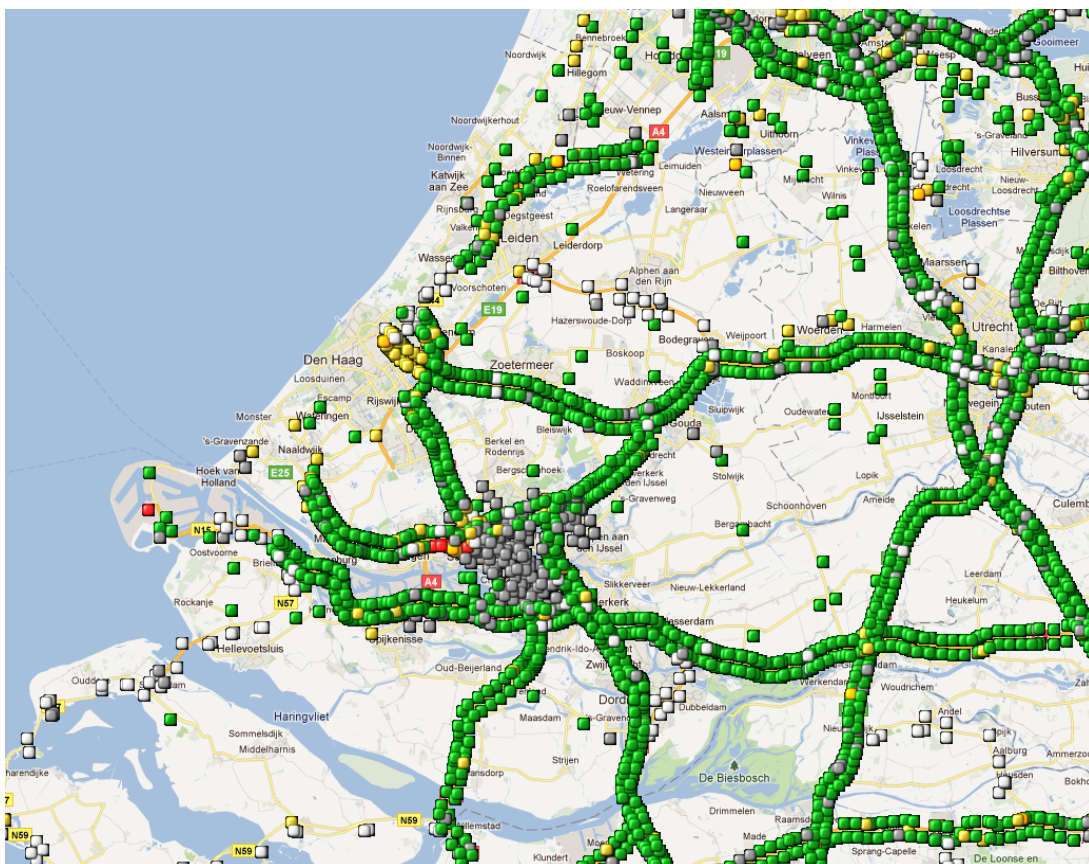
De kleuren in de afbeelding geven een indicatie van de trajectnsnelheid (figuur 3) en puntsnelheid (figuur 4) op het moment dat de schermafbeelding is gemaakt (groen: hoge snelheid, rood: lage snelheid, grijs: geen gegevens, wit: lussen meten geen snelheid). Deze kleuren hebben voor het doel van deze afbeelding geen betekenis.

In bijlage 3 zijn de verschillende reistijdtrajecten met trajectnummer, wegnummer, beginpunt en eindpunt in tabelvorm opgenomen.

⁴ www.ndwviewer.nl, inlogaccount vereist.



Figuur 3: Overzicht meettrajecten reistijd



Figuur 4: Overzicht meetpunten intensiteit/snelheid

1.2 VRI-Kwaliteitscentrale

Via de VRI-Kwaliteitscentrale zijn loggegevens beschikbaar van verkeersregelininstallaties. Deze gegevens worden momenteel gebruikt voor voertuigtellingen, het analyseren van het verkeersgedrag op een bepaalde geregelde kruising, het afhandelen van klachten van bijvoorbeeld busmaatschappijen in verband met ov-prioriteit en het opsporen van problemen in de configuratie van VRIs (VerkeersRegelInstallaties) om deze vervolgens te kunnen verhelpen.

De inhoud van deze paragraaf is gebaseerd op Mian (2011).

1.2.1 Verkeersgegevens: puntmetingen

De via de Kwaliteitscentrale beschikbare verkeersgegevens zijn intensiteitsmetingen per richting van het kruispunt. Deze intensiteiten kunnen naar keuze uitgedrukt worden in motorvoertuigen, personenauto-equivalenten of vrachtverkeer per uur.

De nauwkeurigheid van deze intensiteiten is echter niet bijzonder hoog, veroorzaakt door jitter en voertuigen die niet zuiver in hun eigen rijstrook rijden en daardoor twee lussen tegelijkertijd bezetten.

1.2.2 Frequentie en aggregatie

Intensiteitsgegevens uit de Kwaliteitscentrale zijn geaggregeerd per 15 minuten per richting.

Individuele lusbezettingen zijn af te lezen uit de grafische weergave, maar dienen handmatig verwerkt te worden en zijn daardoor niet geschikt voor grootschalige gegevenstoepassingen.

Verkeersgegevens uit de Kwaliteitscentrale zijn niet realtime beschikbaar; de gegevens worden achteraf uit de VRIs gedownload.

1.2.3 Locaties

Medio 2012 zullen alle VRIs aangesloten worden op de Kwaliteitscentrale, waardoor vanaf dat moment gegevens beschikbaar zijn van alle geregelde kruispunten.

1.3 Meetlusdata

Naast de gegevens uit meetlussen die via de NDW toegankelijk zijn beschikt PZH ook over een groot aantal meetlussen die niet op de NDW zijn aangesloten.

1.3.1 Verkeersgegevens: puntmetingen

De verkeersgegevens uit deze meetlussen zijn vergelijkbaar met gegevens uit NDW-aangesloten lussen, zie paragraaf 1.1.1.2. Er wordt eveneens gebruik gemaakt van het onderscheid in voertuigklassen.

De beschikbaarheid en nauwkeurigheid van deze verkeersgegevens is vergelijkbaar met beschikbaarheid en kwaliteit van de provinciale lussen die op de NDW zijn aangesloten. Het kwaliteitskenmerk actualiteit is voor verkeersgegevens uit deze bron niet van toepassing, daar deze alleen als historische gegevens beschikbaar zijn.

1.3.2 Frequentie en aggregatie

De gegevens zijn per 15 minuten geaggregeerd. Voor iedere 15 minuten wordt de harmonisch gemiddelde snelheid gegeven per voertuigklasse, alsook de gemeten intensiteit in deze 15 minuten per voertuigklasse.

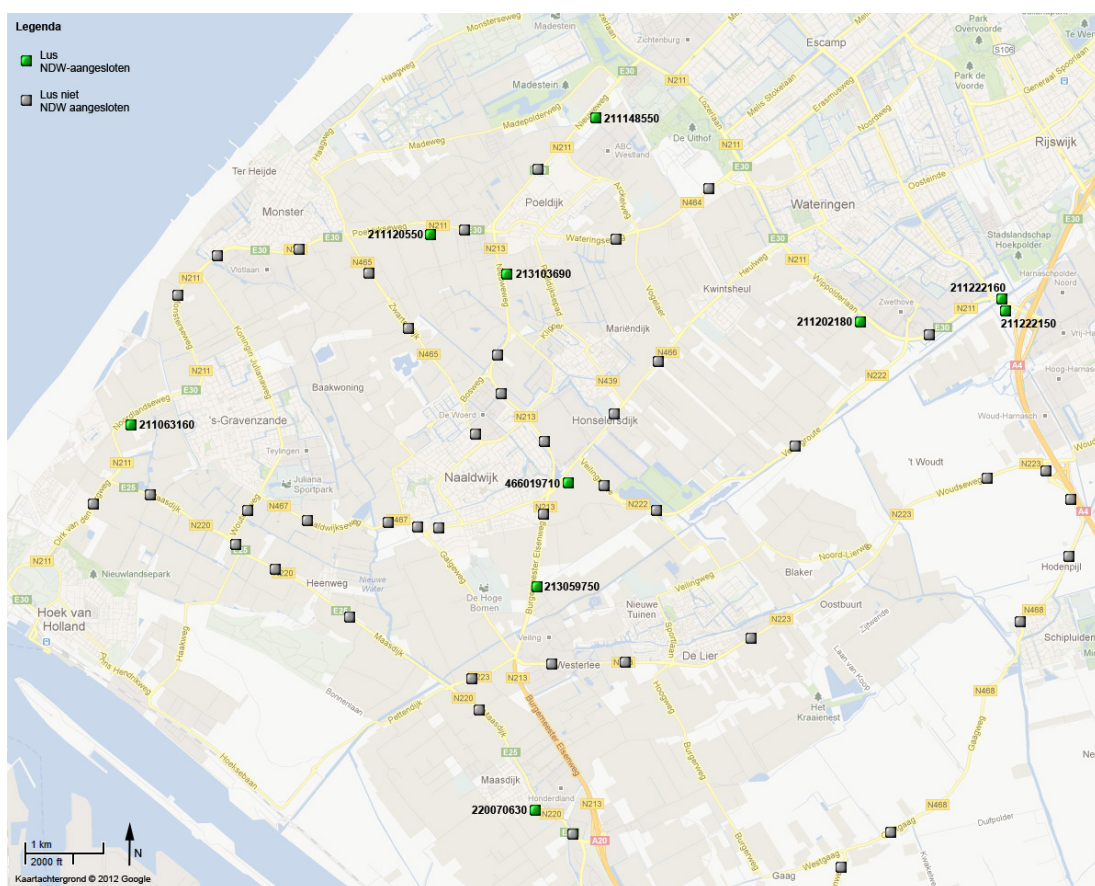


Figuur 5: Alle 332 meetluslocaties, groene bolletjes geven de locaties aan

1.3.3 Locaties

In totaal zijn er 332 meetluslocaties⁵ op provinciale wegen in Zuid-Holland. Deze locaties zijn weergegeven in figuur 5. De ligging van de lussen is overwegend dusdanig gekozen dat van ieder stuk provinciale weg tussen twee aansluitingen waar veel verkeersuitwisseling plaatsvindt de intensiteit gemeten kan worden.

Van deze lussen zijn er 97 aangesloten op de NDW. Als voorbeeld is in figuur 6 het Westland weergegeven, met hierin (bij benadering) de locatie van alle provinciale lussen. De groene blokjes geven een op NDW aangesloten lus aan; deze lussen zijn ook opgenomen in de NDW Viewer (zie paragraaf 1.1.4). De grijze blokjes geven een niet op NDW aangesloten lus aan. Een volledig overzicht van alle provinciale lussen is beschikbaar via GeoWeb⁶.



Figuur 6: Detailkaart Westland: locaties PZH-lussen

⁵ Stand 1 januari 2008.

⁶ Alleen voor provinciemedewerkers. Via Menu > Concern > Geoweb > Geoweb Zuid-Holland. Kies hoofdgroep Verkeer en Vervoer, kaartlaag Telpunten.

1.4 VID Reistijddumps

Voor enkele trajecten is het verwerken van reistijdinformatie voor weergave op DRIPs een tijd lang uitbesteed geweest aan de VerkeersInformatieDienst (VID). De op deze DRIPs weergegeven reistijden zijn beschikbaar als historische verkeersgegevens.

1.4.1 Verkeersgegevens: trajectmetingen

Voor reistijdmeting is gebruik gemaakt van de NDW. Voor meer details over de inwinning van verkeersgegevens wordt dan ook verwezen naar paragraaf 1.1.

De uit de reistijddumps beschikbare informatie betreft reistijden die zijn weergegeven op DRIPs, wat niet noodzakelijkerwijs overeen hoeft te komen met daadwerkelijk gemeten reistijden. Het is niet bekend of er een nabewerking op gemeten reistijden heeft plaatsgevonden.

Deze reistijdinformatie is hoogstwaarschijnlijk niet bijzonder geschikt voor verdere toepassing, maar is voor de volledigheid toch hier vermeld.

De geregistreerde reistijdgegevens zijn via het interne documentbeheersysteem van PZH beschikbaar⁷.

1.4.2 Frequentie en aggregatie

De op de DRIPs weergegeven reistijden zijn beschikbaar in de vorm van historische data van 1 januari 2010 tot 26 december 2010.

De data is geaggregeerd op een interval van 5 minuten en geeft de reistijd in gehele minuten. Indien geen reistijd is weergegeven is dit in de gegevensbestanden zichtbaar als “N”.

1.4.3 Locaties

Er zijn vier trajecten ingemeten voor weergave op drie DRIPs langs de N470/N209 en aan de Oostweg in Zoetermeer (Deumers, 2010). Op dit moment is de VID niet meer actief op deze locaties als leverancier van reistijdinformatie voor DRIPs.






⁷ Zie <http://idms/livelink/livelink.exe?func=ll&objId=187178803>

1.5 Overzicht beschikbare gegevensstromen

Provincie Zuid-Holland beschikt over wegverkeersgegevens uit verschillende bronnen. In de meeste gevallen betreft het hier historische gegevens. Actuele verkeersgegevens zijn voor provincie Zuid-Holland alleen beschikbaar via de NDW.

Een overzicht van de beschikbare gegevensstromen is weergegeven in tabel 1. Hierin is per gegevensstroom weergegeven welke verkeersgegevens hieruit beschikbaar zijn, met welke periode de gegevens geaggregeerd zijn en of de gegevens realtime beschikbaar zijn.

Tabel 1: Overzicht gegevensstromen

<i>Naam</i>	<i>Gemeten</i>	<i>Aggregatie</i>	<i>Actueel</i>
NDW actueel	<ul style="list-style-type: none"> • Reistijd • Intensiteit • Snelheid 	1 min	 ^a
NDW historisch	<ul style="list-style-type: none"> • Reistijd • Intensiteit • Snelheid 	1 min	
VRI-Kwaliteitscentrale	<ul style="list-style-type: none"> • Intensiteit 	15 min	
Meetlusdata	<ul style="list-style-type: none"> • Intensiteit • Snelheid 	15 min	
VID Reistijddumps	<ul style="list-style-type: none"> • Reistijd 	5 min	

^a Met een vertraging van maximaal 75 seconden.

Het volgende hoofdstuk gaat in op een aantal toepassingen van wegverkeersgegevens die mogelijk interessant kunnen zijn voor provincie Zuid-Holland. Per toepassing is onder andere aangegeven of een of meerdere van de hierboven genoemde bronnen van wegverkeersgegevens hiervoor geschikt zijn.

2 Toepassingen

In dit hoofdstuk worden elf toepassingen voor verkeersdata beschreven die interessant kunnen zijn voor provinciale inzet. De toepassingen zijn gericht op het halen van informatie uit verkeersdata, voornamelijk voor het maken van operationele beslissingen.

De toepassingen zijn ingedeeld in een viertal categorieën. Deze indeling maakt het mogelijk om in de toekomst snel een beeld te krijgen van de mogelijkheden voor nieuwe toepassingen. Een nieuwe toepassing kan in een van de categorieën geplaatst worden en worden vergeleken met de toepassing(en) die in de gekozen categorie beschreven zijn. Categorieën en bijbehorende toepassingen zijn hieronder weergegeven.

Online toepassingen

Toepassingen die gebruik maken van actuele wegverkeersgegevens om realtime beslissingen te nemen op basis van de huidige verkeersstand (paragraaf 2.1).

Toepassingen:

- Incidentdetectie (paragraaf 2.1.1);
- Gebeurtenisdetectie (paragraaf 2.1.2);
- Meest geschikte omleidingsroute (paragraaf 2.1.3);
- Voorspelling aankomsttijd lijnbussen op halte (paragraaf 2.1.4).

Verkenningstoepassingen

Toepassingen die gebruik maken van historische wegverkeersgegevens om tijdens de verkenningsfase van een project meer te weten te komen over het verkeer op de wegen binnen het project (paragraaf 2.2).

Toepassingen:

- Overschrijding maximumsnelheid (paragraaf 2.2.1);
- Verkeerstellingen op een wegvak (paragraaf 2.2.2);
- Voorspellingen verkeersgroei (paragraaf 2.2.3).

Toetsen beleidsdoelstellingen

Toepassingen die gebruik maken van historische wegverkeersgegevens om achteraf vast te stellen of bepaalde doelstellingen gehaald zijn (paragraaf 2.3).

Toepassing:

- Gemiddelde minimale snelheid op een traject (paragraaf 2.3.1).

Verkeerskundig beheer VRI's

Toepassingen die gebruik maken van historische wegverkeersgegevens om een afweging te maken van het nut van bepaalde aanpassingen of verbeteringen van verkeersregelinstallaties (paragraaf 2.4).

Toepassingen:

- Afweging verkeersafhankelijke verkeersregeling (par. 2.4.1);
- Afweging voorrang lijnbussen bij verkeerslichten (par. 2.4.2);
- Afweging tovergroen (paragraaf 2.4.3)

Per toepassing is een afweging gemaakt over de kwaliteitseisen die gesteld worden aan de hiervoor benodigde gegevensstromen: is het belangrijk dat de gegevens nauwkeurig zijn, is het belangrijk dat de gegevens altijd beschikbaar zijn, is het belangrijk dat de gegevens zo snel mogelijk beschikbaar zijn, of een combinatie hiervan? Deze drie criteria komen overeen met de kwaliteitseisen die aan NDW verkeersgegevens worden gesteld (zie NDW (2011b) en paragraaf 1.1.3), en zijn als volgt gedefinieerd:

Nauwkeurigheid

De nauwkeurigheid bepaalt de mate van afwijking (meetfout) in de verkeersgegevens. Afhankelijk van de toepassing kan het noodzakelijk zijn dat de afwijking van de verkeersgegevens zo klein mogelijk is. Voor andere toepassingen zijn mogelijk grotere foutmarges toelaatbaar.

Beschikbaarheid

De beschikbaarheid is een maat voor de hoeveelheid en lengte van onderbrekingen in de inwinning van de verkeersgegevens. Voor sommige toepassingen is het van belang dat er zo weinig mogelijk onderbrekingen in de verkeersgegevens aanwezig zijn. Bij andere toepassingen zijn er mogelijkheden tot het opvullen van deze onderbrekingen en zijn verkeersgegevens met relatief veel onderbrekingen nog steeds bruikbaar.

Voor reistijdtrajecten levert NDW voor 55 % van de tijd bruikbare verkeersgegevens. Voor intensiteit en snelheidmetingen via lussen is dit 78 %.

Actualiteit

De actualiteit is een maat voor de aanleversnelheid van de verkeersgegevens. Voor online toepassingen is de tijd tussen het meten en het voor de toepassing beschikbaar komen van de verkeersgegevens van invloed op het functioneren van deze toepassingen. Voor offline toepassingen is dit criterium in de meeste gevallen (en in ieder geval voor de hier besproken toepassingen) niet van belang.

De actualiteit van NDW verkeersgegevens bedraagt ongeveer anderhalve minuut, wat betekent dat de gegevens anderhalve minuut na de inwinning beschikbaar zijn via internet.

In de hierna volgende paragrafen wordt iedere categorie allereerst in algemene zin toegelicht. In deze toelichting komen enkele algemene beschouwingen aan bod die betrekking hebben op alle toepassingen in de categorie. Deze beschouwingen kunnen gebruikt worden bij het beoordelen van nieuwe toepassingen die niet in deze rapportage zijn opgenomen.

Vervolgens worden de toepassingen in de categorie besproken. Dit omvat een omschrijving, evenals de vereisten aan verkeersgegevens om bruikbare informatie voor deze toepassing te kunnen verzamelen. Deze gegevensvereisten zijn vergeleken met de daadwerkelijk beschikbare verkeersgegevens (zie hoofdstuk 1). Op basis hiervan is vastgesteld of de besproken toepassing mogelijk is en van waarde kan zijn of welke beperkte waarde de toepassing met de beschikbare gegevens kan genereren.

Bij een aantal toepassingen is tevens aangegeven of er bestaande systemen of instanties zijn die deze toepassing gebruiken. Bij toepassingen waarbij geen bestaande implementaties zijn aangegeven, zijn deze niet met redelijke inzet te achterhalen geweest.

2.1 Online toepassingen

Online toepassingen maken gebruik van realtime verkeersgegevens om hier informatie uit te halen of automatisch verkeersmaatregelen in te schakelen. De enige bron van actuele verkeersgegevens is de NDW.

Voor online toepassingen is de beschikbaarheid van wegverkeersgegevens belangrijk tot zeer belangrijk. Afhankelijk van de specifieke toepassing kunnen hiaten in beperkte mate toch nog acceptabel zijn; de toepassing heeft dan nog steeds een toegevoegde waarde als de informatie of maatregel enige tijd later beschikbaar komt.

Nauwkeurigheid van wegverkeersgegevens is voor online toepassingen eveneens belangrijk tot zeer belangrijk. Meetfouten in de inwinning van verkeersgegevens dienen ofwel beperkt ofwel consequent te zijn; onbetrouwbare verkeersgegevens zullen per definitie leiden tot een onbruikbare toepassing.

Voor de actualiteit van verkeersgegevens geldt min of meer dezelfde opmerking als voor beschikbaarheid. Voor sommige toepassingen is de actualiteit zeer belangrijk, terwijl andere toepassingen nog steeds nut kunnen hebben als de verkeersgegevens wat later beschikbaar zijn.

2.1.1 Incidentdetectie

Deze toepassing omvat het in een zo kort mogelijke tijd detecteren van opgetreden incidenten uit realtime verkeersgegevens. Incidentdetectie heeft als doel de responstijd van hulpdiensten te minimaliseren in geval van een ongeval en het waarschuwen van achteropkomend verkeer voor filevorming. Hierbij gaat het om ongevallen die een rijstrook blokkeren, maar ook om gevallen waarbij de doorstroming niet gehinderd wordt.



Detectie van afwijkende verkeerssituaties in het algemeen wordt *gebeurtenisdetectie* genoemd en is besproken in paragraaf 2.1.2.

2.1.1.1 Bestaande systemen

Meer of minder succesvolle methodes en algoritmes voor incidentdetectie op autosnelwegen zijn reeds bekend. Deze zijn echter vaak niet geschikt voor toepassing op het onderliggend wegennet, vanwege verstoringen door verkeerslichten en andere op het onderliggend wegennet optredende normale verstoringen, waarmee in dergelijke algoritmes geen rekening wordt gehouden. De bestaande incidentdetectie algoritmes voor het onderliggend wegennet zijn dan ook veelal ontworpen voor specifieke omstandigheden en detectorlocaties (Parkany en Xie, 2005).

2.1.1.2 Benodigde gegevens

Veruit de meeste bekende incidentdetectie algoritmes maken gebruik van de verkeersdichtheid voor het detecteren van incidenten. De meer eenvoudige algoritmes hebben voldoende aan alleen deze grootheid, terwijl andere algoritmes hiernaast ook nog gebruik maken van volume en/of snelheid. De vereisten aan de verversingssnelheid variëren per algoritme van enkele seconden tot een minuut (Balke, 1993; Parkany en Xie, 2005).

Daar deze algoritmes ontworpen zijn voor gebruik op autosnelwegen kan gesteld worden dat toepassing hiervan op provinciale wegen zal leiden tot een lager detectie ratio (of meer valse

positieven), tenzij er aanvullende verkeersgegevens gebruikt worden om de onregelmatigheid van verkeersstromen op het onderliggend wegennet te compenseren. Dit wordt bevestigd door Zhang en Taylor (2006) bij het geschikt maken van het TSC algoritme (voor autosnelwegen) voor toepassing op het onderliggend wegennet, waarbij aanvullend rekening wordt gehouden met de cyclustijd van verkeerslichten en afslaannde verkeersbewegingen.

Datakwaliteit

Verkeersgegevens dienen altijd realtime beschikbaar te zijn voor incidentdetectie; de hoeveelheid datastroomonderbrekingen dient zo veel mogelijk beperkt te worden. Iedere onderbreking betekent dat er op dat moment geen detectie van incidenten kan plaatsvinden.

Daarnaast is het belangrijk dat de verkeersgegevens nauwkeurig zijn en inderdaad de actuele verkeerssituatie beschrijven. Afwijkingen kunnen leiden tot meer valse posities, wat het vertrouwen in de toepassing niet ten goede komt en wegverkeersleiders onnodig afleidt van belangrijkere werkzaamheden.

Voor incidentdetectie is het verder van belang dat verkeersgegevens onmiddellijk beschikbaar zijn. Een vertraging van enkele minuten leidt ertoe dat achterop komend verkeer niet tijdig gewaarschuwd kan worden. Bij ongevallen met persoonlijk letsel is het belangrijk dat hulpdiensten zo snel mogelijk worden gewaarschuwd, hoewel dit tegenwoordig steeds minder een taak is voor de wegbeheerder, gegeven de alom beschikbaarheid van mobiele telefonie.

2.1.1.3 Geschiktheid PZH-data



Tijdige incidentdetectie vereist een grote hoeveelheid realtime data uit een groot aantal meetlocaties. Op het onderliggende wegennet is deze databehoeft groter dan bij autosnelwegen, om te kunnen compenseren voor de grotere onregelmatigheden in het verkeersbeeld.

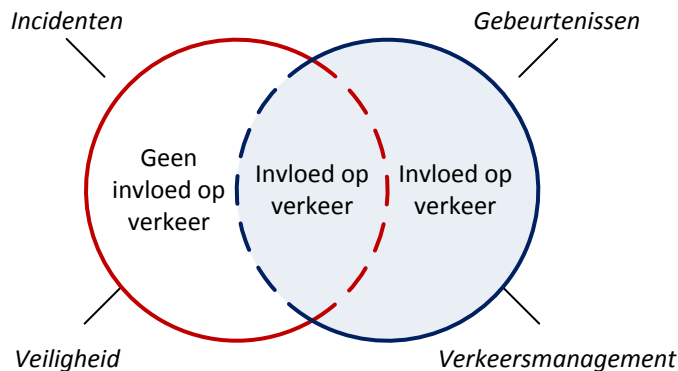
De op dit moment beschikbare realtime gegevens uit de NDW zijn niet of nauwelijks geschikt voor deze toepassing. Enerzijds is de hoeveelheid meetlocaties te laag; zo zijn er meerdere trajecten met een lengte van zo'n vijf kilometer waar alleen de reistijd gemeten wordt zonder aanvullende meetpunten tussendoor. Anderzijds leidt de aggregatietijd van 1 minuut, de verwerkingstijd bij NDW van 75 seconden en de verwerkingstijd van het detectiealgoritme al gauw tot een detectietijd van minimaal 3 minuten. Op dit moment is het al te laat om achteropkomend verkeer te waarschuwen en een verzoek voor de inzet van hulpdiensten in te dienen (deze zijn hoogstwaarschijnlijk al gewaarschuwd).

In een meer ongunstig geval kan de detectietijd oplopen tot wel 10 minuten. Neem als voorbeeld het traject van vijf kilometer met alleen reistijdmeting. Stel nu dat op km 1 een incident plaatsvindt; hierdoor is er een kilometer aan opstelruimte beschikbaar voor achteropkomend verkeer waardoor er bij stroomopwaartse meetlocaties geen verschillen worden waargenomen. Het voertuig direct voor het incident heeft echter nog vier kilometer af te leggen. Met een snelheid van 80 km/h zullen er nog drie minuten reistijden worden waargenomen op dit traject en pas na minuut 4 zullen er geen reistijden meer worden doorgegeven. Dit is precies het nadeel van gerealiseerde reistijd: informatie is altijd te laat. Indien daarna nog meerdere metingen worden afgewacht om valse posities terug te dringen bedraagt de detectietijd in ongunstige situaties meer dan tien minuten.

In conclusie is het met de beschikbare data niet mogelijk om incidenten tijdig te detecteren. Er zijn wel mogelijkheden voor het minder tijdkritische gebeurtenisdetectie, zoals beschreven in de volgende paragraaf.

2.1.2 Gebeurtenisdetectie

Deze toepassing ligt in het verlengde van incidentdetectie, maar is niet specifiek gericht op het zo snel mogelijk detecteren van incidenten los van het feit of het verkeer verstoord wordt of niet. Gebeurtenisdetectie omvat het vaststellen van ongewone omstandigheden die sterk afwijken van de normale situatie op een gegeven tijd en dag. De dagelijkse files vallen hier niet onder. Een vergelijking tussen incidentdetectie en gebeurtenisdetectie is weergegeven in figuur 7.



Figuur 7: Verschil en overeenkomst tussen incidentdetectie (linker cirkel) en gebeurtenisdetectie (rechter cirkel)

Het doel van deze toepassing is het attenderen van wegverkeersleiders op situaties die afwijken van de normale situatie, zodat zij vervolgens de situatie kunnen analyseren in de verkeerscentrale en beslissen of ingrijpen noodzakelijk is (bijvoorbeeld het instellen van een omleiding of het wijzigen van groentijden bij verkeerslichten). In deze toepassing is de detectiesnelheid van minder groot belang. Als een verstoring is opgetreden is het immers te laat om deze te voorkomen. Het is belangrijk dat de verstoring wordt opgelost, maar daarbij is vijf minuten langer of korter niet van levensbelang, wat bij specifiek incidentdetectie wel van belang kan zijn.

2.1.2.1 Bestaande systemen

Rijkswaterstaat beschikt met BOSS Online over een soortgelijk systeem dat afwijkende verkeerssituaties detecteert. Dit werkt echter op basis van overschrijding van een bepaalde snelheidsgrens, en waarschuwt dus ook in geval van reguliere congestie (Smeding, 2012). BOSS Online werkt verder met vooraf gedefinieerde regelscenario's en adviseert wegverkeersleiders over te nemen maatregelen (Rijkswaterstaat, 2011).

In deze toepassing gaat het specifiek om detectie van niet-reguliere gebeurtenissen, waar geen vooraf gedefinieerde scenario's aan gekoppeld zijn. Detectie op basis van overschrijding van snelheid is dan niet voldoende. Het waarschuwen van verkeersleiders in geval van afwijkende situaties zonder hierbij te adviseren over te nemen maatregelen is het hoofddoel, hoewel automatisch adviseren uiteraard wel een uitbreiding op de voorgestelde toepassing kan zijn.

2.1.2.2 Benodigde gegevens

Gebeurtenisdetectie vindt plaats op basis van realtime verkeersgegevens, waarvoor in principe geldt dat meer gegevens beter is. In tegenstelling tot incidentdetectie is gebeurtenisdetectie wel mogelijk met een klein aantal meetlocaties. Hierdoor is er wellicht geen volledige dekking en zal de tijd tot detectie groter zijn, maar omdat verkeersmanagementmaatregelen ook geruime tijd na het ontstaan van verkeersproblemen nog steeds een positieve bijdrage kunnen leveren kan gebeurtenisdetectie nog steeds een zinvolle toepassing zijn.

Zheng e.a. (2008) concluderen dat reistijdmetingen afzonderlijk gebruikt kunnen worden voor het detecteren van ongewone omstandigheden, maar dat de prestatie van het door hen voorgestelde algoritme significant beter presteert als reistijdmetingen worden gecombineerd met puntsnelheidsmetingen.

Datakwaliteit

Voor gebeurtenisdetectie is, net als bij incidentdetectie (paragraaf 2.1.1) de beschikbaarheid van gegevensstromen belangrijk, daar zonder data geen detectie kan plaatsvinden. Tijdelijke storingen zijn hier echter minder een probleem dan bij incidentdetectie, aangezien het in deze toepassing niet over mensenlevens maar over het verbeteren van de doorstroming gaat. Mocht er dus een keer een hapering zijn, dan is dat jammer, maar niet een onoverkomelijk probleem. Waarschijnlijk wil de wegverkeersleider zelfs op de hoogte gebracht worden van haperende meetpunten, zodat vervolgens hierop actie ondernomen kan worden.

Nauwkeurigheid van verkeersgegevens is minder van belang. Exacte intensiteiten, snelheden en reistijden zijn niet noodzakelijk voor detectie. Plotselinge veranderingen hierin zijn dat wel.

Wat betreft actualiteit is het niet problematisch als gegevens pas na enkele minuten beschikbaar zijn. Ook daarna kunnen nog steeds nuttige maatregelen genomen worden die bijdragen aan een verbetering van de doorstroming, waardoor geldt dat een verlate detectie nog altijd beter is dan geen enkele detectie.

2.1.2.3 Geschiktheid PZH-data



In deze toepassing gaat het vooral om het opmerkzaam maken van wegverkeersleiders in geval van afwijkende situaties voor zover ze deze middels hun bestaande systemen niet al zelf al opgemerkt hebben. Analoog aan paragraaf 2.1.1.3 gelden voor deze toepassing dezelfde detectietijden van drie tot meer dan tien minuten.

Detectietijden van een aantal minuten zijn voor het doel van deze toepassing acceptabel. Detectietijden van meer dan tien minuten zijn te classificeren als “beter dan helemaal niets”, maar dergelijke situaties zijn mogelijk vóór die tijd reeds via andere kanalen opgemerkt. Anders dan incidentdetectie is gebeurtenisdetectie dus niet tijd-kritisch.

Concluderend kan worden gesteld dat de beschikbare data uit de NDW geschikt is voor deze toepassing. De praktijk zal moeten uitwijzen of het zinvol is om te investeren in aanvullende meetlocaties om op bepaalde trajecten de detectietijd te kunnen verminderen.

2.1.3 Meest geschikte omleidingsroute

Dit kan gezien worden als vervolgstap van de toepassingen uit paragraaf 2.1.1 en 2.1.2. Als er dan een weg geblokkeerd of afgesloten is, wat is dan het alternatief dat het meest geschikt is als omleidingsroute? Deze toepassing gaat er van uit dat er inderdaad meerdere omleidingsroutes beschikbaar zijn. Bij slechts één mogelijke omleidingsroute zou men op een meer basaal niveau kunnen kijken of het verstandig is deze omleidingsroute daadwerkelijk in te zetten. Immers, als deze alternatieve route dicht tegen zijn capaciteitsgrens aan zit zou het inzetten van deze route als omleiding voor de gestremde weg juist extra nadelig kunnen uitpakken.



2.1.3.1 Bestaande systemen

Er zijn (in Nederland) geen bestaande systemen bekend. BOSS Online van Rijkswaterstaat waarschuwt wel als bepaalde grenswaarden worden overschreden en heeft scenario's beschikbaar die uitgevoerd kunnen worden als er problemen optreden op een bepaalde locatie. Het geeft echter geen advies over het wel of niet inzetten van een scenario; die taak ligt nog volledig bij de wegverkeersleider (Smeding, 2012).

2.1.3.2 Benodigde gegevens

Voor deze toepassing is het noodzakelijk om realtime inzicht te hebben in de verkeersdruk op de routes die als omleidingsalternatief kunnen dienen. Hiervoor zijn vele methoden bekend om op basis van snelheid, intensiteit, dichtheid, reistijd of een combinatie hiervan uitspraken te doen over de resterende capaciteit van een weg.

Het voert in deze rapportage te ver om alle mogelijkheden uiteen te zetten, daar deze reeds lang en breed in de literatuur verkend zijn. In het algemeen kan gesteld worden dat er inzicht moet zijn in de actuele drukte op mogelijke omleidingsroutes, waarbij in het midden wordt gelaten hoe deze informatie verkregen wordt.

Daarnaast dienen er scenario's beschikbaar te zijn die bij een stremming aangeven wat de mogelijke gewenste omleidingsroutes zijn, in de vorm van "als A geblokkeerd, dan omleiden via B of C". In geval van stremming van A kan de wegverkeersleider vervolgens de drukte op routes B en C bekijken en beslissen óf en welke omleidingsroute naar de weggebruiker wordt gecommuniceerd via bijvoorbeeld DRIPs.

Datakwaliteit

Voor deze toepassing is nauwkeurigheid van de gegevensstromen de belangrijkste kwaliteitseis. Indien de verkeersgegevens significant afwijken van de werkelijke situatie, is het niet ondenkbaar dat een alternatieve route geschikt lijkt, maar in werkelijkheid al dicht tegen de capaciteit aan ligt. Selecteren van deze route zal de situatie doen verslechteren.

De kwaliteitseisen databeschikbaarheid en actualiteit zijn minder belangrijk. Net als bij gebeurtenisdetectie (paragraaf 2.1.2.2) geldt ook hier dat een verlate respons beter is dan helemaal geen, daar ook minuten later nog steeds nuttige maatregelen genomen kunnen worden om de doorstroming van het verkeer te bevorderen. In dergelijke situaties kan ook worden teruggevallen op andere beslissingsstrategieën (bijvoorbeeld het bekijken van camerabeelden).

2.1.3.3 Geschiktheid PZH-data



Deze toepassing is beperkt mogelijk met de beschikbare wegverkeersgegevens. De wegverkeersgegevens worden hoofdzakelijk ingewonnen op de belangrijkste wegen, maar omleidingsroutes die gedefinieerd zijn in het kader van CAR maken ook gebruik van minder belangrijke wegen waar geen gegevens worden ingewonnen.

Indien een gebeurtenis (zie paragraaf 2.1.2) wordt gedetecteerd op een hoofdroute, zijn in lang niet alle gevallen verkeersgegevens beschikbaar over de bijbehorende alternatieve routes. Voor deze situaties dienen wegverkeersleiders nog steeds andere vormen van informatie-inwinning toe te passen om tot een adequate beslissing te kunnen komen.

2.1.4 Voorspelling aankomsttijd lijnbussen op halte

Bij grote verkeersdruk kan het voorkomen dat lijnbussen een aanzienlijke vertraging oplopen. Via het Dynamisch Reizigers Informatie Systeem (DRIS) worden wachtende reizigers geïnformeerd over de verwachte aankomsttijden van de eerstvolgende bussen.



Voor de voorspelling van de aankomsttijd wordt op dit moment alleen gebruik gemaakt van de actuele GPS-positie van de bussen (PZH, 2011b). Om de via DRIS verstrekte reizigersinformatie in geval van grote verkeersdruk nauwkeuriger te maken kan informatie over de actuele verkeerssituatie in de voorspelling van de aankomsttijd meegenomen worden.

Hiermee kan voorkomen worden dat de aangegeven aankomsttijd op de halte iedere minuut met één minuut verhoogd wordt, waardoor de reiziger nog steeds geen idee heeft hoe laat hij of zij de bus daadwerkelijk kan verwachten. Deze situatie kan zich voordoen als een bus in een file staat en de aankomsttijd steeds wordt berekend aan de hand van het verschil in afstand tussen bus en halte.

Intermezzo

Stel dat een bus om 16:38 vijf kilometer verwijderd is van een halte. Het op basis hiervan berekende tijdsverschil is 5,6 minuten; aankomsttijd 16:44. Als de bus vanwege file een minuut later slechts 20 meter verder is wordt het nieuwe tijdsverschil 5,5 minuten, waardoor de aankomsttijd op de halte een minuut later wordt bijgesteld tot 16:45. Als nog vier minuten met dit tempo gereden moet worden is de aankomsttijd tegen die tijd bijgesteld tot 16:54. De reiziger heeft nu alleen de aankomsttijd zien oplopen en heeft nog geen enkel idee over de daadwerkelijke aankomsttijd. Indien om 16:38 direct de vertraging was meegenomen in de aankomsttijdvoorspelling, zou de reiziger direct kunnen worden geïnformeerd over de vertraging van 10 minuten.

2.1.4.1 Bestaande theoretische aanpak

Er is niet te achterhalen geweest of er al bestaande implementaties zijn van een dergelijke aankomsttijdvoorspelling op basis van actuele verkeersgegevens.

Wel heeft onderzoek van Mazloumi e.a. (2009) uitgewezen dat er daadwerkelijk winst is te behalen in de nauwkeurigheid van aankomsttijdvoorspellingen als deze ook wordt gebaseerd op actuele verkeersgegevens in tegenstelling tot alleen de actuele positie van een bus. Er leek verder geen andere literatuur beschikbaar over dit specifieke onderwerp, wat doet vermoeden dat er inderdaad geen bestaande implementaties zijn.

2.1.4.2 Benodigde gegevens

Om een voorspelling te doen over de aankomsttijd van een lijnbus is het noodzakelijk te weten waar de bus zich bevindt, waar de haltes zich bevinden, welke route de bus zal afleggen en de actuele vertraging door verkeersdruk op deze route.

Tevens dient de normale vrije reistijd bekend te zijn, alsook locaties waar busbanen en ov-prioriteit aanwezig zijn en de lijnbus dus niet zal worden opgehouden door het reguliere wegverkeer.

Datakwaliteit

Voor deze toepassing zijn beschikbaarheid en nauwkeurigheid beide belangrijk. Bij tijdelijk ontbreken van één van de cruciale gegevensstromen kan op dat moment geen aankomsttijdvoorspelling gemaakt worden. Onnauwkeurige gegevens zullen verder tot een onnauwkeurige aankomsttijdvoorspelling leiden, waar de reiziger niet mee gebaat is.

Actualiteit van data is minder cruciaal en te vergelijken met reistijdvoorspelling, welke tevens gebaseerd wordt op een trendvoortzetting en dus mede gebruikt maakt van een periode historische data. Daarbij wordt de noodzaak van een nauwkeurige aankomsttijdvoorspelling minder belangrijk naar mate de bus verder van de halte verwijderd is, aangezien er dan nog geen reizigers staan te wachten en behoefte hebben aan een nauwkeurige indicatie. Nauwkeurigheid is met name belangrijk vanaf tien minuten voorafgaand aan de in de dienstregeling geplande vertrektijd.

2.1.4.3 Geschiktheid PZH-data



De trajectlengtes van de realtime reistijdgegevens uit de NDW zijn voor deze toepassing te lang en overlappen slechts zeer beperkt met de routes van buslijnen. Hierdoor kan het voorkomen dat op een reistijdtraject wel vertraging wordt waargenomen, maar het trajectgedeelte waar deze vertraging optreedt buiten de route van de bus valt. Andersom kan er vertraging zijn op een gedeelte van de busroute waar geen reistijden worden geregistreerd. Zo hebben van de zeven buslijnen in het Westland er slechts twee enige overlap met de trajecten waar reistijdinformatie wordt ingewonnen, in totaal iets minder dan 9 buslijnkilometers (het aantal buslijnkilometers in het Westland bedraagt meer dan 120).

De beschikbare verkeersgegevens zijn slechts in een zeer beperkt aantal gevallen bruikbaar voor deze toepassing. Om deze toepassing daadwerkelijk uit te voeren zijn grote investeringen nodig voor het inwinnen van verkeersgegevens specifiek op gedeeltes van busroutes waar regelmatig filevorming optreedt.

2.2 Verkenningstoepassingen

Verkenningstoepassingen zijn bedoeld voor gebruik tijdens de verkenningsfase van projecten. Hierdoor is het mogelijk om informatie over specifieke wegvakken mee te nemen in de overwegingen.

Verkenningstoepassingen maken gebruik van historische verkeersgegevens. Om tot betrouwbare conclusies te komen is het zaak om gegevens van een lange periode te middelen of aggregeren. Hierdoor is de beschikbaarheid van verkeersgegevens minder belangrijk, omdat hiaten eenvoudig opgevuld kunnen worden.

Nauwkeurigheid van verkeersgegevens is voor verkenningstoepassingen zeer belangrijk. Afwijkingen leiden al gauw tot onjuiste conclusies.

Actualiteit van verkeersgegevens is voor deze toepassingen niet van belang. Het is niet noodzakelijk om te beschikken over de meest recente verkeersgegevens van de afgelopen weken of maand, iets oudere gegevens zijn prima geschikt.

2.2.1 Overschrijding maximumsnelheid

In verband met de verkeersveiligheid is het belangrijk dat wegen dusdanig zijn ingericht dat voor de weggebruiker duidelijk is wat de maximumsnelheid is en dat de weggebruiker niet wordt uitgenodigd om harder te rijden dan is toegestaan (SWOV, 2005). Deze toepassing omvat het identificeren van wegen waar structureel te hard wordt gereden.



2.2.1.1 Bestaande systemen

Verkeers- en reistijdinformatie verzameld door TomTom gebruikers is door de politie gebruikt om locaties te bepalen voor het plaatsen van nieuwe flitspalen. Hierbij is de verkeersinformatie gebruikt om gevaarlijke locaties vast te stellen waar veelvuldig te hard wordt gereden (TomTom, 2011).

Een vergelijkbare toepassing, niet voor het plaatsen van flitspalen maar voor het vaststellen van gevaarlijke locaties, met als doel deze anders in te richten, is denkbaar met de beschikbare verkeersgegevens uit historische metingen.

2.2.1.2 Benodigde gegevens

Puntsnelheidsmetingen hebben de voorkeur, mits de meetlocaties ver genoeg zijn verwijderd van reeds aanwezige snelheidsbeperkende maatregelen, daar op die locaties per definitie geen problemen gevonden zullen worden.

Trajectsnelheidsmetingen vallen in het algemeen lager uit, aangezien stukken waar te hard wordt gereden worden uitgemiddeld met stukken waar niet hard gereden kan worden. Trajectsnelheidsmetingen zijn echter niet bij voorbaat uitgesloten en kunnen in specifieke gevallen toch een betrouwbaar beeld leveren. Hierbij dient dan geen invloed te zijn van verkeerslichten op het gemeten traject en zijn trajecten bij voorkeur zo kort mogelijk.

Bij voorkeur beschikt men voor deze toepassing over individuele metingen. In geval van geaggregeerde meetgegevens is het noodzakelijk om te weten hoeveel individuele metingen in ieder aggregaat zijn meegenomen om tot een realistisch waardeoordeel te kunnen komen.

Voor deze toepassing is het niet noodzakelijk om te beschikken over realtime gegevensstromen. Het voldoet om op reguliere basis analyses uit te voeren op een historische dataset en conclusies te verbinden aan de resultaten.

Datakwaliteit

Deze toepassing is gericht op het analyseren van de individuele meetwaarden, welke direct invloed hebben op de resultaten van de analyse. Hierdoor is de nauwkeurigheid van meetgegevens zeer belangrijk. Indien meetlussen bijvoorbeeld de snelheid consequent met 5 km/u te laag doorgegeven (zonder dat deze afwijking bekend is), zal de uitkomst van de analyse per definitie onjuist zijn. Dergelijke foutieve conclusies kunnen in het ergste geval leiden tot investeringen die eigenlijk niet nodig zijn. Voor inzet van deze toepassing is het aanbevolen om de juistheid van meetgegevens te verifiëren met behulp van referentiemetingen.

Om tot betrouwbare gemiddelden te komen en wellicht een trend te ontdekken zijn verkeergegevens over een geruime periode nodig. Hierbij is het geen probleem als er hier en daar onderbrekingen zijn in de gegevensstroom. Een beperkt aantal onderbrekingen van enkele uren tot een paar dagen kunnen worden opgevangen door de grote hoeveelheid meetgegevens over de lange periode, waardoor analyseresultaten nog steeds betrouwbaar zijn. Hierdoor is de databeschikbaarheid minder van belang voor deze toepassing.

Actualiteit van data is voor deze toepassing niet belangrijk. Het gaat hier om analyse van historische gegevens, waarbij het niet noodzakelijk is om de gegevens van de afgelopen dagen of weken hierin mee te nemen.

2.2.1.3 Geschiktheid PZH-data



Historische verkeersgegevens uit de NDW zijn geschikt voor deze toepassing. Hiermee beschikt men over 97 locaties met puntsnelheidsmetingen (per richting, per rijstrook) en 98 trajecten (enkele richting) met reistijdmetingen waaruit traject-snelheden berekend kunnen worden, verdeeld over het provinciale wegennet.

2.2.2 Verkeerstellingen op een wegvak

Voor verkeerstellingen is het bij veel wegbeheerders nog altijd gebruikelijk om tijdelijk telapparatuur met luchtdrukslangen te plaatsen op de te meten locatie. Dit soort tellingen kunnen ook uitgevoerd worden aan de hand van data verzameld door reeds aanwezige meetinfrastructuur.



2.2.2.1 Bestaande systemen

Op de provinciale wegen in de provincie Zuid-Holland zijn meer dan driehonderd meetlussen aanwezig welke al gebruikt worden voor deze toepassing. In het verleden uitgewerkte tellingen zijn beschikbaar via het interne documentmanagementsysteem van PZH⁸.

2.2.2.2 Benodigde gegevens

Voor dit soort tellingen zijn gegevens over het aantal gepasseerde voertuigen noodzakelijk, waarbij eventueel direct gewerkt kan worden met gemeten verkeersintensiteit, aangezien het verkrijgen hiervan het doel is van verkeerstellingen.

⁸ Zie <http://idms/livelink/livelink.exe?func=ll&objId=37024818>

Datakwaliteit

Net als bij de voorgaande toepassing betreft het hier een analyse van historische verkeersgegevens, waarbij nauwkeurigheid van gegevens zeer belangrijk, beschikbaarheid minder belangrijk en actualiteit onbelangrijk zijn. Voor verdere opmerkingen hierover wordt verwezen naar paragraaf 2.2.1.2.

2.2.2.3 Geschiktheid PZH-data



Meetlussen voorzien in verkeersintensiteitsmetingen, tevens onderverdeeld in verschillende voertuiglengtes. De per minuut of kwartier gerapporteerde uurintensiteit (zie ook paragraaf 1.1.2) kan eenvoudig omgerekend worden naar de intensiteit over iedere andere willekeurige periode.

Dat deze toepassing reeds ingezet wordt binnen PZH getuigt van het feit dat de beschikbare data voor de toepassing geschikt is.

2.2.3 Voorspellingen verkeersgroei

De uit de voorgaande toepassing (zie paragraaf 2.2.2) verkregen gegevens kunnen, indien er voldoende historische gegevens beschikbaar zijn, gebruikt worden om voorspellingen te doen op het vlak van verkeersgroei op specifieke trajecten.



2.2.3.1 Bestaande systemen

Binnen PZH worden reeds verkeersprognoses gemaakt op basis van meetlusgegevens. In het verleden uitgewerkte prognoses zijn beschikbaar via het interne documentmanagementsysteem van PZH⁹.

2.2.3.2 Benodigde gegevens

Voor deze toepassing zijn verkeersintensiteiten per traject nodig over een ruime tijdspanne (minimaal enkele jaren).

Datakwaliteit

Wederom betreft het hier een analyse van historische verkeersgegevens, waarbij nauwkeurigheid van gegevens zeer belangrijk, beschikbaarheid minder belangrijk en actualiteit onbelangrijk zijn. Voor verdere opmerkingen hierover wordt verwezen naar paragraaf 2.2.1.2.

2.2.3.3 Geschiktheid PZH-data



In paragraaf 2.2.2.3 is reeds gesteld dat de beschikbare verkeersgegevens geschikt zijn voor het verkrijgen van de voor deze toepassing benodigde informatie. Het niet bekend of de historische gegevens ver genoeg terug gaan.

Het combineren met andere meetmethoden is onverstandig vanwege de grote waarschijnlijkheid op een aanmerkelijk verschil in de orde van meetfouten tussen de verschillende methoden.

Dit rapport gaat verder niet in op de details van verkeersprognoses. Dit valt buiten het doel van deze rapportage.

⁹ Zie <http://idms/livelink/livelink.exe?func=ll&objId=56021479>

2.3 Toetsen beleidsdoelstellingen

Toepassingen voor het toetsen van beleidsdoelstellingen zijn bedoeld om achteraf te controleren of bepaalde beleidsdoelstellingen behaald zijn.

Toepassingen voor het toetsen van beleidsdoelstellingen maken gebruik van historische verkeersgegevens. Om tot betrouwbare conclusies te komen is het zaak om gegevens van een lange periode te middelen of aggregeren. Hierdoor is de beschikbaarheid van verkeersgegevens minder belangrijk, omdat hiaten eenvoudig opgevuld kunnen worden.

Nauwkeurigheid van verkeersgegevens is voor toepassingen voor het toetsen van beleidsdoelstellingen zeer belangrijk. Afwijkingen leiden al gauw tot onjuiste conclusies.

Actualiteit van verkeersgegevens is voor deze toepassingen niet van belang. Het is niet noodzakelijk om te beschikken over de meest recente verkeersgegevens van de afgelopen weken of maand, iets oudere gegevens zijn prima geschikt.

2.3.1 Gemiddelde minimale snelheid op een traject

In de provinciale begroting voor 2012 is de ambitie vastgelegd om tot 2015 een minimale gemiddelde snelheid te faciliteren van 47 km/u in de spits en 52 km/u buiten de spits, op de zeventien belangrijkste provinciale trajecten (PZH, 2011).



Deze toepassing omvat het vaststellen of deze doelstelling gehaald wordt, waar men binnenkort kan verwachten deze doelstelling niet te halen en van trajecten waar deze doelstelling niet gehaald wordt. Het niet halen van de doelstelling kan een reden zijn om een traject in de toekomst aan te pakken, bijvoorbeeld door een reductie van het aantal kruispunten.

Intermezzo

Zelfs de doelstelling van 52 km/u is zeer ambitieus. Neem als voorbeeld de N213 tussen Westerlee en Poeldijk. Dit is een traject van 5,9 km met vijf geregelde kruispunten en één rotonde. Met een gemiddelde snelheid van 52 km/u wordt dit traject in 6,8 minuten afgelegd. Indien het gehele traject met de maximumsnelheid van 80 km/u gereden kan worden, dan zou dit kunnen in 4,4 minuten. Dit betekent dat er 2,4 minuten verliestijd beschikbaar is voor de vijf kruispunten en de rotonde, krap 24 seconden per stuk. Hoewel de gemiddelde wachttijd per verkeerslicht niet bekend is, is het niet ondenkbaar dat dit meer dan 24 seconden is.

2.3.1.1 Benodigde gegevens

Voor uitvoering van deze toepassing zijn snelheidsmetingen op de betreffende trajecten vereist. Hierbij ligt de voorkeur bij het meten van trajectsnelheden, omdat dit direct een betrouwbaar beeld geeft van het gehele traject. Het meten van puntsnelheden geeft slechts een indicatie over een kort gedeelte van het traject, waardoor in dit geval een groot aantal meetpunten langs het gehele traject vereist zijn om een enigszins correct beeld te krijgen van de gemiddelde snelheden op het traject. In geval van verkeerslichten op het traject zal men deze puntsnelheidsmetingen wel nog moeten compenseren met de gemiddelde wachttijd bij deze verkeerslichten.

Er dient verder een definitie voor het omslagpunt tussen daluren en spitsuren vastgelegd te worden. Dit kan in eenvoudige vorm op basis van tijd, maar zal resulteren in een te gunstige uitkomst als de tijden te ruim gekozen worden. Het verdient dan ook de aanbeveling om dit omslagpunt te definiëren op basis van verkeersintensiteit. Hiervoor is dan op ieder traject ten minste één intensiteitsmeting noodzakelijk.

Voor deze toepassing is het niet noodzakelijk om te beschikken over realtime gegevensstromen. Het voldoet om op reguliere basis analyses uit te voeren op een historische dataset en conclusies te verbinden aan de resultaten.

Afhankelijk van de definitie van de te verkrijgen gemiddelde snelheid kan het tevens nodig zijn informatie te hebben over opgetreden incidenten of dit anderszins uit de verkeersgegevens te halen. Indien incidenten als overmacht worden beschouwd dienen deze immers uitgefilterd te worden, omdat deze de resulterende gemiddelde snelheid anders negatief zullen beïnvloeden.

Datakwaliteit

Wederom betreft het hier een analyse van historische verkeersgegevens, waarbij nauwkeurigheid van gegevens zeer belangrijk, beschikbaarheid minder belangrijk en actualiteit onbelangrijk zijn. Voor verdere opmerkingen hierover wordt verwezen naar paragraaf 2.2.1.2.

2.3.1.2 Geschiktheid PZH-data



Van een groot aantal wegen zijn reeds reistijdmetingen beschikbaar via de NDW (zie figuur 3, pagina 14) in de vorm van historische datasets. Van de 17 belangrijkste trajecten moet worden vastgesteld of deze volledig door de reistijdmetingen gedekt zijn en of de reistijdmetingen inclusief wachttijden bij verkeerslichten zijn, om zonodig de te berekenen gemiddelde trajectsnelheid hiervoor te compenseren.

Indien gegevens over gemiddelde wachttijden bij verkeerslichten ontbreken, kunnen intensiteitsmetingen en de verkeersverdeling per richting gebruikt worden om een simulatie van het kruispunt te maken, waarbij schattingen over wachttijden verkregen kan worden. Gegevens over de verkeersintensiteit zijn voor een aantal locaties eveneens beschikbaar via de NDW en kunnen verder uit overige meetlocaties en VRI-Kwaliteitscentrale gehaald worden, daar er geen noodzaak is in realtime over deze gegevens te kunnen beschikken.

Concluderend is het met de beschikbare data mogelijk om deze toepassing te realiseren.

2.4 Verkeerskundig beheer VRI's

Toepassingen voor het verkeerskundig beheer van VRI's zijn verkenningstoepassingen specifiek gericht op verkeersregelininstallaties, in het bijzonder of aanpassing hiervan een bepaalde winst kan opleveren.

Toepassingen voor het verkeerskundig beheer van VRI's maken gebruik van historische verkeersgegevens. Om tot betrouwbare conclusies te komen is het zaak om gegevens van een lange periode te middelen of aggregeren. Hierdoor is de beschikbaarheid van verkeersgegevens minder belangrijk, omdat hiaten eenvoudig opgevuld kunnen worden.

Nauwkeurigheid van verkeersgegevens is voor toepassingen voor het verkeerskundig beheer van VRI's afhankelijk van de specifieke toepassing. Bij sommige toepassingen zullen verkeersgegevens met een grote afwijking tot onjuiste conclusies leiden. Bij andere toepassingen is deze marge wat groter en is een globale indicatie van het nut van de toepassing voldoende.

Actualiteit van verkeersgegevens is voor deze toepassingen niet van belang. Het is niet noodzakelijk om te beschikken over de meest recente verkeersgegevens van de afgelopen weken of maand, iets oudere gegevens zijn prima geschikt.

2.4.1 Afweging verkeersafhankelijke verkeersregeling

Een verkeersafhankelijke verkeersregeling is er een die rekening houdt met de actuele verkeersdruk op de takken van een kruispunt. Deze regelstrategie gaat verder daar waar een voertuigafhankelijke verkeersregeling ophoudt. Kort gezegd kijkt een voertuigafhankelijke regeling *of* er voertuigen zijn en kijkt een verkeersafhankelijke regeling *hoeveel* voertuigen er zijn.



Meer concreet registreert een verkeersafhankelijke verkeersregeling de actuele verkeersintensiteit. In combinatie met voorgeprogrammeerde weegfactoren en parameters wordt continue de optimale regelstrategie berekend en toegepast, waarbij bijvoorbeeld de totale wachttijd wordt geminimaliseerd.

Nadelen van verkeersafhankelijke verkeersregelingen ten opzichte van regulier toegepaste voertuigafhankelijke verkeersregelingen zijn de hoge mate van complexiteit van het systeem, de hogere onderhoudskosten en de grote tijdsbelasting om het systeem te optimaliseren. Daarbij is er de verwachting dat een dergelijk systeem tot veel klachten van weggebruikers zal leiden omdat het voor de leek ogenschijnlijk 'oneerlijk' werkt.

De hier beoogde toepassing voor provincie Zuid-Holland is niet het ontwikkelen van een verkeersafhankelijke verkeersregeling (dat is een taak voor de marktpartijen), maar het maken van een afweging of het voor bepaalde kruispunten interessant kan zijn om over te gaan tot de aanschaf van een dergelijke verkeersregeling.

Indien er weinig variatie is in de verhouding verkeersaanbod per richting gedurende de dag zal een verkeersafhankelijke verkeersregeling niet veel voordelen kunnen bieden. Bij sterke wisselingen kan dat echter wel zo zijn. Deze toepassing beoogt het gebruik van verkeersgegevens om deze afweging met feiten te kunnen onderbouwen.

De inhoud van deze paragraaf is gebaseerd op Mian (2011).

2.4.1.1 Bestaande systemen

In deze paragraaf wordt achtergrondinformatie gegeven over bestaande verkeersafhankelijke verkeersregelingen.

Er bestaan verschillende netwerkregelingsystemen voor VRIs die een vorm van de beschreven verkeersafhankelijke verkeersregeling implementeren. Een netwerkregeling coördineert daarnaast ook tussen de geregelde kruispunten in één gebied, maar de technologie is ook toepasbaar op strengen of individuele kruispunten.

De eerste generatie netwerkregelingen zijn gebaseerd op een principe waarbij meerdere starre regelingen per dag beschikbaar zijn. Op een vaste tijd of afhankelijk van verkeersaanbod schakelt de VRI dan de voor dat moment meest geschikte starre regeling.

De tweede generatie maakt gebruik van actuele verkeersgegevens om te optimaliseren voor een heel netwerk. Een voorbeeld hiervan is het Engelse SCOOT, dat vanaf 1991 in Nijmegen is geïmplementeerd. Ten opzichte van een starre regeling werden in Nijmegen reistijdreducties behaald van 11 % tot 14 %.

De huidige generatie netwerkregelingen is vergelijkbaar met de tweede generatie, maar heeft geen gemeenschappelijke cyclustijd nodig en kan sneller optimaliseren. (Taale e.a., 2006).

Voorbeelden van huidige generatie netwerkregelingen zijn UTOPIA, Toptrac en RHODES.

RHODES is gebaseerd op voorspellingen van de toekomstige verkeerssituatie en optimalisatie van één van meerdere mogelijke criteria (Mirchandani en Head, 2001). Implementatie van het RHODES algoritme kan geleverd worden door Siemens (Siemens, 2010).

UTOPIA is vergelijkbaar met RHODES en maakt eveneens een inschatting van de toekomstige verkeerssituatie en past de regelstrategie daar op aan. VRIs uitgerust met UTOPIA kunnen worden geleverd door Peek (Peek, 2011).

Toptrac wijkt enigszins af van de voorgaande twee systemen. Toptrac meet iedere twee cycli het aantal voertuigen per richting en berekent aan de hand hiervan de meest optimale regelstrategie. Deze strategie wordt vervolgens toegepast in de VRI. Toptrack wordt geleverd door Vialis en is al op enkele plaatsen in Nederland geïmplementeerd (Doggenaar, 2010). Het ontbreken van de voorspellingscomponent maakt dat Toptrac eigenlijk altijd net achter de feiten aanloopt, wat in het bijzonder bij aangroeiende spits een negatief effect kan hebben.

2.4.1.2 Benodigde gegevens

Om een inschatting te maken van het nut van een verkeersafhankelijke verkeersregeling is het noodzakelijk om te weten hoe de verkeersintensiteit per richting varieert over een hele dag en de dagen van de week. Als er veel fluctuatie zit in de onderlinge verhouding tussen de verschillende richtingen kan een verkeersafhankelijke verkeersregeling voordelen bieden, aangezien er voor een dergelijke situatie niet één optimale regelstrategie is.

Bij voorkeur zijn niet alleen de intensiteiten per tak, maar per individuele richting bekend, zodat het kruispuntontwerp inclusief lengte van voorsorteervakken kan worden meegenomen in de afweging. Een dergelijke verkeersregeling kan immers niet optimaal werken als bijvoorbeeld het verkeer voor rechtdoor wordt geblokkeerd door links afslaand verkeer.

Datakwaliteit

Deze toepassing omvat de analyse van historische verkeersgegevens. Absolute nauwkeurigheid van verkeersgegevens is hierbij niet noodzakelijk. Het gaat hier om het vaststellen van de variatie van relatieve verkeersintensiteiten gedurende de dag, waarbij afwijkingen in de waargenomen verkeersintensiteiten niet snel tot andere verhoudingen zullen leiden.

Net als bij de eerder besproken analysetoepassingen is beschikbaarheid niet heel belangrijk en is actualiteit onbelangrijk. Voor een nadere toelichting hierop wordt verwezen naar paragraaf 2.2.1.2.

2.4.1.3 Geschiktheid PZH-data



Voor bestaande geregelde kruispunten is informatie over verkeersintensiteiten per richting beschikbaar via de VRI Kwaliteitscentrale. Deze gegevens zijn geschikt om de hier voorgestelde afweging te kunnen maken.

In geval van ongeregelde kruispunten waar toepassing van een verkeersregeling overwogen wordt zijn intensiteiten per richting niet beschikbaar uit een bestaande VRI. Wel kunnen intensiteiten uit bestaande meetlussen een indicatie geven over de intensiteiten per richting, op basis waarvan een inschatting gemaakt kan worden of aanvullende metingen noodzakelijk zijn of kan direct vastgesteld worden dat een verkeersafhankelijke regeling geen meerwaarde zal bieden op deze locatie.

2.4.2 Afweging voorrang lijnbussen bij verkeerslichten

Overheden zijn al jaren meer en minder actief bezig om meer mensen in het openbaar vervoer te krijgen in plaats van het gebruik van de eigen auto. Echt succesvol is dit tot op heden niet: de meerderheid van de reizigers in het openbaar vervoer heeft geen andere keuze en de meerderheid van de mensen die wel een keuze hebben kiezen toch voor de eigen auto.



De meest bekende oorzaken voor dit laatste fenomeen zijn het probleem dat het openbaar vervoer niet voor de deur vertrekt en niet voor de deur van de bestemming aankomt, dat vertrektijden van bus en tram niet betrouwbaar zijn en dat de auto in veel gevallen significant sneller is.

De hierna toe te lichten toepassing kan aan het eerste probleem niets veranderen, maar kan wel iets verbeteren aan de twee laatstgenoemde problemen.

Op veel plaatsen kunnen lijnbussen al voorrang verkrijgen bij verkeerslichten. Dit is echter van weinig waarde als de bus het verkeerslicht door drukte niet ongehinderd kan bereiken. Deze toepassing beoogt een lange wachtrij voor een verkeerslicht op te lossen voor aankomst van een lijnbus. Dit wordt bewerkstelligd door de wachtende voertuigen extra groen te geven indien een bus op komst is. Het is aannemelijk dat dit tot extra wachttijden voor andere richtingen zal leiden, maar dat kan wellicht een duwtje in de rug zijn voor deze verkeersdeelnemers om over te stappen naar het openbaar vervoer.

Wederom gaat het hier voor provincie Zuid-Holland niet om het zelf ontwikkelen van een systeem voor voorrang voor lijnbussen, maar om het maken van een afweging of het voor bepaalde kruispunten interessant kan zijn om over te gaan tot de aanschaf van een dergelijke installatie.

2.4.2.1 Bestaande systemen

In deze paragraaf wordt achtergrondinformatie gegeven over bestaande implementaties van het hier voorgestelde systeem.

In Eindhoven wordt een systeem gebruikt dat bussen voorwaardelijke voorrang geeft: alleen als een bus vertraagd is gaat de VRI-controller aan de slag om wachtend verkeer het kruispunt te laten passeren vlak voordat de bus hier aankomt.

Furth en Muller (2000) vonden uit onderzoek dat een dergelijke voorwaardelijke voorrang nauwelijks negatieve invloed heeft op het overige verkeer, waarbij de gemiddelde totale verliestijd per voertuig op een kruispunt ongeveer gelijk is aan een situatie zonder voorrang voor bussen. Als vergelijking, in een systeem waarbij bussen altijd absolute voorrang krijgen ongeacht de dienstregeling werden bijna dubbele gemiddelde totale verliestijden waargenomen.

Opgemerkt dient te worden dat in de onderzochte situatie 6 bussen per uur per richting het kruispunt passeerden. In geval van een halfuurdienst in combinatie met absolute voorrang zal het verschil in verliestijden tussen voorwaardelijke en absolute prioriteit minder aanzienlijk zijn.

2.4.2.2 Benodigde gegevens

Allereerst dienen de kruispunten in beeld te worden gebracht welke eventueel in aanmerking komen voor een dergelijk systeem. Hiervoor is het noodzakelijk om te beschikken over de busroutes en de specifieke lay-out van de met verkeerslichten geregelde kruispunten op deze routes.

Per kruispunt zijn verder noodzakelijk (voor alle richtingen die door lijnbussen gebruikt worden) het aantal voertuigen voor de bus in de wachtrij en de wachttijd voor het verkeerslicht per bus die van het kruispunt gebruik maakt. Indien er geen wachtrijen maar wel hoge wachttijden zijn, kan worden volstaan met een eenvoudiger systeem voor voorrang op afroep. Zijn er zowel lange wachtrijen als hoge wachttijden, dan kan dit een oorzaak zijn van vertragingen in de dienstregeling en biedt het voorgestelde systeem een oplossing voor deze vertragingen.

Tot slot dient de invloed voor het overige verkeer bepaald te worden, om vast te stellen of de wachttijden voor de overige richtingen niet te hoog zullen worden. Hiervoor kunnen bijvoorbeeld simulaties worden uitgevoerd van de verkeersregeling in oude en nieuwe situatie, waarbij naar de totale verliestijd (voor het hele kruispunt en per richting) gekeken wordt. Voor een dergelijke simulatie zijn verkeersintensiteiten per richting noodzakelijk, alsmede de hoeveelheid lijnbussen per uur per richting.

Datakwaliteit

Voor deze toepassing gelden dezelfde kwaliteitseisen als voor andere analysetoepassingen, zoals reeds beschreven in paragraaf 2.2.1.2.

2.4.2.3 Geschiktheid PZH-data



Voor het bekijken van de gevolgen van busprioriteit voor het overige verkeer op een kruispunt zijn voldoende verkeersgegevens beschikbaar. Voor het bepalen of het hier voorgestelde systeem inclusief voorwaardelijke voorrang van waarde is voor het kunnen realiseren van de dienstregeling zijn echter geen geschikte gegevens beschikbaar in de in hoofdstuk 1 gepresenteerde bronnen.

Om deze toepassing te kunnen uitvoeren dient men dus aanvullende informatie te verkrijgen over de verliestijden per bus per geregeld kruispunt.

2.4.3 Afweging tovergroen

Deze toepassing is gericht op vrachtwagens en bussen en heeft als doel de bestuurder op remafstand van een verkeerslicht te informeren of dit verkeerslicht gegarandeerd groen zal blijven. Hierdoor hoeven bestuurders van zware voertuigen niet te remmen als dat niet nodig is, wat leidt tot een betere doorstroming en minder milieubelasting (geluid en uitstoot) door afname van rem- en optrekbewegingen. In aanvulling hierop is het tevens mogelijk om de groentijd te verlengen als een op komst zijnde vrachtwagen of bus hier baat bij kan hebben (Grontmij, 2007).



Voor provincie Zuid-Holland gaat het in deze toepassing om het maken van een afweging of implementatie van tovergroen interessant kan zijn voor een bepaalde kruising.

2.4.3.1 Bestaande systemen

In deze paragraaf wordt achtergrondinformatie gegeven over bestaande implementaties van het hier voorgestelde systeem.

Tovergroen is eind 2002 als proef aangelegd op twee provinciale wegen in Noord-Brabant. Na evaluatie bleek het systeem een positief effect te hebben, waarna uitbreiding met tien andere locaties heeft plaatsgevonden. Sindsdien is het ook toegepast in provincies Zeeland, Overijssel en natuurlijk Zuid-Holland (Broer, 2011).

Het principe van tovergroen is dus reeds bekend en toegepast binnen de provincie Zuid-Holland. Voor dit rapport is gekeken of de beschikbare verkeersgegevens geschikt zijn om te onderzoeken of er andere locaties zijn met veel vracht- en busverkeer waar tovergroen een positief effect kan hebben.

2.4.3.2 Benodigde gegevens

Tovergroen is alleen geschikt voor kruispunten met een belangrijke hoeveelheid zwaar verkeer dat bovendien ook nog eens overwegend rechtdoor moet gaan. Het is dan ook van belang te weten hoeveel vrachtverkeer en bussen van de kruising gebruikt maakt en welke richtingen hierbij gevolgd worden.

Datakwaliteit

Voor deze toepassing gelden dezelfde kwaliteitseisen als voor andere analysetoepassingen, zoals reeds beschreven in paragraaf 2.2.1.2. Absolute nauwkeurigheid van verkeersgegevens is bij deze toepassing echter minder van belang, aangezien enige afwijking in de schatting van de hoeveelheid vrachtverkeer niet zal leiden tot een totaal verkeerde beslissing.

2.4.3.3 Geschiktheid PZH-data



De verdeling afslaand en rechtdoorgaand verkeer alsmede het aandeel vrachtverkeer hierin is beschikbaar uit de VRI-Kwaliteitscentrale. Deze gegevens kunnen gebruikt worden om vast te stellen hoeveel vrachtverkeer daadwerkelijk baat kan hebben bij toevergroen voor een bepaald kruispunt en dus ook of het zinvol kan zijn om tot aanleg van een dergelijk systeem over te gaan.

Gezien de lagere absolute betrouwbaarheid van gegevens uit de VRI-Kwaliteitscentrale kan het aandeel vrachtverkeer per richting tevens geverifieerd worden aan de hand van intensiteitsmetingen per tak uit meetlusgegevens, welke onderverdeeld zijn in voertuiglengte.

2.5 Overzicht toepassingen

In tabel 2 is een overzicht weergegeven van de besproken toepassingen. Per toepassing is aangegeven of de beschikbare gegevensstromen geschikt zijn voor deze toepassing, welke kwaliteitseis voor de gegevensstroom het belangrijkste is voor deze toepassing en of er elders al een vergelijkbare toepassing bestaat.

Tabel 2: Overzicht toepassingen

Toepassing	Data geschikt	Kwaliteit ^a			Vergelijkbare toe- passingen elders
Online toepassingen					
Incidentdetectie ^b		+	+	+	Autosnelwegen
Gebeurtenisdetectie ^c		+	0	0	BOSS Online
Meest geschikte omleidingsroute	 ^d	0	+	0	Nee
Voorspelling aankomsttijd lijnbussen op halte		+	+	0	<i>In theorie</i>
Verkenningstoepassingen					
Overschrijding maximumsnelheid		0	+	-	Politie, met FCD
Verkeerstellingen op een wegvak		0	+	-	Ja ^f
Voorspellingen verkeersgroei		0	+	-	Ja ^f
Toetsen beleidsdoelstellingen					
Gemiddelde minimale snelheid op een traject	 ^e	0	+	-	<i>Niet bekend</i>
Verkeerskundig beheer VRI's					
Afweging verkeersafhankelijke verkeersregeling		0	0	-	Ja
Afweging voorrang lijnbussen bij verkeerslichten		0	+	-	Eindhoven
Afweging tovergroen		0	0	-	Ja ^f

^a B: beschikbaarheid, N: nauwkeurigheid, A: actualiteit. +: zeer belangrijk, 0: minder belangrijk, -: niet belangrijk.

^b Tijdige detectie van ongevallen voor waarschuwen hulpdiensten en achterop komend verkeer.

^c Detectie van ongewone omstandigheden voor informeren wegverkeersleider.

^d Beperkt geschikt.

^e Alleen op trajecten met reistijdmeting.

^f Toepassing bestaat reeds binnen PZH

3 Conclusies en aanbevelingen

In hoofdstuk 1 is een uiteenzetting gegeven van de binnen de provincie Zuid-Holland beschikbare verkeersgegevensstromen. Dit omvat zowel actuele als historische verkeersgegevens. Een overzicht hiervan is opgenomen in paragraaf 1.5.

Interessante of vernieuwende toepassingen van verkeersgegevens binnen provincie Zuid-Holland zijn besproken in hoofdstuk 2. Hierbij is aangegeven of een toepassing te realiseren is met (een combinatie van) de eerder genoemde verkeersgegevens. Een overzicht hiervan is opgenomen in paragraaf 2.5.

In dit hoofdstuk zijn de algemene conclusies met betrekking tot deel I van dit rapport opgenomen in paragraaf 3.1, met aanbevelingen in paragraaf 3.2.

3.1 Conclusies

Er zijn elf toepassingen voor actuele en historische wegverkeersgegevens omschreven die interessant kunnen zijn voor provincie Zuid-Holland. Dit zijn toepassingen die gebruik maken van historische verkeersgegevens, alsook toepassingen die gebruik maken van realtime data. Van deze elf toepassingen kunnen er vier worden ontwikkeld aan de hand van de wegverkeersgegevens die op dit moment bij de provincie beschikbaar zijn. Drie toepassingen bestaan al binnen PZH en zijn hier voor de volledigheid opgenomen. De overige vier toepassingen zijn op dit moment niet mogelijk en vereisen meer of andere data.

Voor realtime gegevens is de NDW op dit moment de enige bron, maar wel een bron waarbij de gegevens op een makkelijke manier toegankelijk zijn, zij het dat de bruikbaarheid niet overal even hoog is.

Voor historische gegevens zijn er meerdere bronnen beschikbaar, waarbij het voor sommige toepassingen zelfs noodzakelijk is om meerdere bronnen te combineren.

Toepassingen waarvoor een zeer snelle levering van realtime verkeersgegevens noodzakelijk is zijn met de beschikbare bronnen niet mogelijk. Dit soort toepassingen zijn vrijwel onmogelijk zonder eigen netwerk waarbij de meetlocaties direct zijn aangesloten op de computersystemen die de toepassing uitvoeren.

3.2 Aanbevelingen

Met het oog op de onlangs opgestarte verkeersmanagementdesk is “gebeurtenisdetectie” (zie paragraaf 2.1.2) de meest interessante toepassing om verder te onderzoeken. Deze toepassing maakt intensief gebruik van de beschikbare realtime NDW verkeersgegevens en heeft als doel het ondersteunen van wegverkeersleiders aan de verkeersmanagementdesk tijdens hun dagelijkse werkzaamheden.

Deze toepassing heeft ook veel potentie om later uitgebreid te worden met andere ondersteunende functies. Hierbij kan gedacht worden aan niet alleen het signaleren van afwijkende verkeerssituaties maar het met een druk op de knop direct tonen van de bijbehorende camerabeelden. Men kan zelfs zo ver gaan als het hieraan toevoegen van de toepassing “meest geschikte omleidingsroute” (paragraaf 2.1.3).

Wat betreft de overige toepassingen wordt aangeraden om deze pas te realiseren op het moment dat hier daadwerkelijk behoefte aan is. Deze toepassingen kunnen waarschijnlijk in enkele weken uitgewerkt worden, waardoor het niet van belang is deze ‘op de plank te hebben liggen’.

II

Deel II: Gebeurtenisdetectiesysteem voor provinciale wegen

Uit deel I is naar voren gekomen dat de toepassing “gebeurtenisdetectie”, met het oog op de onlangs gestarte verkeersmanagementdesk, zeer interessant kan zijn voor provincie Zuid-Holland. Het monitoren van het verkeer via de VM-desk gebeurt momenteel op basis van camerabeelden en verkeersinformatie van derden. Het is echter ondoenlijk om meer dan honderd camerabeelden tegelijkertijd te bekijken om gebeurtenissen op de weg zo snel mogelijk op te sporen. Een systeem dat automatisch melding maakt is daarmee dan ook een welkome aanvulling hierop. In dit deel II is onderzocht in hoeverre een gebeurtenisdetectiesysteem voor provinciale wegen op basis van NDW wegverkeersgegevens mogelijk is en of het zinvol is een dergelijk systeem in de praktijk te brengen. Dit deel beantwoordt het tweede gedeelte van de centrale probleemstelling:

Welke wegverkeersgegevens zijn beschikbaar binnen provincie Zuid-Holland en welke operationele toepassingen zijn hiermee te realiseren (1), hoe kunnen irreguliere verkeerstoestanden op provinciale wegen uit deze verkeersgegevens gedetecteerd worden (2) en hoe kan deze detectiemethode worden ingezet als informatievoorziening aan de verkeersmanagementdesk (3)?

Hierbij worden de volgende deelvragen beantwoord:

- Hoe kan een irreguliere verkeerstoestand (gebeurtenis) worden gedetecteerd op basis van actuele verkeersgegevens?
- Hoe kunnen hierbij valse positieven en onopgemerkte gebeurtenissen beperkt worden, terwijl de detectietijd zo klein mogelijk blijft?
- Wat is de effectiviteit van de methode? Hoe kan deze verbeterd worden?
- Wat kan de meerwaarde zijn van het integreren van aanvullende gegevensstromen in deze toepassing?

Het doel van deel II is het onderzoeken en uitwerken van een gebeurtenisdetectiesysteem voor provinciale wegen. Op basis van adviezen en bevindingen uit de literatuur is een detectiemethode ontwikkeld en getest met echte verkeersgegevens.

Hierbij is eerst gekeken naar de haalbaarheid, om vast te stellen dat een gebeurtenisdetectiesysteem voor provinciale wegen op basis van NDW wegverkeersgegevens inderdaad haalbaar is. Vervolgens is een gebeurtenisdetectiemethode onderzocht en zijn verschillende manieren om gebeurtenissen uit wegverkeersgegevens te halen met elkaar vergeleken.

Het onderzoek naar een gebeurtenisdetectiemethode is geografisch beperkt tot het Westland. Hier is sprake van een aaneengesloten netwerk van provinciale wegen met veel verschillende verkeerssituaties. Deze beperking maakt het mogelijk om met een kleinere dataset te werken, waardoor meer aspecten van gebeurtenisdetectie bekeken konden worden.

4 Literatuurstudie

In de literatuur is incidentdetectie een veel beschreven onderwerp. Hierbij kijkt men echter hoofdzakelijk naar autosnelwegen; over detectie op provinciale wegen (of gelijksoortige wegen in het buitenland) is veel minder bekend. In dit onderzoek zijn de mogelijkheden van gebeurtenisdetectie op provinciale wegen aan de hand van NDW verkeersgegevens bekeken.

4.1 Incidentdetectie versus gebeurtenisdetectie

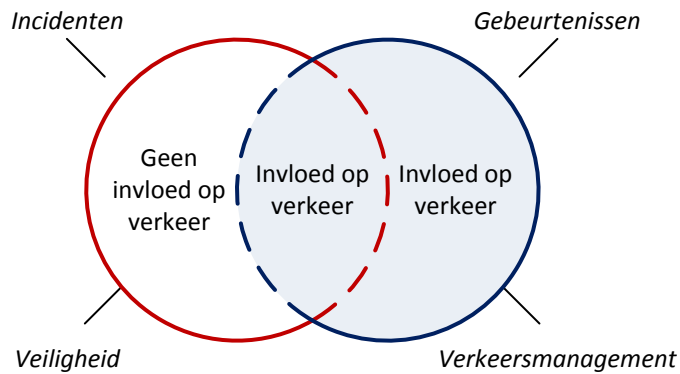
In de literatuur worden verschillende definities gebruikt voor de term *incident*. De ene keer blijft de definitie beperkt tot ongevallen, de andere keer worden alle mogelijke gebeurtenissen omvat die invloed hebben op het verkeerssysteem. De Federal Highway Administration hanteerde in 2000 de volgende definitie (FHWA, 2010):

Iedere niet-terugkerende gebeurtenis die leidt tot een reductie van wegcapaciteit of een abnormale verhoging van verkeersaanbod. Tot dergelijke gebeurtenissen behoren ongelukken, defecte voertuigen, verloren lading, wegonderhoud en reconstructieprojecten en speciale niet-noodvallige gebeurtenissen.

In 2010, na de aanslagen van 11 september 2001 en orkaan Katrina in 2005, heeft men in de VS geconcludeerd dat deze definitie de lading niet meer dekt. Toch geeft het nog steeds een aardig beeld van wat zoal verstaan kan worden onder incidenten, of eigenlijk gebeurtenissen.

Voor wegverkeersleiders zijn niet alleen ongevallen interessant om melding van te krijgen, maar zijn alle afwijkende situaties mogelijke aangrijpingspunten om (dynamische) verkeersmanagementmaatregelen in te zetten. Daarom is in dit onderzoek gekeken naar detectie van alle afwijkende verkeersomstandigheden. Om verwarring te voorkomen en de brede omvang te benadrukken is gekozen voor de term *gebeurtenisdetectie*. De definitie hiervan komt overeen met die van de FHWA uit 2000. Hiermee omvat gebeurtenisdetectie alle gangbare definities van incidentdetectie.

Het verschil tussen gebeurtenis- en incidentdetectie is nogmaals grafisch weergegeven in figuur 8. Gebeurtenisdetectie is voornamelijk een verkeersmanagement taak en heeft als doel het beperken van economische schade. Een gebeurtenis heeft altijd invloed op het overige verkeer en leidt tot vertragingen of files. Incidentdetectie heeft voornamelijk betrekking op de veiligheid en het beperken van persoonlijke en materiele schade. Een incident heeft niet noodzakelijk invloed op het overige verkeer, maar dit kan wel het geval zijn. Hierdoor overlappen gebeurtenissen en incidenten elkaar, bijvoorbeeld bij een ongeval waardoor de weg geblokkeerd raakt.



Figuur 8: Verschil en overeenkomst tussen gebeurtenisdetectie (rechter cirkel) en incidentdetectie (linker cirkel)

In dit rapport wordt zowel over *gebeurtenis* als *incident* gesproken. Deze termen worden gebruikt in de betekenis die hierboven is toegelicht.

4.2 Bestaande detectie algoritmes

Er zijn tientallen bestaande algoritmes voor gebeurtenisdetectie, welke op enkele uitzonderingen na allemaal bedoeld zijn voor gebruik op autosnelwegen. Door de cruciale verschillen tussen autosnelwegen en provinciale wegen (zie paragraaf 4.3) zijn deze algoritmes niet bruikbaar voor inzet op provinciale wegen.

Bestaande algoritmes worden in de literatuur vaak ingedeeld in vier categorieën (Martin e.a. (2001), Joon (2004), Mak en Fan (2007)):

- **Patroonherkenning**
Het identificeren van patronen in snelheid, intensiteit en dichtheid welke als “niet normaal” beschouwd worden. Alarmeert als een bepaalde mate van afwijking wordt waargenomen.
- **Catastrofetheorie**
Gebaseerd op het detecteren van wijzigingen in verkeersomstandigheden, welke optreden als één variabele (snelheid, intensiteit of dichtheid) afwijkingen vertoont terwijl de anderen gelijk blijven. Is in staat om het verschil tussen een gewone file en file ten gevolge van een ongeval te detecteren.
- **Statistische methoden**
Het vergelijken van actuele verkeersgegevens met voorspellingen gemaakt op basis van historische verkeersgegevens. Alarmeert als er onverwachte afwijkingen worden gedetecteerd.
- **Kunstmatige intelligentie**
Detecteert gebeurtenissen op basis van regelgebaseerde algoritmes of algoritmes die “geleerd” hebben om patronen te herkennen. Een recente ontwikkeling.

In de praktijk worden hoofdzakelijk algoritmes uit de eerste twee categorieën gebruikt, daar deze gebaseerd zijn op verkeerskundige principes en beter begrepen worden door verkeerskundigen. Men zou deze indeling nog kunnen uitbreiden met een vijfde categorie, algoritmes gebaseerd op andere verkeerskundige principes dan hier genoemd.

Bestaande algoritmes die ontworpen zijn voor het onderliggende wegennet maken gebruik van verkeersgegevens uit detectielussen bij verkeerslichten (zie bijvoorbeeld Joon (2004), Zhang en Taylor (2006)). Actuele verkeersgegevens van knopen zijn binnen provincie Zuid-Holland echter niet beschikbaar. Echter zijn er binnen de provincie wel verkeersgegevens beschikbaar over de verbindingen tussen de knopen, iets wat in de literatuur ogenschijnlijk niet beschouwd wordt.

Van bestaande algoritmes worden regelmatig overzichten gemaakt. Zie hiervoor bijvoorbeeld Balke (1993), Martin e.a. (2001), Joon (2004) of Parkany en Xie (2005). In geen geval wordt hierbij één algoritme als beste aangewezen, daar dit te veel afhankelijk is van specifieke omstandigheden.

Wat opvalt uit deze overzichten is dat het merendeel van de algoritmes ontworpen wordt voor autosnelwegen en dat er weinig aandacht wordt besteed aan detectie van gebeurtenissen op het onderliggend wegennet. Daarnaast is de meerderheid van de bestaande algoritmes niet in staat om onderscheid te maken tussen dagelijkse files en niet-terugkerende gebeurtenissen. Voor wegverkeersleiders in een verkeerscentrale zijn dagelijkse files echter niet interessant om over geïnformeerd te worden. Er kan hier dan ook een onderscheid gemaakt worden tussen detectie met als doel het informeren van de weggebruiker of detectie met als doel het informeren van de wegverkeersleider.

Specifiek voor de Nederlandse situatie zijn geen vermeldingen gevonden van gebeurtenisdetectie algoritmes voor provinciale wegen, of algoritmes die gebruik maken van NDW verkeersgegevens.

4.3 Verschillen tussen autosnelwegen en provinciale wegen

Provinciale wegen zijn in veel opzichten significant verschillend van autosnelwegen, de incidentele autoweg met twee rijstroken per richting daargelaten. In deze subparagraaf worden de verschillen beschreven die relevant zijn op het gebied van gebeurtenisdetectie.

- **Rijstroken**

In tegenstelling tot autosnelwegen beschikken de meeste provinciale wegen niet over gescheiden rijrichtingen en is er één rijstrook per richting. Indien een rijstrook geblokkeerd raakt geeft dit andere patronen in de verkeersgegevens dan bij autosnelwegen, waar het verkeer vaak nog kan passeren. Ook wordt op provinciale wegen vaak de rijstrook in andere richting gehinderd. Dit kan detectie bij lagere verkeersintensiteiten eenvoudiger maken.

- **Meetlocaties**

Autosnelwegen beschikken over zo'n twee tot vier detectielussen per kilometer. Hierdoor kunnen gebeurtenissen gedetecteerd worden op basis van de verschillen tussen twee opeenvolgende lussen, iets waar veel bestaande algoritmes voor autosnelwegen gebruik van maken.

Op provinciale wegen is de dichtheid van meetlocaties echter veel lager, met gemiddeld minder dan één detectielus per twee kilometer en zijn reistijdtrajecten van enkele kilometers lengte niet uitzonderlijk. Hierdoor is het niet mogelijk om gebeurtenissen op basis van de verschillen tussen meetlocaties te detecteren.

- **Verkeerspatronen**

Op autosnelwegen is sprake van homogene verkeersomstandigheden en wordt deze homogeniteit onderbroken als een gebeurtenis is opgetreden.

Op provinciale wegen is echter vrijwel altijd sprake van heterogene verkeersomstandigheden. Deze worden veroorzaakt door de aanwezigheid van verkeerslichten, zijwegen en langzaam verkeer zoals landbouwvoertuigen. Hierdoor is er vrijwel nooit een consistent verkeersbeeld, met grote variaties in intensiteit, snelheid en reistijd als gevolg. Een plotselinge afwijking in de meetgegevens is daardoor niet direct een reden om aan te nemen dat er een gebeurtenis is opgetreden.

4.4 Aanbevelingen uit eerder onderzoek

Uit een enquête onder verkeersmanagementcentrales in de VS door Williams en Guin (2007) kwam naar voren dat het grootste probleem van bestaande gebeurtenisdetectie algoritmes de grote hoeveelheid valse alarmen is. Ze benadrukken echter dat niet moet worden gestreefd naar geen enkel vals alarm, maar dat de hoeveelheid te verwerken moet zijn door wegverkeersleiders.

Daarnaast merken Williams en Guin (2007) op dat het niet noodzakelijk is voor een detectie algoritme om een 100 % detectie te behalen. Tegenwoordig zijn er meerdere kanalen om op de hoogte te komen van opgetreden gebeurtenissen, iets wat Martin e.a. (2001) al gevonden hadden in hun aanbeveling in te zetten op telefonische meldingen. Belangrijker is dat de gezamenlijke detectie van alle beschikbare systemen op (of in de buurt van) 100 % komt.

Khoury e.a. (2003) stellen dat voertuigherkenning (ofwel reistijdinformatie) niet de meest ideale bron voor gebeurtenisdetectie is, maar dat een combinatie van meerdere bronnen tot betere resultaten leidt dan iedere bron afzonderlijk. Dit is iets wat bevestigd wordt door Mahmassini e.a. (2004), welke concluderen dat de combinatie van lusinformatie met reistijdinformatie betere resultaten bieden dan gebruik van lussen alleen. Zheng e.a. (2007) bevestigen dit met hun bijzonder eenvoudige algoritme dat reistijden combineert met puntsnelheidsmetingen. In relatie hiermee kan de drietraps aanpak van Ritchie (1990) genoemd worden, waarbij het detecteren van een gebeurtenis in drie fases tot stand komt: mogelijke gebeurtenis, waarschijnlijke gebeurtenis en vastgestelde gebeurtenis.

Een groot probleem van veel bestaande algoritmes is de benodigde calibratie, dat zoals Weil e.a. (1998) en Singliar en Hauskrecht (2006) inzagen in een poging dit te automatiseren. Handmatige calibratie is zeer tijdrovend en beïnvloedt de prestatie van een algoritme in grote mate als dit niet correct wordt uitgevoerd. Bij grote wijzigingen in de verkeersomstandigheden moet een algoritme opnieuw gecalibreerd worden. Automatische calibratie is dan ook een van de aanbevelingen uit de enquête van Williams en Guin (2007).

Verder zal het noodzakelijk zijn om ruis uit de verkeersgegevens te filteren. Chassiakos en Stephannedes (1992) vonden dat het ongewogen voortschrijdend gemiddelde en het exponentieel voortschrijdend gemiddelde hiervoor geschikt zijn, waarbij de laatste iets beter presteert. De statistische mediaan bleek niet geschikt. De geschiktheid van het ongewogen voortschrijdend gemiddelde en het exponentieel voortschrijdend gemiddelde wordt ondersteund door Mak en Fan (2007).

4.5 Prestatiebeoordeling van detectiemethoden

De prestatie van een gebeurtenisdetectiemethode (of een incidentdetectiemethode) wordt in het algemeen beoordeeld op basis van drie indicatoren. Parkany en Xie (2005) bijvoorbeeld geven hiervan een overzicht, maar men komt de termen tegen in zo goed als iedere publicatie over dit onderwerp. De drie indicatoren zijn: detectie ratio, vals alarm ratio en gemiddelde tijd tot detectie. Ze zijn op de volgende pagina toegelicht.

Detectie ratio (DR, Detection Rate)

Het aandeel gedetecteerde gebeurtenissen ten opzichte van het totale aantal daadwerkelijke gebeurtenissen. Dit ratio wil men zo hoog mogelijk hebben: zo weinig mogelijk gebeurtenissen worden gemist door de detectiemethode. In formulevorm:

$$DR = \frac{\text{aantal gedetecteerde gebeurtenissen}}{\text{aantal daadwerkelijke gebeurtenissen}} \times 100\%$$

Vals alarm ratio (FAR, False Alarm Rate)

Het aandeel valse alarmen. Dit ratio wil men zo laag mogelijk hebben: zo veel mogelijk meldingen moeten terecht zijn. In formulevorm:

$$FAR = \frac{\text{aantal valse meldingen}}{\text{aantal meldingen}} \times 100\%$$

Gemiddelde tijd tot detectie (MTTD, Mean Time To Detect)

De tijd tussen het optreden van een gebeurtenis en het afgeven van een melding door de detectiemethode. Deze tijd wil men zo kort mogelijk hebben: zo snel mogelijk op de hoogte worden gebracht van een gebeurtenis. In formulevorm:

$$MTTD = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n (t_{\text{melding};i} - t_{\text{optreden};i})$$

Optimalisatie van deze drie indicatoren hangt met elkaar samen. In het algemeen geldt dat het FAR omhoog gaat als men probeert het DR te verhogen, dat het DR omlaag gaat als men probeert de MTTD te verkleinen en dat het terugdringen van het FAR er voor zorgt dat de MTTD groter wordt. In theorie ligt de voorkeur bij een hoog DR waarbij een hoger FAR voor lief wordt genomen. Op die manier is de kans dat een belangrijke gebeurtenis gemist wordt zo klein mogelijk. In de praktijk betekent een hoog FAR echter dat men het systeem eerder als onbetrouwbaar afschrijft en niet meer gebruikt, wat onwenselijk is. De afweging tussen deze drie indicatoren hangt in de praktijk daarom af van wat men precies uit het detectiesysteem wil halen, of zelfs van de persoonlijke voorkeur van de ontwerper van het systeem.

Eventueel kan men een vierde indicator identificeren, met betrekking tot de werkdruk van de wegverkeersleider die de gebeurtenismeldingen zal ontvangen. Deze is echter niet eenvoudig te minimaliseren of maximaliseren zoals dat bij DR, FAR en MTTD het geval is.

De indicator voor de werkdruk van de wegverkeersleider houdt in het aantal gebeurtenismeldingen per tijdseenheid (uur, dag, etc.). Dit aantal dient dusdanig beperkt te zijn dat zodat de meldingen door de aanwezige wegverkeersleider(s) af te handelen zijn. Uiteraard is deze indicator afhankelijk van de grootte van het netwerk, of er overwegend veel of weinig gebeurtenissen plaatsvinden en hoeveel wegverkeersleiders er in de verkeerscentrale beschikbaar zijn.

Een systeem dat bijvoorbeeld 40 meldingen per uur genereert, terwijl er maar één wegverkeersleider aanwezig is, is zelfs als alle 40 meldingen terecht zijn onbruikbaar. Hieruit zou men kunnen concluderen dat er te weinig wegverkeersleiders zijn. Een andere oplossing voor deze theoretische situatie is dat het systeem zelfstandig belangrijke van minder belangrijke meldingen kan onderscheiden. In de praktijk is dat op provinciale wegen niet mogelijk vanwege de lage dichtheid van meetlocaties en naar verwachting ook niet noodzakelijk. Daarnaast zal een wegverkeersleider beter dan een automatisch systeem in staat zijn een gebeurtenis te kiezen waarbij de meeste winst gehaald kan worden.

De in dit hoofdstuk besproken bevindingen uit de literatuur zijn gebruikt bij de ontwikkeling van een gebeurtenisdetectiemethode voor provinciale wegen, zoals omschreven in hoofdstuk 7. In hoofdstuk 5 wordt echter eerst nog aandacht besteedt aan de theoretische invloed van gebeurtenissen op het wegbeeld, waarna in hoofdstuk 6 wordt gekeken hoe gebeurtenissen daadwerkelijk in de praktijk in de verkeersdata zichtbaar zijn.

5 Gebeurtenissen in verkeersdata

Om gebeurtenissen te kunnen detecteren uit verkeersdata moeten deze gebeurtenissen vanzelfsprekend op een of andere manier zichtbaar zijn in deze verkeersdata. In dit hoofdstuk wordt aan de hand van drie hypothetische voorbeelden een theoretische beschouwing gegeven over hoe gebeurtenissen in wegverkeersgegevens zichtbaar zijn. Voor hoe gebeurtenissen in de praktijk in de verkeersdata zichtbaar zijn wordt verwezen naar hoofdstuk 6.

Er dient opgemerkt te worden dat de voorbeelden gelden in de meest ideale situatie. In de praktijk zullen er allerlei verstoringen aanwezig zijn, ten gevolge van zijwegen, verkeerslichten, etc. In geval van een gebeurtenis zal het dan ook niet vaak voorkomen dat lusmetingen volledig terugvallen tot 0 respectievelijk -1. Hierdoor is het niet mogelijk om gebeurtenissen puur en alleen op het wegvallen van verkeersgegevens te detecteren.

Uit de drie voorbeelden volgt dat in een ideale situatie voor benedenstroomse lussen en reistijdtrajecten het meten van verkeersgegevens enige tijd na het optreden van een gebeurtenis stopt. Vanaf het moment dat het laatste voertuig, dat niet is gehinderd door de gebeurtenis, hier passeert zullen er voor een bepaalde tijd geen voertuigen meer geregistreerd worden. Op bovenstroomse lussen zal enige tijd na optreden van de gebeurtenis een afname van intensiteit en snelheid worden geregistreerd, ten gevolge van afremmend verkeer. Bij een grote dichtheid zal deze afname echter in dusdanig kort tijdsbestek plaatsvinden dat dit niet zichtbaar zal zijn in de verkeersgegevens.

De lengte van de onderbreking in de verkeersgegevens van benedenstroomse lussen en reistijdtrajecten is afhankelijk van het soort gebeurtenis: hoe kleiner de impact op het verkeer, des te korter de onderbreking. Gebeurtenissen met een kleine impact kunnen hierdoor mogelijk niet gedetecteerd worden.

De tijd tot detectie is in alle gevallen afhankelijk van de afstand tussen de plek van de gebeurtenis en de meetlocatie. Hoe groter deze afstand, hoe groter de tijd tot detectie. Voor benedenstroomse lussen en reistijdtrajecten is de tijd tot detectie niet afhankelijk van het soort gebeurtenis: deze wordt volledig bepaald door het laatst gepasseerde voertuig. Voor bovenstroomse lussen is de tijd tot detectie wel afhankelijk van het soort gebeurtenis en tevens van de hoeveelheid aanvoerend verkeer: de gebeurtenis kan worden gedetecteerd zodra er een file over deze lus komt te staan. Naar mate de impact van de gebeurtenis kleiner is, wordt de tijd tot detectie op bovenstroomse lussen groter. Bij korte gebeurtenissen kan het zelfs zo zijn dat er niets op bovenstroomse lussen wordt waargenomen.

Voor lussen die op korte afstand bovenstrooms van een verkeerslicht zijn gelegen, kan verder nog worden opgemerkt dat deze niet geschikt zijn voor detectie van gebeurtenissen. Er zal zich immers heel vaak de situatie uit paragraaf 5.1 voor doen, waarbij de wachtrij voor het verkeerslicht over lus $L1$ staat. Hierdoor lijkt het alsof er heel vaak sprake is van een gebeurtenis, terwijl dit in werkelijkheid niet zo is.

5.1 Weg volledig geblokkeerd

Een gebeurtenis waarbij de weg volledig geblokkeerd raakt kenmerkt zich door het feit dat er bovenstrooms van de gebeurtenis een file ontstaat en benedenstrooms geen verkeer meer passeert.

Dit principe is geschetst in figuur 9. Deze figuur toont voertuigtrajectoriën op een wegvak, waar een gebeurtenis heeft plaatsgevonden die de weg volledig blokkeert op positie x_O . Op het traject worden reistijden ingewonnen tussen x_{Rb} en x_{Re} . Er bevinden zich lussen bovenstrooms van de gebeurtenis op x_{L1} en benedenstrooms van de gebeurtenis op x_{L2} . Verder toont de figuur voor de drie meetlocaties schematisch hoe de ingewonnen verkeersgegevens over de tijd variëren ten gevolge van de gebeurtenis.

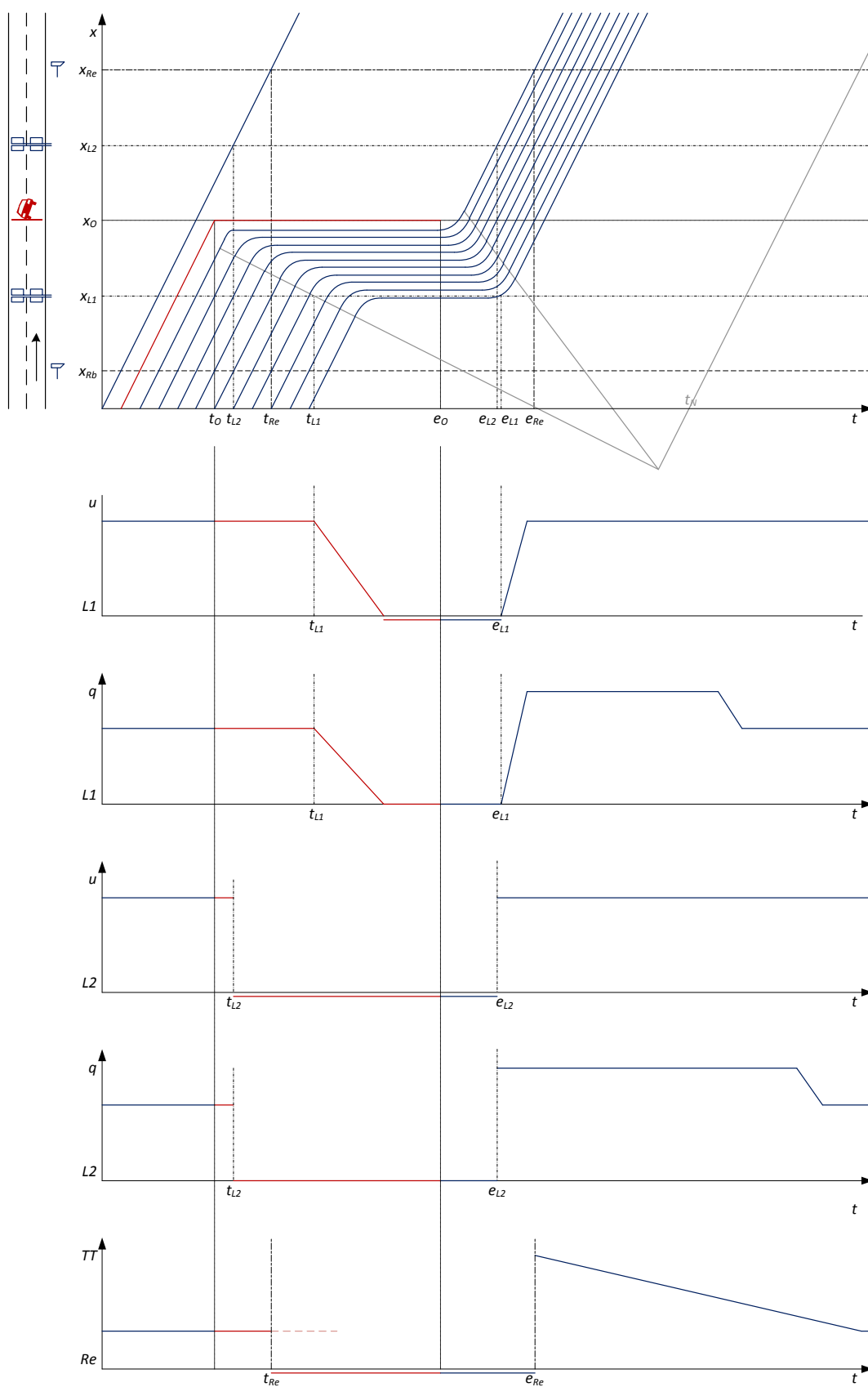
De gebeurtenis vindt plaats op tijdstip t_O ; tevens is het laatste voertuig dat ongehinderd kan passeren weergegeven. Alle voertuigen na de gebeurtenis ondervinden hinder en vormen een file. Vanaf tijdstip e_O is de weg weer vrij en lost de file langzaam op. Op tijdstip t_N rijdt het eerste voertuig het wegvak binnen dat volledig ongehinderd en onder dezelfde omstandigheden als voor de gebeurtenis het wegvak kan passeren.

Uit de verkeersdata van lus $L1$ is de gebeurtenis voor het eerst zichtbaar vanaf tijdstip t_{L1} , geruime tijd na optreden van de gebeurtenis. Vanaf dit moment zullen snelheid en intensiteit afnemen totdat de file volledig over de lus staat. Hierna zal snelheid als -1 worden doorgegeven en intensiteit als 0. Deze situatie houdt aan tot tijdstip e_{L1} . Vanaf dit moment zal de snelheid in korte tijd terugkeren naar normale waarden en zal de intensiteit enige tijd hoger zijn dan voor de gebeurtenis. Korte tijd na t_N zal ook de intensiteit terugkeren naar normale waarden.

Uit de verkeersdata van lus $L2$ is de gebeurtenis voor het eerst zichtbaar vanaf tijdstip t_{L2} . Dit is veel eerder dan voor lus $L1$. Vanaf dit moment worden er geen voertuigen meer geregistreerd. Snelheid zal dan als -1 en intensiteit als 0 worden doorgegeven. Deze situatie houdt aan tot tijdstip e_{L2} . Snelheid zal nu terugkeren naar normale waarden. Intensiteit zal nog enige tijd hoger zijn dan voor de gebeurtenis en zal eveneens na t_N terugkeren naar normale waarden.

Vanaf tijdstip t_{Re} worden er geen reistijden meer gemeten. De laatst waargenomen reistijd zal vanaf dit moment voor maximaal 15 minuten worden herhaald. Na deze 15 minuten wordt de reistijd als -1 doorgegeven. Vanaf tijdstip e_{Re} worden voor het eerst na de gebeurtenis weer reistijden doorgegeven. Deze zijn in eerste instantie zeer hoog en nemen langzaam af tot normale waarden.

Een gebeurtenis die de weg volledig blokkeert wordt het snelst gedetecteerd als de gebeurtenis vlak bij een lus plaatsvindt. Naar mate de afstand tot de lus groter wordt is het gunstiger als de lus benedenstrooms van de gebeurtenis gelegen is. Bovenstroomse lussen worden qua tijd tot detectie al snel ingehaald door reistijdmetingen.



Figuur 9: volledig geblokkeerde weg; $x(t)$ -diagram en verloop meetdata

5.2 Weg niet geblokkeerd

In andere situaties kan het voorkomen dat de weg niet geblokkeerd raakt bij een gebeurtenis, maar dat het verkeer de plek van de gebeurtenis desondanks met lage snelheid moet passeren.

Deze situatie is geschetst in figuur 10. Wederom vindt de gebeurtenis plaats op positie x_O . Reistijden worden ingewonnen tussen x_{Rb} en x_{Re} en er bevinden zich lussen op x_{L1} en x_{L2} . Voor iedere meetlocatie is verder schematisch weergegeven hoe de ingewonnen verkeersgegevens over de tijd variëren ten gevolge van de gebeurtenis.

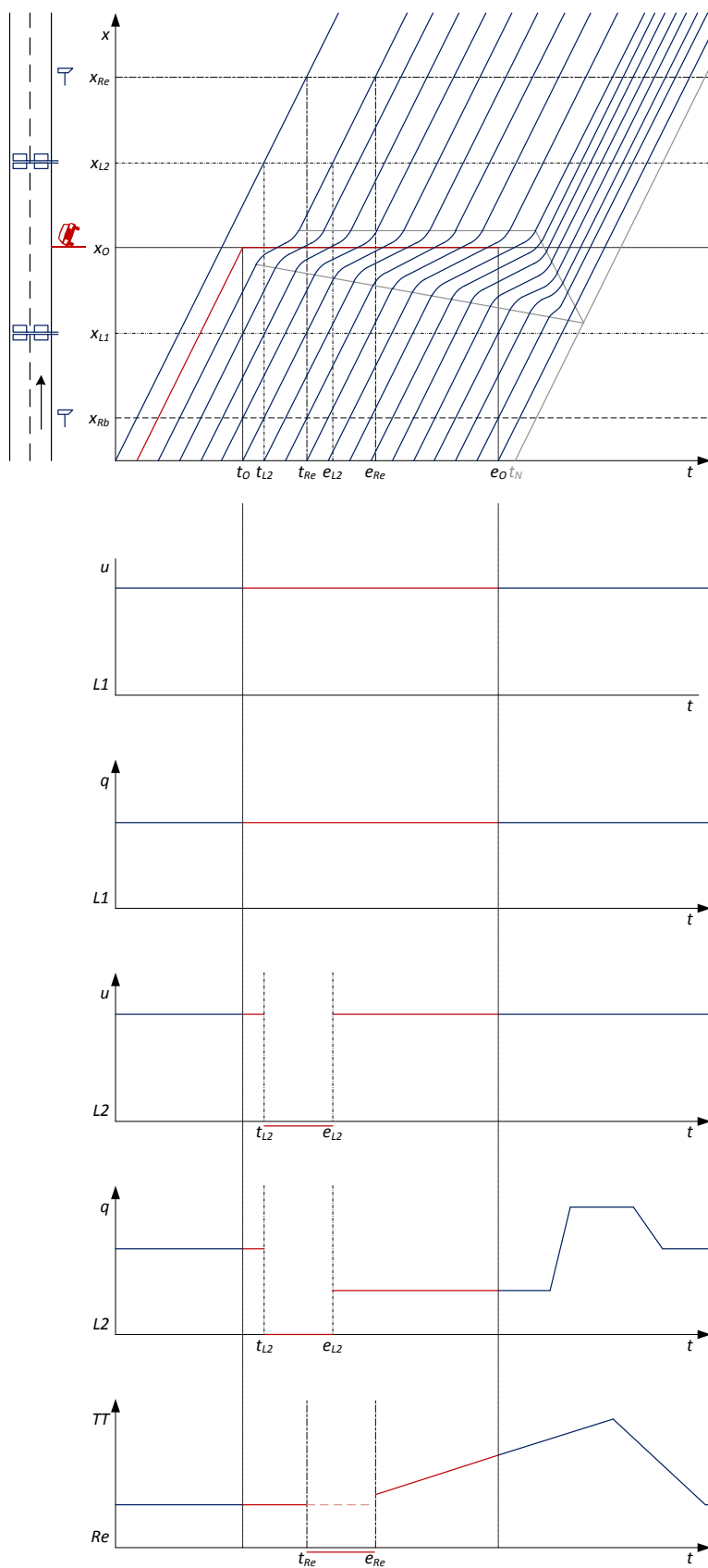
De gebeurtenis vindt plaats op tijdstip t_O ; tevens is het laatste voertuig dat ongehinderd kan passeren weergegevens. Alle voertuigen na de gebeurtenis ondervinden hinder en worden vertraagd, waarbij de vertraging voor ieder volgend voertuig steeds wat groter wordt. Vanaf tijdstip e_O kan weer met maximumsnelheid gereden worden en neemt de vertraging voor de volgende voertuigen langzaam af. Op tijdstip t_N rijdt het eerste voertuig het wegvak binnen dat volledig ongehinderd en onder dezelfde omstandigheden als voor de gebeurtenis het wegvak kan passeren.

De duur van de gebeurtenis is te kort om invloed te hebben op de verkeersdata van lus $L1$. Bovenstroomse lussen hebben in geval van dit soort gebeurtenissen een zeer hoge tijd tot detectie, of detecteren de gebeurtenis net zo als in het voorbeeld helemaal niet.

Uit de verkeersdata van lus $L2$ is de gebeurtenis wel zichtbaar. De gebeurtenis wordt vrij snel zichtbaar na het optreden er van. Vanaf tijdstip t_{L2} worden er geen voertuigen meer geregistreerd. Snelheid zal als -1 en intensiteit als 0 worden doorgegeven. Deze situatie houdt aan tot tijdstip e_{L2} . Snelheid zal nu terugkeren naar normale waarden. De intensiteit zal tot korte tijd na oplossen van de gebeurtenis lager zijn dan normaal. Vanaf dat moment zal de intensiteit sterk stijgen om enige tijd later weer af te nemen tot normale waarden.

Vanaf tijdstip t_{Re} worden er korte tijd geen reistijden meer gemeten. De laatst waargenomen reistijd zal vanaf dit moment worden herhaald. Enigszins later zullen weer reistijden worden waargenomen die iets hoger zijn dan voorheen. Gedurende de gebeurtenis zullen deze reistijdmetingen verder toenemen. Enige tijd na afloop van de gebeurtenis nemen de reistijden weer af tot normale waarden.

Net als bij een volledig geblokkeerde weg zal een gebeurtenis in deze situatie eerst worden waargenomen door een benedenstroomse lus, dan door een reistijdmeting en tot slot door een bovenstroomse lus. Dit in het geval dat de gebeurtenis op enige afstand van een lus plaatsvindt. De tijd tot detectie is ook hier weer afhankelijk van de afstand tussen gebeurtenis en meetlocatie(s).



Figuur 10: gereduceerde snelheid; $x(t)$ -diagram en verloop meetdata

5.3 Weg half geblokkeerd

In een situatie waarbij de weg half geblokkeerd is (alleen de rijstrook in één richting is onbeschikbaar) bestaat, in geval van weinig verkeer uit de tegengestelde richting, zo nu en dan de mogelijkheid om de gebeurtenis te passeren. Dit is in feite een combinatie van de situaties uit paragrafen 5.1 en 5.2. Bij veel verkeer uit tegengestelde richting is sprake van de situatie zoals geschetst in paragraaf 5.1.

Het principe van de half geblokkeerde weg is geschetst in figuur 11. Ook hier vindt de gebeurtenis plaats op positie x_O . Reistijden worden ingewonnen tussen x_{Rb} en x_{Re} en er bevinden zich lussen op x_{L1} en x_{L2} . Voor iedere meetlocatie is weer schematisch weergegeven hoe de ingewonnen verkeersgegevens over de tijd variëren ten gevolge van de gebeurtenis.

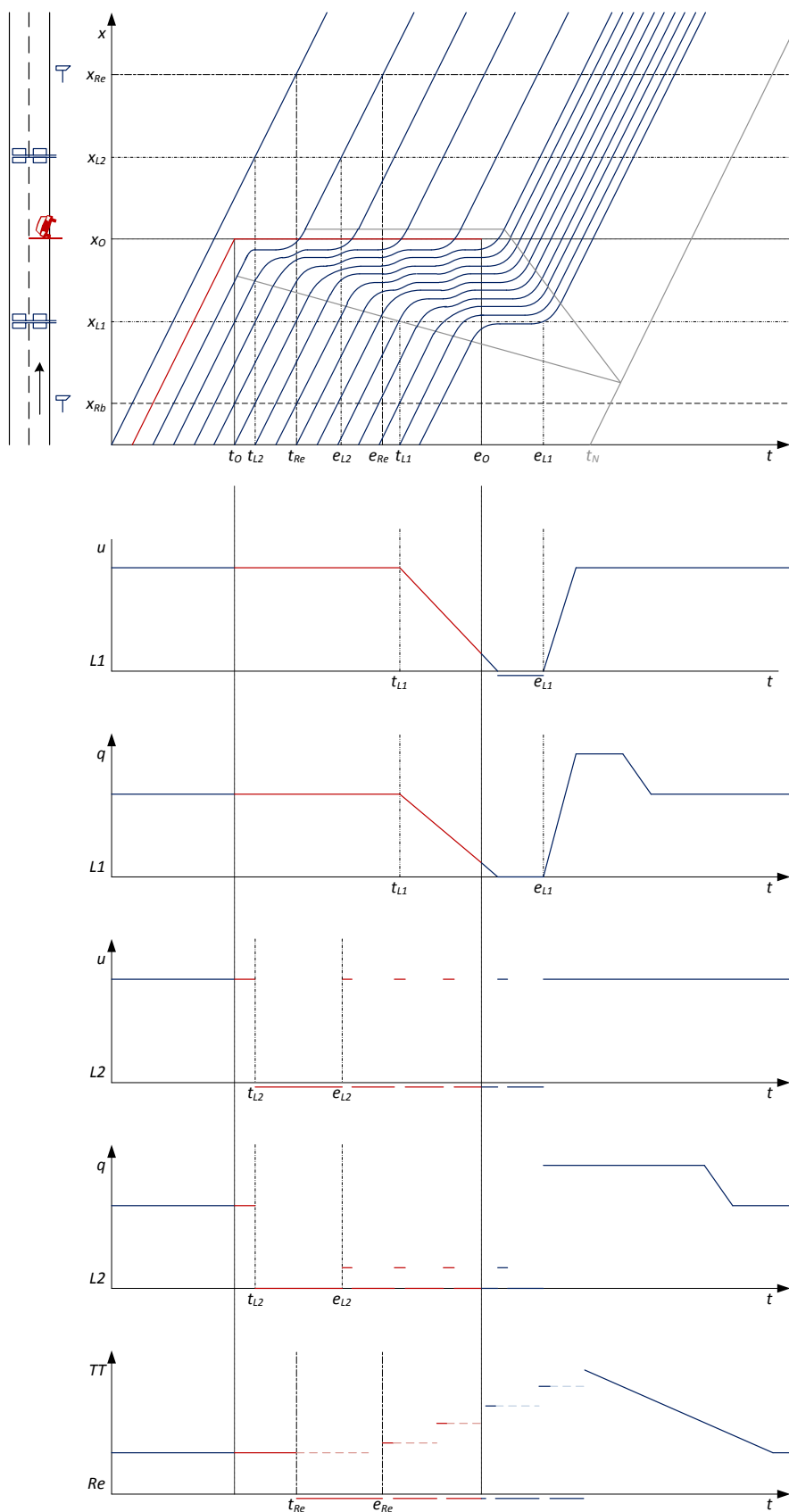
De gebeurtenis vindt plaats op tijdstip t_O ; tevens is het laatste voertuig dat ongehinderd kan passeren weergegeven. Alle voertuigen na de gebeurtenis ondervinden hinder, worden vertraagd en er vormt zich een file. Zo nu en dan dient zich de mogelijkheid aan voor het eerste voertuig in de rij om de gebeurtenis te passeren via de tegengestelde rijstrook. Hierdoor ontstaat een situatie met stilstaand en optrekkend verkeer. Deze situatie houdt aan tot aan het einde van de gebeurtenis, waarna de file zich nog enige tijd stroomopwaarts met afnemende lengte voortplant. Op tijdstip t_N rijdt het eerste voertuig het wegvak binnen dat volledig ongehinderd en onder dezelfde omstandigheden als voor de gebeurtenis het wegvak kan passeren.

Uit de verkeersdata van lus $L1$ is de gebeurtenis voor het eerst zichtbaar vanaf tijdstip t_{L1} , geruime tijd na optreden van de gebeurtenis. Vanaf dit moment zullen snelheid en intensiteit afnemen totdat de file volledig over de lus staat. Hierna zal snelheid als -1 worden doorgegeven en intensiteit als 0. Deze situatie houdt aan tot tijdstip e_{L1} . Vanaf dit moment zal de snelheid in korte tijd terugkeren naar normale waarden en zal de intensiteit enige tijd hoger zijn dan voor de gebeurtenis. Korte tijd na t_N zal ook de intensiteit terugkeren naar normale waarden.

Uit de verkeersdata van lus $L2$ is de gebeurtenis voor het eerst zichtbaar vanaf tijdstip t_{L2} . Dit is veel eerder dan voor lus $L1$. Vanaf dit moment worden er geen voertuigen meer geregistreerd. Snelheid zal dan als -1 en intensiteit als 0 worden doorgegeven. Deze situatie houdt aan tot tijdstip e_{L2} . Hierna zal enige tijd normale snelheden en lage intensiteiten worden doorgegeven. Afhankelijk van de passeermogelijkheden kan dit intermitterend (zoals weergegeven in de figuur) of continu zijn. Korte tijd na het einde van de gebeurtenis zal de intensiteit sterk toenemen, met nog steeds normale snelheden. Enige tijd na t_N zal ook de intensiteit terugkeren naar normale waarden.

Vanaf tijdstip t_{Re} worden er geen reistijden meer gemeten. De laatst waargenomen reistijd zal vanaf dit moment worden herhaald. Ieder voertuig dat de gebeurtenis passeert zal enige tijd later weer voor nieuwe reistijdmetingen zorgen. Deze reistijden worden langzaam steeds groter; wederom afhankelijk van de passeermogelijkheden intermitterend of continu. Vanaf het moment dat het eerste voertuig dat x_O na het einde van de gebeurtenis passeerde een reistijd realiseert, zullen de reistijdmetingen langzaam weer afnemen tot normale waarden.

Ook in deze situatie wordt de gebeurtenis het eerst gedetecteerd door een benedenstroomse lus, dan door de reistijdmeting en als laatst door een bovenstroomse lus.



Figuur 11: half geblokkeerde weg; $x(t)$ -diagram en verloop meetdata

6 Haalbaarheidanalyse

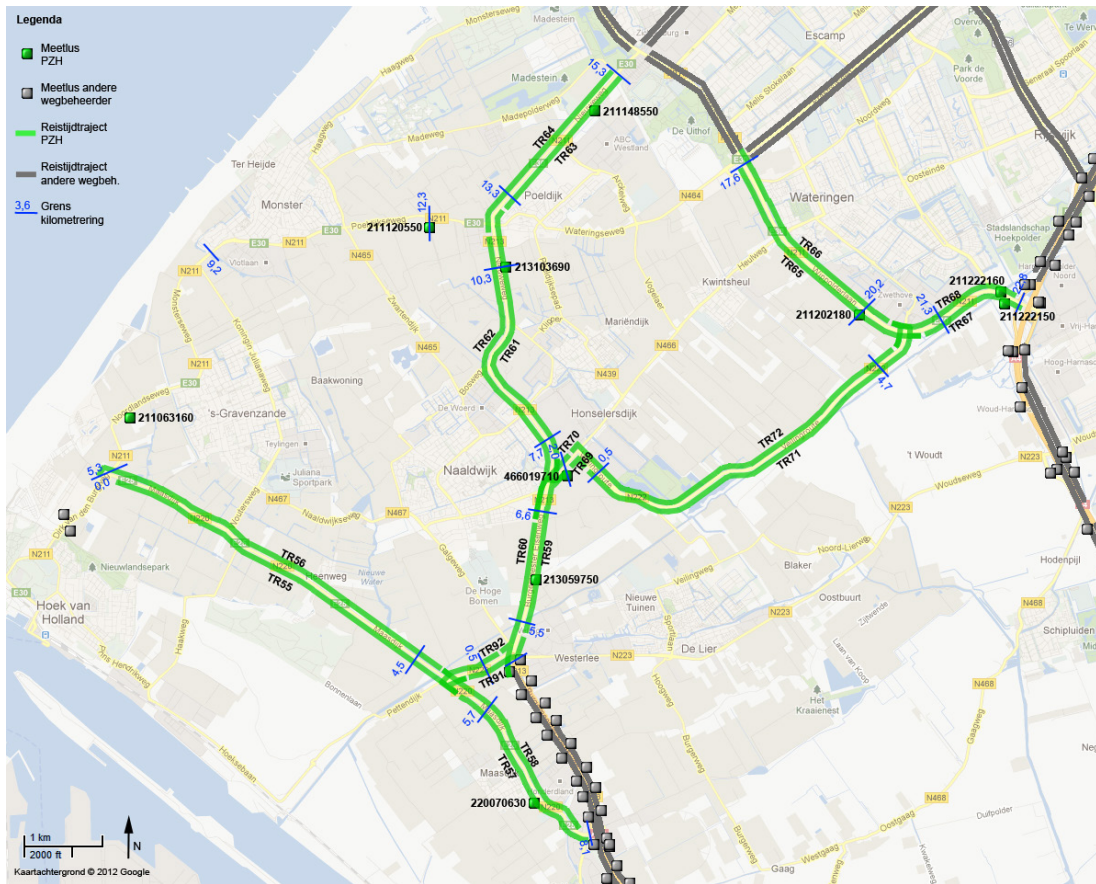
Op autosnelwegen is de verkeersstroom in het algemeen homogeen en zijn snelheid en dichtheid vrijwel alleen afhankelijk van het verkeersaanbod. Plotselinge gebeurtenissen zijn daardoor vrij eenvoudig uit deze grootheden af te lezen. Op provinciale wegen is juist sprake van een zeer heterogeen verkeersbeeld. Dit wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van verkeerslichten, zijwegen, langzaam verkeer en andere onregelmatige verstoringen. Hierdoor is er veel meer variatie in snelheid, dichtheid en reistijd.

In deze haalbaarheidanalyse is bekeken op welke manier gebeurtenissen zichtbaar zijn in wegverkeersgegevens van provinciale wegen. Hierbij is allereerst vastgesteld dat de verkeersgegevens inderdaad geschikt zijn voor gebeurtenisdetectie. Daarnaast is een inschatting gemaakt van het voordeel dat een gebeurtenisdetectiesysteem kan bieden ten opzichte van de (voorheen) gangbare informatiekanalen waarmee PZH op de hoogte wordt gebracht van opgetreden gebeurtenissen. Ter bepaling van dit voordeel is voor bekende incidenten gekeken naar het verschil tussen het tijdstip waarop een incident geregistreerd is en het tijdstip waarop ditzelfde incident in de verkeersgegevens zichtbaar is. Met deze haalbaarheidanalyse wordt aangetoond dat het zinvol is de mogelijkheden van een gebeurtenisdetectiesysteem verder te onderzoeken.

6.1 Analyseopzet

In het kader van incident management worden lijsten bijgehouden met tijdstippen en locaties van gebeurtenissen waarbij gestrande voertuigen verwijderd moeten worden. De geregistreerde tijdstippen komen overeen met het moment dat een gebeurtenis wordt gemeld door de politie, de ANWB, de verkeerscentrale (Rijkswaterstaat), etc. Van iedere gebeurtenis wordt tevens het wegnummer en de kilometeraanduiding vastgelegd. De lijst bevat zowel gebeurtenissen die geleid hebben tot verkeersproblemen als eenvoudige pechgevallen zonder hinder tot gevolg. De geregistreerde tijd geeft uiteraard niet het exacte moment van optreden van de gebeurtenis aan, maar het geeft wel een globale zoekrichting.

Voor deze analyse zijn gebeurtenissen in het Westland beschouwd tussen januari en juni 2011 van 6:30 tot 20:00 uur. Hiertoe zijn de wegen in het Westland opgedeeld in een aantal stukken, waar meetlocaties aan zijn gekoppeld. Op die manier kan aan de hand van een locatie van een gebeurtenis de relevante meetlocaties geselecteerd worden. Deze verdeling is weergegeven in figuur 12.

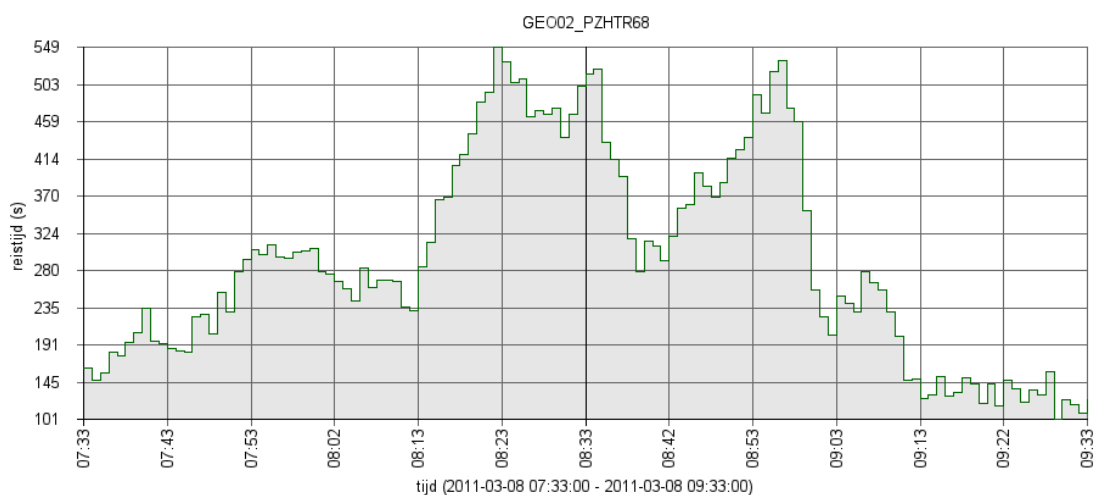


Figuur 12: Westland, met onderverdeling voor selectie meetlocaties

Vervolgens zijn voor iedere geregistreeerde gebeurtenis de bijbehorende meetlocaties geselecteerd en zijn de meetwaarden van één uur voor tot één uur na de geregistreeerde tijd geplott in grafieken. Aansluitend zijn de gegenereerde grafieken bekeken om te zien of de gebeurtenis zichtbaar is in de verkeersdata of niet en zo ja of deze mogelijkwerijs door een algoritme gedetecteerd zou kunnen worden.

In figuur 13 t/m figuur 16 zijn voorbeelden gegeven van de gegenereerde grafieken. Het betreft hier de N211 (zuidelijke randweg Den Haag) tussen de A4 en de N222 (TR68 op de kaart in figuur 12) tijdens de ochtendspits op dinsdag 8 maart 2011. De opgetreden gebeurtenis werd gerapporteerd om 8:33 uur, maar is al 20 minuten eerder in de verkeersdata zichtbaar. In dit geval is hier dus winst te behalen in het tijdig opmerken van een gebeurtenis.

In figuur 13 zijn de gemeten reistijden weergegeven. Vanaf 8:15 uur is het begin van een extreme stijging waarneembaar. Een algoritme zou aan de hand hiervan rond 8:18 uur alarm kunnen slaan, ruim voor de inmelding van de gebeurtenis om 8:33 uur.

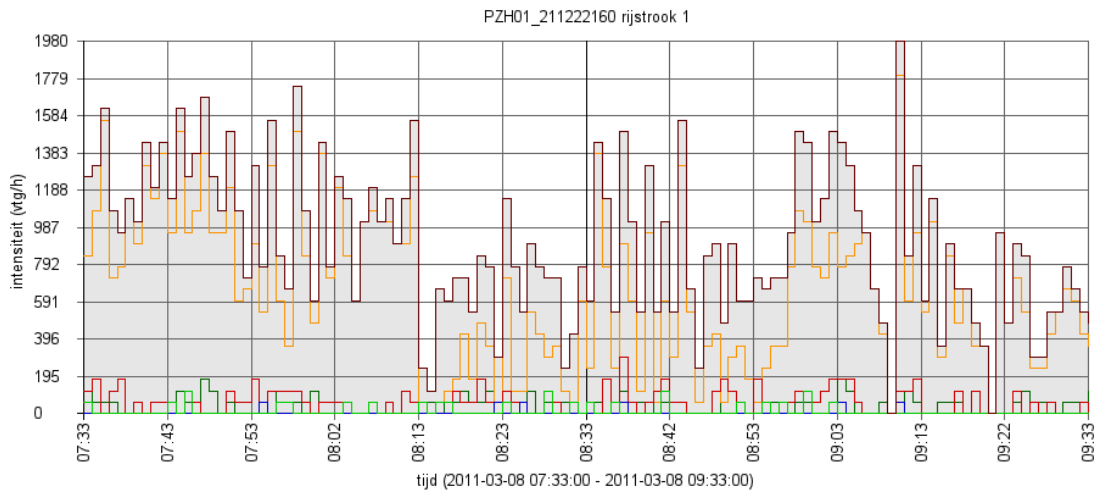


Figuur 13: reistijden

Figuur 14 laat de gemeten intensiteiten zien. Iedere lijn is een aparte voertuigklasse, onderverdeeld op basis van voertuiglengte. Deze onderverdeling is weergegeven in tabel 3. De bordeauxrode (bovenste) lijn is de som van alle voertuigklassen (inclusief niet-geclassificeerde voertuigen). Vanaf 8:13 uur is een sterke daling in de intensiteit zichtbaar.

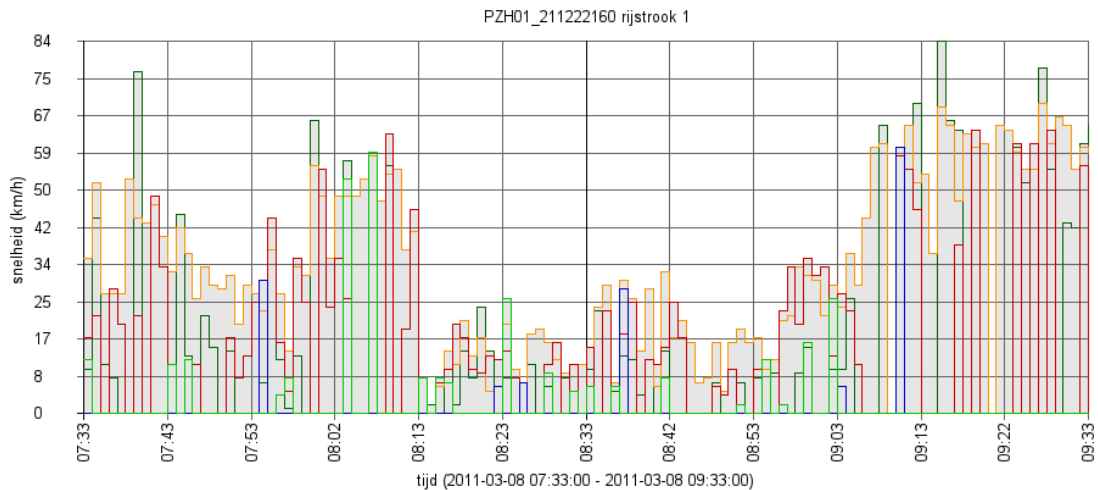
Tabel 3: Klasse indeling meetlussen (NDW, 2011d)

<i>Klasse</i>	<i>Omschrijving</i>	<i>Lengte-interval</i>	<i>Lijnkleur</i>
1	Motorfiets, scooter	1,85 m – 2,40 m	Donkergroen
2	Personenauto, bestelauto	2,40 m – 5,60 m	Oranje
3	Ongelede vrachtauto	5,60 m – 11,50 m	Rood
4	Ongelede autobus	11,50 m – 12,20 m	Blauw
5	Gelede vrachtauto	12,20 m – 18,00 m	Groen
-	Alle voertuigen (alleen voor intensiteit)	-	Bordeauxrood



Figuur 14: intensiteiten (iedere lijn is een voertuigklasse.; de bordeauxrode lijn is het totaal aantal geklasseerde en niet-geklasseerde voertuigen)

In figuur 15 worden de gemiddelde snelheden per voertuigklasse weergegeven. De meetpunten leveren geen informatie over de gemiddelde snelheid van alle voertuigen gezamenlijk. Ook hier is vanaf 8:13 uur een grote afname zichtbaar.



Figuur 15: snelheden (iedere lijn is een voertuigklasse)

Op basis van intensiteit en snelheid kan de dichtheid berekend worden aan de hand van vergelijking 1.

Vergelijking 1

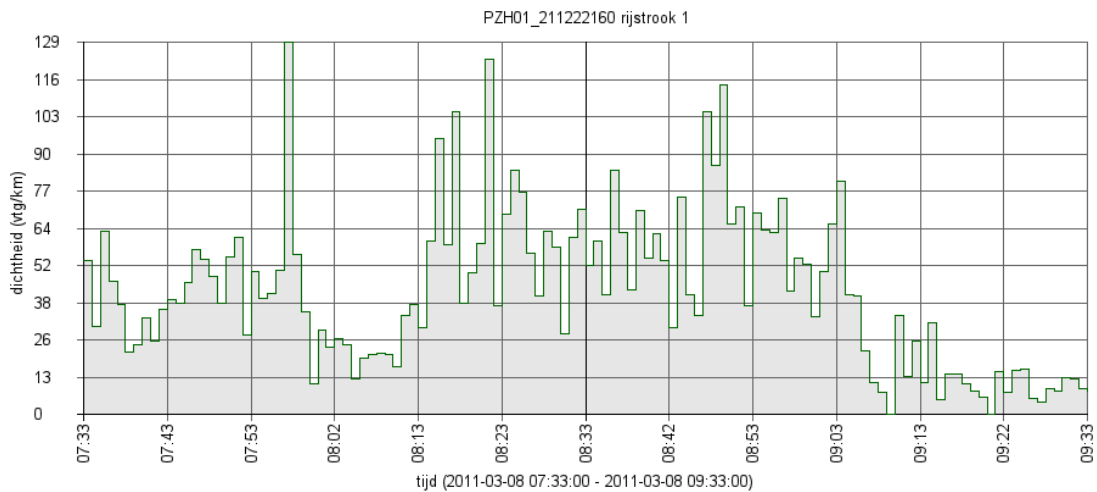
$$k = q_{tot} \cdot \frac{\sum_{i=1}^N q_i u_i}{\sum_{i=1}^N q_i}$$

Waarin:

- k dichtheid [vtg/km]
- q_{tot} totale intensiteit van geklasseerde en niet-geklasseerde voertuigen [vtg/u]
- q_i intensiteit voor voertuigklasse i [vtg/u]
- u_i gemiddelde snelheid voor voertuigklasse i [km/u]

Waarbij wordt opgemerkt dat alleen voertuigklassen worden meegenomen met een snelheid groter dan nul.

Voor de intensiteiten en snelheden uitgezet in figuur 14 en figuur 15 geeft dit de dichtheden zoals weergegeven in figuur 16. Net als de intensiteit worden deze dichtheidschattingen sterk beïnvloed door de aanwezigheid van verkeerslichten



Figuur 16: dichtheden (alle voertuigklassen)

6.2 Resultaten

Aan de hand van 95 geregistreerde incidenten tussen januari en juni 2011 van 6:30 tot 20:00 uur in het Westland zijn er in totaal een kleine duizend van de hiervoor besproken grafieken gegenereerd. Aan de hand van de locatie van een incident zijn hierbij de omliggende meetlocaties geselecteerd en voor deze meetlocaties per rijstrook grafieken gegenereerd voor de verschillende meetgrootheden.

Deze grafieken zijn individueel bekeken en voor ieder geregistreerd incident is subjectief een inschatting gemaakt of een automatisch gebeurtenisdetectiesysteem in staat zou kunnen zijn het betreffende incident te herkennen. Van deze 95 gebeurtenissen zijn er 40 in de verkeersgegevens zichtbaar. De overige 55 gebeurtenissen hebben geen grote gevolgen gehad voor de doorstroming van het verkeer, althans niet als dusdanig zichtbaar uit de verkeersgegevens.

Voor iedere zichtbare gebeurtenis is het eerste tijdstip waarop de gebeurtenis zichtbaar is vergeleken met het geregistreerde tijdstip van melding. Hieruit blijkt dat:

- 10 % meer dan een uur voor de incident melding gedetecteerd kan worden;
- 35 % tussen 1 uur en 16 minuten voor de incident melding gedetecteerd kan worden;
- 13 % tussen 15 minuten en 6 minuten voor de incident melding gedetecteerd kan worden;
- 20 % tussen 5 minuten en 0 minuten voor de incident melding gedetecteerd kan worden;
- 23 % na de incident melding gedetecteerd zou worden.

Dit betekent dat 57 %, iets meer dan de helft, van de gebeurtenissen die invloed hebben op de doorstroming van het verkeer (veel) eerder gedetecteerd kunnen worden uit actuele verkeersgegevens dan dat ze via de gebruikelijke informatiekanalen binnen komen. Hiermee

is gebeurtenisdetectie op basis van actuele verkeersgegevens zeker een waardevolle aanvulling voor het sneller op de hoogte gebracht worden van gebeurtenissen op het provinciale wegennet.

De grens van 5 minuten in de onderverdeling is gekozen omdat de NDW verkeersdata gemiddeld zo'n twee minuten vertraging heeft en een detectiealgoritme naar verwachting nog zo'n drie minuten nodig heeft om een gebeurtenis met zekerheid te kunnen vaststellen. Gebeurtenissen die minder dan zes minuten voor de geregistreerde melding in de verkeersgegevens zichtbaar zijn zouden dus tegelijk of pas na de gevestigde kanalen tot een melding leiden.

Noemenswaardig is dat gebeurtenissen veel minder zichtbaar zijn in de grafieken voor dichtheden dan in de grafieken voor snelheden en intensiteiten. Figuur 16 is hierbij een van de betere voorbeelden waarbij de gebeurtenis wel in de dichtheden te zien is, maar veel minder duidelijk dan de afwijkingen in snelheid en intensiteit. Aangezien het hier de ochtendspits betreft zou deze verhoging van dichtheid zelfs verward kunnen worden met een reguliere verhoging van dichtheid tijdens de spits.

Hiermee is de dichtheid, in vergelijking met autosnelwegen, veel minder geschikt als bron voor detectie van gebeurtenissen.

6.3 Conclusies

Uit de haalbaarheidanalyse blijkt dat gebeurtenisdetectie op provinciale wegen binnen Zuid-Holland (of in ieder geval in het Westland) van toegevoegde waarde is om tijdig op de hoogte gesteld te worden van dergelijke gebeurtenissen op de provinciale wegen.

Bestudering van de verkregen grafieken (voorbeelden figuur 13 t/m figuur 16, de overige grafieken zijn niet in dit rapport opgenomen) geeft aanleiding om de mogelijkheden voor een automatische detectiemethode verder te onderzoeken. De afwijkingen in het verkeersbeeld zijn in de meeste situaties extreem genoeg en daarmee duidelijk afwijkend van reguliere situaties om een detectiemethode op te kunnen baseren.

In het volgende hoofdstuk wordt de op basis van deze bevindingen ontwikkelde gebeurtenisdetectiemethode nader toegelicht.

7 Gebeurtenisdetectiemethode

In dit hoofdstuk is de ontwikkelde gebeurtenisdetectiemethode beschreven. Deze gebeurtenisdetectiemethode is geprogrammeerd in PHP (zie bijlage 5) en getest met alle beschikbare provinciale wegverkeersgegevens uit Zuid-Holland over de periode januari t/m september 2011. De resultaten van deze test zijn opgenomen in hoofdstuk 8.

7.1 Achtergrond

Men kan methoden voor gebeurtenisdetectie op verschillende manieren in categorieën indelen (zie ook paragraaf 4.2). Welke indeling men ook hanteert, het zijn vooral de methoden met een verkeerskundige achtergrond die in de praktijk gebruikt worden. Methoden met een wiskundige achtergrond zijn, hoewel beweerd wordt dat ze beter presteren (bijv. Wang e.a. (2008), Jeong e.a. (2011)), niet of nauwelijks op grote schaal of in de praktijk getest.

De bestaande detectiemethoden met een verkeerskundige achtergrond hebben vaak als nadeel dat deze per locatie gecalibreerd moeten worden. Hierdoor is de detectietijd en hoeveelheid valse alarmen voor een groot deel afhankelijk van het juist uitvoeren van deze calibratie. Daarnaast zijn bestaande methoden overwegend specifiek voor lokale of regionale omstandigheden ontwikkeld. Er zijn geen methoden gevonden die geschikt zijn voor provinciale wegen in combinatie met de beschikbare gegevensstromen.

Verder wordt breed ondersteund (Khoury e.a. (2003), Mahmassini e.a. (2004), Zheng e.a. (2007)) dat een combinatie van meerdere algoritmen leidt tot betere resultaten. Dat wat de een niet oppikt, wordt door de ander wellicht wel waargenomen. Hiermee is het totale systeem effectiever dan wanneer slechts één algoritme wordt ingezet. De meeste bestaande methoden maken gebruik van slechts één algoritme.

Omdat de dagelijkse files geen interessante informatie zijn voor wegverkeersleiders, zal onderscheid gemaakt moeten worden tussen deze dagelijkse files en daadwerkelijke gebeurtenissen waarover de wegverkeersleider wel geïnformeerd wil worden.

Met deze voorkennis is gesteld dat de hier voor provinciale wegen ontwikkelde detectiemethode op de volgende punten gebaseerd moet zijn:

- Eén methode voor alle provinciale wegen, ongeacht locatie van meetpunten;
- Combinatie van meerdere algoritmes die detectie op verschillende manieren uitvoeren;
- Geen handmatige calibratie per meetpunt;
- Onderscheid tussen dagelijkse files en niet-terugkerende gebeurtenissen.

7.2 Algoritmes

Een of meerdere algoritmes vormen het hart van iedere gebeurtenisdetectiemethode. Voor toepassing op provinciale wegen zijn zeven algoritmes overwogen, welke in deze paragraaf worden toegelicht.

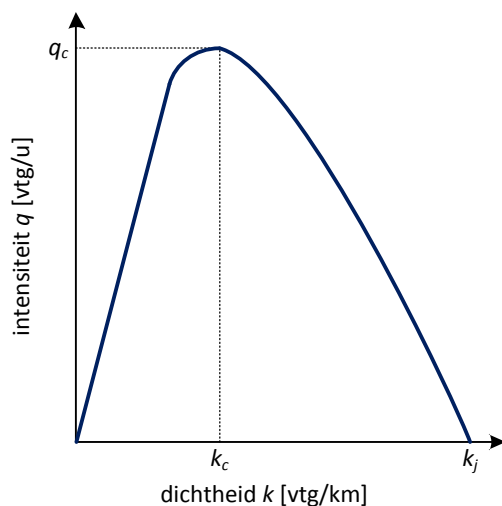
7.2.1 Algoritme 1: Fundamenteel diagram

Een aantal bestaande detectiemethoden voor autosnelwegen maken gebruik van de dichtheid (of de hieraan gerelateerde bezettingsgraad) als verkeersgrootte voor de detectie van gebeurtenissen (Parkany en Xie, 2005). Jin en Ran (2009) stellen een detectiealgoritme voor gebaseerd op de $q(k)$ relatie van het fundamenteel diagram, zie figuur 17. Dit algoritme is gebruikt intensiteit en dichtheid om aan de hand van het fundamenteel diagram vast te stellen of er sprake is van vrije doorstroming of congestie.

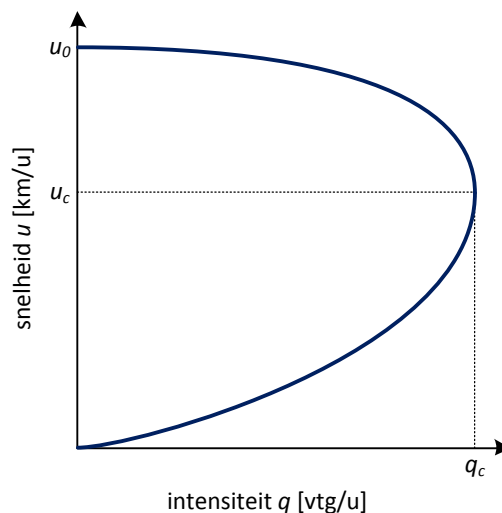
Belangrijke constatering uit het fundamenteel diagram zijn dat:

- Het verkeer vrije doorstroming ondervindt als intensiteit en dichtheid beide tegelijkertijd toenemen of tegelijkertijd afnemen;
- De verkeerstoestand verslechtert als tegelijkertijd de intensiteit afneemt en de dichtheid toeneemt;
- De verkeerstoestand verbetert als tegelijkertijd de intensiteit toeneemt en de dichtheid afneemt.

Door het vergelijken van zowel intensiteit als dichtheid van de vorige meetminuut met de intensiteit respectievelijk dichtheid van de huidige meetminuut kan men dus vaststellen op welke tak van het fundamenteel diagram men zich bevindt en een uitspraak doen over de huidige verkeerstoestand. Hierop is het algoritme van Jin en Ran (2009) gebaseerd.



Figuur 17: Fundamenteel diagram: intensiteit-dichtheid



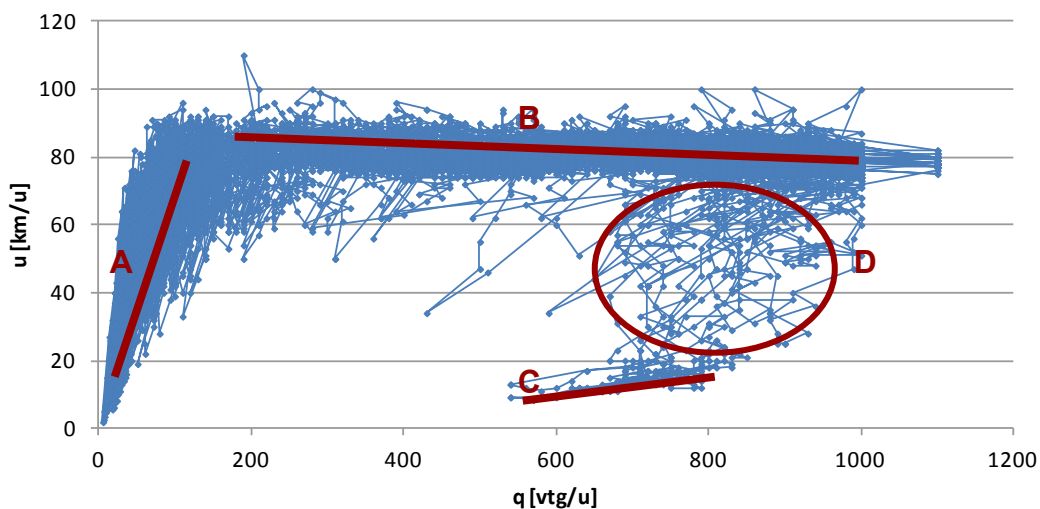
Figuur 18: Fundamenteel diagram: snelheid-intensiteit

Op provinciale wegen is de dichtheid echter niet veelzeggend (zie paragraaf 6.1), waardoor de $q(k)$ relatie voor toepassing niet heel bruikbaar is. Men kan echter vergelijkbare observaties doen op basis van de $u(q)$ relatie (figuur 18):

- Het verkeer ondervindt vrije doorstroming als tegelijkertijd de snelheid afneemt en de intensiteit toeneemt of als tegelijkertijd de snelheid toeneemt en de intensiteit afneemt;
- De verkeerstoestand verslechtert als tegelijkertijd de snelheid en intensiteit beide afnemen;
- De verkeerstoestand verbetert als tegelijkertijd de snelheid en intensiteit beide toenemen.

Omdat vooral de snelheid veel minder gevoelig is voor de aanwezigheid van onder andere verkeerslichten dan de intensiteit en zeker dichtheid, is de $u(q)$ relatie op provinciale wegen beter geschikt om vast te stellen hoe de verkeerstoestand zich ontwikkelt. Het hier voorgestelde algoritme schat op basis van intensiteit en snelheid in of er sprake is van vrije doorstroming of congestie, waarbij gebruik wordt gemaakt van de relatie tussen deze grootheden zoals bekend uit het fundamenteel diagram.

Vanwege de aard van provinciale wegen is de relatie tussen u en q lang niet zo helder als geschetst in figuur 18. De relatie bestaat echter wel degelijk, zoals te zien is in figuur 19. Onder de figuur zijn de verschillende aspecten ervan toegelicht.



Figuur 19: $q(u)$ relatie voor twee weken verkeersgegevens van een willekeurige rijstrook van een willekeurige lus

Lijn A geeft geen werkelijke situatie weer, maar is het resultaat van de filtering van de meetdata middels het exponentieel voortschrijdend gemiddelde. Deze filtering weegt de waarden van de voorafgaande meetminuten mee om ruis uit te filteren en een meer vloeiend verloop over de tijd te verkrijgen. Meer hierover verderop in paragraaf 7.3.2.

Vanaf het moment dat er geen verkeer meer wordt waargenomen, zullen intensiteit niet meteen als nul en *geen waarde* uit het filter komen, maar zal in enkele minuten tijd langzaam nul worden benaderd. Andersom zal, zodra er weer verkeer is, het enkele minuten duren om de juiste waarden te benaderen.

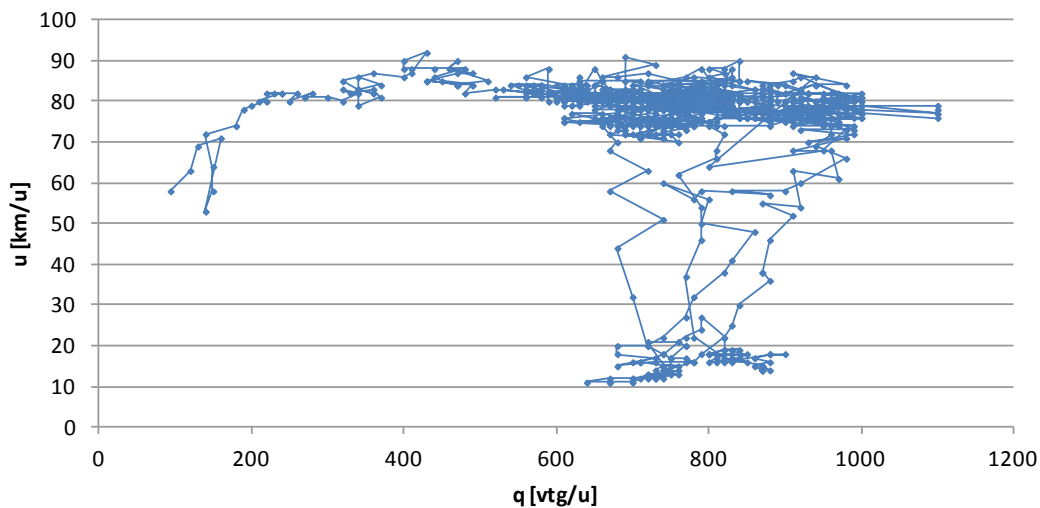
Uit verkeerskundig oogpunt is lijn A onzin. In werkelijkheid zal deze situatie zich niet voordoen en loopt lijn B door tot de verticale as.

Lijn B geeft de representatie van de tak van vrije doorstroming. Deze tak is duidelijk zichtbaar in de figuur, inclusief een lichte daling naar mate de intensiteit toeneemt. Enkele uitschieters daargelaten vallen de meeste waarden binnen een bandbreedte van 10 tot 15 km/h. Lijn B loopt vrijwel lineair door tot aan de maximale intensiteit die op dit wegvak behaald wordt. Deze is niet gelijk aan de maximale capaciteit van een rijstrook, maar wordt beperkt door de maximale capaciteit van de verkeerslichten op deze weg.

Lijn C geeft een gedeelte van de congestietak. Ondanks het lage aantal meetpunten komt ook deze tak duidelijk naar voren.

Gebied D geeft de overgang tussen vrije doorstroming en congestie. Omdat de maximale capaciteit van de rijstrook niet wordt gehaald, is geen sprake van een geleidelijk verloop zoals in figuur 18.

Als voorbeeld is verder in figuur 20 één dag van 5:00 tot 21:00 uur met gebeurtenis weergegeven. Hierin is minder sprake van grote puntenwolken en is het verloop van $q(u)$ enigszins beter zichtbaar.



Figuur 20: $q(u)$ relatie van een willekeurige dag met incident

Het algoritme meet de grootte van de verandering in zowel q en u . Indien de verandering als 'groot' wordt bestempeld, wordt gekeken in welke richting zich deze verandering heeft voorgedaan. Bij een kleine verandering wordt de toestand dan als gelijkblijvend bestempeld.

Aangezien de overgang tussen vrije doorstroming en congestie niet zuiver is, wordt hier niet specifiek aandacht aan besteed.

Alle mogelijke toestandwijzigingen zijn weergegeven in tabel 4. Voor iedere toestandwijziging zal het algoritme één van vier mogelijke statussen als resultaat geven.

Tabel 4: Overzicht toestandwijzigingen en bijbehorende algoritmestatus

<i>Intensiteit</i>	<i>Snelheid</i>	<i>Status</i>
↑	↑	file; verbeterend
↓	↑	vrije doorstroming
≈	↑	vrije doorstroming
↑	↓	vrije doorstroming
↓	↓	file; verslechterend
≈	↓	file; verslechterend
↑	≈	situatie ongewijzigd
↓	≈	situatie ongewijzigd
≈	≈	situatie ongewijzigd

Toelichting: ↑ toenemend; ↓ afnemend; ≈ ongeveer gelijkblijvend.

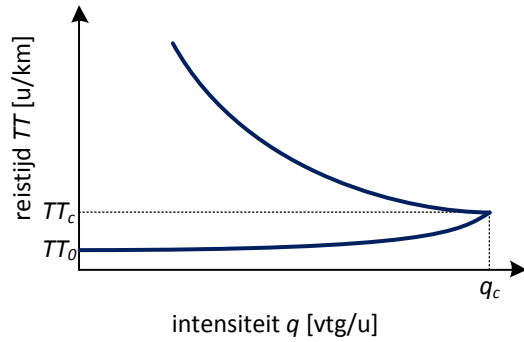
Het dient opgemerkt te worden dat bij (sterk) dalende snelheid en toenemende intensiteit ook een sprong kan plaatsvinden naar de congestietak van het fundamenteel diagram. Het algoritme zal dan toch aangeven dat er sprake is van vrije doorstroming. Dit is in de voorgestelde implementatie een geaccepteerde fout. Indien gewenst kan dit worden ondervangen door niet alleen een lage grenswaarde, maar ook een hoge grenswaarde voor snelheidsverandering te definiëren.

Behalve (afwijkende) gebeurtenissen zal dit algoritme ook de dagelijkse files detecteren. Dit komt omdat het algoritme alleen kijkt naar de actuele verkeersstoestand en niet naar de context waarin afwijkende toestanden optreden. Bij toepassing van dit algoritme in een gebeurtenisdetectiesysteem is dit een gegeven om rekening mee te houden.

7.2.2 Algoritme 2: Combinatie reistijdtrajecten – lussen

Op meerdere trajecten worden zowel reistijden ingewonnen als intensiteiten uit lussen. De gegevens uit deze twee verschillende bronnen kan men combineren om op een vergelijkbare manier als het $q(k)$ en $u(q)$ diagram conclusies te trekken over de toestand op de weg. Indien men de $TT(q)$ relatie (figuur 21) beschouwt, geeft deze dat:

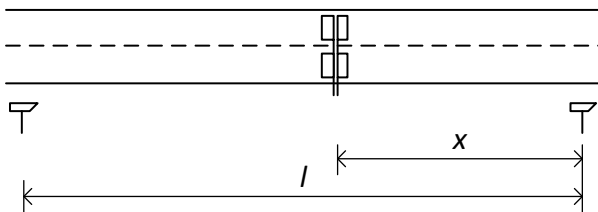
- Het verkeer vrije doorstroming ondervindt als reistijd en intensiteit beide tegelijkertijd toenemen of tegelijkertijd afnemen (reistijd kan ook gelijk blijven);
- De verkeersstoestand verslechtert als tegelijkertijd de reistijd toeneemt en de intensiteit afneemt;
- De verkeersstoestand verbetert als tegelijkertijd de reistijd afneemt en de intensiteit toeneemt.

Figuur 21: Reistijd-intensiteit relatie $TT(q)$

Deze relatie is niet direct toepasbaar op de meetwaarden die op een gegeven tijdstip t ontvangen worden. De gerealiseerde reistijden van minuut t hebben namelijk betrekking op een andere groep voertuigen dan de intensiteiten van een naburige lus in diezelfde minuut t . Alleen als de lus precies op aan het einde van een reistijdtraject ligt hebben beide meetwaarden op tijdstip t betrekking op dezelfde groep voertuigen, omdat alleen dan tegelijkertijd met het registreren van de reistijd tegelijkertijd het aantal voertuigen wordt gemeten.

Het is dus noodzakelijk om de tijdsduur te vinden tussen het passeren van een lus en het uitrijden van een reistijdtraject. Vervolgens kunnen reistijden gecombineerd worden met intensiteiten van precies deze tijdsduur eerder.

De tijd tussen het passeren van een lus en uitrijden van het reistijdtraject is niet bekend. Op basis van de reistijd TT , trajectlengte l en afstand tussen lus en trajecteinde x (zie figuur 22) kan deze tijd benaderd worden.

Figuur 22: Lus binnen een reistijdtraject van lengte l met afstand x tussen lus en trajecteinde

Voor deze benadering wordt aangenomen dat het traject met een ongeveer constante snelheid is afgelegd; dit hoeft lang niet altijd waar te zijn, maar is de best mogelijke benadering zonder aanvullende meetapparatuur. Het tijdstip van een intensiteitsmeting $t_{intensiteit}$ horende bij de reistijdmeting van $t_{reistijd}$ wordt dan gegeven door vergelijking 2.

Vergelijking 2

$$t_{intensiteit} = \text{afronden} \left(t_{reistijd} - TT \cdot \frac{x}{l} \right)$$

De benadering is niet exact en wordt onnauwkeuriger naar mate de lus verder van het begin of einde van het reistijdtraject af ligt. Alleen als de lus op het begin of eind van het reistijdtraject ligt, of als de gemiddeld gereden snelheid voor en na de lus gelijk is, kan $t_{intensiteit}$ exact worden bepaald.

Net als in geval van de $u(q)$ relatie wordt vastgesteld of de verschuiving groot of klein is, waarbij kleine verschuivingen als “gelijkblijvend” worden beschouwd. Alle mogelijke toestandwijzigingen zijn weergegeven in tabel 5. Voor iedere toestandwijziging zal het algoritme één van vier mogelijke statussen als resultaat geven.

Tabel 5: Overzicht toestandwijzigingen en bijbehorende algoritmestatus

<i>Intensiteit</i>	<i>Reistijd</i>	<i>Status</i>
↑	↑	vrije doorstroming
↓	↑	file; verslechterend
≈	↑	file; verslechterend
↑	↓	file; verbeterend
↓	↓	vrije doorstroming
≈	↓	vrije doorstroming
↑	≈	situatie ongewijzigd
↓	≈	situatie ongewijzigd
≈	≈	situatie ongewijzigd

Toelichting: ↑ toenemend; ↓ afnemend; ≈ ongeveer gelijkblijvend.

Ook hier is een mogelijke sprong naar de congestietak bij toenemende reistijd en intensiteit, waarbij het algoritme aangeeft dat er vrije doorstroming is, een geaccepteerde fout.

Dit algoritme is het meest gecompliceerd van alle zeven, omdat:

- Het tijdsverschil tussen intensiteit- en reistijdmeting van dezelfde groep voertuigen niet nauwkeurig kan worden bepaald;
- Het algoritme alleen gebruikt kan worden als alle vier benodigde meetwaarden op echte metingen gebaseerd zijn en niet bij een ontbrekende meting zijn herhaald;
- De afstand tussen lus en eindpunt van reistijdtraject niet nauwkeurig bekend is;
- Het technisch gecompliceerd is om de juiste intensiteitsmeting op te halen.

Vanwege deze factoren en beperkte tijd is besloten dit algoritme niet verder te implementeren en te testen.

7.2.3 Algoritme 3-4: Daling en stijging in snelheid en reistijd

Het begin van optreden van een afwijkende gebeurtenis kenmerkt zich vaak door een sterke afname van snelheid of een sterke toename van reistijd. Door het vergelijken van de meetwaarden van de afgelopen twee meetminuten kan worden vastgesteld of er sprake is van een sterke daling of stijging. Indien een dergelijke daling of stijging wordt waargenomen, geeft dit meer zekerheid dat er daadwerkelijk een is opgetreden en kan dit aanleiding zijn om eerder een melding voor deze gebeurtenis te genereren.

Wederom is hier snelheid verkozen boven dichtheid, omdat snelheidsdalen veel duidelijker en constanter aanwezig zijn in de verkeersgegevens dan pieken in de dichtheid. Zoals eerder vermeld is in de dichtheid zeer veel ruis aanwezig, waardoor deze nauwelijks geschikt is om beslissingen op te baseren.

Een stijging of daling kan gedefinieerd worden als de verhouding van het verschil tussen de huidige (S_t) en vorige waarneming (S_{t-1}) ten opzichte van de vorige waarneming. Er is sprake van een sterke stijging of daling als een bepaalde waarde over- (p_1) of onderschreden (p_2) wordt, zie vergelijking 3. p_1 en p_2 zijn te calibreren parameters.

Vergelijking 3

$$\frac{S_t - S_{t-1}}{S_{t-1}} \begin{cases} \geq p_1 \\ \leq p_2 \end{cases}$$

Deze algoritmen zijn bedoeld als ondersteuning van de andere algoritmes, om gebeurtenismeldingen sneller tot stand te laten komen in geval van een sterke daling of stijging van snelheid of reistijd. Omdat sterke dalingen en stijgingen niet bij alle gebeurtenissen en niet tijdens de gehele duur van een gebeurtenis voorkomen, zullen deze algoritmen niet in staat zijn om zelfstandig gebeurtenissen te detecteren.

7.2.4 Algoritme 5-7: Vergelijking met referentiesituatie

De voorgaande technieken zijn allen gebaseerd op het relatieve verloop van de meest recente verkeersgegevens. Als aanvulling daarop is ook een vergelijking toegevoegd van de actuele meetwaarden met de voor de betreffende meetlocatie normale waarden. Dit dient enerzijds als controlestroom en anderzijds voor de detectie van incidentele grote afwijkingen die zeer geleidelijk tot stand komen en niet door de andere algoritmes worden opgepikt.

De detectie is gebaseerd op het principe van over- of overschrijding van een bepaalde bandbreedte rond de referentietoestand. Intensiteit, snelheid en reistijd worden afzonderlijk gemonitord. Hoe deze referentietoestand tot stand komt wordt toegelicht in paragraaf 7.3.6.

Vergelijking van intensiteiten met de referentietoestand zal niet worden gebruikt voor de detectie van gebeurtenissen. Of er sprake is van verkeershinder kan immers niet worden afgelezen aan de intensiteit alleen. Dit algoritme kan wel als basis dienen voor een extra informatievoorziening naar de wegverkeersleider zodra er een gebeurtenis gedetecteerd is. Alleen afwijkingen in snelheid en reistijd worden gebruikt voor de gebeurtenisdetectie.

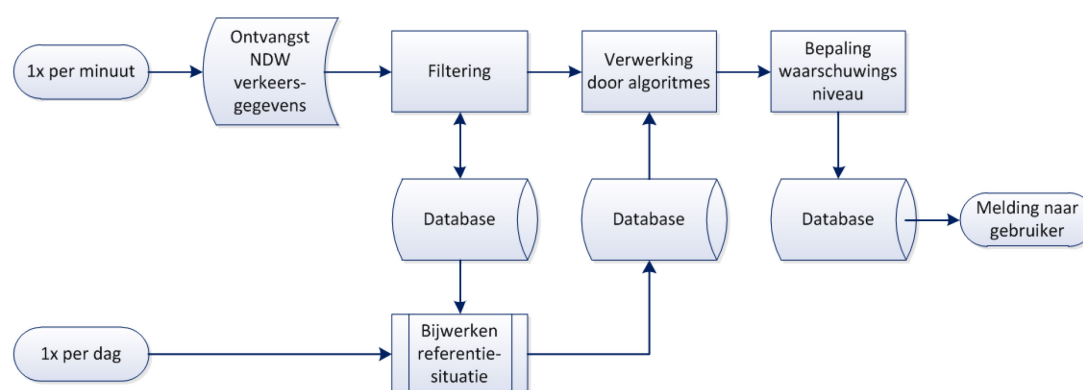
7.2.4.1 Aanpassing van algoritme 7

Na de eerste testrun van het detectiesysteem met de volledige set historische wegverkeersgegevens (zie bijlage 8) kwam naar voren dat algoritme 7 in geval van lange reistijdtrajecten slecht presteerde. Voor deze lange trajecten is de vaste grenswaarde te laag en leidt dit tot veel meldingen die kort stand houden (en dus niet interessant zijn).

Dit probleem is opgelost door aanpassing van het algoritme, waarbij de grenswaarde voor iedere locatie en meetminuut wordt bepaald als percentage van de normale reistijd. Om te voorkomen dat de grenswaarde juist heel klein wordt bij zeer korte trajecten wordt naast deze variabele grenswaarde een minimale grenswaarde gehanteerd.

7.3 Detectiemethode

De verschillende algoritmes zijn samengevoegd in een detectiemethode, waarbij de algoritmes tegelijkertijd actief zijn en allen bijdragen aan de detectie van gebeurtenissen. De detectiemethode omvat verder alle stappen tussen binnenkomst van de wegverkeersgegevens en het genereren van meldingen richting de eindgebruiker. In figuur 23 is een schematische weergave van het totale detectiesysteem weergegeven. Ieder onderdeel zal hierna afzonderlijk worden toegelicht.



Figuur 23: Schematische weergave detectiemethode

7.3.1 Ontvangst NDW verkeersgegevens

Eén keer per minuut worden door NDW de meest recente verkeersgegevens aan de afnemers (in dit geval PZH) aangeleverd. Deze gegevensaanlevering stelt de rest van de keten in werking. Bij ontvangst worden alleen de verkeersgegevens van meetlocaties die geselecteerd zijn voor gebeurtenisdetectie doorgegeven aan de rest van de keten. Daarnaast wordt de onderverdeling in voertuigklassen voor intensiteit- en snelheidsmetingen (zie tabel 3 op pagina 63) omgewerkt tot één waarde per rijstrook.

Voertuigklassen

Voor intensiteitsmetingen is er één klasse aanwezig waarin alle voertuigen zijn meegenomen en dus de totale verkeersintensiteit in voertuigen per uur omvat. Alleen deze specifieke waarde wordt doorgegeven aan het volgende onderdeel van het systeem.

Voor snelheidsmetingen is een dergelijke alomvattende klasse niet aanwezig. De gebruikte snelheidswaarde is het maximum van alle voertuigklassen met uitzondering van motoren, tenzij motoren de enige geregistreerde voertuigklasse zijn. Hiermee worden pieken door motoren die het overige verkeer inhalen genegeerd en wordt verder de maximumsnelheid gehanteerd die door het overige verkeer in de afgelopen minuut behaald is.

7.3.2 Filtering

De geselecteerde verkeersgegevens worden nu overgedragen naar het volgende systeemonderdeel, welk de gegevens verder zal filteren. De gefilterde verkeersgegevens worden hierna doorgegeven aan het volgende onderdeel en tevens voor iedere meetminuut opgeslagen in een database. Hieronder wordt de filtering verder toegelicht.

Door allerlei willekeurige verstoringen bevatten de gegevensstromen veel ruis. Om bruikbaar te zijn in een detectiealgoritme moet deze ruis uitgefilterd worden. Chassiakos en Stepahnedes (1992) stellen dat het exponentieel voortschrijdend gemiddelde een goed filter is voor verkeersgegevens. Aangezien het vinden van een geschikt filter een studie op zich kan zijn is deze aanbeveling overgenomen. Het optimaliseren van de filtering kan eventueel in een vervolgonderzoek worden uitgevoerd.

Het voordeel van het exponentieel voortschrijdend gemiddelde ten opzichte van andere filters (bijvoorbeeld het normale voortschrijdend gemiddelde) is dat de afzonderlijke meetwaarden uit de voorafgaande meetperioden niet bewaard hoeven worden; het is genoeg om de huidige meetwaarde en het vorige berekende gemiddelde te kennen.

Het exponentieel voortschrijdend gemiddelde (volgens Roberts (1959), genoemd in NIST/SEMATECH (2010)) is gegeven in vergelijking 4.

Vergelijking 4

$$S_t = \alpha \cdot X_t + (1 - \alpha) \cdot S_{t-1}$$

Waarin:

- S_t Exponentieel voortschrijdend gemiddelde op tijdstip t
- X_t Gemeten waarde op tijdstip t
- α Weegfactor tussen 0 en 1 [-]

De keuze voor eerste waarde van S_{t-1} is belangrijk, omdat het anders geruime tijd kan duren voordat de juiste gemiddelde waarden worden benaderd. Door hierbij het normale gemiddelde van bijvoorbeeld de eerste metingen te nemen kan een goede startwaarde worden verkregen.

De waarde voor α bepaalt hoe sterk de voorgaande waarnemingen meewegen in het huidige gemiddelde. Bij een kleine waarde van α is de filtering van ruis sterker, maar treedt er een vertraging op ten opzichte van de werkelijke waarnemingen. Een grote waarde voor α geeft niet of nauwelijks vertraging, maar een minder geleidelijk verloop. Verder is de nauwkeurigheid van S_{t-1} minder belangrijk naar mate α groter gekozen wordt.

De optimale waarde voor α kan op verschillende manieren bepaald worden, waaronder de kleinste kwadratenmethode of het vergelijkbare minimaliseren van de gemiddelde kwadratische fout.

De kwadratenmethode kan echter niet direct worden toegepast op het exponentieel voortschrijdend gemiddelde van Roberts. Dit is wel mogelijk op het aangepaste exponentieel voortschrijdend gemiddelde van Hunter (1986, genoemd in NIST/SEMATECH (2010)), waar in plaats van X_t voor X_{t-1} wordt genomen. Het gemiddelde van Hunter levert hier echter een onnodige minuut vertraging op, waarom hier voor de oorspronkelijke definitie van Roberts is gekozen.

Om toch een geschikte waarde voor α te vinden, is hiervoor een variant op de kleinste kwadratenmethode gebruikt. In plaats van de gefilterde waarde met de gemeten waarde te vergelijken (vergelijking 5), wordt de gefilterde waarde met beide hier om heen liggende waarden vergeleken (vergelijking 6 en figuur 24).

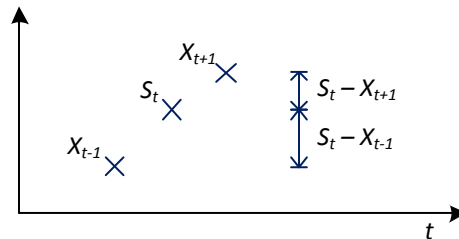
Door de totale som van kwadratische verschillen te minimaliseren vindt men dan een geschikte waarde voor α .

Vergelijking 5

$$\min\left(\sum (S_t - X_t)^2\right)$$

Vergelijking 6

$$\min\left(\sum (S_t - X_{t-1})^2 + (S_t - X_{t+1})^2\right)$$



Figuur 24: Principeschets variant kleinste kwadratenmethode

Deze variant op de kleinste kwadratenmethode is minder nauwkeurig, vanwege de geïmpliceerde aanname dat X_t precies tussen X_{t-1} en X_{t+1} in ligt. Dit is natuurlijk lang niet altijd waar. Toch levert deze methode goede resultaten, zoals te zien is in paragraaf 7.5.1, mede omdat de ordegraad van α belangrijker is dan de exacte waarde ervan in honderdsten nauwkeurig.

7.3.3 Verwerking door algoritmes

De gefilterde verkeersgegevens worden overgedragen aan het volgende systeemonderdeel dat de daadwerkelijke gebeurtenisdetectie uitvoert op basis van de zeven detectiealgoritmes. De werking van de algoritmes is toegelicht in paragraaf 7.2. De zeven algoritmes worden hier nog een keer opgesomd:

1. Wijziging van de verkeerstoestand op basis van $u(q)$ relatie (lussen);
2. Wijziging van de verkeerstoestand op basis van $TT(q)$ relatie (combinatie lussen + reistijden);
3. Sterke dalingen in snelheid (lussen);
4. Sterke stijgingen in reistijd (reistijden);
5. Grote onderschrijding van de normale intensiteit (lussen);
6. Grote onderschrijding van de normale snelheid (lussen);
7. Grote overschrijding van de normale reistijd (reistijden).

Ieder algoritme heeft als uitvoer een kwalitatieve toestand van de verkeersomstandigheden. Dit maakt het mogelijk om de uitkomsten van de verschillende algoritmes te combineren in de volgende stap van de detectiemethode. De verschillende toestanden per algoritme zijn op de volgende pagina beschreven.

Deze uitdrukkingen van (wijziging in) de verkeerstoestand worden per meetlocatie, per rijstrook overgedragen aan het volgende onderdeel.

De eerste twee algoritmen classificeren de huidige verkeersstoestand ten opzichte van de verkeersstoestand van de voorgaande minuut in vier mogelijke waarden (figuur 25 en figuur 26):

Goed

Indien er sprake is van vrije doorstroming of een overgang van de congestietak naar de tak van vrije doorstroming;

Verslechterend

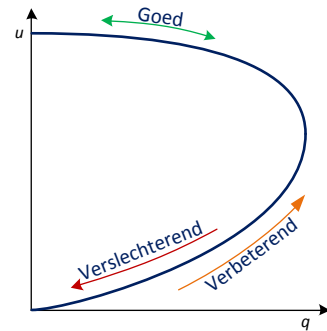
Indien de verandering plaatsvindt op de congestietak in afnemende richting (u/TT);

Verbeterend

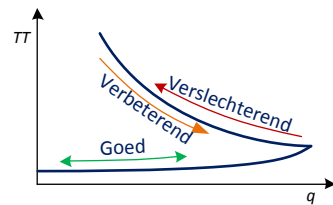
Indien de verandering plaatsvindt op de congestietak in toenemende richting (u/TT);

Gelijkblijvend

Als de verandering ten opzichte van de voorgaande meetminuut klein is, ongeacht congestietak of tak van vrije doorstroming. Dit geeft aan dat een van de vorige drie waarden gehandhaafd blijft.



Figuur 25: Voor algoritme 1



Figuur 26: Voor algoritme 2

De tweede twee algoritmen classificeren de huidige verkeersstoestand ten opzichte van de verkeersstoestand van de voorgaande minuut in drie mogelijke waarden (figuur 27 en figuur 28):

Verslechterend

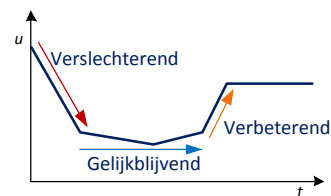
Als er sprake is van een sterke daling in snelheid of een sterke stijging in reistijd;

Verbeterend

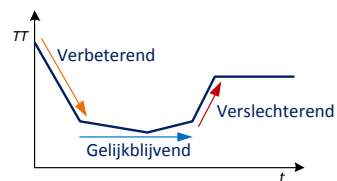
Als er sprake is van een sterke stijging in reistijd of een sterke daling in reistijd;

Gelijkblijvend

Als de verandering ten opzichte van de voorgaande meetminuut klein is.



Figuur 27: Voor algoritme 3



Figuur 28: Voor algoritme 4

De laatste drie algoritmen classificeren de afwijking van de huidige verkeersstoestand ten opzichte van de normale verkeersstoestand in drie mogelijke waarden (figuur 29):

Hoger

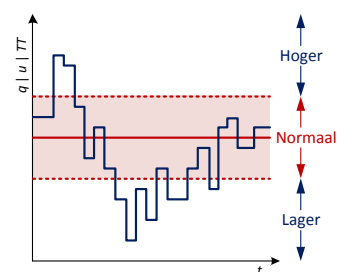
Als de gemeten waarde hoger ligt dan de referentiesituatie voor deze dag en tijd;

Lager

Als de gemeten waarde lager ligt dan de referentiesituatie voor deze dag en tijd;

Normaal

Als de gemeten waarde binnen een bepaalde bandbreedte rond de referentiesituatie voor deze dag en tijd ligt.



Figuur 29: Voor algoritmen 5, 6 en 7

7.3.4 Bepaling waarschuwingsniveau

In dit onderdeel worden de uitkomsten van de algoritmen toegepast op individuele meetlocaties en combinaties van meetlocaties. Hier worden de verschillende algoritmes dus gecombineerd, maar worden ook verschillende meetlocaties met elkaar gecombineerd. Voor iedere combinatie van (en individuele) meetlocaties wordt een zogenaamd waarschuwingsniveau bijgewerkt. Bij overschrijding van een bepaalde grenswaarde leidt dit tot het ontstaan van een gebeurtenismelding.

7.3.4.1 Combinatie van algoritmes

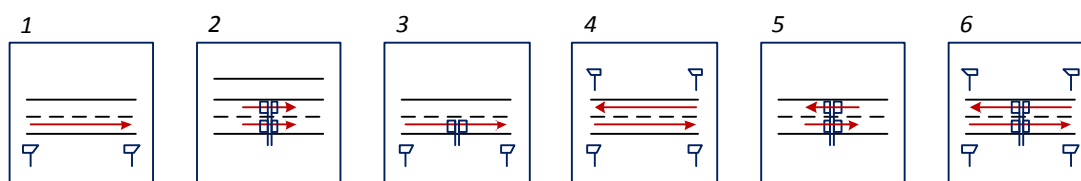
Per meetlocatie worden meerdere algoritmes tegelijkertijd ingezet. De zekerheid dat een gebeurtenis heeft plaatsgevonden is groter als dit door meerdere algoritmes wordt aangegeven, dan wanneer dit door slechts één algoritme wordt aangegeven. Er kan dan eerder tot het afgeven van een melding overgegaan worden.

Luslocaties maken gebruik van algoritmen 1, 3, 5 en 6. Reistijdtrajecten maken gebruik van algoritmen 4 en 7 en tevens van algoritme 2 indien een lus binnen het reistijdtraject valt.

7.3.4.2 Combinatie van meetlocaties

Het combineren van meerdere meetlocaties is al geïntroduceerd voor algoritme 2 ($TT(q)$ relatie). Meetlocaties kunnen ook op andere niveaus met elkaar gecombineerd worden. Hieronder is een opsomming gegeven van de verschillende niveaus (zie ook figuur 30):

1. Enkelvoudig reistijdtraject in één rijrichting;
2. Lussen van alle rijstroken in één rijrichting;
3. Combinatie van reistijdtraject met hier binnen liggende lussen in één rijrichting;
4. Dubbel reistijdtraject in beide rijrichtingen;
5. Lussen van alle rijstroken in beide rijrichtingen;
6. Combinatie van reistijdtraject met hier binnen liggende lussen in beide rijrichtingen.



Figuur 30: Combinaties van meetlocaties

Indien meerdere meetlocaties onafhankelijk van elkaar een gebeurtenis detecteren geeft dit meer zekerheid dat er daadwerkelijk iets aan de hand is dan wanneer op slechts één locatie iets wordt gedetecteerd. Door de verschillende locaties slim met elkaar te combineren kan een gebeurtenis sneller worden vastgesteld en melding gemaakt worden.

7.3.4.3 Waarschuwingsniveaus

Voor iedere combinatie van meetlocaties (inclusief individuele meetlocaties; waar vanaf hier over combinaties wordt gesproken omvat dit ook individuele locaties) wordt de actuele toestand uitgedrukt in een waarschuwingsniveau. De uitkomst van ieder algoritme draagt bij aan de hoogte van het waarschuwingsniveau. Indien een bepaalde grens wordt overschreden zullen meldingen voor de wegverkeersleider gegenereerd worden. Deze grens is vooraf vastgelegd, maar kan door de wegverkeersleider per meetlocatiecombinatie

afzonderlijk gewijzigd worden als de lokale situatie dit vereist. Hiermee kunnen combinaties die veel valse positieven genereren worden bijgesteld en kunnen traag reagerende combinaties worden aangescherpt.

De hoogte van de standaard grenswaarde is afhankelijk van het soort combinatie. Voor combinaties met veel verschillende meetlocaties kan sneller met zekerheid worden gezegd dat er zich een gebeurtenis heeft voorgedaan. Voor individuele rijrichtingen is meer tijd nodig om met zekerheid vast te stellen dat een gebeurtenis heeft plaatsgevonden.

De hoogte van de grenswaarde bepaalt de tijd die wordt afgewacht voordat een melding wordt gegenereerd. Als meerdere algoritmen aangeven dat er sprake is van een gebeurtenis, wordt deze grenswaarde sneller bereikt dan wanneer dit niet het geval is. Hierdoor wordt er sneller een melding gegenereerd als de zekerheid over het optreden van een gebeurtenis groter is. Dit draagt bij aan de betrouwbaarheid van het systeem en moet voorkomen dat wegverkeersleiders overspoeld raken door valse meldingen.

Zodra het waarschuwningsniveau terug valt naar nul komt de gedetecteerde gebeurtenis (en een eventueel afgegeven melding) te vervallen. De combinatie van meetlocaties die de melding heeft afgegeven is nu weer gereed om een nieuwe gebeurtenis te detecteren.

7.3.5 Melding naar gebruiker

De waarschuwingniveaus die iedere minuut worden bijgewerkt worden opgeslagen in een database. Op basis van de meest recente waarschuwingniveaus uit de database worden hier meldingen gegenereerd voor de gebruiker. In de simulatieopstelling is deze stap niet geïmplementeerd. In plaats daarvan zijn de waarschuwingniveaus van alle gesimuleerde meetminuten achteraf geanalyseerd. In een productieopstelling is dit de plaats van de interface naar de eindgebruiker.

7.3.6 Bijwerken referentiesituatie

Algoritmes 5, 6 en 7 doen hun werk op basis van het vergelijken van de huidige meetwaarden met een vastgelegde referentiesituatie per meetlocatie per rijstrook. Deze referentiesituatie wordt een keer per dag dynamisch bijgewerkt, op basis van alle in de database opgeslagen gefilterde verkeersgegevens van de afgelopen 24 uur. De nieuwe referentiesituatie wordt wederom in een database opgeslagen, zodat deze gebruikt kan worden door de genoemde algoritmes.

De referentiesituatie stelt de normale verkeerstoestand voor, op basis waarvan afwijkingen gedetecteerd kunnen worden. De verkeerstoestand is hierbij afhankelijk van onder andere de volgende factoren:

- Dag van de week;
- Weersomstandigheden;
- Vakantieperioden;
- Evenementen;
- Wegwerkzaamheden;
- Gedetecteerde gebeurtenissen.

Omdat tijdstip en zwaarte van de spitsen voor een groot deel afhankelijk zijn van de dag van de week (dinsdag en donderdag drukker, vrijdag eerder, nauwelijks in de weekeinden) is het noodzakelijk om voor iedere dag van de week een afzonderlijke referentie vast te leggen.

Zaken als weersomstandigheden, vakantieperioden, evenementen en wegwerkzaamheden zijn zeer moeilijk geautomatiseerd te verwerken zonder gebruikersinvoer vooraf. Om onderhoud van het systeem zo veel mogelijk te minimaliseren is gekozen om deze invloeden niet verder uit te filteren. Dit zal er toe leiden dat de vastgelegde referentiesituatie consequent afwijkt van de werkelijke 'normale situatie'. Voor snelheden zal de referentiesituatie wat lager zijn en voor reistijden wat hoger dan wanneer perioden met slechte weersomstandigheden, vakanties, etc. niet in de referentiesituatie worden meegenomen. Dit wordt echter gecompenseerd door de calibratieparameters van de algoritmes.

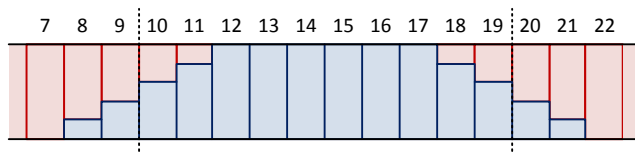
Verder is de verkeersdruk niet gedurende het hele jaar hetzelfde en kan deze ook ten opzichte van voorgaande jaren veranderen door economische ontwikkelingen. Hiertoe is het noodzakelijk om de referentietoestand dynamisch te maken, zodat deze mee kan bewegen met de verkeersontwikkelingen.

Voor deze zelflering wordt ook hier gebruik gemaakt van het exponentieel voortschrijdend gemiddelde (zie 7.3.2). Dit is ook hier gekozen omdat er geen noodzaak is oude waarden te bewaren; slechts het vorige berekende gemiddelde is genoeg om het nieuwe gemiddelde te berekenen. De waarde voor parameter α wordt uiteraard afzonderlijk gekozen van de parameters voor de filtering van nieuwe verkeersgegevens.

Het is niet bijzonder zinvol om de meetwaarde van minuut t te vergelijken met de opgeslagen referentiewaarde voor diezelfde minuut t . Daarom zijn de referentiewaarden geaggregeerd over een aantal minuten.

Een normaal gemiddelde voor deze aggregatie is niet geschikt bevonden. Dit leidt tot harde overgangen, waarbij er geen enkele relatie is tussen twee aangrenzende aggregaten. Indien bijvoorbeeld steeds het gemiddelde over minuut 10 t/m 19 wordt genomen, dan is er geen relatie met het gemiddelde van minuut 20 t/m 29.

Om dit effect te ondervangen is gebruik gemaakt van het trapeziumvormig gewogen gemiddelde. Dit is een gewogen gemiddelde waarbij de meetwaarden aan beide zijden van de aggregaatgrenzen een naar buiten toe afnemend gewicht toegekend krijgen. Deze techniek is geïllustreerd aan de hand van een voorbeeld in figuur 31, waarbij voor aggregaat 10-19 voor de minuten 12 tot en met 17 weegfactor 1 wordt gebruikt, voor minuten 11 en 18 weegfactor 0,8, voor minuten 10 en 19 weegfactor 0,6, voor minuten 9 en 20 weegfactor 0,4 en tot slot voor minuten 8 en 21 weegfactor 0,2. Voor samenstelling van het aggregaat worden dus waarden buiten de aggregaatgrenzen gebruikt, waardoor de afzonderlijke aggregaten een verband met elkaar behouden.



Figuur 31: Trapeziumvorming gewogen gemiddelde

Het is mogelijk om buiten de spitsen voor grotere aggregatievensters te kiezen dan binnen de spitsen. Omdat de waarden voor de referentietoestand al in twee richtingen afgevlakt zijn (over iedere minuut per meetwaarde en over achtereenvolgende dagen per aggregaat), zal

dit niet veel voordelen bieden. Om de implementatie niet onnodig ingewikkeld te maken is gekozen om het aggregatievenster over de gehele dag gelijk te houden.

7.4 Verificatie

Tijdens de verificatie is gecontroleerd of het script daadwerkelijk doet wat het zou moeten doen. De verificatie is afzonderlijk per scriptonderdeel uitgevoerd.

De berekeningen van de exponentieel voortschrijdende gemiddelden door het script voor zowel de filtering van binnenkomende data als het vastleggen van de referentiesituatie zijn gevalideerd op correct functioneren. Hiertoe zijn voor één lus en één reistijdtraject de exponentieel voortschrijdende gemiddelden handmatig berekend (in een spreadsheet) en vergeleken met de waarden die worden berekend door het script. De handmatige berekening bleek voor 100 % overeen te komen met de scriptuitvoer. Aangezien het script voor iedere meetlocatie hetzelfde doet, is hiermee aangetoond dat dit correct functioneert.

Voor de filtering van binnenkomende data is bij deze validatie een tijdvenster van 40 meetminuten beschouwd, inclusief opwarmperiode. Voor vastlegging van de referentie situatie zijn 10 achtereenvolgende dagen gebruikt, inclusief opwarmperiode. In de handmatige herberekening zijn de oorspronkelijke meetwaarden gebruikt, waarop de eerder beschreven rekenmethoden zijn toegepast.

De werking van de verschillende algoritmes is op plausibiliteit getoetst, door het vergelijken van de algoritme-uitkomsten met de gefilterde invoerwaarden voor één luslocatie en één reistijdtraject over een periode met een bekend incident. Het gedrag van de algoritmes komt hierbij overeen met wat men aan de hand van de verkeersgegevens zou verwachten.

7.5 Calibratie en scriptparameters

Tijdens de calibratie is gezocht naar geschikte scriptparameters. In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van de aanwezige scriptparameters, welke waarden hiervoor gekozen zijn en hoe deze tot stand zijn gekomen.

7.5.1 Filtering binnenkomende verkeersgegevens

De binnenkomende verkeersgegevens worden gefilterd op uitschieters (ruis) door middel van het toepassen van het exponentieel voortschrijdend gemiddelde, zie paragraaf 7.3.2. De hiervoor benodigde waarde voor α is geschat voor intensiteit, snelheid en reistijd afzonderlijk.

Voor de schatting van α zijn twee afzonderlijke periodes van 1 dag beschouwd, één met en één zonder gebeurtenis, voor een lus en een reistijdtraject. Hierbij is gebruikt gemaakt van de variant op de kleinste kwadratenmethode, zoals toegelicht in paragraaf 7.3.2. Voor intensiteiten leverde dit $\alpha = 0,15$, voor snelheden $\alpha = 0,25$ en voor reistijden $\alpha = 0,50$. Hieruit wordt nogmaals duidelijk dat de intensiteitgegevens zeer veel ruis bevatten, waardoor een lage α -waarde noodzakelijk is.

Er is rekening gehouden met een opwarmperiode van 4 minuten. Het normale gemiddelde van deze eerste vier minuten wordt genomen als startwaarde voor het exponentieel voortschrijdend gemiddelde. Hiermee wordt een goede startwaarde voor het exponentieel voortschrijdend gemiddelde verkregen.

Dit is vooral van belang voor intensiteiten, daar de invloed van de startwaarde pas na 12 minuten net zo groot is als de invloed nieuw toegevoegde waarde. Indien het exponentieel voortschrijdend gemiddelde wordt gestart met een willekeurige waarde, dan kan de benodigde opwarmtijd t bepaald worden uit vergelijking 7. Hierin wordt de bijdrage van de startwaarde $(1-\alpha)$ over de te bepalen opwarmtijd t gelijk gesteld aan de bijdrage van een nieuwe meetwaarde (α) . Voor intensiteiten levert dit een opwarmtijd van 11,7 minuten, voor snelheden 4,8 minuten en voor reistijden 1 minuut.

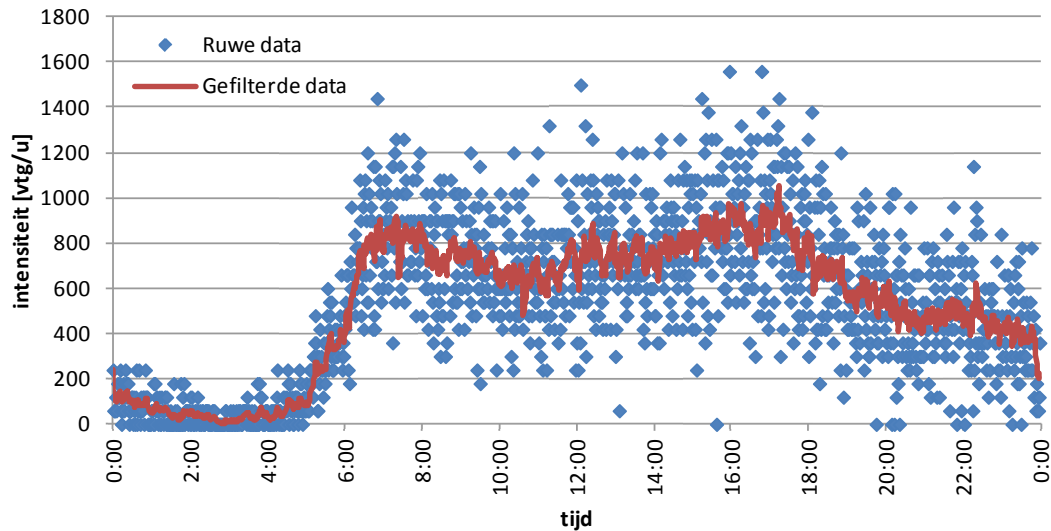
Vergelijking 7

$$(1 - \alpha)^t = \alpha$$

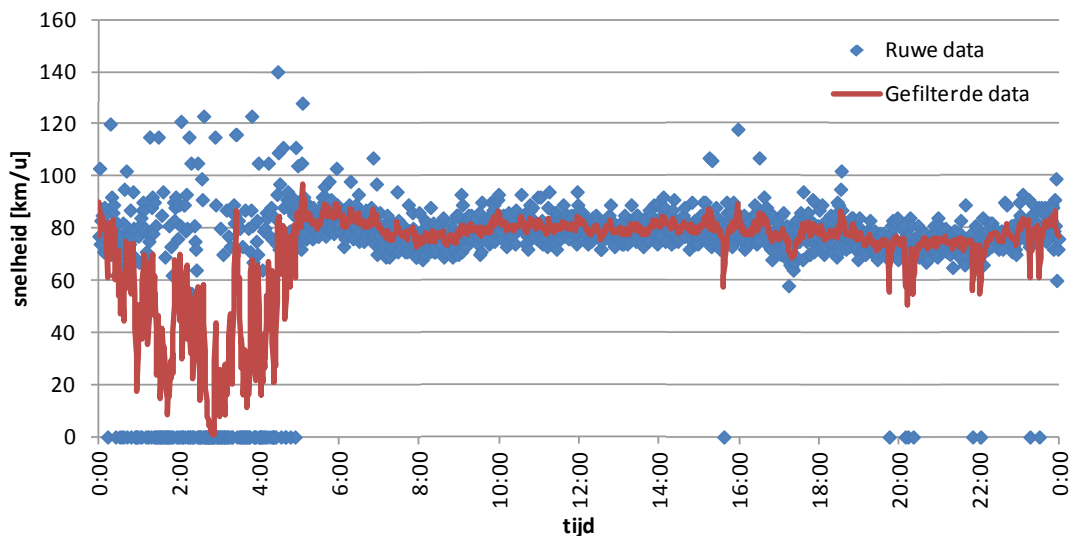
Deze opwarmperiode (waarvan de lengte arbitrair gekozen) bepaalt de startwaarde voor het eerste exponentieel voortschrijdend gemiddelde: het normale gemiddelde van de meetwaarden van deze 4 minuten. Door in deze opwarmperiode het normale gemiddelde te nemen kan de opwarmtijd voor in het bijzonder intensiteiten behoorlijk verkort worden. Indien direct zou worden gestart met het exponentieel voortschrijdend gemiddelde, zijn voor intensiteiten (vanwege de lage waarde van α) twaalf minuten nodig

Voor de verdere scriptwerking is tot slot een stopcriterium van 10 minuten vastgesteld. Indien een meetlocatie geen of foutieve data levert, wordt de laatst waargenomen waarde voor maximaal 10 minuten herhaald. Na deze 10 minuten vervalt de meetwaarde en is een nieuwe opwarmperiode vereist, waarin geen detectie voor deze meetlocatie kan plaatsvinden.

Hierna zijn enkele voorbeelden van het resultaat van de filtering opgenomen. Figuur 32 heeft betrekking op intensiteiten, waarin duidelijk de grote hoeveelheid ruis in de meetdata zichtbaar is. In figuur 33 is te zien dat het filter snel reageert op grote verschillen in gemeten snelheid. Tot slot laat figuur 34 zien dat reistijden constant worden gehouden op het moment dat geen reistijdinformatie beschikbaar is.

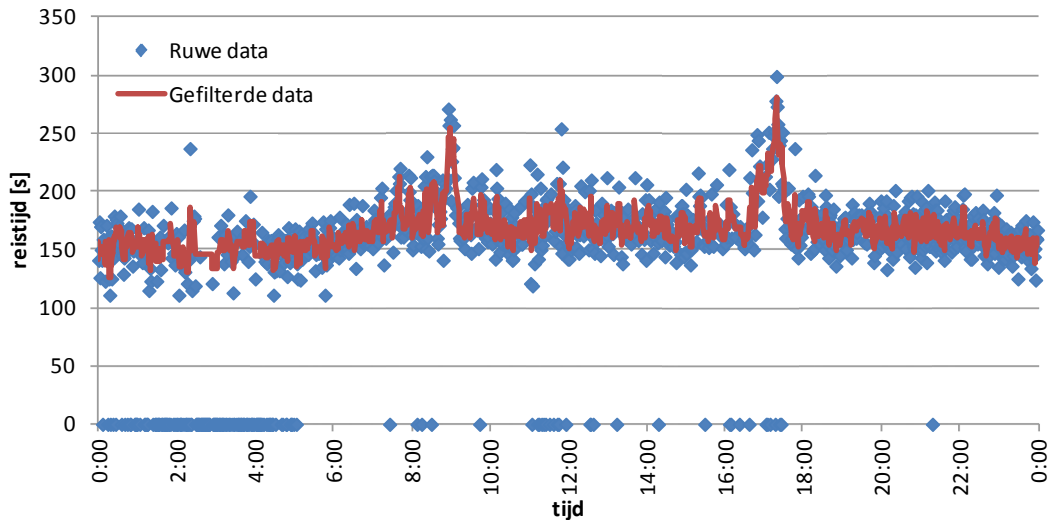


Figuur 32: Voorbeeld filterresultaat voor intensiteiten



Figuur 33: Voorbeeld filterresultaat voor snelheden

In figuur 33 is sprake van sterke pieken en dalen tussen 0:00 en 5:00 uur. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat er in de historische verkeersdata geen onderscheid wordt gemaakt tussen stilstaand en geen verkeer. Volgens de NDW Interface Beschrijving (NDW, 2010) zou bij stilstaand verkeer de waarde 0 en bij geen verkeer de waarde -1 moeten worden doorgegeven. In de historische data is in beide situaties echter waarde 0 gebruikt. Het gefilterde resultaat tussen 0:00 en 5:00 uur is dus aan waarheid grenzende waarschijnlijkheid incorrect, maar de daadwerkelijk juiste situatie is niet te achterhalen. Dit voorbeeld laat wel goed zien hoe het filter reageert op grote veranderingen, welke ook in de gefilterde gegevens zichtbaar blijven.



Figuur 34: Voorbeeld filterresultaat voor reistijden

Voor reistijden is, in tegenstelling tot snelheden, wel duidelijk wanneer er geen verkeer wordt waargenomen. Op deze momenten wordt als waarde voor de reistijd -1 doorgegeven. Hierdoor is er in figuur 34 geen sprake van sterke dalen in situaties zonder verkeer, maar wordt de laatst bekende meetwaarde nog enige tijd herhaald, zoals te zien is rond 3:00 uur.

7.5.2 Filtering foutieve meetwaarden

Naast filtering op ruis worden binnenkomende verkeersgegevens gescreend. Waarden die aangemerkt zijn met een foutvlag worden niet meegenomen in de verdere verwerking. Ditzelfde geldt voor waarden met een te hoge standaardafwijking of een te lage door de dataleverancier aangegeven datakwaliteit.

Voor reistijdmetingen worden alle meetwaarden met een standaardafwijking groter dan twee minuten (120 s) niet meegenomen. Voor intensiteiten en snelheden zijn geen standaardafwijkingen beschikbaar, waardoor hier verder niet op gefilterd wordt.

Verder wordt voor alle meetwaarden een minimale door de leverancier aangegeven datakwaliteit van 75 % vereist, als dergelijke informatie beschikbaar is. Deze waarden zijn arbitrair gekozen, daar deze kwaliteitsinformatie op dit moment niet gestandaardiseerd is en er geen exacte betekenis van deze waarden bekend is. Er wordt echter aangenomen dat meetwaarden waarvan is aangegeven dat ze van lage kwaliteit zijn, ook inderdaad van lage kwaliteit zijn en niet moeten worden gebruikt.

7.5.3 Calibratie referentiesituatie

De vastgelegde referentiesituatie is de basis voor de werking van algoritmes 5, 6 en 7. Deze referentiesituatie is zelflerend en neemt nieuwe verkeersgegevens steeds mee, door toepassing van eveneens het exponentieel voortschrijdend gemiddelde.

Voor de bepaling van α zijn wederom twee lussen en twee reistijdtrajecten beschouwd en wel voor het aggregaat 8:00-8:09 uur. Omdat de referentiesituatie slechts eenmaal per week wordt bijgewerkt, is een periode van 6 maanden hiervoor beschouwd (effectief 23 aggregaten per locatie). De bepaling van α is verder vergelijkbaar met deze voor

binnenkomende verkeersdata, zie paragraaf 7.5.1. Tijdens de scriptontwikkeling is aangenomen dat de waarde van α voor intensiteit, snelheid en reistijd gelijk kunnen zijn. De gevonden waarden, voor intensiteiten $\alpha = 0,27$, voor snelheden $\alpha = 0,22$ en voor reistijden $\alpha = 0,29$, tonen aan dat dit inderdaad zo is, waardoor de uiteindelijke α op 0,25 is gesteld.

Ook voor de referentiesituatie wordt een opwarmperiode in acht genomen. Aangezien de waarden slechts eenmaal per week worden bijgesteld, zou een opwarmperiode van 4 waarden betekenen dat pas na een maand een referentiesituatie beschikbaar is. Dit is ondervangen door een opwarmperiode te kiezen van 7 achtereenvolgende dagen, waarbij dezelfde startwaarde wordt genomen voor alle dagen in de week. Pas na deze opwarmperiode zullen de verschillende dagen zich differentiëren, maar de referentiesituatie is veel eerder beschikbaar.

7.5.4 Aggregatie trapeziumvormig gewogen gemiddelde

De referentiesituatie is vastgelegd in aggregatiestappen van 10 minuten, waarbij aan beide zijden de twee buitenliggende meetwaarden mee te laten wegen, zoals ook weergegeven in figuur 31. Dit aggregatievenster is arbitrair gekozen en niet verder geoptimaliseerd.

7.5.5 Calibratie algoritmes

Ieder algoritme bevat parameters die geschat moeten worden voor een optimale werking. De beschikbare parameters en de uiteindelijk gekozen waarden zijn weergegeven in tabel 6. Hieronder wordt toegelicht hoe de bepaling van deze parameters tot stand is gekomen.

Omdat de prestatie van het systeem tevens afhankelijk is van de calibratie van de waarschuwingsniveaus (zie paragraaf 7.5.6), is het niet noodzakelijk om de parameters van de algoritmes zeer nauwkeurig te bepalen. Het is in deze stap juist verstandig om wat meer detecties door te laten, om zo ook de gebeurtenissen met een kleinere invloed door te laten. Hierdoor kan de uiteindelijke detectie net wat sneller plaatsvinden. Valse positieven worden in de volgende stap weer uitgefilterd.

Tabel 6: algoritmeparameters

Algoritme	Parameter 1	Parameter 2
1	Bandbreedte intensiteit: ± 10 vtg/u	Bandbreedte snelheid: ± 8 km/h
2	<i>Niet geïmplementeerd</i>	
3	Bandbreedte snelheid: $+ 5$ km/h	Bandbreedte snelheid: $- 5$ km/h
4	Bandbreedte reistijd: $+ 30$ s	Bandbreedte reistijd: $- 30$ s
5	<i>Niet van toepassing voor gebeurtenisdetectie</i>	
6	Bandbreedte snelheid: $+ 120$ km/h	Bandbreedte snelheid: $- 25$ km/h
7	Bandbreedte reistijd: $+ 150$ s	Bandbreedte reistijd: $- 3600$ s

Deze optimalisatie is door middel van simulatie van verschillende parameters uitgevoerd. Voor ieder algoritme zijn voor verschillende (combinaties van) parameters het aantal detecties en de totale tijdsduur van alle detecties bepaald. Dit is verder uitgesplitst in detecties van maximaal 3 minuten en detecties langer dan drie minuten. Gebeurtenissen die maximaal 3 minuten stand houden zijn nooit interessant voor een wegverkeersleider en dienen dan ook zo veel mogelijk beperkt te worden. Tegelijkertijd moeten de detecties die lang stand houden (en dus terecht zijn) zo weinig mogelijk beïnvloed worden.

De resultaten van deze simulaties zijn opgenomen in bijlage 6. De uiteindelijke parameterkeuze dient vooral ook op basis van gezond verstand gemaakt te worden. De gevonden getalswaarden zijn daarbij een hulpmiddel om inzicht te krijgen in de gevolgen van het wijzigen van een parameter. Tijdens de calibratie van waarschuwningsniveaus zijn nog enkele parameters bijgesteld; de definitieve waarden zijn in tabel 6 opgenomen.

Om wachttijden te verkorten (simulatie van één week verkeersdata duurt ongeveer 12 minuten) zijn de simulaties beperkt tot de verkeersgegevens van 20 t/m 26 april 2011. In deze periode hebben zich relatief veel gebeurtenissen voorgedaan, waardoor deze dataset zo veel mogelijk verschillende situaties omvat.

7.5.6 Calibratie grenswaarden waarschuwningsniveau

De prestatie van het detectiesysteem is verder afhankelijk van de hoogte het waarschuwningsniveau waarop een melding gegenereerd wordt. Deze laatste calibratiestap compenseert tevens suboptimale algoritmeparameters door het waarschuwningsniveau hoger of lager in te schalen. Voor iedere verschillende soort combinatie van meetpunten (zie paragraaf 7.3.4.2) is een afzonderlijke grenswaarde voor het waarschuwningsniveau bepaald waar bij overschrijding hiervan meldingen worden gegenereerd.

Ook hier is optimalisatie door middel van simulatie gekozen, waarbij gekeken is naar hoe lang een melding stand houdt. Grenswaarden voor het waarschuwningsniveau zijn dusdanig gekozen dat meldingen die kort stand houden geminimaliseerd worden, zonder (te veel) ten koste te gaan van andere meldingen. Daarbij moet het aantal meldingen per uur voor een wegverkeersleider te behappen zijn.

De resultaten van deze iteratie zijn opgenomen in bijlage 7. In een uiteindelijke implementatie moet het voor de wegverkeersleider mogelijk zijn om per afzonderlijke combinatie van meetlocaties de grenswaarde bij te stellen. Omdat het verkeer niet overal hetzelfde is, kan het voorkomen dat een bepaalde locatie veel valse positieven genereert, terwijl een andere locatie geen melding geeft terwijl er wel iets aan de hand is. Door grenswaarden individueel bij te regelen kan het systeem werkbaar en bruikbaar worden gehouden, zonder dat dit invloed heeft op de prestatie van andere locaties.

8 Resultaten

Na volledige calibratie van het gebeurtenisdetectiesysteem (zoals beschreven in hoofdstuk 7) zijn enkele testruns uitgevoerd met de complete historische dataset van januari t/m september 2011. Bij deze testruns is gekeken naar aantallen en lengte van gebeurtenismeldingen en zijn de individuele gebeurtenismeldingen (van januari t/m juni) vergeleken met de lijst met bekende incidenten die is bijgehouden in het kader van incident management.

8.1 Aanpassing algoritme 7

Uit de eerste testrun volgde dat enkele relatief lange reistijdtrajecten voor veel detecties zorgden. Deze observatie heeft aanleiding gegeven tot de aanpassing van algoritme 7, zoals beschreven in paragraaf 7.2.4.1. Uit de tweede testrun bleek dat deze aanpassing resulteerde in een reductie van het aantal detecties met 10 %. De detectie van bekende incidenten werd door de aanpassing nauwelijks beïnvloed, waarna besloten is het gewijzigde algoritme te handhaven. Meer details hierover zijn opgenomen in bijlage 8.

8.2 Bekende incidenten

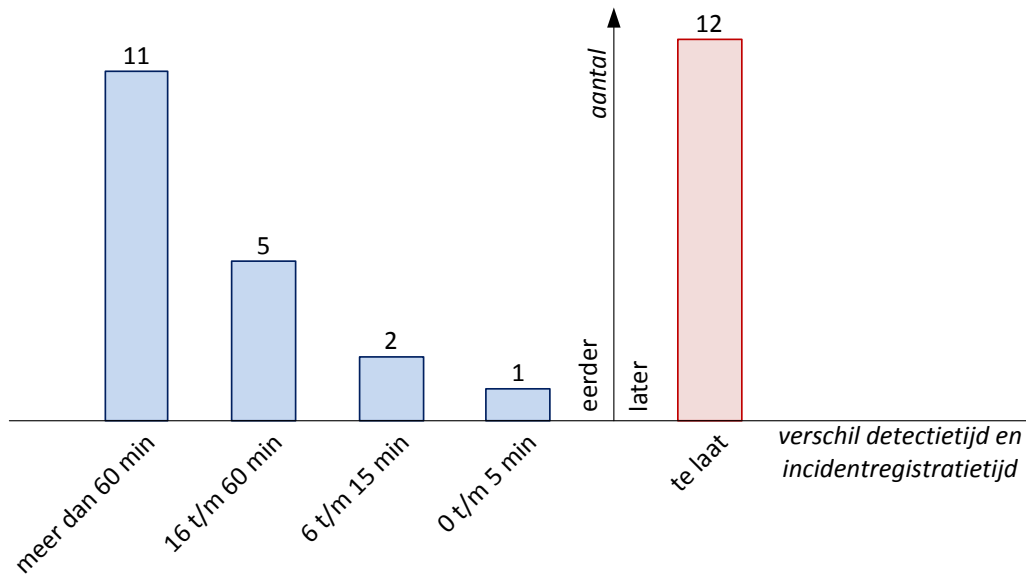
Bij de haalbaarheidanalyse (zie hoofdstuk 6) is geschat dat 40 bekende incidenten door het gebeurtenisdetectie systeem achterhaald moeten kunnen worden, twijfelgevallen en korte verstoringen inbegrepen. Uiteindelijk blijkt dat het incidentdetectie systeem 23 van deze 40 gebeurtenissen kan achterhalen.

Aan de andere kant zijn er 8 nieuwe gebeurtenissen van de incident management lijst naar voren gekomen die tijdens de haalbaarheidanalyse niet zijn opgemerkt. Vijf hiervan zijn meer dan een uur voor de incident melding ontstaan. Hierdoor valt het ontstaan van de gebeurtenis buiten het interval dat is bekeken in de haalbaarheidanalyse en zijn deze gebeurtenissen daar niet opgemerkt. In de overige drie gevallen heeft de detectie plaatsgevonden op een meetlocatie die in de haalbaarheidanalyse net buiten de locatieselectie is gevallen.

De afname van het aantal gedetecteerde bekende incidenten kan verklaard worden doordat de tijd-tot-detectie met ~11 minuten langer is dan de vooraf geanticipeerde 3 minuten. Verder zorgen de vrij hoge grenswaarden ervoor dat de eerder genoemde twijfelgevallen, waarbij er slechts beperkte impact op de doorstroming is geweest, niet worden gedetecteerd.

Van de 40 incidenten uit de haalbaarheidanalyse is geschat dat 57 % hiervan eerder kan worden gedetecteerd dan het registratietijdstip van de incident melding (zie paragraaf 6.2). Van de 31 door het gebeurtenisdetectiesysteem herkende incidenten wordt 61 % eerder gedetecteerd dan het registratietijdstip van de incident melding. Dit is dus volledig in lijn der verwachtingen. In figuur 35 is voor deze 31 bekende incidenten aangegeven wat de tijdwinst

is die het gebeurtenisdetectiesysteem kan realiseren ten opzichte van de gangbare informatiekanaal ten tijde van het optreden van de betreffende gebeurtenissen.



Figuur 35: Tijdwinst gebeurtenisdetectiesysteem voor bekende incidenten

8.3 Korte detecties

Er blijkt er een groot aantal korte detecties te zijn. Dit zijn gebeurtenismeldingen die binnen enkele minuten na het afgeven ervan weer ingetrokken worden. Voor wegverkeersleiders zijn dit soort meldingen bijzonder irritant; tegen de tijd dat ze de melding nagetrokken hebben is de verkeerstoestand alweer teruggekeerd naar normaal. 27 % van alle detecties zijn korte detecties die ten hoogste vijf minuten stand houden.

Helaas is het onmogelijk om de korte meldingen volledig te onderdrukken. De enige mogelijkheid om dit te doen is langer af te wachten alvorens een melding af te geven. Dit heeft echter als gevolg dat belangrijke meldingen ook langer op zich laten wachten. Daarnaast zullen meldingen die eerst een minuut of tien stand houden een nieuwe categorie korte meldingen gaan vormen.

Dit probleem blijft dus altijd een compromis tussen het beperken van de tijd tot detectie en het beperken van de hoeveelheid korte meldingen. Het probleem wordt versterkt door de relatief lage dichtheid van meetlocaties op provinciale wegen, waardoor vaak de beslissing om een melding af te geven op één enkele meetlocatie gebaseerd is. Meer details over korte meldingen, inclusief enkele grafische voorbeelden, zijn opgenomen in bijlage 9.

8.4 Hoeveelheid meldingen

Voor de periode januari t/m september 2011 komt het systeem bij gebruikmaking van alle algoritmes op 1006 gebeurtenisdetecties tussen 7:00 en 18:30 uur in het Westland. Dit zijn gemiddeld iets minder dan 4 detecties per dag. Een 'detectie' is hierbij gedefinieerd als een opgetreden gebeurtenis op één specifieke meetlocatie. Regelmatig zullen meerdere detecties betrekking hebben op hetzelfde traject en elkaar dus overlappen. Het aantal gegenereerde meldingen zal hierdoor lager liggen, in de ordegrootte van 3 per dag. Uiteraard zal het aantal meldingen per dag verschillen. Het grootste aantal detecties per dag ligt rond ordegrootte 10; er zijn ook dagen zonder enige gedetecteerde gebeurtenissen. Deze meldingaantallen moeten normaliter af te handelen zijn door één enkele wegverkeersleider.

Men dient zich echter te realiseren dat deze aantallen betrekking hebben op enkel het Westland. Afgaande op de geregistreerde incidenten van geheel 2011 heeft 23,4 % hiervan plaatsgevonden in het Westland. Als deze verdeling wordt aangehouden voor alle gebeurtenissen, zal het aantal meldingen als het systeem voor de gehele provincie wordt ingezet uit komen op gemiddeld 13 per dag. Op rustige dagen is dit nog acceptabel, op drukke dagen is het aantal meldingen echter zeer zeker te hoog voor één wegverkeersleider.

Het aantal detecties kan hierbij nog iets worden teruggedrongen door het bijstellen van de grenswaarde voor het waarschuwningsniveau van enkele meetlocaties waarop veel korte detecties worden geregistreerd. In bijlage 9 is voor het Westland aangegeven welke locaties dit zijn en wat de waarschijnlijke oorzaak van het grote aantal korte detecties is.

Daarnaast kan het aantal detecties over de hele linie worden teruggedrongen door of de tijd tot detectie te verhogen of de algoritmeparameters aan te scherpen, maar dit zijn beide geen optimale oplossingen. Belangrijke meldingen zullen hierdoor laat of zelfs helemaal niet meer binnen komen. Gezien de beperkte middelen zal men echter moeten roeien met de riemen die men heeft, en is dit een eenvoudige oplossing zonder verdere kosten.

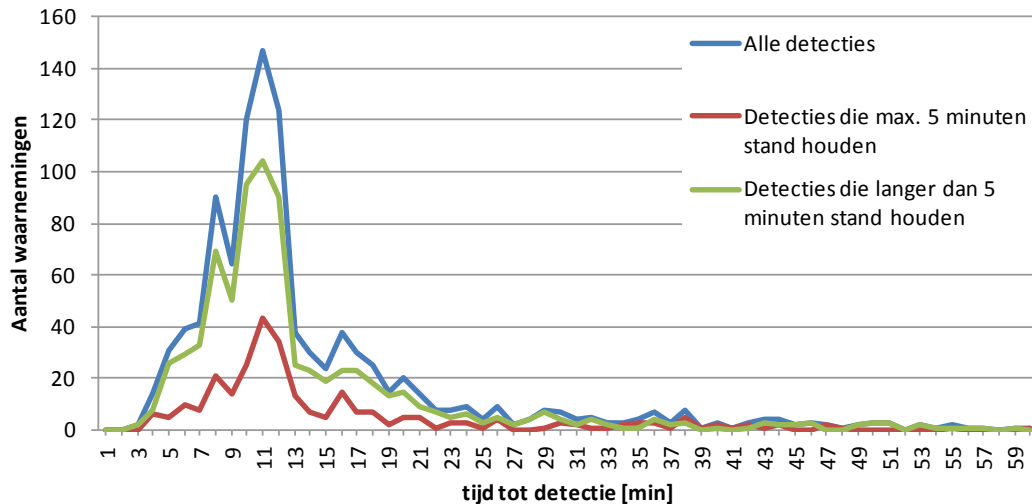
Een structurele oplossing is het vergroten van het aantal meetlocaties en aanpassing van het detectiesysteem. Bij een grotere dichtheid van meetlocaties kan voorkomen worden dat beslissingen op basis van slechts één meetlocatie gemaakt moeten worden en neemt bij gevolg de zekerheid van meldingen toe, terwijl tegelijkertijd de tijd tot detectie kan worden verkort. Dit zal echter geen goedkope oplossing zijn.

8.5 Tijd tot detectie

Bij de calibratie is het totale aantal meldingen en de hoeveelheid korte meldingen zo veel mogelijk teruggedrongen, zodat de resterende meldingen door één wegverkeersleider af te handelen zijn.

Dit heeft echter een behoorlijke impact op de tijd tot detectie; hier gedefinieerd als de tijd die verstrijkt tussen het voor het eerst opmerken van een gebeurtenis in de verkeersdata door een algoritme en het daadwerkelijk afgeven van een melding voor deze gebeurtenis. De modus van de tijd tot detectie bedraagt in het uiteindelijke systeem 11 minuten, zie ook

figuur 36. Ook zonder de aanpassing van algoritme 7 geeft dit een figuur met dezelfde vorm en modus.



Figuur 36: Frequentie van tijd tot detectie

De korte detecties (rode lijn) komen overwegend later tot stand dan de overige detecties (groene lijn). Van de korte detecties heeft 43,2 % een tijd tot detectie van 11 minuten of minder, maar voor de langere detecties dit is 53,4 %. Dit betekent dat het detectiesysteem al bij voorbaat onzekerder is over verkeers toestanden die uiteindelijk een korte detectie opleveren, en deze zekerheid probeert te vergroten door wat langer af te wachten alvorens tot een melding over te gaan. Zou het systeem dit niet doen, dan wordt het aantal korte detecties nog groter dan nu het geval is. Het is echter niet mogelijk om op basis van de tijd tot detectie een voorspelling te doen over de lengte van de melding; hiervoor zijn er te veel terechte meldingen die ook een lange tijd tot detectie hebben.

Toch blijken 19 van de 31 bekende incidenten eerder te detecteren dan de geregistreerde incident melding die via de destijds gangbare informatiekanalen is binnen gekomen. Ondanks de zeer hoge tijd tot detectie is er dus nog steeds winst te behalen.

De oorzaak van deze hoge tijd tot detectie is de mate van onzekerheid of onregelmatigheden in de verkeersgegevens daadwerkelijk duiden op een gebeurtenis, ten gevolge van de relatief lage dichtheid van meetlocaties. Zoals eerder aangegeven is het vergroten van deze dichtheid de enige mogelijkheid om deze zekerheid te vergroten, waarmee dan tevens de tijd tot detectie kan worden verkleind.

De echte gemiddelde tijd tot detectie (MTTD, zie paragraaf 4.5), vanaf het optreden van de gebeurtenis tot het afgeven van een melding, zal nog groter zijn dan elf minuten. Zoals in hoofdstuk 5 is aangetoond duurt het namelijk enige tijd voordat een gebeurtenis zichtbaar is in de verkeersdata, afhankelijk van de afstand tussen gebeurtenis en meetlocatie. Meer hierover in paragraaf 8.9.

8.6 Invloed algoritme 1

Hier is specifiek gekeken naar de invloed van algoritme 1, de inschatting van de verkeerstoeestand op basis van het fundamenteel diagram. Dit algoritme is alleen van toepassing op verkeersgegevens uit lussen.

Ter bepaling van de invloed van dit algoritme is een testrun uitgevoerd met dit algoritme uitgeschakeld en een testrun met alleen dit algoritme geactiveerd. Vervolgens is per locatie gekeken naar het aantal korte en lange detecties en naar de detectietijdstippen van de 31 bekende incidenten die door alle algoritmes gezamenlijk gevonden worden.

8.6.1 Zonder algoritme 1

Uit de run met uitgeschakeld algoritme 1 blijkt het aantal detecties met 6,5 % afgenomen van 1006 naar 941 (65 minder). 51 van deze 65 (78,5 %) verdwenen detecties zijn korte detecties die maximaal vijf minuten stand houden.

Kijkende naar de bekende incidenten is er slechts één die negatief naar voren komt ten gevolge van de uitschakeling van algoritme 1. Deze gebeurtenis wordt 2 uur en 32 minuten later gedetecteerd dan met alle algoritmes ingeschakeld. Bovendien werd deze gebeurtenis voorheen meer dan een uur voor de incident registratietijd gedetecteerd, nu meer dan een uur er na. Er dient opgemerkt te worden dat deze detectie plaatsvindt in de beginfase van de NDW data-inwinning, waarbij hier en daar nog sprake is geweest van haperende meetlocaties.

Van de overige bekende incidenten worden er een aantal enigszins later gedetecteerd dan voorheen. Wel worden alle incidenten die eerder gedetecteerd worden dan de incident registratietijd nog steeds eerder gedetecteerd dan deze registratietijd. Een overzicht is opgenomen in tabel 7.

Tabel 7: Verlate detectie van bekende incidenten ten gevolgen van uitschakelen algoritme 1

<i>Detectie verlaat met</i>	<i>Aantal detecties nog steeds eerder dan incident registratietijd</i>	<i>Aantal detecties eerst eerder, nu later dan incident registratietijd</i>	<i>Aantal detecties in beide gevallen later dan incident registratietijd</i>
0 minuten	10		8
1 minuut	1		
2 minuten	1		6
3 minuten	3		
5 minuten	1		
2 uur, 32 minuten		1	

8.6.2 Alleen algoritme 1

Met alleen algoritme 1 zijn er 174 detecties, een afname van 83 %. Ongeveer de helft hiervan zijn korte detecties. De lange detecties zijn zeer lang en houden enkele dagen tot zelfs enkele maanden stand. Met alleen algoritme 1 is er dus geen sprake van een bruikbaar gebeurtenisdetectiesysteem.

Van de bekende incidenten worden er slechts twee door alleen algoritme 1 herkend. Eén hiervan is geheel naar verwachting het incident dat zonder algoritme 1 meer dan twee uur later wordt gedetecteerd. Het andere gedetecteerde incident lijkt meer toeval dan wijsheid.

8.7 Invloed algoritmen 3 en 4

Hier is specifiek gekeken naar de invloed van algoritmen 3 en 4, de detectie op basis van sterke wijzigingen in snelheid en reistijd. Deze algoritmes zijn bedoeld om de gebeurtenis melding te versnellen, deze paragraaf toont dat dit inderdaad het geval is.

Ter bepaling van de invloed van deze algoritmen is een testrun uitgevoerd met deze algoritmen uitgeschakeld en een testrun met alleen deze algoritmen geactiveerd. Vervolgens is per locatie gekeken naar het aantal korte en lange detecties en naar de detectietijdstippen van de 31 bekende incidenten die door alle algoritmes gezamenlijk gevonden worden.

8.7.1 Zonder algoritmen 3 en 4

Uit de run met uitgeschakelde algoritmen 3 en 4 blijkt het aantal detecties met maar liefst 15,8 % afgenomen van 1006 naar 847 (159 minder). 64 van deze 159 (40,3 %) verdwenen detecties zijn korte detecties die maximaal vijf minuten stand houden. In tegenstelling tot uitschakeling van algoritme 1 gaan door uitschakeling van algoritmen 3 en 4 dus ook een groot aantal lange detecties verloren, die men liever niet kwijt raakt.

Het is wel zo dat juist deze algoritmen er voor zorgen dat lange detecties zo nu en dan in twee kleinere stukken worden opgehaakt. De afname van lange detecties ten gevolge van het uitschakelen van deze twee algoritmen is dus niet in alle gevallen ongunstig. Mocht dit fenomeen (een vervallen melding komt enkele minuten later opnieuw tot stand) in de praktijk vervelend blijken, dan kan dit in een definitief systeem worden ondervangen door meldingen niet meteen te laten vervallen zodra het waarschuwniveau onder de grenswaarde terug valt.

Kijkende naar de bekende incidenten is er een duidelijk voordeel van algoritmen 3 en 4 zichtbaar. Hoewel alle bekende incidenten ook gedetecteerd worden zonder deze algoritmen, wordt de tijd tot detectie voor 25 van de 31 bekende incidenten verkort met gemiddeld 2,8 minuten.

Vreemde eend in de bijt is wederom de gebeurtenis die ook bij uitschakelen van algoritme 1 opviel. Hiervoor gelden verder dezelfde opmerkingen als gemaakt in paragraaf 8.6. Deze gebeurtenis is niet meegenomen in de berekening van de eerder genoemde 2,8 minuten. Een overzicht is opgenomen in tabel 8.

Tabel 8: Verlate detectie van bekende incidenten ten gevolgen van uitschakelen algoritmen 3 en 4

<i>Detectie verlaat met</i>	<i>Aantal detecties nog steeds eerder dan incident registratietijd</i>	<i>Aantal detecties eerst eerder, nu later dan incident registratietijd</i>	<i>Aantal detecties in beide gevallen later dan incident registratietijd</i>
0 minuten	2		3
1 minuut	4		4
2 minuten	3		1
3 minuten	2		3
4 minuten	3		2
5 minuten	1		
6 minuten	1		
7 minuten		1	
42 minuten	1		

8.7.2 Alleen algoritmen 3 en 4

Met alleen algoritmen 3 en 4 zijn er 117 detecties, een afname van 88 %. De overgebleven detecties zijn vrijwel allemaal toe te schrijven aan één enkele luslocatie. Er wordt één bekend incident gedetecteerd, 35 minuten later dan met alle algoritmen actief.

Het lage aantal detecties is toe te schrijven aan het feit dat algoritmen 3 en 4 zonder hulp niet in staat zijn het waarschuwniveau boven de ingestelde grenswaarden uit te brengen.

Hiermee is aangetoond dat algoritmen 3 en 4 alleen dienst doen als ondersteunend algoritme, om sneller tot een melding te komen bij grote dalingen in snelheid of grote stijgingen in reistijd.

8.8 Invloed algoritmen 6 en 7

Hier is specifiek gekeken naar de invloed van algoritmen 6 en 7, de detectie op basis van vergelijking snelheid en reistijd met een referentiesituatie.

Ter bepaling van de invloed van deze algoritmen is een testrun uitgevoerd met deze algoritmen uitgeschakeld en een testrun met alleen deze algoritmen geactiveerd. Vervolgens is per locatie gekeken naar het aantal korte en lange detecties en naar de detectietijdstippen van de 31 bekende incidenten die door alle algoritmes gezamenlijk gevonden worden.

8.8.1 Zonder algoritmen 6 en 7

Uit de run met uitgeschakelde algoritmen 6 en 7 blijkt het aantal detecties met maar liefst 39 % afgenomen van 1006 naar 614. Het aantal korte detecties is significant gestegen van 27 % naar 59 %. Vrijwel al deze 614 detecties hebben betrekking op luslocaties, er zijn nog maar 8 detecties op reistijdtrajecten.

Van de bekende incidenten worden er nog slechts twee gedetecteerd, waaronder de uitschieter die bij de andere algoritmes al opgevallen was. Het andere incident is hetzelfde dat ook door alleen algoritme 1 werd gedetecteerd (zie paragraaf 8.6.2).

8.8.2 Alleen algoritmen 6 en 7

Met alleen algoritmen 6 en 7 zijn er 793 detecties, een afname van 21,2 %. Het aandeel korte detecties is met 26 % vergelijkbaar met de situatie met alle algoritmes ingeschakeld

Kijkende naar de bekende incidenten zijn er twee die niet meer gedetecteerd worden zonder de invloed van de overige algoritmen. Verder zijn er zoals te verwachten slechts kleine verschillen en komt wederom de ene uitschieter naar boven die meermaals eerder is waargenomen. Een overzicht is opgenomen in tabel 9.

Tabel 9: Verlate detectie van bekende incidenten ten gevolgen van uitschakelen algoritmen 1, 3 en 4

<i>Detectie verlaat met</i>	<i>Aantal detecties nog steeds eerder dan incident registratietijd</i>	<i>Aantal detecties eerst eerder, nu later dan incident registratietijd</i>	<i>Aantal detecties in beide gevallen later dan incident registratietijd</i>
0 minuten	4		1
1 minuut	3		5
2 minuten	3		
3 minuten	1		2
5 minuten	1		1
6 minuten	2		1
7 minuten	1	1	1
4 uur 30 minuten	1		
∞		1	1

8.9 Vergelijking algoritmeprestaties

Vergelijkingen tussen algoritmes voor gebeurtenis- of incidentdetectie worden in de regel gemaakt op basis van de volgende indicatoren (zie ook paragraaf 4.5):

- Vals alarm ratio (FAR);
- Detectie ratio (DR);
- Gemiddelde tijd tot detectie (MTTD).

Het voordeel van het gebruiken van historische verkeersdata is dat meteen sprake is van een praktijktest van het systeem. Het nadeel is dat er geen exacte informatie beschikbaar is over alle opgetreden gebeurtenissen. Hierdoor is het onmogelijk om exacte waarden voor het FAR en de DR vast te stellen. Immers, voor iedere detectie uit historische verkeersdata was er volgens diezelfde verkeersdata op dat moment sprake van een gebeurtenis, waardoor het FAR in principe 0 is en de DR 100 %. In de praktijk is het echter goed mogelijk dat er volgens de verkeersdata sprake is van een gebeurtenis, maar er op de weg weinig interessants aan de hand is.

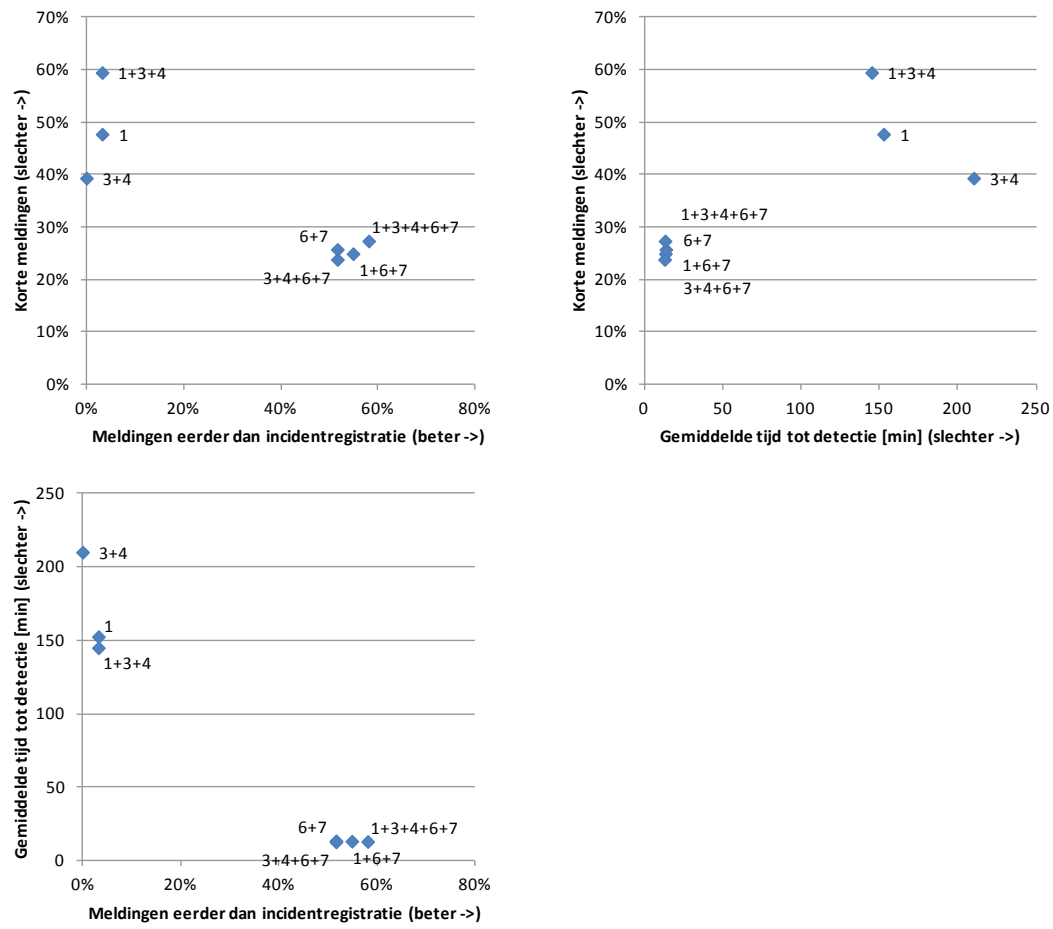
Om toch een prestatievergelijking te kunnen doen, zijn aangepaste definities voor de drie indicatoren gebruikt:

- FAR: percentage detecties die na uiterlijk 5 minuten weer worden ingetrokken;
- DR: percentage bekende incidenten dat eerder gedetecteerd wordt dan de incidentregistratietijd;
- MTTD: tijd tussen opmerken van een gebeurtenis door een algoritme en het afgeven van melding.

Een vergelijking van alle combinaties van algoritmen op basis van deze aangepaste definities is opgenomen in figuur 37. Uit deze figuur is duidelijk te zien dat het detectiesysteem valt of staat met algoritmen 6 en 7. Zonder deze algoritmen zijn er voornamelijk korte meldingen, is de gemiddelde tijd tot detectie dusdanig hoog dat een melding niet meer relevant is en worden er zo goed als geen bekende incidenten door het systeem herkend.

Van algoritmen 3 en 4 werd vooraf al verwacht dat ze niet zelfstandig in staat zouden zijn om gebeurtenissen te detecteren. Op zichzelf staand hebben deze algoritmes een bijzonder lage DR, een hoge FAR en een zeer hoge MTTD. Gecombineerd met algoritmen 6 en 7 zorgen algoritmen 3 en 4 er voor dat er minder korte detecties zijn en de tijd tot detectie enigszins korter dan met alleen algoritmen 6 en 7.

Algoritme 1 presteert afzonderlijk ongeveer net zo slecht als algoritmen 3 en 4 afzonderlijk. Gecombineerd met andere algoritmen voegt het eveneens weinig toe, hoewel enkele bekende incidenten eerder gedetecteerd worden, voegt het ook een hoeveelheid korte detecties toe en zorgt het voor een algeheel hogere tijd tot detectie. De heterogeniteit van verkeer op provinciale wegen draagt bij aan de slechte prestatie van algoritme 1. De verandering in intensiteit en snelheid heeft nog te vaak een richting die niet overeen komt met de richtingen van het fundamenteel diagram (bijvoorbeeld een afname in intensiteit en snelheid, terwijl er sprake is van vrije doorstroming). Hierdoor trekt het algoritme te vaak verkeerde conclusies op basis van de verkeersgegevens.



Figuur 37: Algoritmevergelijking op basis van hoeveelheid korte meldingen, bekende incidenten die sneller gedetecteerd worden dan incidentregistratietijd en gemiddelde tijd tot detectie

9 Conclusies en aanbevelingen

In dit deel zijn de mogelijkheden voor een gebeurtenisdetectiesysteem voor provinciale wegen op basis van NDW wegverkeersgegevens onderzocht.

9.1 Conclusies

De belangrijkste conclusie uit dit deel is dat gebeurtenis detectie uit NDW verkeersgegevens van provinciale wegen mogelijk is. Wellicht niet in de mate die men gehoopt zou hebben, maar er kan toch een bruikbaar systeem gerealiseerd worden. Een dergelijk systeem zal zich in de praktijk echter nog moeten bewijzen.

Het systeem herkent minder geregistreerde incidenten dan men aan de hand van de haalbaarheidanalyse zou verwachten. Voornamelijk worden de incidenten met een beperkte invloed op het verkeer niet gedetecteerd, waardoor dit zelfs als een gunstige ontwikkeling kan worden beschouwd. Van de bekende en herkende incidenten wordt meer dan de helft gedetecteerd op een tijdstip eerder dan de geregistreerde meldingstijd. Er is dus zonder meer sprake van een tijdwinst die het systeem kan bieden, ten opzichte van de manieren waarop men begin 2011 op de hoogte kwam van gebeurtenissen/incidenten op provinciale wegen.

Omdat er in het verleden geen registratie is bijgehouden van alle opgetreden gebeurtenissen op provinciale wegen, is het niet mogelijk om een exact beeld te krijgen van het detectie ratio (DR), het vals alarm ratio (FAR) en de gemiddelde tijd tot detectie (MTTD). In theorie is iedere melding uit het systeem terecht; immers de verkeersdata geeft aan dat er inderdaad iets aan de hand is geweest. In de praktijk zijn echter lang niet alle meldingen relevant.

Om toch een beeld te krijgen van de systeemprestatie is gekeken naar korte gebeurtenismeldingen als maat voor het FAR. Korte meldingen zijn meldingen die binnen enkele minuten na het afgeven ervan weer ingetrokken worden. Ongeveer een kwart van alle gebeurtenismeldingen zijn dergelijke korte meldingen.

Als alternatief voor de gemiddelde tijd tot detectie is gekeken naar het verschil tussen het tijdstip dat een gebeurtenis voor het eerst door het systeem wordt opgepikt en het tijdstip dat de bijbehorende gebeurtenismelding wordt afgegeven. De modus hiervan bedraagt elf minuten, wat vrij hoog is. De daadwerkelijke gemiddelde tijd tot detectie zal nog wat hoger liggen, daar een gebeurtenis altijd met enige vertraging in de verkeersdata zichtbaar wordt, afhankelijk van de afstand tussen de plek van de gebeurtenis en de detectielus of reistijdcamera.

Het gemiddelde aantal gebeurtenismeldingen ligt, met drie per dag voor het Westland, laag genoeg om door één wegverkeersleider afgehandeld te kunnen worden. Indien het systeem voor de hele provincie ingezet wordt, zal het aantal gebeurtenismeldingen echter wel te veel worden voor één persoon.

De relatief grote hoeveelheid valse alarmen en de hoge tijd tot detectie wordt veroorzaakt door de lage dichtheid van luslocaties en grote lengte van reistijdtrajecten. Hierdoor is het in

de meeste gevallen noodzakelijk om de detectie van gebeurtenissen te baseren op de metingen van slechts één locatie. Dit heeft als gevolg dat de zekerheid over een gedetecteerde gebeurtenis vrij laag is. Deze zekerheid, en daarmee de betrouwbaarheid van het detectiesysteem, kan worden vergroot door meer meetminuten af te wachten en/of door de detectie alleen te baseren op een combinatie van twee of meer meetlocaties. Dit laatste is op de provinciale wegen niet mogelijk, omdat de meetpunten hiervoor te ver uit elkaar liggen, waardoor een lange tijd tot detectie onvermijdelijk is.

Er zijn grote verschillen tussen de verschillende onderzochte algoritmes.

De algoritmes die de actuele situatie vergelijken met een vastgelegde (historische) referentiesituatie zijn zonder meer het belangrijkste voor het gebeurtenisdetectiesysteem. De werking van deze algoritmes is eenvoudig, maar zonder is er geen bruikbaar systeem.

De algoritmes die zoeken naar sterke stijgingen in reistijd of sterke dalingen in snelheid zijn zoals te verwachten niet zelfstandig in staat gebeurtenissen te detecteren. Ze dragen wel bij aan het terugdringen van de tijd tot detectie. Indien er sprake is van een dergelijke sterke stijging of daling verkorten deze algoritmen de tijd tot detectie met enkele minuten.

Het algoritme op basis van het fundamenteel diagram presteert bijzonder slecht. Op autosnelwegen zou dit algoritme zelfstandig in staat moeten zijn om gebeurtenissen te detecteren; op provinciale wegen is dit door de heterogeniteit van het verkeer echter niet het geval. Het algoritme voegt niet meer toe dan het ietwat verkorten van de tijd tot detectie voor bekende incidenten, waarbij het tegelijkertijd een aantal korte detecties toevoegt. De prestatieverschillen tussen het gebeurtenisdetectiesysteem met en zonder dit algoritme zijn bijzonder klein. Omdat dit algoritme ook normale spitsdrukte kan detecteren ligt, in combinatie met de slechte prestaties van dit algoritme, de keuze voor de hand om dit algoritme niet te gebruiken in een uiteindelijk gebeurtenisdetectiesysteem.

9.2 Aanbevelingen

Of het detectiesysteem in de praktijk daadwerkelijk bruikbaar is door het ontbreken van een precieze registratie van opgetreden gebeurtenissen is niet vooraf te bepalen. Uit het uitgevoerde onderzoek lijkt het systeem bruikbaar, waarmee het op zijn minst zinvol is om het aan een praktijktest te onderwerpen. Een dergelijke test wordt bij voorkeur voor een beperkt aantal provinciale wegen opgezet, zodat het aantal gebeurtenismeldingen door één persoon af te handelen is. De praktijktest kan bijvoorbeeld net als in dit onderzoek beperkt worden tot het Westland, maar het is ook mogelijk een selectie te maken uit alle provinciale wegen.

Mocht uit de praktijktest blijken dat het detectiesysteem inderdaad een waardevolle toevoeging is voor de dagelijkse werkzaamheden van de VM-desk medewerkers, dan kan worden overwogen om het systeem in te zetten voor alle provinciale wegen. In dat geval is het wel raadzaam om de betrouwbaarheid van het systeem te verhogen door meer lussen geschikt te maken voor realtime datadoorgifte. Op dat moment is het niet meer noodzakelijk om detectie te laten plaatsvinden op basis van individuele meetlocaties, maar altijd minstens twee locaties met elkaar te combineren. Dit verhoogt de betrouwbaarheid en zal het aantal onterechte meldingen terugdringen.

Indien uitbreiding van het aantal lussen wordt overwogen, kan in eerste instantie worden gekeken naar het aansluiten van alle provinciale lussen op de NDW. Er van uitgaande dat de niet-aangesloten lussen technisch in staat zijn om snelheden te meten is in

feite alleen nog een dataverbinding nodig om ook deze lussen actuele data te laten aanleveren. Hiermee kunnen de voor gebeurtenisdetectie beschikbare lussen relatief eenvoudig verdrievoudigd worden.

Een andere mogelijkheid (aanvullend dan wel als alternatief) is te onderzoeken wat de mogelijkheden zijn van het actueel beschikbaar maken van gegevens uit detectielussen van verkeersregelinstallaties. Op zichzelf is data uit lussen van VRIs niet bijzonder geschikt voor de detectie van gebeurtenissen. Echter, in combinatie met een bovenstroomse lus zijn er wel goede mogelijkheden. Men kan dan denken aan detectiemogelijkheden als beide lussen kort na elkaar geen verkeer meer registreren voor een periode die lange is dan de normale cyclustijd van verkeerslichten. Het is aanbevolen de mogelijkheden hiervan verder te onderzoeken alvorens te investeren in het actueel beschikbaar maken van gegevens uit lussen van VRIs.

Verder is het verkorten van reistijdtrajecten een interessante overweging om de systeembetrouwbaarheid te verhogen. Reistijdtrajecten van verkeerslicht tot verkeerslicht geven een gedetailleerder beeld, verkorten de vertraging die inherent is aan reistijdinwinning en maken het mogelijk de plek van de gebeurtenis nauwkeuriger aan te wijzen.

In plaats van meer lussen of kortere reistijdtrajecten kan ook worden gekeken naar andere manieren van informatie-inwinning. Hierbij kan worden gedacht aan locatie-onafhankelijke informatie uit floating-car-data. Als wegbeheerder is het ondoenlijk om deze zelf in te winnen, maar dergelijke wegverkeersgegevens kunnen mogelijk worden betrokken van een derde partij. Hierbij moet dan wel goed naar de dekkingsgraad op provinciale wegen worden gekeken, omdat op dit moment lang niet alle weggebruikers bijdragen aan de inwinning van dergelijke verkeersgegevens, terwijl (in theorie) wel al het verkeer bijdraagt aan informatie uit lussen of reistijdmetingen op basis van kentekenherkenning. Bij overweging van alternatieve gegevensinwinning is de aanleversnelheid van verkeersgegevens een niet geheel onbelangrijke factor.

Wat betreft de fysieke ligging van detectielussen is het verstandig om deze te heroverwegen op het moment dat een weg voor groot onderhoud opnieuw geasfalteerd wordt en de lussen opnieuw aangelegd moeten worden. Voor het meten van verkeersintensiteiten is de precieze locatie van de lussen niet heel belangrijk. Voor de beste prestatie op het gebied van gebeurtenisdetectie dient een lus echter op ruime afstand van verkeerslichten te liggen. Hierbij dient afremmend verkeer en wachtrijen voor verkeerslichten onder normale omstandigheden geen invloed hebben op de gegevensinwinning door de lus.

In dit licht is het voor het huidige systeem raadzaam om voor praktijkinzet de lussen nog eens individueel te beoordelen. Er zijn enkele lussen die zeer dicht op een verkeerslicht liggen; deze kunnen in een praktijkinzet beter helemaal uitgesloten worden, omdat ze voornamelijk veel nutteloze meldingen zullen genereren.

Een verbetering die nog kan worden aangebracht in het systeem heeft betrekking op vastgelegde referentiesituatie. In het prototype van het systeem is alle geldige verkeersdata meegenomen, inclusief gebeurtenissen. Hierdoor is de referentiesituatie consequent over- of onderschat (afhankelijk van gemeten grootheid). Voor de detectie van gebeurtenissen is dit geen probleem; de grenswaarde gebruikt in het algoritme kan hier eenvoudig voor compenseren. Hierdoor is het echter niet mogelijk om de opgeslagen referentiesituatie voor andere doeleinden te gebruiken. Als ook de gedetecteerde gebeurtenissen uit de referentiesituatie worden gefilterd, kan deze referentiesituatie eventueel direct gebruikt worden voor andere toepassingen.

Gebeurtenismeldingen worden afgegeven als het waarschuwniveau een bepaalde vaste grenswaarde overschrijdt. Dit kan per combinatie van algoritmes en meetlocaties gewijzigd worden, maar dit dient op dit moment handmatig te gebeuren. Om effectiever van deze mogelijkheid gebruik te kunnen maken kan dit voor een groot deel geautomatiseerd worden. Hierbij wordt gedacht aan de mogelijkheid om bij iedere melding aan te geven of deze vals is, te laat is (als de gebeurtenis al op een andere manier bekend is), of de eerste melding van deze gebeurtenis is. Dit wordt dan vastgelegd, en zodra hier een trend in herkend wordt kan het systeem automatisch voorstellen om de grenswaarde bij te stellen.

Het algoritme op basis van het fundamenteel diagram kan mogelijk verbeterd worden door:

- Niet alleen de twee meest recente meetwaarden met elkaar te vergelijken, maar de tendens van de afgelopen 3 à 5 minuten in ogenschouw te nemen;
- Geen detectie te laten plaatsvinden in geval van een intensiteit lager dan 200 vtg/u;
- Aan te nemen dat een snelheid lager dan 40 km/u altijd duidt op congestie en een snelheid boven 60 km/u duidt op vrije doorstroming.

Voor de filtering van verkeersgegevens is het exponentieel voortschrijdend gemiddelde aangenomen als geschikt filter. Voor de referentiesituatie is verder een aggregatie van 10 minuten gekozen. Beide kunnen echter geoptimaliseerd worden, waarmee de systeemprestatie mogelijk nog iets kan verbeteren. Bijzonder veel winst op dit gebied wordt echter niet verwacht.

III

Deel III: Gebeurtenisdetectiesysteem in de praktijk

In het voorgaande deel is aangetoond dat een gebeurtenisdetectiesysteem op basis van verkeersgegevens uit lussen en reistijdmetingen haalbaar is. Dit deel gaat in op een mogelijke praktijkimplementatie van het ontwikkelde gebeurtenisdetectiesysteem aan de verkeersmanagementdesk van provincie Zuid-Holland.

Dit deel beantwoordt het laatste gedeelte van de centrale probleemstelling:

Welke wegverkeersgegevens zijn beschikbaar binnen provincie Zuid-Holland en welke operationele toepassingen zijn hiermee te realiseren (1), hoe kunnen irreguliere verkeers toestanden op provinciale wegen uit deze verkeersgegevens gedetecteerd worden (2) en hoe kan deze detectiemethode worden ingezet als informatievoorziening aan de verkeersmanagementdesk (3)?

Hierbij worden de volgende deelvragen beantwoord:

- Hoe kan een informatiesysteem dat de ontwikkelde methoden implementeert er uit zien, ter ondersteuning van medewerkers van de VM-desk?
- Hoe kan dit informatiesysteem binnen de VM-desk ingepast worden, opdat het door medewerkers gebruikt kan worden?
- Hoe kunnen medewerkers dit informatiesysteem benutten bij hun taak aan de VM-desk, om zo de beschikbare verkeersmanagement instrumenten beter in te kunnen zetten?

Het doel van deze deelfase is het in beeld brengen van de technische en praktische vereisten om het gebeurtenisdetectiesysteem daadwerkelijk te gaan gebruiken. Hierbij is gekeken naar de eisen die gesteld worden aan computersystemen waarop de detectiesoftware moet draaien. Verder is gekeken naar meer praktische zaken voor gebruikers van het systeem, zoals welke instellingen gemaakt moeten kunnen worden, hoe het systeem er uit moet komen zien en hoe dit past binnen de bestaande procedures die aan de VM-desk gehanteerd worden.

10 Gebruikersinterface

Dit hoofdstuk gaat in op hoe een gebeurtenisdetectiesysteem er in de praktijk uit kan zien en hoe het gebruikt kan worden door wegverkeersleiders als eindgebruiker. Er wordt aandacht besteed aan de opties die beschikbaar moeten zijn voor eindgebruikers. Tevens is een aantal VM-desk medewerkers naar hun wensen gevraagd. Op basis hiervan is een ontwerp gemaakt van een gebruikersinterface voor het gebeurtenisdetectiesysteem. Tot slot is bekeken hoe een dergelijk gebeurtenisdetectiesysteem aan de provinciale VM-desk gebruikt kan worden.

10.1 Gebruikersopties

Eindgebruikers van ieder willekeurig systeem dienen niet meer opties voorgeschoteld te krijgen dan dat ze daadwerkelijk bij normaal gebruik nodig hebben. Dit voorkomt dat ze overspoeld raken met instellingsmogelijkheden, dat ze verkeerde instellingen maken en draagt bij aan een systeem dat zonder gebruikershandleiding te gebruiken is.

Voor dagelijks gebruik van het gebeurtenisdetectiesysteem zijn de onderstaande opties noodzakelijk voor eindgebruikers:

- Mogelijkheid om per gebeurtenismelding aan te geven of deze op tijd, te laat of onterecht is. Statistieken hiervan worden door het systeem opgeslagen per meetlocatiecombinatie.
- Mogelijkheid tot het inzien van bovenvermelde statistieken en per meetlocatiecombinatie de mogelijkheid om deze te resetten.
- Mogelijkheid om een aangepaste grenswaarde per meetlocatiecombinatie in te stellen.
- Mogelijkheid om gebeurtenisdetectie voor selecte meetlocatiecombinaties tijdelijk te onderdrukken, inclusief de mogelijkheid om een datum/tijdstip in te stellen wanneer de combinatie automatisch weer actief moet worden.

10.2 Wensen van gebruikers

Een viertal VM-desk medewerkers is gevraagd naar de mogelijkheden die zij graag terug zien in de interface van een gebeurtenisdetectiesysteem. Hiertoe is een basisopzet voor een interface getoond en toegelicht. Aansluitend is gevraagd of er volgens de betreffende medewerker zaken ontbreken of anders zouden moeten.

Voorop staat dat de meest ideale interface alle bronnen van informatie bundelt. Op het moment van schrijven wordt op de VM-desk voornamelijk gebruik gemaakt van file-informatie via de online TomTom wegenkaart, meldingen over provinciale wegen uit Twitter en op een kaart weergegeven nationale verkeersinformatie via de NDWviewer. In de meest ideale situatie wordt al deze informatie gecombineerd en weergegeven in één systeem. In de

praktijk is dit echter bijzonder kostbaar en zal iets dergelijks dan ook niet snel gerealiseerd worden. Om deze reden is verder alleen naar een interface voor specifiek dit gebeurtenisdetectiesysteem gekeken.

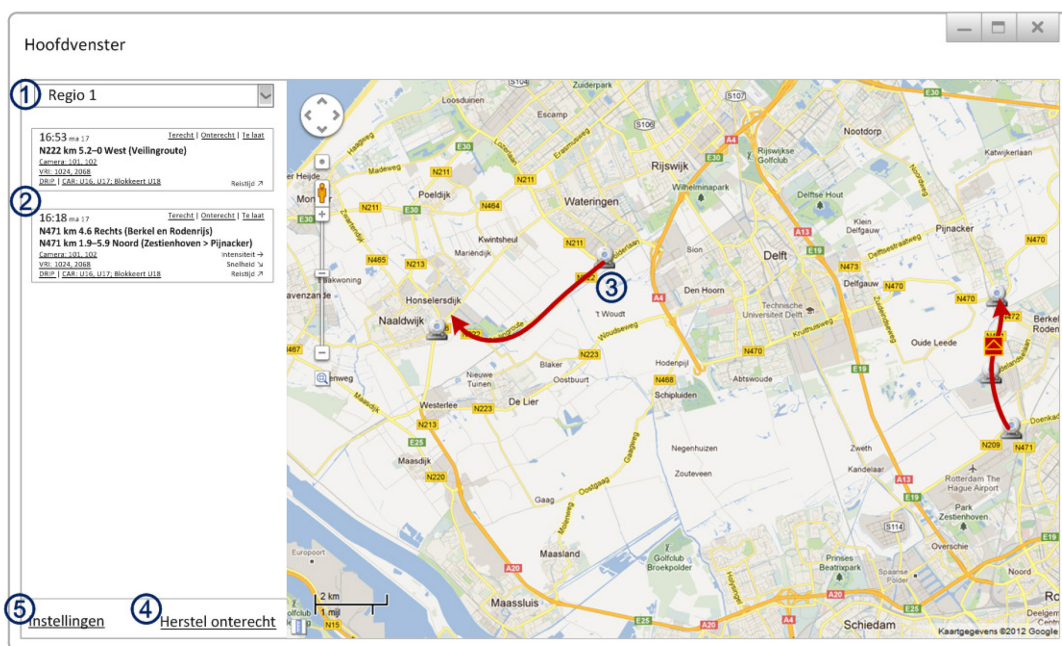
De VM-desk medewerkers waren positief over de basisopzet voor de interface. De aangedragen verbeteringen ten opzichte van deze basisopzet zijn hieronder opgesomd:

- Het afspelen van een geluidseffect op het moment dat er een nieuwe melding binnenkomt;
- CAR omleidingen mogen alleen onder bepaalde omstandigheden ingezet worden. Het heeft daarom niet veel nut om beschikbare CAR omleidingen direct op de kaart weer te geven. In plaats daarvan is het handiger om handmatig de weergave hiervan te kunnen inschakelen;
- In relatie tot diezelfde CAR omleidingen is het handig om te zien welke omleidingsroutes geblokkeerd worden door een gebeurtenis op een bepaalde locatie;
- Naast een locatieomschrijving is het handig om de hectometrering van de meetlocaties te zien die tot een gebeurtenismelding hebben geleid;
- Het is handig om te kunnen zien in welke rijrichting een gebeurtenis is gedetecteerd.

10.3 Interfaceontwerp

Een mogelijke vormgeving van de gebruikersinterface voor dagelijks gebruik is weergegeven in figuur 38. Dit bestaat uit een gedeelte waarin gebeurtenismeldingen tekstueel worden weergegeven en een kaartgedeelte waarin de meldingen grafisch worden weergegeven.

Op de kaart worden alleen daadwerkelijke gebeurtenismeldingen aangegeven. Hierdoor is in één oogopslag duidelijk waar zich een gebeurtenis heeft voorgedaan. Dagelijkse files worden dus bijvoorbeeld niet op de kaart aangegeven.



Figuur 38: Mogelijk ontwerp gebruikersinterface gebeurtenisdetectiesysteem

Het hoofdvenster bestaat uit vijf onderdelen, welke hieronder worden toegelicht:

1. Drop-down menu voor regioselectie. Meetlocatiecombinaties kunnen worden ondergebracht in één of meerdere zogenaamde regio's. Als een bepaalde regio geselecteerd is, worden alleen gebeurtenismeldingen voor deze specifieke regio ontvangen. Dit maakt het mogelijk om met meer personen aan de VM-desk te werken, waarbij ieder zich concentreert op één specifiek deel van de provincie. Indien nodig kan snel geschakeld worden tussen regio's, of kan worden gekozen om het regiofilter uit te schakelen en gebeurtenismeldingen uit de hele provincie te ontvangen. Zodra een gebeurtenismelding vervalt (als er geen afwijkingen meer gedetecteerd worden), wordt deze automatisch uit de lijst en van de kaart verwijderd.
2. In dit gedeelte worden de gebeurtenismeldingen in tekst getoond. In figuur 39 is een voorbeeldmelding groter weergegeven, waarna deze nader wordt toegelicht.
3. Het grootste deel van het venster wordt in beslag genomen door de kaart. Gebeurtenismeldingen uit de linkerkolom worden hier grafisch weergegeven, door middel van het aangeven van de lussen en/of reistijdtrajecten waarop een gebeurtenis wordt gedetecteerd. Door middel van pijlen is aangegeven in welke richting de gebeurtenis gedetecteerd is.
4. Gebeurtenismeldingen die als onterecht worden gemarkeerd (zie verderop) worden direct uit de lijst en van de kaart verwijderd. Mocht later blijken dat een melding toch terecht was, dan kan via deze link de onterecht gemarkeerde gebeurtenissen worden opgeroepen die nog niet vervallen zijn. Vanuit dit overzicht kan een gebeurtenismelding dan weer hersteld worden, waarna het normale overzicht inclusief de herstelde melding getoond wordt.
5. Via deze link kunnen de instellingen van het gebeurtenisdetectiesysteem worden opgeroepen. Dit geeft toegang tot onder andere het bijregelen van de grenswaarde van het waarschuwningsniveau voor meetlocatiecombinaties. Meer details hierover zijn beschikbaar in bijlage 10.

Tijd en datum van melding

Omschrijving van locatie(s)

Objectcamera's in de buurt

VRI's in de buurt

CAR routes voor dit traject

Geef aan of melding terecht, onterecht of te laat is

Indicatie van intensiteit, snelheid en reistijd ten opzichte van normale waarden voor deze dag, tijd en locatie

Figuur 39: Detail gebeurtenismelding met toelichting

In figuur 39 is een voorbeeldgebeurtenismelding weergegeven. De melding bevat informatie over de locatie van de gebeurtenis, informatie over de DVM maatregelen die voor deze locatie relevant zijn en informatie over de huidige verkeersstoestand op de locatie.

Als omschrijving worden de meetlocaties aangegeven waarop de gebeurtenis is gedetecteerd. Dit kan één meetlocatie zijn, maar als een gebeurtenis op meerdere meetlocaties tegelijkertijd wordt gedetecteerd, dan worden hier meerdere omschrijvingen

getoond, zoals in het voorbeeld. Er wordt altijd een omschrijving van de meetlocatie getoond, zoals via de geavanceerde instellingen is opgegeven. De interne naamgeving van meetlocaties (zoals GEO02_PZHTR01 of PZH01_211222160) is niet zichtbaar.

Rechtsboven kan worden aangegeven of deze gebeurtenismelding terecht, onterecht of te laat is. Zodra één van deze opties wordt aangeklikt, verdwijnen deze keuzemogelijkheden. In geval van de optie 'onterecht' verdwijnt de hele gebeurtenismelding. De gekozen optie wordt vastgelegd, zodat op een later moment de prestatie van deze meetlocatiecombinatie kan worden beoordeeld en indien nodig de grenswaarde voor deze meetlocatiecombinatie kan worden bijgesteld via de instellingen van het gebeurtenisdetectiesysteem. Het wijzigen van grenswaarden kan desgewenst geautomatiseerd worden.

Linksonder wordt informatie gegeven over de voor deze locatie relevante objectcamera's, VRI's, DRIPs en CAR omleidingen. Objectcamera's die relevant zijn worden automatisch ook op de kaart getoond. VRI's, DRIPs en CAR omleidingen worden standaard niet getoond. Door het aanklikken van één van de regels worden de betreffende onderdelen op de kaart getoond of weer van de kaart verwijderd.

Rechtsonder wordt informatie gegeven over intensiteit, snelheid en reistijd op deze locatie (voor zover deze gegevens beschikbaar zijn). Een omhoog wijzende pijl betekent dat de betreffende waarde hoger ligt dan normaal, een omlaag wijzende pijl betekent dat de waarde lager ligt dan normaal. Een horizontale pijl betekent dat de waarde ongeveer op hetzelfde niveau ligt als normaal. Indien er geen informatie beschikbaar is over een grootte wordt deze niet weergegeven. Voor deze informatie wordt gebruik gemaakt van algoritmen 5 t/m 7.

Klikken op iedere andere plek in de gebeurtenismelding leidt ertoe dat op deze locatie op de kaart wordt ingezoomd.

10.4 Demonstratie in Google Earth

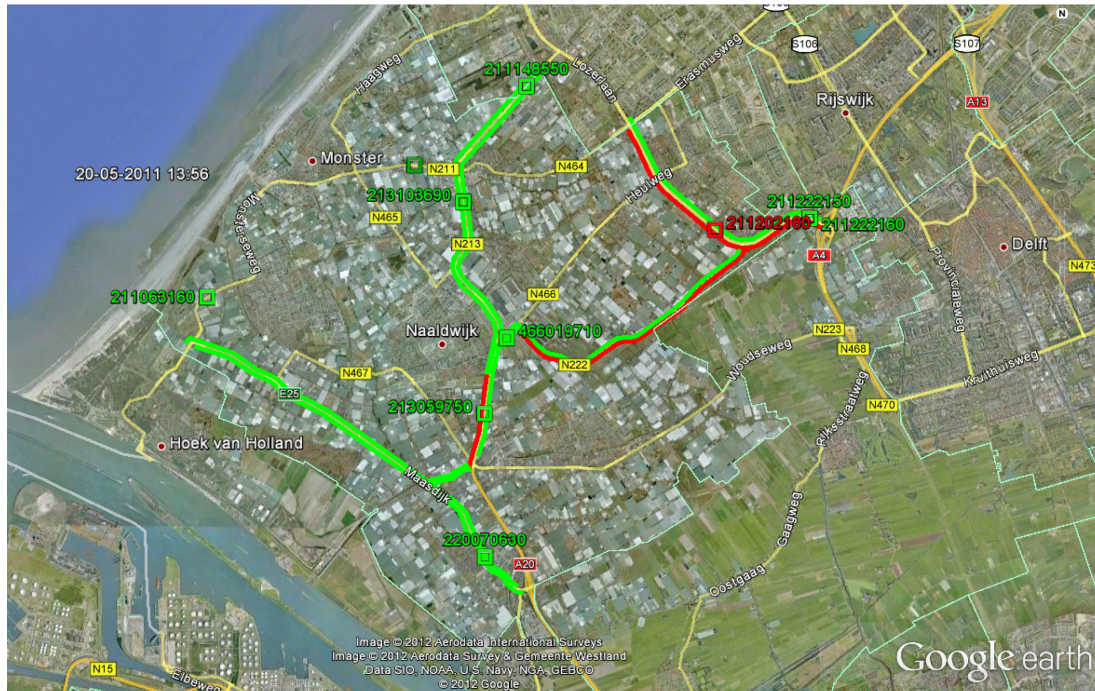
Om een beeld te krijgen van de praktische werking van het ontwikkelde gebeurtenisdetectiesysteem is een eenvoudige applicatie gemaakt voor Google Earth. De applicatie toont de reistijdtrajecten en lussen in het Westland en geeft door middel van kleur aan of er sprake is van een gedetecteerde gebeurtenis.

Onder normale omstandigheden (waaronder de dagelijkse files) worden de verschillende meetlocaties in groen weergegeven. Zodra het gebeurtenisdetectiesysteem een gebeurtenismelding afgeeft, worden de hierbij behorende meetlocaties rood gekleurd. Als de situatie terugkeert naar normaal worden de meetlocaties weer in groen weergegeven.

Een schermafbeelding van deze applicatie is weergegeven in figuur 40. In dit voorbeeld wordt een van de meer extreme gebeurtenissen getoond, waarbij er sprake is van een behoorlijke stremming op de N211 tussen de N222 en de A4 (het meest rechter rode reistijdtraject). Hierdoor ondervindt het verkeer op de toeleidende wegen grote vertraging, waardoor enige tijd later ook deze reistijdtrajecten rood kleurden. Ook de detectielus met nummer 211202160 registreert dat het verkeer hier langzaam rijdt. Nog wat later schiet ook de reistijd op de N213 richting de A20 omhoog, ten gevolge van verkeer dat de gebeurtenis door middel van omrijden probeert te vermijden.

Indien men deze gebeurtenis zou “afspelen” in Google Earth, is duidelijk te zien dat de gevolgen van de gebeurtenis zich stapsgewijs voortplanten over de wegen in het Westland, in de beschreven volgorde.

Verder is af te leiden dat de gebeurtenis zich moet hebben plaatsgevonden voor detectielus met nummer 211222160, daar deze aangeeft dat er niets aan de hand is.



Figuur 40: Visualisatie van gebeurtenissen in Google Earth

Deze demonstratie met behulp van Google Earth wijst uit dat tekstuele gebeurtenismeldingen niet noodzakelijk zijn voor een bruikbaar systeem. Wel blijkt uit deze proef dat een geluidseffect noodzakelijk is om de wegverkeersleider te attenderen op een nieuwe gebeurtenis. Zonder een dergelijke terugkoppeling zou dit betekenen dat de wegverkeersleider de hele dag naar een scherm moet staren om te zien of ergens iets van kleur verandert, iets wat in de praktijk ondoenlijk is.

10.5 Inpassing VM-desk

Eén VM-desk werkplek beschikt over acht schermen. Het mag voor zich spreken dat het gebeurtenisdetectiesysteem op één van deze schermen wordt weergegeven.

Verder zal het gebeurtenisdetectiesysteem dienen als een aanvullende manier om op de hoogte te worden gebracht van voorvallen op de provinciale wegen. In de procesomschrijvingen voor de VM-desk zal het gebeurtenisdetectiesysteem dan ook een plekje moeten krijgen in het proces ten behoeve van het monitoren van het wegennet.

Een algemene procedure voor gebruik van specifiek het gebeurtenisdetectiesysteem is hieronder opgenomen:

Stap 1

Er komt een gebeurtenismelding binnen via het gebeurtenisdetectiesysteem.

Stap 2

De gebeurtenis wordt nu op de kaart weergegeven. Er kan op de kaart worden ingezoomd worden om de locatie van de meetpunten die tot deze gebeurtenismelding hebben geleid te bekijken.

Stap 3

Verifieer de gebeurtenis met behulp van de camerabeelden. Is er inderdaad sprake van een gebeurtenis, is het mogelijk of noodzakelijk om in te grijpen?

Stap 4

Nu de precieze situatie bekend is, geef in de gebeurtenismelding aan of deze terecht (er is inderdaad iets aan de hand), onterecht (er is niets aan de hand) of te laat (deze gebeurtenis is al op een andere manier gemeld) is. Hiermee kan het systeem voor de toekomst verbeterd worden. Indien een melding als onterecht is aangemerkt, wordt deze verwijderd uit de meldingenlijst. Mocht even later blijken dat de melding onterecht als onterecht is aangemerkt, dan kan dit zo lang de gebeurtenis stand houdt worden hersteld.

Stap 5

Verdere afhandeling van de gebeurtenis volgens de hiervoor geldende procedures.

Naast deze algemene procedure bij een gebeurtenismelding kan regelmatig (bijvoorbeeld één keer per week) klein systeemonderhoud worden uitgevoerd. Bij dit systeemonderhoud worden de individuele meetlocatiecombinaties bekeken en waar nodig worden de grenswaarden voor het waarschuwniveau bijgesteld. De procedure hiervoor is:

Stap 1

Open het instellingenvenster.

Stap 2

Sorteer de meetlocatiecombinaties op FAR (vals alarm ratio). Bekijk de meetlocatiecombinaties met een hoog FAR. Indien een locatie een significant aantal meldingen heeft gekregen (bijvoorbeeld minimaal 5) en het FAR is hoog (bijvoorbeeld groter of gelijk aan 40 %) dan kan de grenswaarde voor deze meetlocatiecombinatie worden verhoogd.

Stap 3

Sorteer de meetlocatiecombinaties op DR (detectie ratio). Bekijk de meetlocatiecombinaties met een laag DR. Indien een locatie een significant aantal meldingen heeft gekregen (bijvoorbeeld minimaal 5) en het DR is laag (bijvoorbeeld minder dan 60 %) dan kan de grenswaarde voor deze meetlocatiecombinatie worden verlaagd.

Stap 4

Verlaag of verhoog de grenswaarden van meetlocatiecombinaties waar nodig en reset de tellers voor deze meetlocatiecombinaties.

In sommige gevallen zal het niet mogelijk zijn om meetlocatiecombinaties dusdanig bij te regelen dat deze op een gegeven moment correct functioneren. Op dit moment is het zaak om te achterhalen wat hiervan een mogelijke oorzaak is. Wellicht is een meetlocatie defect,

ligt een lus te dicht bij een verkeerslicht of is een reistijdtraject te lang. Na identificatie van de mogelijke oorzaak kan het probleem worden doorgegeven aan de dataprovider en kan de meetlocatiecombinatie tijdelijk worden uitgeschakeld.

Bij de ingebruikname van het systeem moeten er een aantal dingen geconfigureerd worden. Zo moeten meetlocaties worden toegevoegd en worden samengevoegd tot meetlocatiecombinaties. Eventueel moeten dan ook nog regio's worden toegekend aan meetlocatiecombinaties. Verder zijn de locaties van objectcamera's, VRI's, DRIPs en CAR-omleidingen nog niet in het systeem opgenomen. Een overzicht van alle configuratiemogelijkheden is opgenomen in paragraaf 11.3.

Al dit soort zaken moeten eenmalig worden vastgelegd. Sommige gegevens kunnen mogelijk geïmporteerd worden, maar andere koppelingen zullen handmatig gemaakt moeten worden. Tijdens de beginfase kan hier zo nu en dan op rustige momenten aan gewerkt worden. Het toevoegen van de genoemde locaties is niet bijzonder ingewikkeld, maar kost vooral tijd.

Naast de eenmalige configuratie en het reguliere kleine onderhoud is geen periodiek groot onderhoud vereist. Als het systeem eenmaal draait is het dus met vrij weinig moeite draaiende te houden.

11 Technische vereisten

Dit hoofdstuk besteedt aandacht aan de technische kant van een gebeurtenisdetectiesysteem. Er wordt ingegaan op de eisen en overwegingen voor de ontvangst van actuele NDW verkeersgegevens en de eisen aan hardware en software om een gebeurtenisdetectiesysteem te kunnen uitvoeren. Verder is gekeken naar geavanceerde systeemopties die toegankelijk moeten zijn voor beheerders van het gebeurtenisdetectiesysteem, maar niet direct voor eindgebruikers.

11.1 Ontvangst van actuele verkeersgegevens

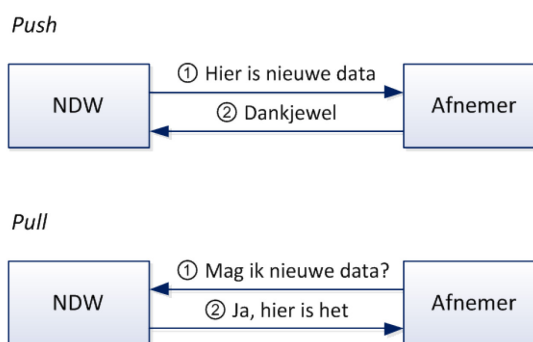
Actuele NDW verkeersgegevens worden ontvangen via een normale internetverbinding. Het gebeurtenisdetectiesysteem kan draaien op een normale computer. Hoe de computer/server van de afnemer en de server van NDW met elkaar moeten communiceren is vastgelegd in de NDW Interface Beschrijving. Hierin is ook gespecificeerd in welk formaat de verkeersgegevens worden aangeleverd. Deze interface beschrijving wordt zo nu en dan vernieuwd. In sommige gevallen kan dit betekenen dat ook het gebeurtenisdetectiesysteem hierop aangepast moet worden.

De overdracht van actuele verkeersgegevens vindt plaats via een standaard onversleutelde internetverbinding. Het IP-adres waarop de verkeersgegevens worden ontvangen dient bij NDW geregistreerd te worden. Dit dient dus een vast IP-adres te zijn (eventueel kunnen meerdere IP-adressen aangemeld worden).

Aanlevering van verkeersgegevens kan op twee manieren plaatsvinden: via een “push” systeem of via een “pull” systeem (zie figuur 41). In geval van het push systeem worden de verkeersgegevens automatisch door NDW aangeleverd op een door de afnemer gespecificeerd internetadres. In geval van het pull systeem neemt de computer van de afnemer zelf contact op met de server van NDW (met een gebruikersnaam en wachtwoord) op het moment dat er

behoefte is aan (nieuwe) verkeersgegevens. Beide methodes zijn bruikbaar voor toepassing in een gebeurtenisdetectiesysteem en komen elk met hun eigen voor- en nadelen.

Het voordeel van de push-methode is dat nieuwe verkeersgegevens worden aangeleverd op het moment dat deze beschikbaar zijn. Deze aanlevering kan daarnaast automatisch de verdere verwerking door het gebeurtenisdetectiesysteem activeren. Het nadeel van de push-methode is dat de computer van de afnemer permanent beschikbaar moet zijn om verkeersgegevens te ontvangen. Indien de ontvangst meerdere malen mislukt



Figuur 41: Verschil tussen push- en pull-data-aanlevering

wordt de aanlevering door NDW automatisch stopgezet. Deze dient vervolgens handmatig weer geactiveerd te worden.

Het voordeel van de pull-methode is dat de computer van afnemer niet permanent actief hoeft te zijn. Het is geen probleem om deze in de nachtelijke uren uit te schakelen of te herstarten bij een update van het besturingssysteem. Het nadeel is dat niet exact bekend is wanneer nieuwe verkeersgegevens beschikbaar zijn. In het meest ongunstige geval kan dit een extra vertraging van een minuut opleveren in het gebeurtenisdetectiesysteem.

Voor een pilotfase is wellicht de pull-methode de beste keuze en is het eenvoudig om herstarts van het gebeurtenisdetectiesysteem uit te voeren zonder dat de verbinding opnieuw geactiveerd moet worden bij NDW. Voor een definitieve inpassing, waarbij het gebeurtenisdetectiesysteem op een echte server draait, is de pull-methode geschikter.

Voor beide ontvangstmethoden kan een zogeheten geofilter worden opgegeven. Standaard staat dit op heel Nederland. Bij de aanvraag voor ontvangst van actuele gegevens kan dit middels het geofilter beperkt worden tot een bepaald gebied. Het geofilter is later op elk moment te wijzigen via de CNS beheerwebsite van NDW.

11.2 Hard- en softwarevereisten

De hardware-eisen zijn niet bijzonder hoog. De precieze eisen zullen afhangen van de gekozen programmeertaal, maar zullen niet bijzonder afwijken van de bevindingen in de onderzoeksfase. Hierbij is gebruik gemaakt van een eenvoudige notebook met Intel Celeron 1.9 GHz dual-core processor en 3 GB werkgeheugen.

Deze processor is krachtig genoeg om het volledige traject van het binnenkomen van meetgegevens tot het genereren/bijwerken van gebeurtenismeldingen ruim binnen één minuut te verwerken. De verwerkingstijd zal bij een live-toepassing dus geen problemen opleveren. Tijdens de verwerking is de processor volledig belast, wat aangeeft dat de verwerkingstijd desgewenst verder verkort kan worden door toepassing van een snellere processor. De hoeveelheid werkgeheugen bleek voldoende, maar minder is af te raden.

De verwerkingstijd kan versneld worden door zo veel mogelijk gegevens die in een volgende minuut nodig zijn in het werkgeheugen te houden en niet vanaf de harde schijf in te lezen.

Wat betreft schijfruimtegebruik zijn niet meer dan enkele gigabytes vereist.

De software-eisen zijn eveneens niet bijzonder. Meer dan een besturingssysteem, de gebeurtenisdetectiesoftware en eventueel hiervoor benodigde ondersteunende software is niet vereist. Het is mogelijk om hiervoor gebruik te maken van open source software, uiteraard als ook de gebeurtenisdetectiesoftware hiervoor geschikt is (de PHP-scripts die geschreven zijn in de onderzoeksfase zijn hiervoor geschikt).

11.3 Systeemopties

Het gebeurtenisdetectiesysteem beschikt over verschillende opties-, instellings- en configuratiemogelijkheden. In deze paragraaf wordt aandacht besteed aan die niet belangrijk zijn voor een eindgebruiker, maar wel voor een beheerder van het systeem.

Deze meer geavanceerde opties, die zelden gewijzigd hoeven worden, kunnen worden ondergebracht in een soort configuratiescherm. De toegang tot dit configuratiescherm kan naar wens worden beveiligd met een wachtwoord, maar ook zonder wachtwoord kan op deze manier duidelijk gemaakt worden dat een eindgebruiker hier in principe niets te zoeken heeft of in ieder geval voorzichtig moet zijn.

Ondanks het gevaar van foutieve instellingen is het verstandig om deze instellingen via een gebruikersinterface toegankelijk te hebben. Hierdoor is het mogelijk om op ieder moment het gebeurtenisdetectiesysteem bij te regelen zonder hulp van de systeembouwer. Hierbij is het wel verstandig om iedere wijziging van deze instellingen te loggen, waarbij tijdstip, gewijzigde instelling en de oude en nieuwe waarde worden vastgelegd. Bij problemen kan dan eenvoudig de vorige waarde worden teruggezet.

Hieronder volgt een overzicht van de geavanceerde opties, gegroepeerd in verschillende categorieën.

Filtering binnenkomende meetgegevens

- Mogelijkheid om alpha-waarde voor exponentieel voortschrijdend gemiddelde per meetgrootte te wijzigen.
- Mogelijkheid om opwarmtijd voor filtering te wijzigen.
- Mogelijkheid om in te stellen hoe lang de laatst bekende meetwaarde moet worden herhaald bij uitvallen van een meetlocatie.
- Mogelijkheid om de maximaal toegestane standaardafwijking voor een datapunt met snelheid of reistijd op te geven, indien deze voor het datapunt beschikbaar is.
- Mogelijkheid om de minimaal vereiste supplierCalculatedDataQuality op te geven, indien deze voor het datapunt beschikbaar is.

Bijwerken van referentiesituatie

- Mogelijkheid om alpha-waarde voor exponentieel voortschrijdend gemiddelde te wijzigen.
- Mogelijkheid om opwarmtijd voor de referentiesituatie te wijzigen.
- Mogelijkheid om in te stellen hoe groot het referentie-aggregaat en hoe groot de overlap met aangrenzende referentie-aggregaten moet zijn.
- Mogelijkheid om het tijdstip waarop de referentiesituatie dagelijks wordt bijgewerkt op te geven.

Algoritmes

- Mogelijkheid om voor ieder algoritme de bijbehorende parameters te wijzigen.

Meetlocaties en meetlocatiecombinaties

- Mogelijkheid om meetlocaties toe te voegen of te verwijderen.
- Mogelijkheid om per meetlocatie aan te geven hoe (punt/lijn) en waar deze op een kaart wordt weergegeven.
- Mogelijkheid om typen meetlocatiecombinaties te definiëren en verwijderen.
- Mogelijkheid om een standaardgrenswaarde voor het waarschuwningsniveau aan een type meetlocatiecombinatie te koppelen en mogelijkheid om in te stellen welke algoritmes voor dit type meetlocatiecombinatie actief zijn.

- Mogelijkheid om meetlocaties samen te voegen tot een meetlocatiecombinatie en hier een type meetlocatiecombinatie aan te koppelen.
- Mogelijkheid om per meetlocatie(combinatie) een eigen omschrijving op te geven. Deze omschrijving kan gebruikt worden om aanvullende informatie met betrekking tot de meetlocatie(combinatie) op te slaan, zoals wegnummer en hectometeraanduiding, nummers van in de buurt liggende objectcamera's en VRI's, etc. Een meerregelige weergave is aanbevolen.
- Mogelijkheid om meetlocatiecombinaties in te delen in regio's, om alleen gebeurtenismeldingen over een specifiek gebied te kunnen ontvangen.

Objectcamera's, VRI's, DRIPs en CAR

- Mogelijkheid om de locatie van objectcamera's, VRI's, DRIPs en omleidingsroutes (CAR) op de kaart met gebeurtenismeldingen weer te geven.
- Mogelijkheid om objectcameralocaties, VRI's, DRIPs en CAR te koppelen aan meetlocaties.

Overig

- Mogelijkheid om een geluid in te stellen dat wordt afgespeeld bij het ontvangen van nieuwe meldingen.

Aanvullend hierop is het interessant om te beschikken over een API (Application Programming Interface) voor detectiealgoritmes. Een dergelijke API maakt het mogelijk om in de toekomst eenvoudig nieuwe detectiealgoritmes toe te voegen aan het gebeurtenisdetectiesysteem, zonder dat het hele systeem hiervoor aangepast hoeft te worden. De algoritmes zijn daarmee in feite dan *plug-and-play*.

Een dergelijke API voorziet in de toegang tot de gefilterde verkeersgegevens en de referentiesituatie, kan op verzoek van het algoritme verkeersgegevens van een opgegeven aantal minuten eerder aanleveren, en ontvangt het waardeoordeel dat door het algoritme wordt afgegeven. Tevens levert het algoritme via de API informatie over hoe het gebeurtenisdetectiesysteem om moet gaan met door het algoritme afgegeven waardeoordelen.

In bijlage 10 is een voorbeeld opgenomen van hoe de gebruikersinterface voor het maken van geavanceerde systeeminstellingen er uit kan zien.

12 Conclusies en aanbevelingen

In dit deel is gekeken naar de praktische implementatie van een gebeurtenisdetectiesysteem aan de verkeersmanagementdesk.

12.1 Conclusies

Het is eenvoudig om als afnemer actuele NDW verkeersdata te ontvangen. Veel meer dan een doodgewone computer met internetverbinding is niet nodig. Het ontvangen van de verkeersgegevens kan op twee manieren: NDW stuurt ze op zodra er nieuwe gegevens zijn, of de afnemer vraagt ze periodiek bij NDW aan. Beide manieren zijn bruikbaar voor een gebeurtenisdetectiesysteem; de eerste is wat geschikter voor een definitief systeem; de laatste is wat geschikter tijdens een pilot, omdat de ontvangende computer dan niet permanent aan hoeft te staan.

Het gebeurtenisdetectiesysteem beschikt over veel instellings- en configuratiemogelijkheden. Veel hiervan zijn slechts eenmalig nodig bij de ingebruikname van het systeem. Toch is het verstandig om te allen tijde toegang te hebben tot alle instellingsmogelijkheden. Mocht er iets kleins gewijzigd moeten worden, of zijn er nieuwe meetlocaties, dan kunnen de instellingen hiervoor zelfstandig doorgevoerd worden. Dit bespaart een hoop kosten dan wanneer deze instellingen door de marktpartij die het definitieve systeem heeft gebouwd moeten worden doorgevoerd.

Het is mogelijk om een aantal configuratiemogelijkheden helemaal uit handen van de gebruiker te nemen door deze te automatiseren. De rekenmethoden om de alpha-waarden voor het exponentieel voortschrijdend gemiddelde te optimaliseren zijn bekend, en kan dus geautomatiseerd worden. Uit deze alpha-waarden kan vervolgens de bijbehorende opwarmtijd berekend worden. Verder is het mogelijk om de standaardgrenswaarde voor het waarschuwningsniveau per type meetlocatiecombinatie automatisch te bepalen en kan de grenswaarde per meetlocatiecombinatie automatisch worden bijgesteld aan de hand van “terecht”, “onterecht” of “te laat” registratie door de gebruiker.

De meeste instellingen hoeven slechts eenmalig gemaakt te worden, waardoor men zich moet afvragen of de kosten voor het automatiseren hiervan opwegen tegen de baten. Alleen het automatisch bijstellen van de grenswaarde per meetlocatiecombinatie is een toevoeging die de dagelijkse gebruiker werk uit handen kan nemen.

De interface van het gebeurtenisdetectiesysteem moet zo eenvoudig mogelijk zijn, zodat het systeem zonder raadplegen van een handleiding te gebruiken is. Toch moet het systeem tegelijkertijd in zo veel mogelijk informatie voorzien. Hiertoe is een ontwerp gemaakt dat gebeurtenismeldingen zowel tekstueel als op een kaart kan weergeven.

Het meest ideale gebeurtenisdetectiesysteem combineert alle beschikbare informatie, niet alleen uit lussen en reistijdmetingen, in één systeem. In theorie is het zeker mogelijk een dergelijk systeem te (laten) ontwikkelen, maar dit zal een bijzonder kostbare aangelegenheid zijn.

De procedures voor VM-desk medewerkers om het gebeurtenisdetectiesysteem te gebruiken zijn eenvoudig. De extra taakbelasting is zeer laag. Alleen tijdens de beginfase is veel tijd nodig voor het uitvoeren van de configuratie, maar dit is niet noodzakelijk een taak voor VM-desk medewerkers.

12.2 Aanbevelingen

NDW biedt de mogelijkheid om voor de ontvangst van wegverkeersgegevens gebruik te maken van een geofilter. Dit houdt in dat de verkeersgegevens van een beperkt gebied worden aangeleverd, in plaats van die van heel Nederland.

Het is verstandig om te bekijken wat de invloed van dit geofilter is op de aanleversnelheid van verkeersgegevens. Het is niet ondenkbaar dat het wat langer duurt aan de kant van NDW om deze filtering uit te voeren, waardoor de gegevens mogelijk later worden ontvangen. Aan de andere kant zal het filteren van de verkeersgegevens voor heel Nederland aan de kant van de ontvanger juist weer langer duren dan wanneer een subset hiervan wordt aangeleverd.

Om zo weinig mogelijk tijdverlies te hebben, kan worden bekeken welke van de twee opties sneller is. De snelste optie is natuurlijk het meest geschikt voor gebeurtenisdetectie.

De optie om gebeurtenismeldingen als onterecht, terecht of te laat te markeren biedt mogelijkheden om het systeem op basis van individuele locaties bij te regelen. Dit biedt echter geen inzicht in gebeurtenissen die helemaal niet gedetecteerd worden. Om ook hier duidelijkheid over te krijgen moeten manieren onderzocht worden om ook gemiste gebeurtenissen binnen het systeem te registreren. Dit vraagt echter een handeling van de gebruiker die vaak vergeten kan worden. Daarnaast zal het bijzonder ingewikkeld zijn om arbitraire locaties te koppelen aan de juiste meetlocaties waarop de gebeurtenis gedetecteerd had moeten worden.

De laatste drie aanbevelingen zijn van meer technische aard en zijn relevant als de bouw van een definitief gebeurtenisdetectiesysteem wordt uitbesteed aan een marktpartij.

Het is handig om te beschikken over een manier om locaties van objectcamera's, VRI's en DRIPs en routes voor CAR te kunnen importeren uit een bestand, bijvoorbeeld een Excel-lijst.

Een platform-onafhankelijk gebeurtenisdetectiesysteem betekent dat het gebruikt kan worden op iedere computer, ongeacht het besturingssysteem. Het is niet ondenkbaar dat overheidsinstanties op een gegeven moment over gaan (dan wel moeten) van Windows naar open source software, ofwel Linux. Als hier bij voorbaat rekening mee wordt gehouden, zal dit in de toekomst geen verdere problemen opleveren. Er kan ook worden gekozen voor een web-gebaseerd gebeurtenisdetectiesysteem, waardoor in ieder geval voor de gebruikersomgeving niet meer nodig is dan een browser.

Tot slot is het verstandig om als provincie af te dwingen volledig eigenaar te zijn van het gebeurtenisdetectiesysteem (als dit specifiek voor provincie Zuid-Holland wordt gemaakt), inclusief een volledig becommentarieerde broncode. Hierdoor is men bij mogelijke toekomstige wijzigingen niet gebonden aan één partij, en kunnen deze eventueel door een technisch onderlegde medewerker gedaan worden.

Conclusie

In dit afstudeeronderzoek zijn de binnen provincie Zuid-Holland beschikbare bronnen van wegverkeersgegevens in kaart gebracht. Daarnaast is een overzicht gegeven van een aantal voor de provincie mogelijk interessante toepassingen voor wegverkeersgegevens, waarbij is aangegeven of deze toepassingen met de beschikbare wegverkeersgegevens gerealiseerd kunnen worden. Hierna is onderzocht of de actuele verkeersgegevens uit de Nationale Databank Wegverkeersgegevens (NDW) gebruikt kunnen worden voor detectie van ongewone gebeurtenissen op provinciale wegen. Hiervoor is inhoudelijk naar de NDW gegevens gekeken en is een gebeurtenisdetectiemethode ontwikkeld, waarvan de prestatie is getest met behulp van daadwerkelijke historische verkeersgegevens. Tot slot is uitgewerkt hoe invulling kan worden gegeven aan een gebeurtenisdetectiesysteem voor de provinciale verkeersmanagementdesk, wat werkt op basis van de ontwikkelde gebeurtenisdetectiemethode.

Verkeersgegevens

De beschikbare verkeersgegevens worden ingewonnen met behulp van voertuigdetectielussen en kentekenherkenningscamera's. Door lussen worden intensiteiten en puntsnelheden gemeten. Door de kentekenherkenningscamera's worden gerealiseerde reistijden gemeten tussen bepaalde begin- en eindpunten.

De verkeersgegevens kunnen verder worden gesplitst in actuele en historische data. De actuele data is enkel via de NDW per minuut beschikbaar, voor 100 luslocaties en 100 reistijdtrajecten. Hierbij rekening moet worden gehouden met een vertraging van twee minuten en eventuele verwerkingstijd door de toepassing die gebruik maakt van de actuele verkeersgegevens. Tijdkritische toepassingen zijn hierdoor niet mogelijk met NDW verkeersgegevens.

Verkeersgegevens uit de NDW zijn eveneens beschikbaar als historische data, waarbij het kleinste aggregatieniveau net als bij actuele data één minuut bedraagt. Daarnaast beschikt de provincie over gegevens uit 200 die niet op de NDW zijn aangesloten en voertuigtellingen uit de lussen van vrijwel alle provinciale verkeerslichten.

Toepassingen

Logischerwijs zijn toepassingen alleen mogelijk voor de locaties waar wegverkeersgegevens worden ingewonnen. Toepassingen die zeer gedetailleerde verkeersgegevens vereisen zijn vanwege de lage dichtheid van meetlocaties in de meeste gevallen niet mogelijk. Het nut van iedere toepassing richt zich dus vooral op wegvakken direct op of rond de beschikbare meetlocaties.

Mogelijke online toepassingen, op basis van actuele verkeersgegevens, zijn gebeurtenisdetectie en het vaststellen van geschikte omleidingsroutes op basis van het huidige verkeersaanbod. Voor de eerstgenoemde toepassing is de dichtheid van meetlocaties vrij beperkt, maar zijn desondanks behoorlijke resultaten te behalen die aanleiding geven voor een pilot. De laatstgenoemde toepassing is beperkt tot

omleidingsroutes waarover verkeersinformatie wordt ingewonnen. Beide toepassingen zijn voor provinciale wegen nog niet elders operationeel.

Vanwege de aanlevertijd van NDW verkeersgegevens en de lage dichtheid van meetlocaties is de tijd tussen het optreden van veranderingen en het zichtbaar worden hiervan met een ordegrootte van vijf tot tien minuten vrij hoog. Dit betekent dat online toepassingen altijd achter de feiten aan lopen, maar ook dan kunnen verkeersmanagement-maatregelen nog altijd zinvol zijn, waardoor ook deze toepassingen zinvol kunnen zijn.

De toepassingen op basis van historische verkeersgegevens zijn ingedeeld in drie categorieën: verkenningstoepassingen, toepassingen voor het toetsen van beleidsdoelstellingen en toepassingen voor verkeerskundig beheer van VRI's.

Voor verkenningstoepassingen en het toetsen van beleidsdoelstellingen is nauwkeurigheid van de verkeersgegevens zeer belangrijk. Afwijkingen tussen de werkelijkheid en de meetgegevens kunnen al gauw leiden tot verkeerde conclusies. Onderbrekingen in de gegevensinwinning kunnen als deze niet al te groot zijn echter eenvoudig worden opgevangen door het nemen van een dataset over een langere periode.

Toepassingen voor verkeerskundig beheer van VRI's richten zich op het vaststellen of verschillende aanpassingen voor een verkeersregelininstallatie bevorderlijk kunnen zijn voor de doorstroming op een kruispunt. Hiervoor is niet bijzonder nauwkeurige verkeersdata vereist, daar ook met minder nauwkeurige data snel een beeld kan vormen of een bepaalde aanpassing zinvol is.

Als verkenningstoepassingen worden genoemd het identificeren van trajecten waarop consequent te hard wordt gereden en het tellen van verkeer op wegvakken, welke als basis kunnen worden gebruikt voor voorspellingen over toekomstige verkeersgroei. Deze laatste toepassingen zijn niet nieuw en worden al op veel plekken gebruikt. Voor het identificeren van trajecten waarop te hard wordt gereden is in het verleden door de politie al eens gebruik gemaakt van wegverkeersgegevens, om te bepalen waar het beste op snelheid gecontroleerd kan worden. Voor provincie Zuid-Holland gaat het natuurlijk niet om het bekeuren van weggebruikers, maar dient deze toepassing bijvoorbeeld als aanknopingspunt om een weg in de toekomst anders in te richten.

Een toepassing voor het toetsen van beleidsdoelstellingen is het bepalen van de gemiddelde minimale snelheid op een traject. Provincie Zuid-Holland heeft de ambitie om binnen en buiten de spits een bepaalde minimale snelheid te faciliteren. Middels deze toepassing kan gecontroleerd worden of aan deze doelstelling wordt voldaan en kunnen trajecten worden geïdentificeerd waar dit niet het geval is. Deze trajecten kunnen dan verder worden onderzocht op mogelijke aanpassingen om wel aan de ambitie te kunnen voldoen.

De toepassingen voor verkeerskundig beheer van VRI's richten zich op het bepalen of het zinvol is om op een bepaalde locatie een verkeersafhankelijke verkeersregeling of tovergroen te implementeren.

Gebeurtenisdetectie

Het onderzoek naar een gebeurtenisdetectiemethode voor provinciale wegen toont aan dat het mogelijk is om actuele NDW verkeersgegevens hiervoor in te zetten. De lage dichtheid van meetlocaties betekent wel dat het afgeven van gebeurtenismeldingen in de meeste gevallen op individuele meetlocaties gebaseerd moet worden. Hierdoor is de zekerheid of er daadwerkelijk een gebeurtenis is opgetreden vrij laag, waardoor de tijd tot detectie met meer dan tien minuten hoog is en de hoeveelheid valse alarmen met een kwart niet gering.

Voor de detectie van gebeurtenissen uit verkeersdata zijn verschillende algoritmes onderzocht. De prestaties per algoritme zijn uiteenlopend. Een belangrijkste constatering voor ieder gebeurtenisdetectiesysteem, ongeacht de hierin vervatte algoritmes, is dat er onderscheid gemaakt moet worden tussen niet-terugkerende gebeurtenissen en dagelijkse files. Meldingen bij dagelijkse files zijn voor wegverkeersleiders niet van belang en leiden af van de daadwerkelijk afwijkende gebeurtenissen. Juist bij deze afwijkende gebeurtenissen kunnen adequate verkeersmanagementmaatregelen de gevolgen voor het verkeer beperken.

Om deze reden is het algoritme dat hier gevonden is als best werkend een van de meest eenvoudige: een vergelijking van de actuele verkeersgegevens met een vastgelegde referentietoestand die geldt als “normale omstandigheden”. Indien de afwijking tussen actueel en normaal voor snelheid of reistijd groter is dan een bepaalde marge, geeft dit aanleiding om aan te nemen dat er een gebeurtenis heeft plaatsgevonden.

Een algoritme dat hier aan kan worden toegevoegd om de tijd tot detectie in specifieke gevallen te verkorten, is een algoritme dat sterke dalingen of stijgingen identificeert voor snelheid of reistijd, door de twee meest recente meetwaarden met elkaar te vergelijken. Uit het onderzoek blijkt dat de tijd tot detectie hierdoor met gemiddeld bijna drie minuten kan worden verkort, een behoorlijke winst op de toch al hoge tijd tot detectie.

Een derde onderzocht algoritme combineert snelheid- en intensiteitgegevens uit detectielussen, met als doel op grond van de basisprincipes van het fundamenteel diagram vast te stellen of er sprake is van congestie of vrije doorstroming. Vanwege de heterogene verkeersomstandigheden blijkt dit algoritme niet geschikt voor provinciale wegen. Daarbij maakt dit algoritme geen onderscheid tussen reguliere files en afwijkende gebeurtenissen, waardoor het alleen als ondersteunend algoritme gebruikt kan worden.

Het laatste algoritme dat is overwogen is een algoritme dat reistijden uit kentekenherkenningscamera's combineert met intensiteiten uit lussen. Op basis hiervan kan net als bij het voorgaande algoritme worden vastgesteld of er sprake is van congestie of vrije doorstroming. Vanwege het niet beschikbaar zijn van alle voor dit algoritme benodigde gegevens is dit algoritme niet getest kunnen worden. Het is echter waarschijnlijk dat de opmerkingen die gemaakt zijn bij het voorgaande algoritme ook op dit algoritme van toepassing is.

Het minimaliseren van de hoeveelheid valse alarmen en de tijd tot detectie en tegelijkertijd maximaliseren van het detectie ratio is vanwege de samenhang van deze indicatoren onmogelijk. Zo zal bijvoorbeeld het verkleinen van de tijd tot detectie resulteren in meer valse alarmen. Hier zullen hoe dan ook keuzes gemaakt moeten worden. Wel kan door het uitbreiden van het aantal meetlocaties de algehele zekerheid van het detectiesysteem verhoogd worden, waardoor de algehele prestatie zal toenemen. Zonder dergelijke investering is het verstandig om geen gebeurtenisdetectie te laten plaatsvinden op detectielussen die vlak voor verkeerslichten gesitueerd zijn en trajecten met weinig verkeer.

Op basis van de gevonden resultaten wordt aanbevolen om het gebeurtenisdetectiesysteem in de vorm van een pilot in de praktijk te testen. Alleen dan kan men een zuiver beeld krijgen van de toegevoegde waarde van het gebeurtenisdetectiesysteem ten opzichte van de bestaande informatievoorzieningen en in het bijzonder meldingen van weggebruikers die via Twitter binnenkomen.

Praktijk

Voor praktijkinzet van het gebeurtenisdetectiesysteem zijn vooral de weergave van gebeurtenismeldingen op een kaart en het attenderen van wegverkeersleiders op nieuwe meldingen door middel van een geluidssignaal van belang voor een bruikbaar systeem. De kaart kan daarbij tevens worden gebruikt om het beschikbare verkeersmanagementinstrumentarium op aan te geven, zodat in één oogopslag duidelijk is welke maatregelen de wegverkeersleider kan inzetten.

De extra taakbelasting voor wegverkeersleiders is laag, omdat het gebeurtenisdetectiesysteem genegeerd kan worden op het moment dat er geen meldingen binnen komen. Alleen bij problemen met specifieke meetlocaties (te veel of te weinig meldingen) is extra aandacht vereist om het systeem bij te stellen.

Integratie van andere toepassingen

Terugkijkend op de overige toepassingen voor wegverkeersgegevens die zijn bekeken, is het mogelijk om een aantal hiervan met het gebeurtenisdetectiesysteem te integreren.

Zo kan ligt de basis voor het vinden van geschikte omleidingsroutes in dezelfde wegverkeersgegevens als gebruikt worden voor gebeurtenisdetectie. Indien het systeem kennis heeft van mogelijke omleidingsroutes bij een gebeurtenis op een bepaald traject en er verkeersgegevens worden ingewonnen op deze omleidingsroutes, is het mogelijk om het gebeurtenisdetectiesysteem uit te breiden met een adviserende rol. Op basis van de binnen het systeem beschikbare verkeersgegevens kan immers een uitspraak worden gedaan over de geschiktheid van omleidingsroutes en kan worden geadviseerd om omleidingadviezen aan de weggebruiker in te trekken zodra het verkeer op de omleiding ook vast loopt.

Daarnaast kunnen de verkeersgegevens die iedere minuut binnen komen direct worden gekoppeld aan verschillende verkenningstoepassingen of toepassingen voor het toetsen van beleidsdoelstellingen. Zo kan direct worden bijgehouden waar en wanneer te hard wordt gereden en dagelijks worden bijgehouden wat de gemiddelde minimale snelheid op een traject is geweest. Hiervan kunnen dan automatisch bijvoorbeeld maandelijks rapporten gegenereerd worden, waardoor analyse van historische verkeersdata achteraf niet noodzakelijk is. Verkeerstellingen door op NDW aangesloten detectielussen kunnen op deze manier ook volledig geautomatiseerd worden.

Op deze manier is het dus mogelijk om actuele verkeersgegevens te gebruiken voor toepassingen waarvoor anders historische data achteraf geanalyseerd moet worden. Voor toepassingen die vaak herhaald moeten worden met nieuwe gegevens, bespaart deze manier van automatiseren op termijn een hoop tijd.

Vervolgonderzoek

Een voor de hand liggend vervolgonderzoek is het verder uitwerken en testen van het algoritme dat reistijden met intensiteiten uit lussen combineert. Hierbij kunnen de verbetermogelijkheden die zijn aangedragen voor het algoritme op basis van het fundamenteel diagram, zoals aangegeven in paragraaf 9.2, worden meegenomen. Indien dit algoritme wordt getest op basis van dezelfde historische verkeersgegevens als gebruikt voor het hier uitgevoerde onderzoek, kunnen de resultaten direct worden vergeleken met de resultaten in deze rapportage.

De algoritmes voor vergelijking van de actuele meetgegevens met de vastgelegde referentiesituatie gebruiken nu grenswaarden op basis van een vaste waarde of percentage

van de referentiewaarde. Het is ook mogelijk deze grenswaarde te kiezen op basis van de grootte van de standaardafwijking van de referentiewaarde. Er kan worden onderzocht of dit voordelen biedt met betrekking tot detectiesnelheid en de hoeveelheid valse alarmen.

Bij de combinatie van algoritmes tot een gebeurtenismelding weegt ieder algoritme op dit moment even zwaar mee. Dit is niet in alle gevallen even gunstig; afhankelijk van hoe een gebeurtenis tot stand komt kan het zinvol zijn om het ene algoritme zwaarder te laten meewegen dan het andere algoritme. Een suggestie voor vervolgonderzoek is dan ook het bekijken in welke situaties dit het geval is en welke onderlinge weging voor de algoritmes hier het beste bij past.

Een nieuwe manier om op de hoogte te komen van gebeurtenissen op provinciale wegen die op het moment van schrijven aan de VM-desk wordt gebruikt is sociale media. Twitterberichten waarin wegnummers van provinciale wegen worden genoemd komen als melding op de VM-desk binnen. Uiteraard zitten hier ook een deel zinloze meldingen tussen. Een interessant vervolgonderzoek kan zijn een vergelijking tussen deze twittermeldingen en het gebeurtenisdetectiesysteem. Er kan bekeken worden of beide systemen elkaar aanvullen, of wellicht maakt het ene systeem het andere overbodig.

Een laatste mogelijkheid voor vervolgonderzoek die hier wordt aangedragen is onderzoeken welke vormen van verkeersdata en bijbehorende manieren van inwinning het meest geschikt zijn voor gebeurtenisdetectie op provinciale wegen. Hierbij kan worden bekeken welke winst behaald kan worden door het toevoegen van meer detectielussen of het inkorten van reistijdtrajecten. Ook kan worden gekeken naar de mogelijkheden van floating car data, bijvoorbeeld naar de minimale hoeveelheid voertuigen die hiermee uitgerust moeten zijn om voldoende gegevens te verkrijgen. Ook kan worden onderzocht of dergelijke floating car data de huidige detectielussen en kentekenherkenningscamera's volledig overbodig kan maken.

Samenvattend is in dit afstudeeronderzoek gekeken naar mogelijke toepassingen voor provinciale wegverkeersgegevens, is aangetoond dat gebeurtenisdetectie mogelijk is met relatief weinig verkeersgegevens, en is aangedragen hoe een gebeurtenisdetectiesysteem kan worden vormgegeven.

Literatuur

- Balke, KN. (1993). *An Evaluation of Existing Incident Detection Algorithms*. College Station, TX: Texas Transport Institute.
- Broer, K. (2011). Tovergroen overschrijdt de Brabantse provinciegrens.
<http://www.verkeerskunde.nl/service/dossiers/dvm/tovergroen-overschrijdt-de-brabantse.11212.lynkx> Geraadpleegd 1 december 2011.
- Chassiakos, A.P., Stephanedes, Y.J. (1992). *Smoothing Algorithms for Incident Detection*. Department of Civil and Mineral Engineering, University of Minnesota, Minneapolis, MN.
- Deumers, J. (2010). *Kwaliteit reistijdinformatie NDW*. Interne memo PZH, 20 juli 2010.
- Doggenaar, M. van (2010). Groen! *Dag en Nacht Mobiliteit* nr. 3, 28-29.
- Elling, R., Andeweg, B., Jong, J. de, Swankhuisen, C. (2005). *Rapportagetechniek*. 3^e dr. Groningen/Houten: Wolters-Noordhoff.
- FHWA (2010): *Traffic Incident Management Handbook*. US Department of Transportation, Federal Highway Administration, januari 2010.
- Furth, P.J., Muller, THJ. (2000). Conditional Bus Priority at Signalized Intersections: Better Service Quality with Less Traffic Disruption. *Transportation Research Record* 1731, 23-30.
- Grontmij (2007). *Evaluatie Tovergroen. Onderzoek naar werking en effecten van Tovergroen in 2 VRI's op de N65 tussen Tilburg en 's-Hertogenbosch*. Definitief rapport. De Bilt: Grontmij Nederland bv.
- Jeong, Y.S., Castro-Neto, M., Jeong, M.K., Han, L.D. (2011). A wavelet-based freeway incident detection algorithm with adapting threshold parameters. *Transportation Research Part C* 19, 1-19.
- Jin, J., Ran, B. (2009). Automatic Freeway Incident Detection Based on Fundamental Diagrams of Traffic Flow. *Transportation Research Record* 2099, 65-75.
- Joon, L.M. (2004). *Automatic Incident Detection System (AIDS): Non-recurrent Incident Detection in Urban Roadway – A Case of an Isolated Signalized Road*. MSc Thesis. Department of Transportation and Logistics, Malaysia University of Science and Technology.
- Khoury, J.A., Haas, C.T., Mahmassani, H., Logman, H., Rioux, T. (2003). Performance Comparison of Automatic Vehicle Identification and Inductive Loop Traffic Detectors for Incident Detection. *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 129, No. 6, 600-607.
- Mahmassani, H.S., Haas, C., Logman, H., Shin, H.J. (2004). *Integration of Point-Based and Link-Based Incident Detection and Traffic Estimation*. Center for Transport Research, University of Texas, Austin TX.

- Mak, C.L., Fan, H.S.L. (2007). Development of Dual-Station Automated Expressway Incident Detection Algorithms. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Vol. 8, No. 3, 480-490.
- Martin, P.T., Perrin, J., Hansen, B. (2001). *Incident Detection Algorithm Evaluation*. University of Utah, Salt Lake City, UT.
- Mazloumi, E., Currie, G., Rose, G., and Sarvi, M. (2009). *Using SCATS data to predict bus travel time*. Paper gepresenteerd op het "32nd Australian Transport Research Forum", Auckland, New Zealand.
- Meeuwssen, T. (2012). Persoonlijke raadpleging, 23 februari 2012.
- Mian, JN. (2011). Persoonlijke raadpleging, 2 december 2011.
- Mirchandani, P., Head, L. (2001). A real-time traffic signal control system: architecture, algorithms and, analysis. *Transportation Research Part C* 9, 415-432.
- NDW (2010). *NDW interface beschrijving*. Versie 1.1, 10 november 2010.
- NDW (2011). *Nationale Databank Wegverkeersgegevens – Vraag en antwoord*. http://www.ndw.nu/pagina/nl/6/vragen/38/vraag_en_antwoord/ Geraadpleegd 21 november 2011.
- NDW (2011b). *NDW Rapportage Kwaliteit*. Conceptversie, 3^e kwartaal 2011.
- NDW (2011c). *Handleiding Historische gegevens. Handleiding voor het user interface en lezen van de output*. Versie 1, september 2011.
- NDW (2011d). *NDW Interface beschrijving*. Versie 1.2 final, 23 december 2011.
- NDW (2011e). *NDW Rapportage Kwaliteit*. 4^e kwartaal, 2011 – concept.
- NIST/SEMATECH (2010). e-Handbook of Statistical Methods, <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/>, 6/23/2010.
- Parkany, E., Xie, C. (2005). *A Complete Review of Incident Detection Algorithms & Their Deployment: What Works and What Doesn't*. Amherst, MA: University of Massachusetts Transportation Center.
- Peek (2011). UTOPIA Netwerkgeregelingen – Peek Traffic Solutions. <http://www.peaktraffic.nl/page/373> Geraadpleegd 2 december 2011.
- PZH (2011). *Doel 2.2 Een betere bereikbaarheid en verkeersveiligheid – Begroting 1012 – Provincie Zuid-Holland*. <http://www.begrotingzuidholland.nl/page/doel-22-een-betere-bereikbaarheid-en-verkeersveiligheid> Geraadpleegd 25 november 2011.
- PZH (2011b). *Provincie Zuid-Holland – DRIS*. <http://www.zuid-holland.nl/dris> Geraadpleegd 25 november 2011.
- Rijkswaterstaat (2011). *Nationale Databank Wegverkeersgegevens (NDW) in gebruik genomen*. http://www.rijkswaterstaat.nl/actueel/nieuws_en_persberichten/2009/juli_2009/nationale_databank_wegverkeersgegevens_in_gebruik_genomen.aspx Gepubliceerd 6 juni 2009, geraadpleegd 24 november 2011.



- Ritchie, S.G. (1990). A Knowledge-Based Decision Support System for Advanced Traffic Management. *Transpn. Res. -A*, Vol. 24A, No. 1, 21-37.
- Siemens (2010). *NextPhase. A Next Generation approach structured to satisfy the most demanding of modern traffic signal control applications..*
http://www.itssiemens.com/en/u_nav1212.html Geraadpleegd 2 december 2011.
- Singliar, T., Hauskrecht, M. (2006). Towards a Learning Traffic Incident Detection System. *Proceedings of the Workshop on Machine Learning Algorithms for Surveillance and Event Detection at the 23rd International Conference on Machine Learning*, Pittsburgh, PA.
- Smeding, R. (2012). Persoonlijke raadpleging, 10 januari 2012.
- SWOV (2005). *Door met Duurzaam Veilig. Nationale Verkeersveiligheidsverkenning voor de jaren 2005-2020*. Leidschendam.
- Taale H., Hoogendoorn S., Berg, M. van den, De Schutter, B. (2006). Anticiperende netwerkgeregelingen. *NM Magazine*, vol. 1, no. 4, 22-27.
- TomTom (2011). *What TomTom does with your data*.
<http://corporate.tomtom.com/statementApr2011.cfm> Gepubliceerd april 2011, geraadpleegd 30 november 2011.
- Veenbrink, B (2012). Persoonlijke raadpleging, 7 maart 2012.
- Vo, T. (2011). *An Investigation of Bluetooth Technology for Measuring Travel Times on Arterial Roads: A Case Study on Spring Street*. Master thesis. Atlanta, GA: Georgia Institute of Technology.
- Wang, W., Chen, S., Qu, G. (2008). Incident detection algorithm based on partial least squares regression. *Transportation Research Part C* 16, 54-70.
- Wegenwiki (2011). *MOVA*. <http://www.wegenwiki.nl/MOVA> Gepubliceerd 12 februari 2011, geraadpleegd 30 november 2011.
- Wegenwiki (2011b). *Toptrac*. <http://www.wegenwiki.nl/Toptrac> Gepubliceerd 12 februari 2011, geraadpleegd 31 november 2011.
- Weil, R., Wootton, J., García-Ortiz, A. (1998). Traffic Incident Detection: Sensors and Algorithms. *Mathl. Comput. Modelling Vol 2, No. 9-11*, 257-291.
- Williams, B.M., Guin, A. (2007). Traffic Management Center Use of Incident Detection Algorithms: Findings of a Nationwide Survey. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Vol. 8, No. 2, 351-358.
- Zhang, K., Taylor, MAP. (2006). Effective arterial road incident detection: A Bayesian network based algorithm. *Transport Research Part C* 14, 403-417.
- Zheng, P., McDonald, M., Jeffery D. (2008). Event detection based on loop and journey time data. *IET Intell. Transp. Syst. Vol. 2, No. 2*, 113-119.

Afbeeldingsverantwoording

Afbeeldingen waarvan geen bron is vermeld in tabel 10 zijn eigen werk.

Tabel 10: Afbeeldingen van derden

<i>Paragraaf of figuurnummer</i>	<i>Bron</i>
1.1 (logo)	NDW, 2011b (zie literatuurlijst)
Figuur 3	NDWviewer, www.ndwviewer.nl , inlogaccount vereist
Figuur 4	NDWviewer, www.ndwviewer.nl , inlogaccount vereist
Figuur 5	GeoWeb Provincie Zuid-Holland
Figuur 6	Kaartachtergrond: Google Maps (http://maps.google.nl/)
2.1.1 (foto)	http://www.wegenforum.nl/viewtopic.php?f=30&t=1261&start=330
2.1.2 (foto)	http://www.tctubantia.nl/multimedia/archive/02151/05102011_eib_file__2151218a.jpg
2.1.3 (foto)	http://www.destentor.nl/regio/salland/4137905/article6760749.ece
2.1.4 (foto)	http://www.zuid-holland.nl/dris
2.2.1 (foto)	http://www.spitsnieuws.nl/archives/crime/2011/01/autorijder_begaat_meer_dan_een.html
2.2.2 (foto)	http://verkeer.wikia.com/wiki/Verkeersmonitoring_met_inductielussen
2.2.3 (illustratie)	http://informationexpress.com.au/wp-content/uploads/2009/07/Growth_Graph.jpg
2.3.1 (foto)	http://auto.blog.nl/algemeen/2008/06/24/eurlings-pakt-80-kilometer-zones-aan
2.4.1 (foto)	http://www.leidschdagblad.nl/nieuws/regionaal/leidenenregio/article11251081.ece
2.4.2 (foto)	http://www.omroepgelderland.nl/web/Nieuws-1/528481/verkeerslicht-bus.htm
2.4.3 (foto)	http://www.deetere.nl/reconstructien296.htm

<i>Paragraaf of figuurnummer</i>	<i>Bron</i>
Figuur 12	Kaartachtergrond: Google Maps (http://maps.google.nl/) Meetlocaties: NDW Viewer (http://www.ndwviewer.nl/ , inlogaccount vereist)
Figuur 38	Kaart: Google Maps (http://maps.google.nl/)
Figuur 40	Google Earth
Figuur 97	Kaart: Google Maps (http://maps.google.nl/)
 en 	Open Icon Library, http://openiconlibrary.sourceforge.net/

Bijlage 1 Analyse NDW data

In deze bijlage is de aanvullende analyse van NDW-data uitgewerkt. Deze analyse sluit aan op de eigen analyse van NDW zoals samengevat in paragraaf 1.1.3 van de hoofdtekst. In de hier beschreven analyse is uitgegaan van verkeersgegevens uit dezelfde periode van 1 januari 2011 tot 30 september 2011. In tegenstelling tot de analyse door NDW is het onderzoek hier beperkt tot metingen op provinciale wegen binnen Zuid-Holland (locatieprefixes GEO02_PZH en PZH01).

Deze analyse gaat in op de kwaliteitseis “beschikbaarheid meetlocaties”, in het bijzonder op de bruikbaarheid van de beschikbare verkeersgegevens voor de afnemer. Daarnaast is gekeken naar de kwaliteitsindicatoren die worden meegeleverd in de datastroom, om een beeld te krijgen van de waarde van deze indicatoren. Tot slot geeft deze rapportage inzicht in het functioneren van de individuele meetlocaties.

1.1 Onderzoeksopzet

Allereerst is een inventarisatie gemaakt van de verschillende kwaliteitsindicatoren die beschikbaar zijn in de NDW datastroom. Een overzicht hiervan wordt gepresenteerd in paragraaf 1.2 van deze bijlage. Vervolgens zijn aan de hand van deze kwaliteitsindicatoren een aantal onderzoeksvragen opgesteld. Deze onderzoeksvragen zijn gegeven in paragraaf 1.3 van deze bijlage.

Het daadwerkelijke onderzoek wordt beschreven vanaf paragraaf 1.4, waarin allereerst de toegepast onderzoeksmethoden worden toegelicht. In paragraaf 1.5 worden vervolgens de gevonden resultaten gepresenteerd, met tot slot in paragraaf 1.9 de hieruit volgende conclusies.

In aanvulling hierop zijn in bijlage 2 enkele aanbevelingen opgenomen ten aanzien van een voor deze analyse te gebruiken computersysteem. Mocht men de gepresenteerde analyse willen herhalen, uitbreiden, of uitvoeren op een andere gegevensset dan is het raadzaam paragraaf 2.1 van bijlage 2 te bekijken. In paragraaf 2.2 van deze bijlage wordt een toelichting gegeven op de gebruikte scripts, welke digitaal beschikbaar zijn. Deze scripts kunnen worden geraadpleegd om te bekijken hoe de bevindingen in deze bijlage exact tot stand zijn gekomen.

De analyse is uitgevoerd aan de hand van historische NDW gegevens die achteraf opvraagbaar zijn, niet van de daadwerkelijke actuele gegevens die iedere minuut worden aangeleverd. Deze historische data komt voor het grootste deel overeen met de actuele data, zoals is aangetoond in paragraaf 1.6, maar bevat geen herhalingen van meetwaarden. De conclusies op basis van de historische data zijn dus zonder meer ook van toepassing op de actuele data.

1.2 Kwaliteitsindicatoren

De data-aanlevering bevat per meetwaarde een aantal kwaliteitsindicatoren, welke gebruikt worden om aan te geven of er iets bijzonders aan de hand is met de betreffende meetwaarde. Deze kwaliteitsindicatoren zijn gegeven in tabel 11. De inhoud hiervan is gebaseerd op NDW (2010), NDW (2011c) en Meeuwsen (2012).

Tabel 11: Overzicht kwaliteitsindicatoren

<i>Indicator</i>	<i>Toelichting</i>
numberOfIncompleteInputs	Aantal voertuigen die een reistijdtraject (geregistreerd) hebben verlaten, maar niet zijn geregistreerd bij binnenkomst van het traject. Moet 0 zijn indien er geen verkeer is.
numberOfInputValuesUsed	Aantal waarnemingen dat gebruikt is voor de bepaling van de reistijd of snelheid voor deze meetwaarde. Niet beschikbaar voor intensiteit. Moet 0 zijn indien er geen verkeer is.
computationalMethod	Voor deze meetwaarde gebruikte rekenmethode, indien deze afwijkt van de standaard rekenmethode voor dit meetpunt.
standardDeviation	Spreiding van de individuele metingen die gebruikt zijn voor de bepaling van deze meetwaarde.
supplierCalculatedDataQuality	Een door de dataleverancier toegekende kwaliteitsindicator op schaal 0-100, indien wordt afgeweken van de vooraf vastgelegde standaardkwaliteit (gegeven in het veld accuracy). Dit veld wordt gebruikt te worden als bijvoorbeeld tijdelijk andere meetapparatuur wordt ingezet bij een defect aan de reguliere apparatuur. In de praktijk wordt dit veld echter niet op deze manier gebruikt en worden soms waarden toegekend aan dit veld en soms niet. Hoe deze waarden tot stand zijn gekomen is niet bekend.
fault	Heeft waarde 1 als niet aan de NDW kwaliteitseisen wordt voldaan. Komt voor als een meetpunt geen gegevens levert of indien kan worden vastgesteld dat de gegevens onbetrouwbaar zijn. De meetwaarde (reistijd, snelheid, intensiteit) wordt tevens op -1 gesteld.
travelTimeType	Indicatie van de manier waarop de reistijd is bepaald. Heeft waarde "estimated" als er een schatting is gemaakt van de reistijd in plaats van een gemeten reistijd.

Geen verkeer

Indien er geen verkeer is, is dit als volgt uit de meetgegevens af te lezen:

Voor snelheidsmetingen:

avgVehicleSpeed = -1¹⁰

numIncompleteInputs = 0

numInputValuesUsed = 0

Voor intensiteitsmetingen:

vehicleFlow = 0

numIncompleteInputs = 0

niet van toepassing

Voor reistijdmetingen:

avgTravelTime = -1

numIncompleteInputs = 0

numInputValuesUsed = 0

1.3 Onderzoeksvragen

Aan de hand van de kwaliteitsindicatoren uit tabel 11 zijn de volgende onderzoeksvragen opgesteld. Deze onderzoeksvragen worden gesteld per meetpunt.

1. Hoe vaak is numberOfIncompleteInputs groter dan 0?
2. Hoe vaak is computationalMethod niet gelijk aan "" (lege waarde)?
3. Hoe vaak is numberOfInputValuesUsed gelijk aan 0?
4. Hoe vaak is travelTimeType gelijk aan "estimated"? (alleen reistijdgegevens)
5. Hoe vaak is fault gelijk aan 1?
6. Uitgaande van een perfect systeem, hoeveel procent bruikbare metingen komt daadwerkelijk bij de afnemer binnen?
7. Wat is de spreiding van standardDeviation?
8. Wat is de spreiding van supplierCalculatedDataQuality?
9. Wat is de spreiding van de lengte van meetperiodes waarin geen verkeer wordt waargenomen?
10. Wat is de spreiding van de lengte van meetperiodes met gegevensfouten?
11. Hoe vaak ligt een periode met gegevensfouten binnen een periode zonder verkeer?

1.4 Toegepaste verwerkingsmethoden

Voor het maken van de analyse is enigszins onlogisch gebruik gemaakt van de combinatie PHP/MySQL¹¹. Met behulp hiervan zijn allereerst de uit de NDW historische data export¹² verwerkt tot databasetabellen per meetlocatie, waarbij alleen de relevante datavelden behouden zijn. De omgewerkte gegevensbestanden zijn vervolgens gebruikt als input voor verschillende scripts die de juiste informatie ter beantwoording van de onderzoeksvragen uit deze gegevensbestanden halen. De werking van deze scripts wordt hieronder toegelicht.

1.4.1 Verwerking ruwe exportdata

De gegevensbestanden uit de NDW historische data export zijn gesorteerd op tijd en bevatten de gegevens van alle meetlocaties door elkaar. Daarnaast zijn de gegevens gesplitst over meerdere uitvoerbestanden met 1 miljoen meetwaarden per bestand.

Iedere meetwaarde is gekoppeld aan een groot aantal statusgegevens die voor ieder meetlocatie hetzelfde zijn. Dit levert een grote hoeveelheid overbodige informatie op, die in

¹⁰ Volgens NDW specificatie. Is in de historische databestanden echter 0 bij geen (of stilstaand!) verkeer.

¹¹ PHP en MySQL worden in het algemeen alleen gebruikt voor website toepassingen, niet voor dataverwerking.

¹² <http://ndw.dysi.nl/>, inlogaccount vereist.

deze stap is verwijderd om de rest van de analyse te versnellen en het ruimtebeslag van de gegevens zo klein mogelijk te houden.

Deze voorbereiding is als volgt uitgevoerd:

- Nuttige kolommen uit ruwe data kopiëren naar MySQL database, per invoerbestand één tabel (import);
- Unieke meetlocaties vaststellen uit alle geïmporteerde tabellen. Voor iedere locatie een nieuwe lege tabel aanmaken in een tweede MySQL database;
- Voor iedere invoertabel de rijen voor iedere locatie kopiëren naar de betreffende locatietabel (split).

Dit geeft voor iedere meetlocatie een eigen gegevenstabel voor reistijd, snelheid en intensiteit (waar van toepassing), waarop SQL queries kunnen worden losgelaten voor verder analyse.

1.4.2 Aantallen <veld> <vergelijking> <waarde>

Dit is de eenvoudigste verwerkingsmethode ter beantwoording van onderzoeksvragen van de vorm “Hoe vaak is...” (vragen 1 t/m 5).

Hier is per meetlocatiebestand het totale aantal meetwaarden en het aantal meetwaarden geteld waarvoor geldt:

1. `numberOfIncompleteInputs > 0`
2. `numberOfInputValuesUsed = 0`
3. `computationalMethod ≠ ""`
4. `travelTimeType = "estimated"`
5. `fault = 1`

Vraag 6 wordt op eenzelfde manier beantwoord en gaat specifiek in op de hoeveelheid bruikbare data voor de afnemers. In een perfect werkend systeem moet er voor iedere minuut en voor ieder meetpunt een geldige meetwaarde beschikbaar zijn. Hier wordt gekeken hoeveel metingen er in theorie zouden moeten zijn en hoeveel er daadwerkelijk in de praktijk zijn.

Het theoretische aantal meetminuten over de periode 1 januari 2011 tot 30 september 2011 bedraagt 393120 per meetlocatie (273 dagen × 1440 minuten per dag). Per meetpunt is echter het exacte aantal meetminuten over de beschikbare data berekend door het verschil te nemen tussen de eerste en de laatste meetwaarde. Dit getal is per meetpunt vergeleken met de daadwerkelijke hoeveelheid bruikbare metingen in de dataset voor dit meetpunt.

1.4.3 Spreiding <veld>

Deze methode is gebruikt voor de beantwoording van de “Wat is de spreiding van...” vragen (7 en 8).

Hier zijn per meetlocatiebestand voor iedere meetwaarde de velden `standardDeviation`, en `supplierCalculatedDataQuality` afgerond op gehele getallen. De afronding van `standardDeviation` is hierbij nog nabewerkt, zoals verderop beschreven. Voor iedere afgeronde waarde is geteld hoe vaak deze waarde voor komt in het meetlocatiebestand.

Afronding standardDeviation

De standaarddeviatie kan in sommige gevallen oplopen tot meer dan 1000 seconden. Daarom is er hier gekozen om af te ronden op een logaritmische schaal, waarbij waarden als volgt zijn afgerond:

Tussen 0 en 10:	afronden op 1 seconde nauwkeurig;
Tussen 10 en 100:	afronden op 10 seconden nauwkeurig;
Tussen 100 en 1000:	afronden op 100 seconden nauwkeurig;
Tussen 1 000 en 10 000:	afronden op 1 000 seconden nauwkeurig;

Waarden groter dan 10 000 zijn ondergebracht in de categorie 10 000.

1.4.4 Lengte van meetperiodes

De onderzoeksvragen 9 t/m 11 hangen met elkaar samen. De meetperiodes zonder verkeer en meetperiodes met gegevensfouten uit vragen 9 en 10 moeten worden bepaald om deze voor de beantwoording van vraag 11 te kunnen gebruiken.

Iedere meetlocatie is hier sequentieel verwerkt. Zodra een meetwaarde zonder verkeer of een meetwaarde met gegevensfout wordt aangetroffen wordt de starttijd hiervan vastgelegd. Op het moment dat er weer verkeer is of geen gegevensfout meer is wordt de starttijd van deze meetwaarde gebruikt als eindtijd voor de hiervoor aangetroffen gebeurtenis.

Indien een gegevensfout wordt aangetroffen en een periode zonder verkeer ten minste één meetminuut eerder gestart is wordt dit als feit onthouden. Als de periode met gegevensfout stopt en vervolgens ten minste één meetminuut zonder verkeer aanhoudt, wordt dit geheel als een gebeurtenis geregistreerd.

Van beide periodes (geen verkeer en meetfout) is tevens de spreiding van de lengte ervan vastgelegd, door het verschil tussen begin en eind van een periode te berekenen en te registreren. Deze spreidingen zijn op de zelfde manier afgerond als standardDeviation, zie paragraaf 1.4.3.

1.4.5 Vergelijking actuele en historische verkeersgegevens

De hierboven beschreven analyse is uitgevoerd op basis van historische NDW verkeersgegevens, omdat actuele gegevens over de onderzochte periode niet beschikbaar zijn. Nu zijn verkeersgegevens per definitie historisch, maar in geval van NDW verkeersgegevens worden achteraf aangevraagde historische gegevens op een andere manier aangeleverd dan wanneer men zelf actuele gegevens zou archiveren. Zo wordt een ander bestandsformaat gebruikt en zijn de gegevens uit een historische aanvraag mogelijk nabewerkt, aangevuld, of kunnen gegevens door technische problemen ontbreken. Verder zijn herhalingen van meetwaarden niet opgenomen in de historische levering.

Om een beeld te krijgen van de verschillen tussen actuele en historische data is aanvullend twee weken aan actuele data onderzocht en vergeleken met dezelfde periode aan historische data. Dit geeft dan een mate van representativiteit van de historische data.

Deze actuele data is door NDW aangeleverd en omvat gegevens van 1 t/m 14 februari 2012. Hoewel achteraf beschikbaar, betreft het hier exact dezelfde gegevens die in de realtime levering hebben gezeten, in hetzelfde bestandsformaat, per minuut opgeslagen in een bestand. Deze bestanden zijn ingelezen, op dezelfde manier op bruikbaarheid geanalyseerd

als de historische dataset en vergeleken met de bruikbaarheid van historische verkeersgegevens over dezelfde periode van 1 t/m 14 februari. Tevens is gekeken naar de beschikbaarheid van de actuele verkeersgegevens, volgens de definitie die NDW hiervoor hanteert (zie paragraaf 1.1.3 van de hoofdtekst).

1.5 Resultaten

In dit subhoofdstuk worden de resultaten van de analyses uit paragraaf 1.4 gepresenteerd, waarmee onderzoeksvragen uit paragraaf 1.3 beantwoord zullen worden. Voor iedere onderzoeksvraag worden eerst de resultaten voor reistijdtrajecten besproken, vervolgens de resultaten voor meetlussen, voor zover hier verschillen tussen bestaan.

Opmerking: Na het uitvoeren van de analyse is gebleken dat er dubbele rijen in de NDW historische gegevens aanwezig zijn. In de scripts was hier oorspronkelijk echter geen rekening mee gehouden. Een aanvullende gevoeligheidsanalyse op dit punt liet zien dat er voor reistijdlocaties gemiddeld 4,06 % dubbele rijen aanwezig zijn, met uitschieters tot 9,68 %. Voor snelheidlocaties is dit gemiddeld 1,71 % met uitschieters tot 2,01 % en voor intensiteitlocaties gemiddeld 1,70 % met uitschieters tot 1,98 %.

Hierop is besloten de analyse voor reistijden opnieuw uit te voeren, waarvan de resultaten in dit rapport zijn opgenomen.

Gezien de rekentijden voor snelheid/intensiteit (zie bijlage 2 paragraaf 2.1) en de beperkte hoeveelheid dubbele rijen is besloten de analyse voor snelheid/intensiteit niet te herhalen. Voor hetgeen beschreven in deze paragraaf voor wat betreft snelheid en intensiteit dient dus een beperkte afwijking van maximaal 2% in acht genomen te worden. Dit zal de conclusies uit de analyse echter niet veranderen.

Reistijdinformatie wordt binnen provincie Zuid-Holland ingewonnen door ARA op 98 locaties. Binnen de NDW hebben de namen van deze locaties de prefix GEO02_PZH. De lussen registreren intensiteiten en snelheden per voertuigklasse. Deze informatie wordt binnen de provincie Zuid-Holland ingewonnen door ARS op 97 locaties. Binnen de NDW hebben de namen van deze locaties de prefix PZH01_.

Voor de in deze paragraaf opgenomen grafieken geldt dat een lage waarde beter is dan een hoge waarde, met uitzondering van figuur 46 en figuur 47.

Indien sprake is van een enkele kolomgrafiek zijn gevonden waarden identiek voor snelheidsmetingen en intensiteitsmetingen. Bij verschillen tussen deze twee is gebruik gemaakt van een dubbele kolomgrafiek, waarbij de linker kolom (blauw) steeds betrekking heeft op snelheidsmetingen en de rechter kolom (rood) op intensiteitsmetingen.

1.5.1 numberOfIncompleteInputs

In geen enkel geval heeft numberOfIncompleteInputs een waarde groter dan 0.

Reistijd

Dit houdt in dat voor reistijden niet wordt bijgehouden of er voertuigen zijn die wel door één maar niet door beide camera's van een reistijdtraject worden geregistreerd. Deze informatie zou echter wel interessant kunnen zijn om vast te stellen of de locatie van het reistijdtraject optimaal is. Als er veel verkeer is dat het traject halverwege op komt rijden of verlaat, dan is de locatie van het traject niet optimaal en kan splitsen of inkorten worden overwogen om beter bruikbare gegevens te verkrijgen.

Snelheid en intensiteit

Deze waarde is volgens de NDW specificatie (NDW, 2010) niet specifiek alleen bedoeld voor reistijden. Het is echter logisch dat deze waarde niet voor snelheid en intensiteit ingevuld kan worden, daar deze door een meetlus óf wel óf niet wordt gemeten, maar niet half (zoals bij een reistijdtraject wel het geval kan zijn).

1.5.2 computationalMethod

In geen enkel geval heeft computationalMethod een waarde.

Dit betekent dat er nooit een alternatieve berekenmethode wordt gebruikt, en de data dus wordt geleverd zoals deze is, ook als er niet of niet goed kan worden gemeten.

1.5.3 numberOfInputValuesUsed

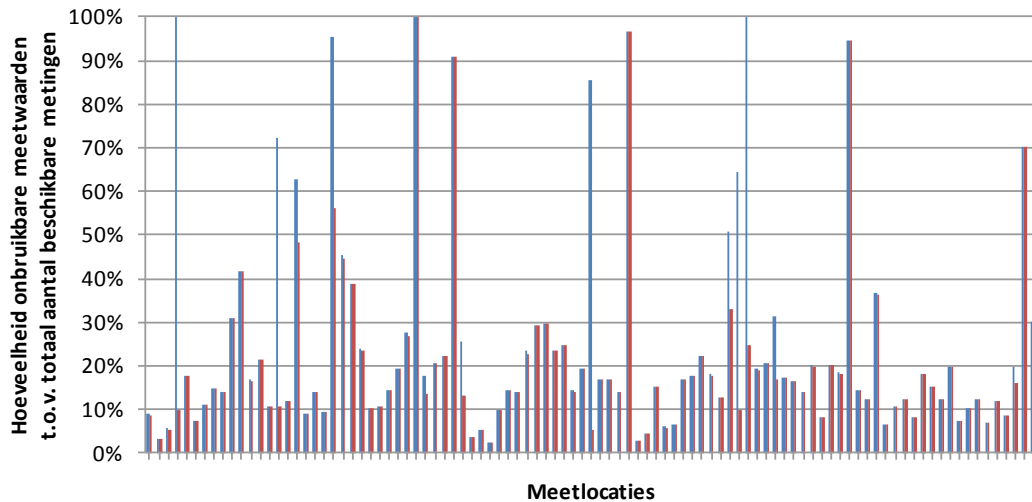
Reistijd

De gemeten reistijden waarvoor geldt dat er geen voertuigen zijn geregistreerd blijken exact overeen te komen met de meetwaarden die het veld travelTimeType gelijk hebben aan "estimated". De reistijd is in deze situatie gelijk aan -1, waardoor er sprake is van een onbruikbare meetwaarde. Een verdere toelichting wordt gegeven in de volgende paragraaf.

Snelheid en intensiteit

Snelheidsmetingen met numberOfInputValuesUsed gelijk aan 0 zijn meetwaarden waarin geen verkeer is geregistreerd, ofwel omdat er geen verkeer is, ofwel omdat de meetwaarde als foutief wordt aangemerkt. Bij intensiteitsmetingen is numberOfInputValuesUsed altijd gelijk aan 0, ook als er wel een intensiteit is gemeten. Daartoe is de definitie voor intensiteitsmetingen aangepast tot het tellen van meetminuten waarin de vehicleFlow gelijk is aan 0.

Meetpunten waarbij dit vaak het geval is zijn meetpunten die slecht functioneren, omdat ze weinig tot geen bruikbare verkeersgegevens leveren. In figuur 42 is een overzicht gegeven van alle meetpunten met het percentage onbruikbare meetwaarden ten opzichte het totale aantal metingen. In de grafiek zijn gevonden waarden voor snelheid (links, blauw) en intensiteit (rechts, rood) enigszins afwijkend. Een aantal meetlocaties blijkt nauwelijks informatie te verzamelen over snelheid, maar wel over intensiteiten.



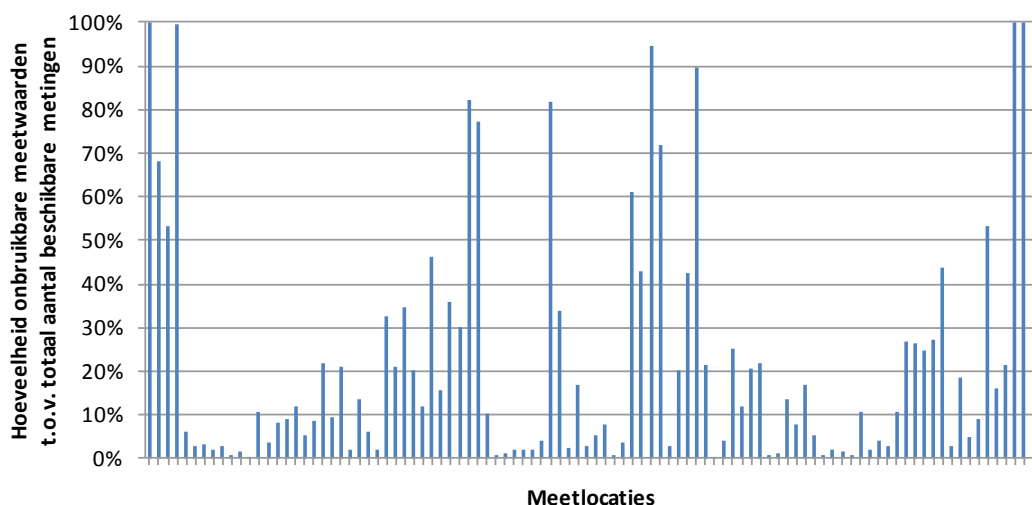
Figuur 42: Percentage onbruikbare meetwaarden per meetlocatie (lussen)

1.5.4 travelTimeType

Reistijd

Reistijdmetingen met numberOfInputValuesUsed gelijk aan 0 en travelTimeType gelijk aan “estimated” zijn meetwaarden waarin geen verkeer is geregistreerd, ofwel omdat er geen verkeer is, ofwel omdat de meetwaarde als foutief wordt aangemerkt.

Meetpunten waarbij dit vaak het geval is zijn meetpunten die slecht functioneren, omdat ze weinig tot geen bruikbare verkeersgegevens leveren. In figuur 43 is een overzicht gegeven van alle meetpunten met het percentage onbruikbare meetwaarden ten opzichte het totale aantal metingen. Het gemiddelde over alle meetlocaties bedraagt 20,85 %.



Figuur 43: Percentage onbruikbare meetwaarden per meetlocatie (reistijd)

Snelheid en intensiteit

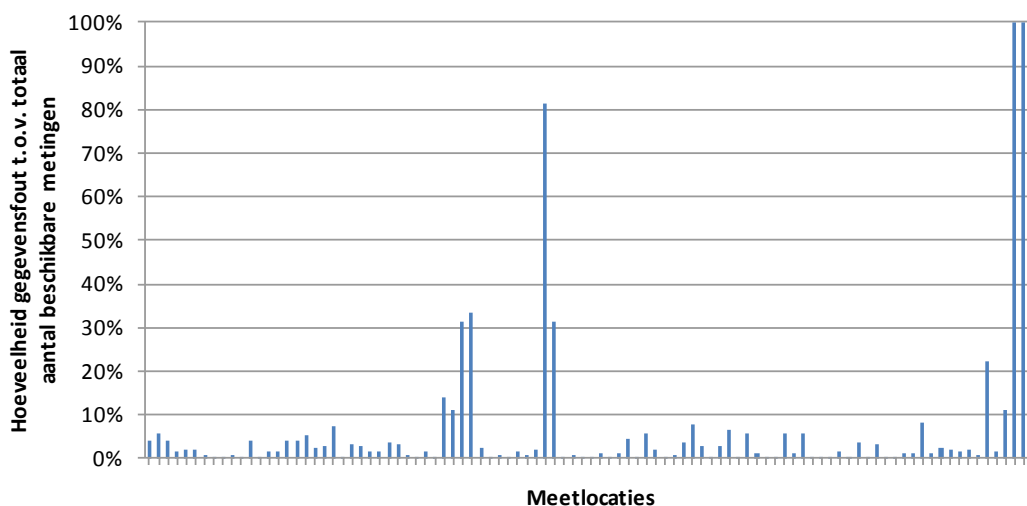
Het veld travelTimeType is niet van toepassing op snelheid- en intensiteitsmetingen.

1.5.5 fault

Meetwaarden waarbij fault gelijk is aan 1 geven aan dat het meetpunt geen gegevens heeft geleverd of dat er anderszinds niet aan de NDW kwaliteitseisen wordt voldaan.

Reistijd

Figuur 44 laat per meetlocatie zien welk percentage van het totale aantal reistijdmeetwaarden van deze locatie voorzien is van een “foutvlag”. Dit is een subset van de waarnemingen uit paragraaf 1.5.4. Over alle meetlocaties is dit gemiddeld 4,74 %.



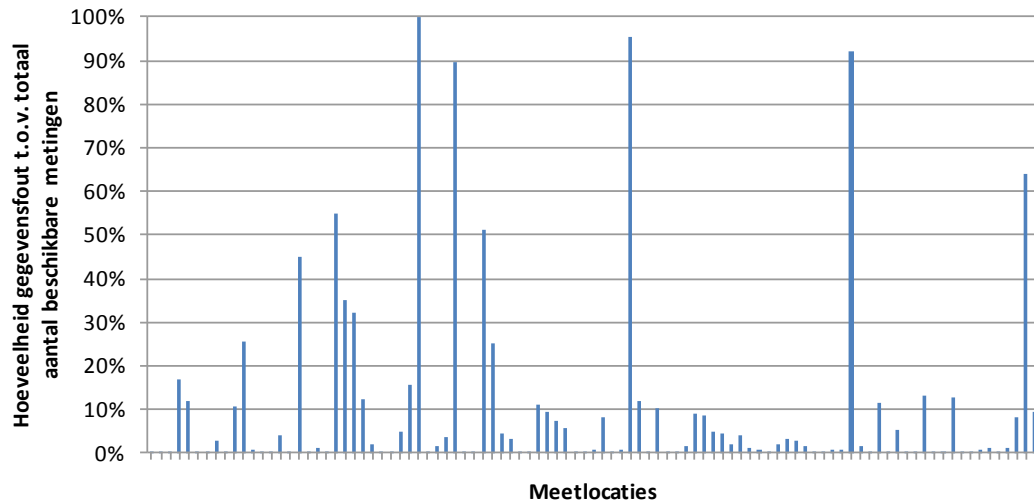
Figuur 44: Percentage meetwaarden met fout per meetlocatie (reistijd)

Zoals is te zien zijn er een aantal reistijdtrajecten die bijzonder veel last hebben van gegevensfouten. Locaties GEO02_PZHTR22, 23, 24, 25, 33, 35, 91, 93, 95 en 96 hebben een foutvlagpercentage van meer dan 10 %. De laatste twee dienen hierbij echter buiten beschouwing gelaten te worden, omdat van deze locaties slechts 10 uur data beschikbaar is, met 100% foutvlagpercentage.

Snelheid en intensiteit

Figuur 45 laat per luslocatie zien welk percentage van het totale aantal meetwaarden van deze locatie voorzien is van een “foutvlag”. Over alle meetlocaties is dit gemiddeld 11,03 %.

Zoals is te zien zijn er locaties die nagenoeg foutloos functioneren, maar er zijn toch nog 33 locaties met een foutvlagpercentage groter dan 5 %.



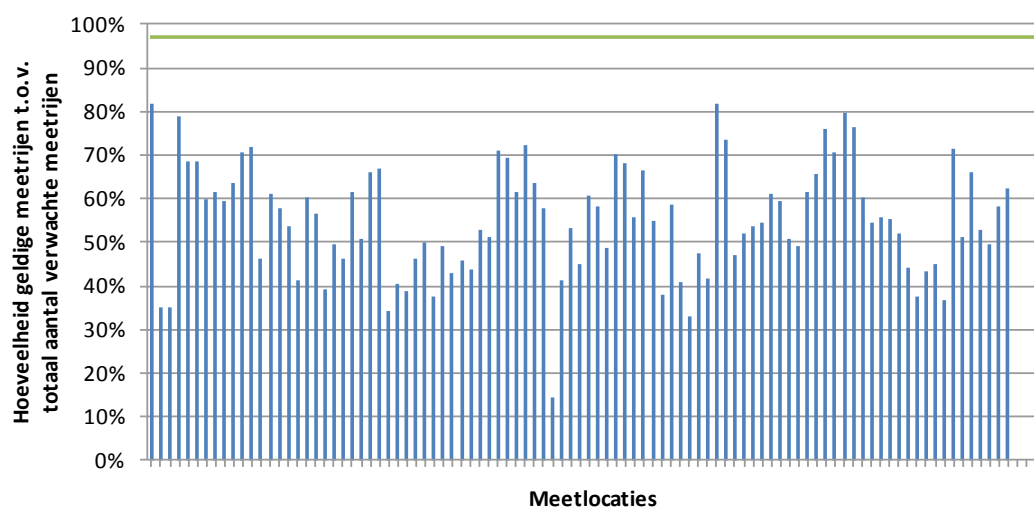
Figuur 45: Percentage meetwaarden met fout per meetlocatie (lussen)

1.5.6 Bruikbaarheid

Hier is gekeken hoeveel procent van de theoretisch mogelijke meetwaarden daadwerkelijk als bruikbare waarde in de dataset beschikbaar zijn. In de historische levering zijn herhaalde waarden niet aanwezig; voor bepaling van de bruikbaarheid zijn hier tevens meetwaarden die als fout zijn aangemerkt (zie paragraaf 1.5.5) weggelaten. Deze bruikbaarheid geeft dus in feite de beschikbaarheid van data voor de afnemer.

Reistijd

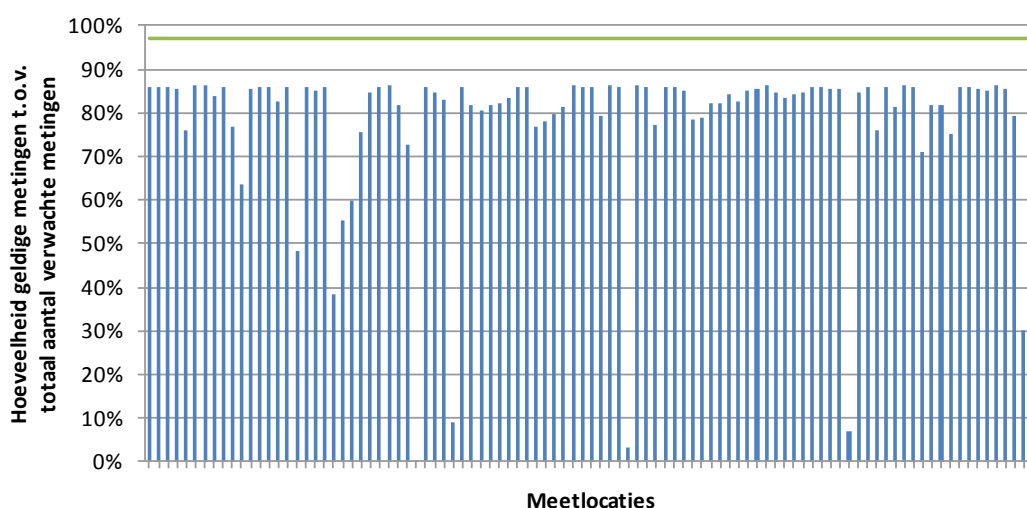
De bruikbaarheid van reistijdmetingen bedraagt gemiddeld 54,71 % over alle meetlocaties. De prestatie per reistijdtraject is weergegeven in figuur 46, waarbij geldt dat een hogere waarde beter is. Ter illustratie is de door NDW gehanteerde norm voor beschikbaarheid van 96,903 % aangegeven met een horizontale lijn.



Figuur 46: Operationele beschikbaarheid per meetlocatie (horizontale lijn geeft NDW-norm aan) (reistijd)

Snelheid en intensiteit

De bruikbaarheid van lussen bedraagt gemiddeld 78,0 % over alle meetlocaties. De prestatie per lus is weergegeven in figuur 47. Ook hier geldt dat een hogere waarde beter is.



Figuur 47: Operationele beschikbaarheid per meetlocatie (horizontale lijn geeft NDW-norm aan) (lussen)

Verschillen per maand en in de spits

De bruikbaarheidsanalyse is voor reistijden aanvullend ook uitgevoerd:

- Per meetlocatie per maand over de gehele dag;
- Per meetlocatie per maand over alleen de ochtendspits (werkdagen 7:00-9:00);
- Per meetlocatie per maand over alleen de avondspits (werkdagen 16:30-18:30).

Hieruit zijn ten opzichte van figuur 46 geen opmerkelijke verschillen naar voren gekomen. Voor iedere meetlocatie is de bruikbaarheid over de maanden min of meer constant; schommelingen zijn van de orde grootte 5 %. De bruikbaarheid over de hele dag, alleen de ochtendspits en alleen de avondspits levert eveneens zo goed als hetzelfde beeld. De bruikbaarheid in de spits is dus niet aanzienlijk beter (of slechter) dan over de gehele dag.

Gezien de grootte van de figuren per meetlocatie per maand en de minimale verschillen met figuur 46 is besloten geen aanvullende grafieken over de bruikbaarheidsanalyse per maand op te nemen.

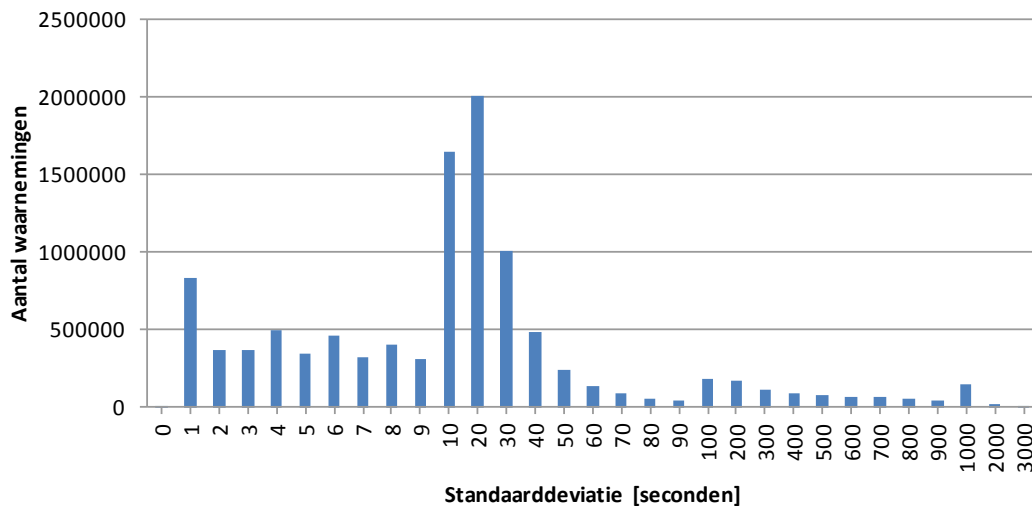
1.5.7 standardDeviation

Reistijd

De standaardafwijking heeft betrekking op de individuele reistijdmetingen die zijn meegenomen in iedere minuutmeting. In geval van een zeer hoge standaardafwijking zal er sprake zijn van een of meerdere voertuigen die binnen het reistijdtraject gestopt zijn. Meetwaarden met een hoge standaardafwijking zijn niet bruikbaar voor verdere toepassing, omdat de gemiddelde reistijd die gegeven is (veel) hoger zal liggen dan de daadwerkelijke reistijd op dat moment.

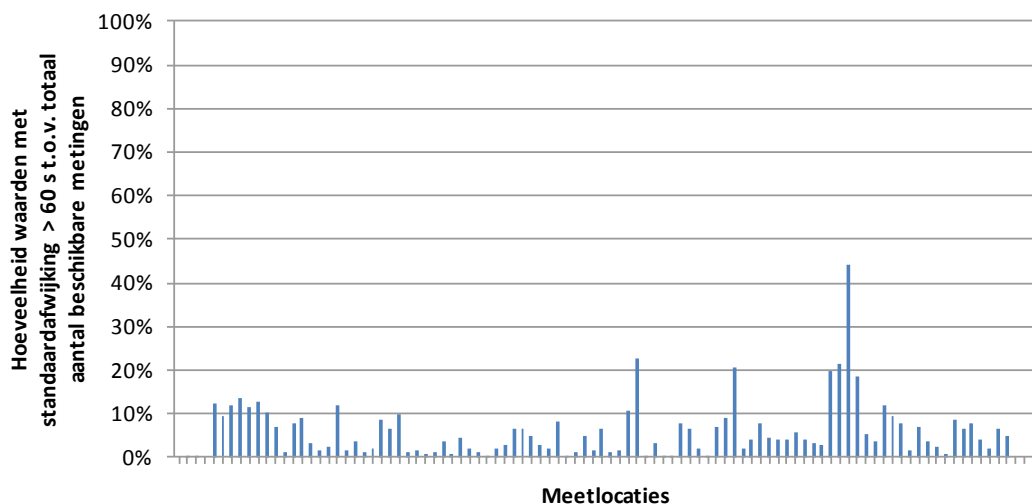
Indien er meer dan vijf observaties beschikbaar zijn, worden de extreme waarden weggelaten, waardoor de gemiddelde reistijd nauwkeuriger bepaald wordt en de standaardafwijking tevens lager zal zijn (Veenbrink, 2012).

In figuur 48 is een overzicht gegeven van hoe vaak een bepaalde standaardafwijking voorkomt in de volledige dataset (dus over alle meetlocaties). Van alle metingen heeft 46,1 % geen vermelding van standaarddeviatie; deze zijn niet meegenomen in de grafiek. Metingen zonder standaarddeviatie zijn metingen waarbij geen of slechts één voertuig is geregistreerd.



Figuur 48: Frequenties standaardafwijking over alle meetwaarden van alle locaties (reistijd)

Indien men nu stelt dat voor een bepaalde toepassing een standaardafwijking van meer dan 60 seconden niet acceptabel is, dan betekent dit dat 6,4 % van alle metingen niet bruikbaar zijn. Het aandeel niet-bruikbare waarden per meetpunt ten gevolge van een te hoge standaardafwijking is weergegeven in figuur 49. Meer nauwkeurigheid kan alleen worden bereikt als er toegang is tot meetgegevens van alle individuele voertuigen of als een andere aggregatievorm dan het gemiddelde gebruikt wordt.



Snelheid en intensiteit

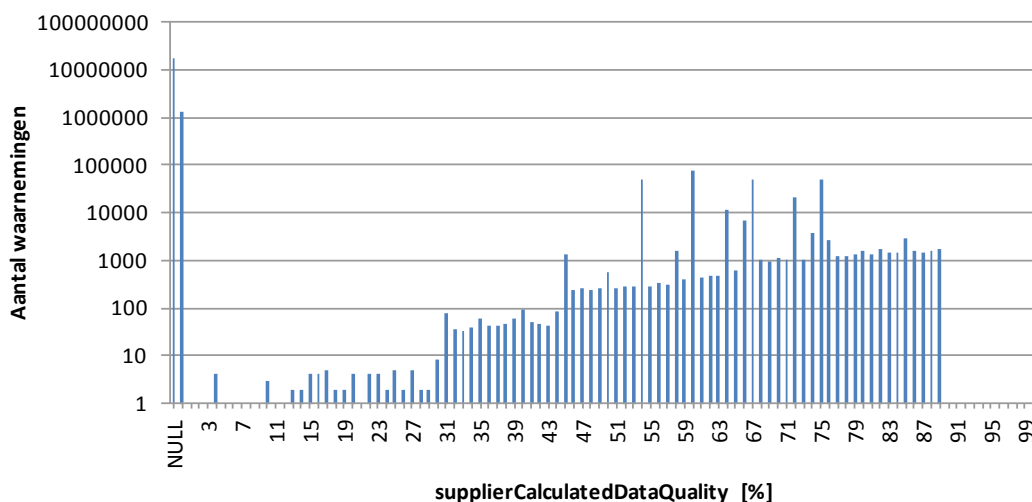
De standaarddeviatie is niet als kwaliteitskenmerk beschikbaar voor snelheids- en intensiteitsgegevens. Voor alle gegevensrijen is deze waarde gelijk aan NULL. Dit is logisch voor intensiteiten, maar vermelding van standaarddeviatie zou nuttig kunnen zijn voor snelheidswaarden, daar dit vaak een gemiddelde is over meerdere voertuigen.

1.5.8 supplierCalculatedDataQuality

Het veld `supplierCalculatedDataQuality` wordt ingevuld als is vastgesteld dat een meetwaarde afwijkt van de vooraf gedefinieerde standaardkwaliteit. In geval van reistijdmetingen is deze standaardkwaliteit 90 %. Voor snelheid en intensiteitsmetingen is deze standaardkwaliteit 95 %. Het is niet bekend hoe de `supplierCalculatedDataQuality` tot stand komt en welke exacte betekenis hier aan gekoppeld dient te worden.

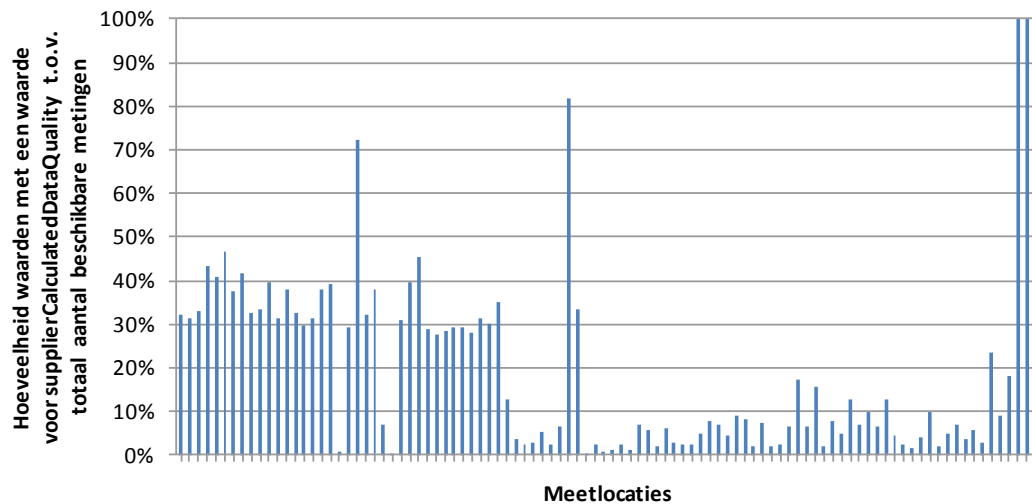
Reistijd

Figuur 50 toont in een overzicht hoe vaak een bepaalde waarde voor `supplierCalculatedDataQuality` voor komt in de gehele dataset. De eerste kolom (NULL) toont hierbij het aantal waarnemingen zonder `supplierCalculatedDataQuality` (92 %).



Figuur 50: Frequenties `supplierCalculatedDataQuality` over alle meetwaarden van alle locaties (reistijd)

Indien men echter aanneemt dat meetwaarden met een waarde voor `supplierCalculatedDataQuality` niet voor toepassing bruikbaar zijn, dan valt hiermee 8,2 % van de data weg. Vervallen waarden overlappen gedeeltelijk met waarden met een hoge standaardafwijking. Figuur 51 toont hoe vaak waarden met een `supplierCalculatedDataQuality` voor komen per meetlocatie.



Figuur 51: Percentage metingen met een waarde voor supplierCalculatedDataQuality per meetlocatie (reistijd)

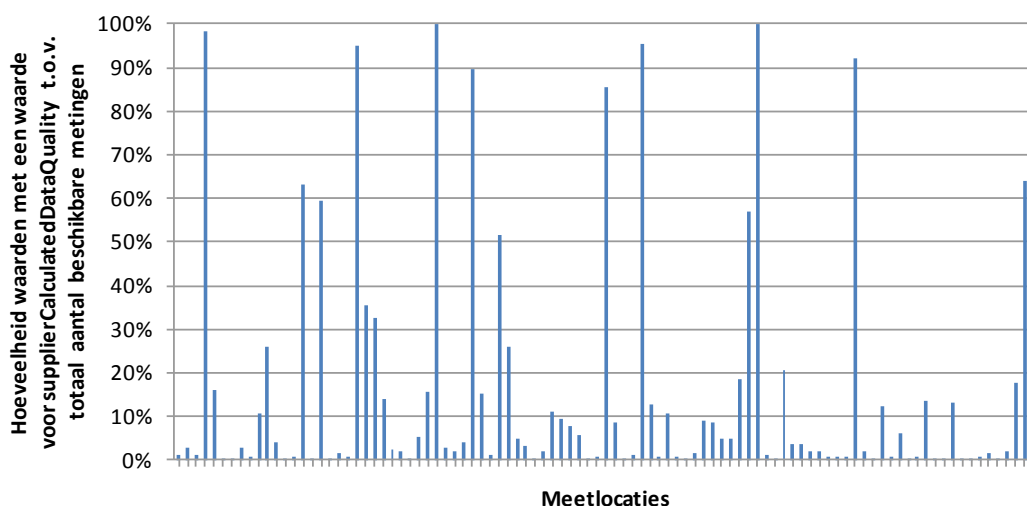
Snelheid en intensiteit

Voor snelheids- en intensiteitsgegevens worden enkel de waarden 0 en 1 % gebruikt. Een overzicht van het aantal waarnemingen per waarde is gegeven in tabel 12.

Tabel 12: Frequenties supplierCalculatedDataQuality over alle meetwaarden van alle locaties

Waarde	Aantal waarnemingen (snelheid)	Aantal waarnemingen (intensiteit)
NULL	339 114 166 van 405 569 511 (83,6 %)	406 913 047 van 486 655 914 (83,6 %)
0	65 721 335 van 405 569 511 (16,2 %)	78 862 045 van 486 655 914 (16,2 %)
1 %	734 010 van 405 569 511 (0,2 %)	880 822 van 486 655 914 (0,2 %)

Indien men aanneemt dat meetwaarden met een waarde voor supplierCalculatedDataQuality niet voor toepassing bruikbaar zijn, dan valt hiermee 18,4 % van de data weg. Vervallen waarden overlappen gedeeltelijk met waarden met een hoge standaardafwijking. Figuur 52 toont hoe vaak waarden met een supplierCalculatedDataQuality voor komen per meetlocatie. Een aantal meetlocaties blijkt zeer slecht te functioneren.



Figuur 52: Percentage metingen met een waarde voor supplierCalculatedDataQuality per meetlocatie (lussen)

1.5.9 Geen verkeer

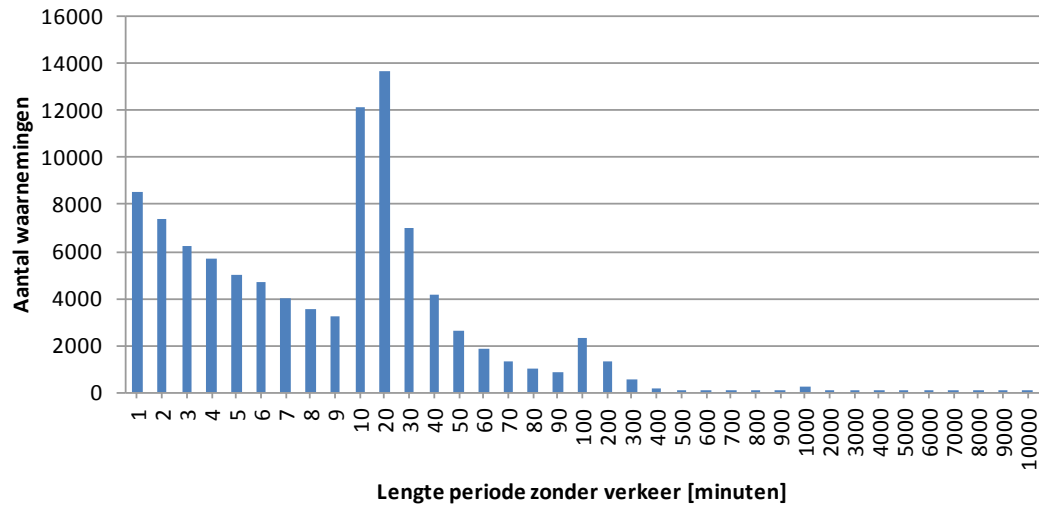
Het bestaan van periodes zonder verkeer zegt iets over het functioneren van een meetpunt. Indien er 's nachts geen verkeer is betekent dit natuurlijk helemaal niets, maar als hetzelfde overdag het geval is, dan is de locatie voor de meetapparatuur wellicht verkeerd gekozen.

Hier kan een uitgebreide analyse op uitgevoerd worden, uitgesplitst per meetlocatie en uitgediept tot specifieke tijdsperiodes op specifieke dagen. Dit voert echter te ver voor het doel van dit onderzoek. Daarom is hier gekozen om slechts een globaal beeld te geven van periodes zonder verkeer.

Reistijd

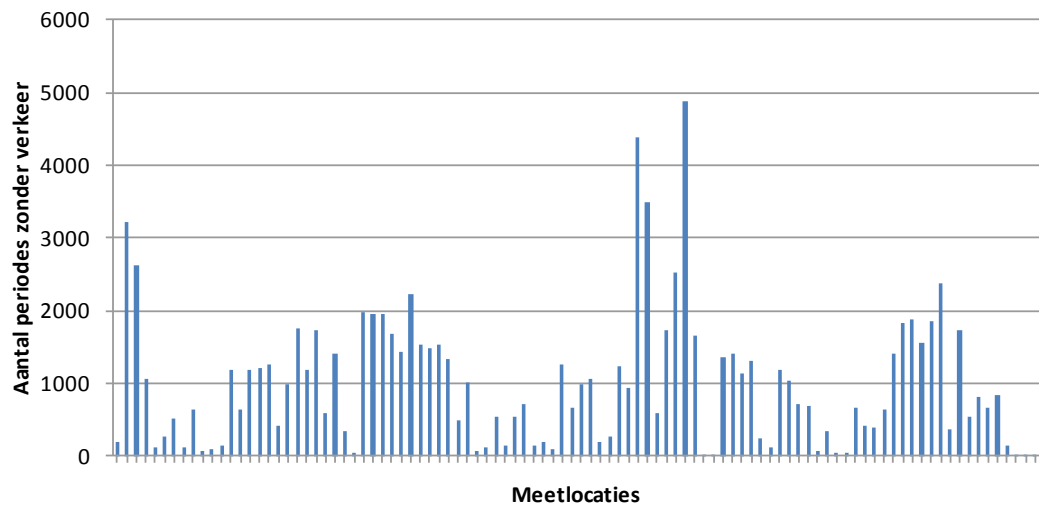
In figuur 53 wordt voor alle meetlocaties getoond hoe vaak een bepaalde lengte van periode zonder verkeer voor komt. Zo blijkt het bijna 1000 keer voor te komen dat er langer dan 8 uur geen verkeer op een bepaalde locatie langs komt.

De pieken in de figuur na 9, 90 en 900 minuten zijn te verklaren door het feit dat hierna steeds met een hogere periode wordt geaggregeerd. Zo heeft 9 alleen betrekking op periodes zonder verkeer van 9 minuten, terwijl 10 betrekking heeft op 10-14 minuten en 20 op 15-24 minuten, etc.



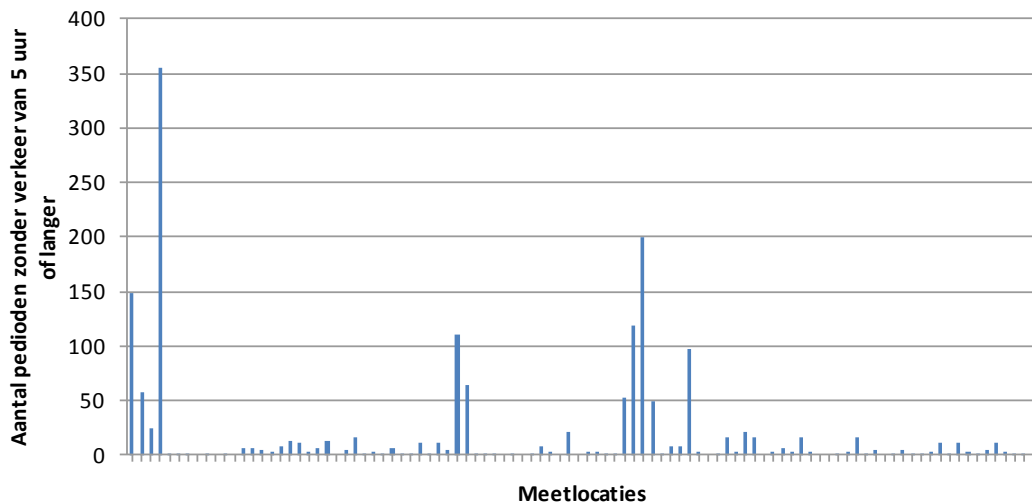
Figuur 53: Frequenties van lengte van periode zonder verkeer over alle meetwaarden van alle locaties (reistijd)

Figuur 54 toont per meetpunt het aantal periodes zonder verkeer. Ontbrekende metingen in de dataset zijn hierbij buiten beschouwing gelaten; voor iedere ontbrekende meting zijn de waarden van de voorgaande meting herhaald. Er wordt benadrukt dat deze figuur niets zegt over de totale lengte van de periodes zonder verkeer; verdere interpretatie wordt aan de lezer over gelaten.



Figuur 54: Aantal periodes zonder verkeer per meetpunt (reistijd)

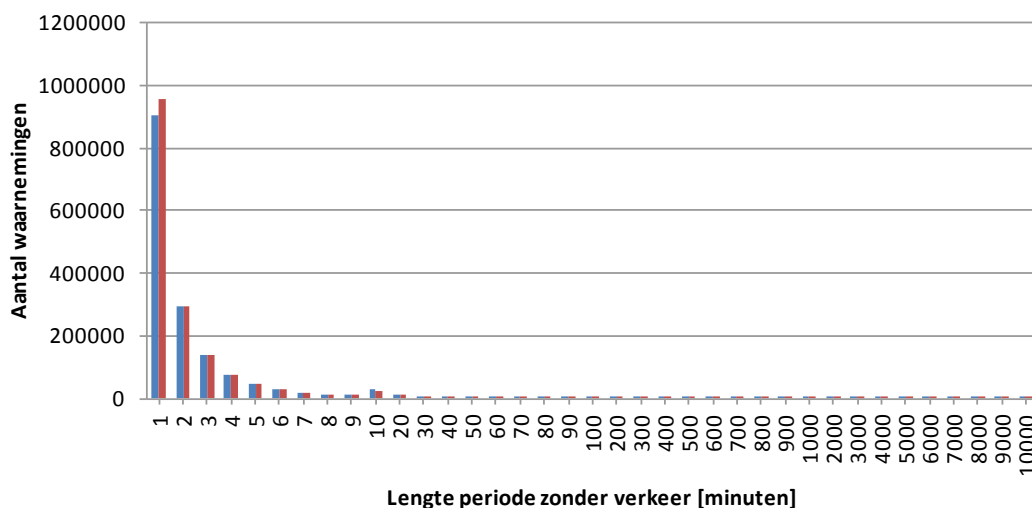
Figuur 55 toont per meetlocatie het aantal periodes zonder verkeer van 5 uur of langer. Dit kan duiden op een meetpunt dat slecht functioneert, of waarvan de locatie slecht gekozen is.



Figuur 55: Perioden zonder verkeer ≥ 5 uur per meetlocatie (reistijd)

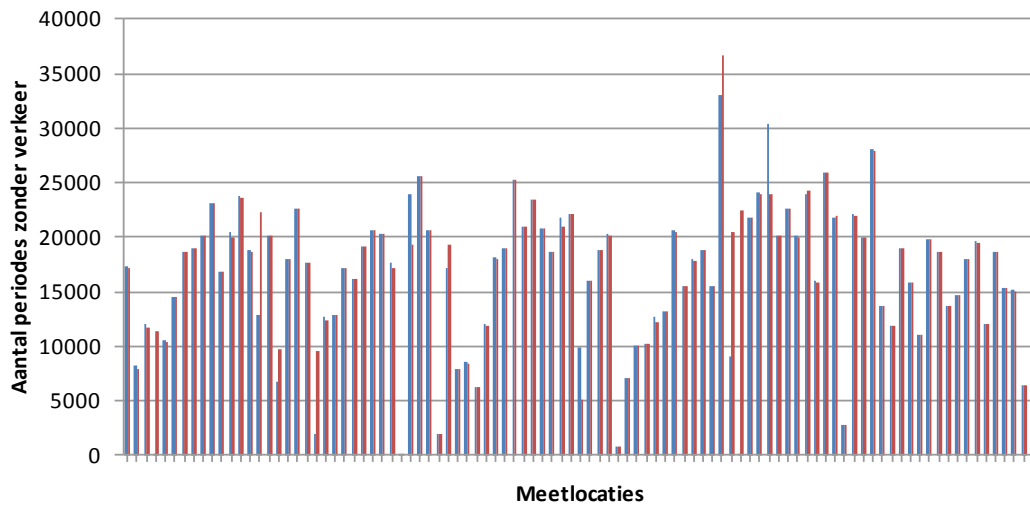
Snelheid en intensiteit

In figuur 56 wordt voor alle meetlocaties getoond hoe vaak een bepaalde lengte van periode zonder verkeer voor komt. Er zijn echter verschillen tussen snelheids- en intensiteitsmetingen, waar men deze niet zou verwachten, omdat beide gegevens op dezelfde locatie worden ingewonnen.



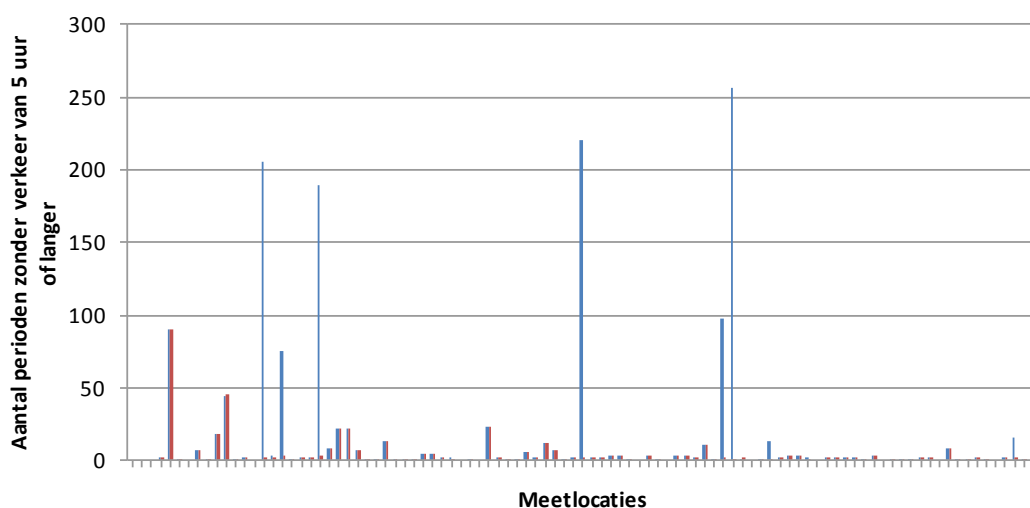
Figuur 56: Frequenties van lengte van periode zonder verkeer over alle meetwaarden van alle locaties (lussen)

Figuur 57 toont per meetpunt het aantal periodes zonder verkeer. Ontbrekende metingen in de dataset zijn hierbij buiten beschouwing gelaten; voor iedere ontbrekende meting zijn de waarden van de voorgaande meting herhaald. Er wordt benadrukt dat deze figuur niets zegt over de totale lengte van de periodes zonder verkeer; verdere interpretatie wordt aan de lezer over gelaten. Wederom zijn er hier verschillen tussen snelheids- en intensiteitsmetingen.



Figuur 57: Aantal periodes zonder verkeer per meetpunt (lussen)

Figuur 58 toont per meetlocatie het aantal periodes zonder verkeer van 5 uur of langer. Dit kan duiden op een meetpunt dat slecht functioneert, of waarvan de locatie slecht gekozen is. Opvallend is dat er een aantal meetpunten zijn met problemen voor wat betreft snelheidsmetingen, maar deze problemen niet hebben voor intensiteitsmetingen. Dit zijn precies die meetpunten die er ook in paragraaf 1.5.3 uit springen (doch niet alle, omdat een paar locaties een klein aantal perioden zonder verkeer met zeer grote lengte heeft).



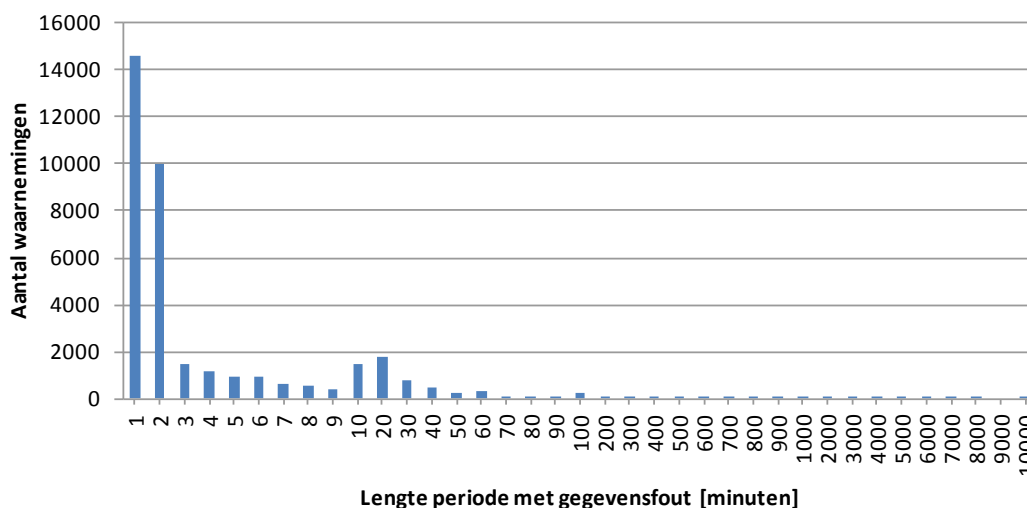
Figuur 58: Perioden zonder verkeer ≥ 5 uur per meetlocatie (lussen)

1.5.10 Gegevensfouten

Een periode met gegevensfouten komt voor als er wel communicatie is tussen de dataleverancier en CNS, maar er geen of geen betrouwbare gegevens uit de meetlocatie binnen komen.

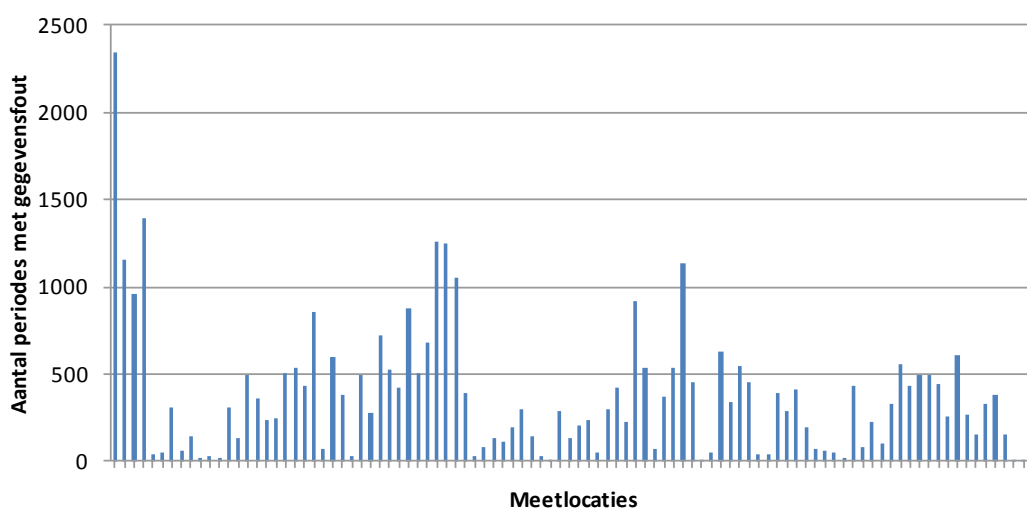
Reistijd

Uit figuur 59 blijkt dat periodes met gegevensfouten voornamelijk kort zijn.



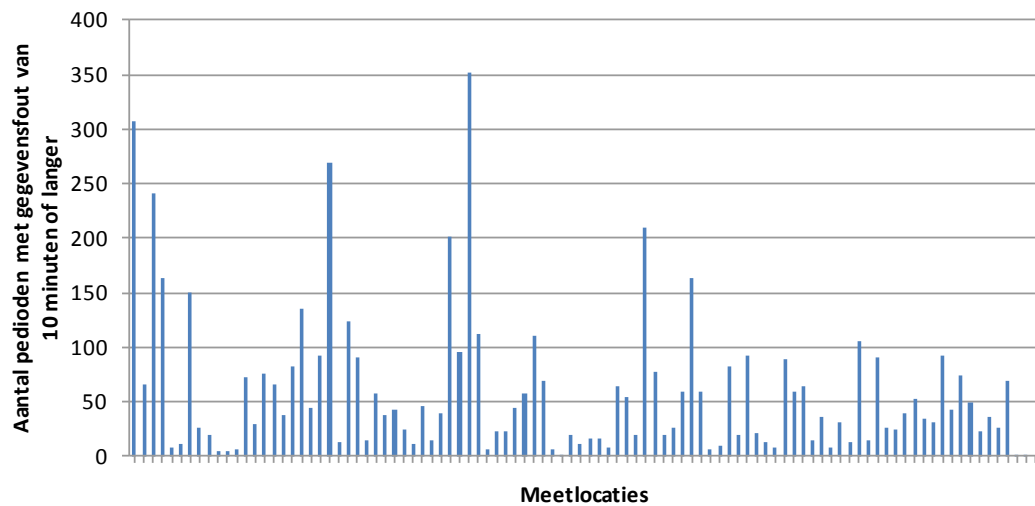
Figuur 59: Aantal periodes met gegevensfouten (reistijd)

Figuur 60 geeft per meetlocatie het aantal periodes met gegevensfouten. Meetlocaties waarbij dit aantal hoog ligt zijn meetlocaties met veel technische problemen.



Figuur 60: Frequenties van lengte van periode met gegevensfouten over alle meetwaarden van alle locaties (reistijd)

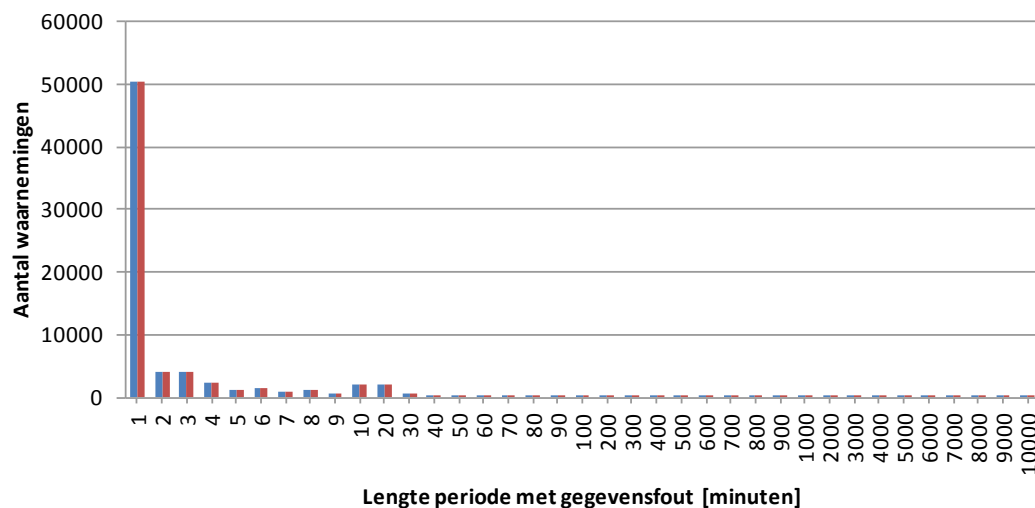
Figuur 61 toont per meetlocatie het aantal periodes met gegevensfouten van 10 minuten of langer. Deze locaties zijn onbetrouwbaar, omdat men er niet van uit kan gaan dat een storing binnen afzienbare tijd voorbij zal zijn.



Figuur 61: Perioden met gegevensfout ≥ 10 minuten per meetlocatie (reistijd)

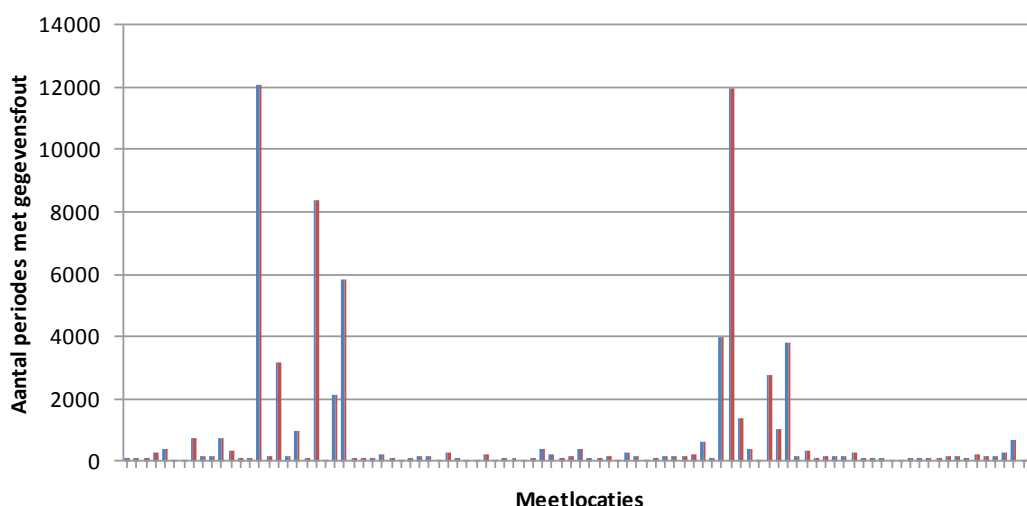
Snelheid en intensiteit

Uit figuur 62 blijkt dat periodes met gegevensfouten voornamelijk kort zijn. Het verschil tussen snelheids- en intensiteitsmetingen is verwaarloosbaar.



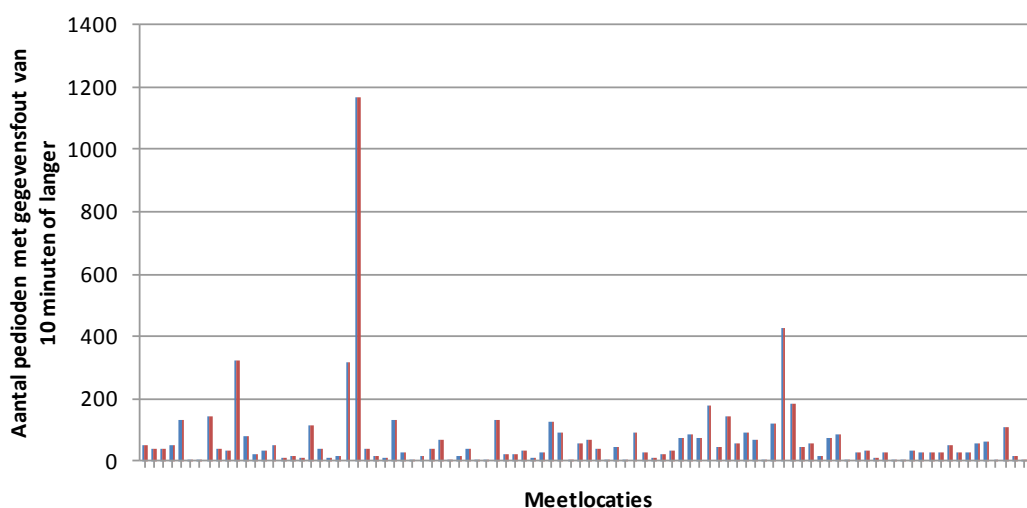
Figuur 62: Aantal periodes met gegevensfouten (lussen)

Figuur 63 geeft per meetlocatie het aantal periodes met gegevensfouten. Meetlocaties waarbij dit aantal hoog ligt zijn meetlocaties met veel technische problemen. Wederom is het verschil tussen snelheids- en intensiteitsmetingen verwaarloosbaar.



Figuur 63: Frequenties van lengte van periode met gegevensfouten over alle meetwaarden van alle locaties (lussen)

Figuur 64 toont per meetlocatie het aantal periodes met gegevensfouten van 10 minuten of langer. Deze locaties zijn onbetrouwbaar, omdat men er niet van uit kan gaan dat een storing binnen afzienbare tijd voorbij zal zijn. Ook hier is het verschil tussen snelheids- en intensiteitsmetingen verwaarloosbaar.



Figuur 64: Perioden met gegevensfout ≥ 10 minuten per meetlocatie (lussen)

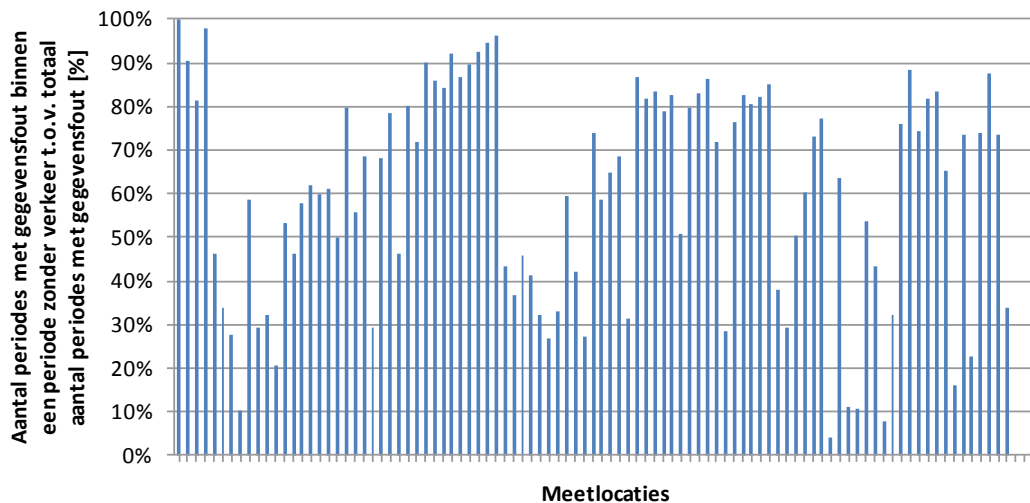
1.5.11 Gegevensfout binnen geen verkeer

De laatste onderzoeksvraag gaat over hoe vaak een periode met gegevensfouten volledig binnen een periode zonder verkeer ligt. Dit is gedefinieerd als: "er is minimaal één minuut geen verkeer, waarna er aansluitend minimaal één minuut een gegevensfout opgetreden is, waarna er aansluitend minimaal één minuut zonder verkeer is".

Indien een dergelijke situatie voorkomt kan men zich afvragen of er in de minuten voor en na de periode met gegevensfouten inderdaad geen verkeer was, of dat er ook hier geen communicatie was tussen meetpunt en dataleverancier. Ofwel, heeft de dataleverancier wel tijdig bemerkt dat er technische problemen waren met het meetpunt?

Reistijd

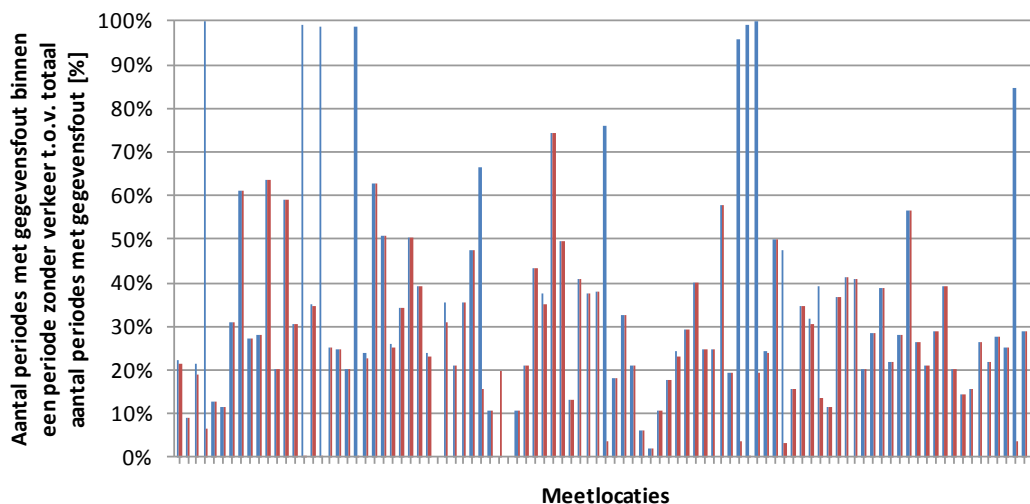
Figuur 65 toont per meetlocatie hoeveel procent van alle periodes met gegevensfouten volledig binnen een periode zonder verkeer t.o.v. totaal aantal periodes met gegevensfout [%]. Dit blijkt voor een groot aantal meetlocaties voor een belangrijk deel zo te zijn.



Figuur 65: Percentage gegevensfout binnen geen verkeer ten opzichte van gegevensfout algemeen (reistijd)

Snelheid en intensiteit

Figuur 66 toont per meetlocatie hoeveel procent van alle periodes met gegevensfouten volledig binnen een periode zonder verkeer vallen. Dit blijkt voor een groot aantal meetlocaties voor een belangrijk deel zo te zijn. Opvallend is dat dit zich voor een aantal meetpunten alleen voordoet voor snelheidsgegevens, terwijl het aandeel in de meeste gevallen voor snelheid en intensiteit gelijk is. Deze locaties kwamen ook naar voren in paragraaf 1.5.3.



Figuur 66: Percentage gegevensfout binnen geen verkeer ten opzichte van gegevensfout algemeen (lussen)

1.6 Actuele data

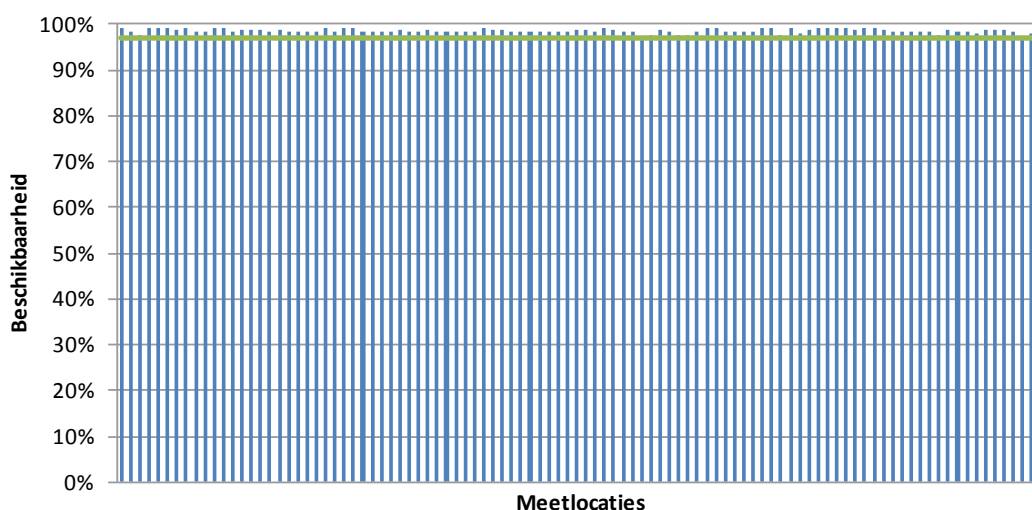
De vergelijking tussen de actuele en historische data van 1 t/m 14 februari 2012 toont aan dat er geen significante verschillen in bruikbaarheid zijn ten opzichte van de eerder geanalyseerde historische verkeersgegevens over de eerste negen maanden van 2011. Er is wel een lichte verbetering in bruikbaarheid waarneembaar ten opzichte van begin 2011.

1.6.1 Beschikbaarheid

In deze paragraaf is de beschikbaarheid (volgens NDW definitie, inclusief herhaalde en foutief aangemerkte data) uiteen gezet.

Reistijd

De gemiddelde beschikbaarheid voor reistijdlocaties bedraagt $98,54 \pm 0,45$ %. De beschikbaarheid van de slechtst presterende meetlocatie bedraagt 97,05 %, waarmee alle reistijdtrajecten in de periode van 1 t/m 14 februari 2012 voldoen aan de beschikbaarheidsnorm. De beschikbaarheid per individuele meetlocatie is weergegeven in figuur 67. Hierin is met een groene lijn de norm van 96,903 % aangegeven.



Figuur 67: Beschikbaarheid wegverkeersgegevens volgens NDW definitie (reistijd)

Snelheid en intensiteit

De gemiddelde beschikbaarheid voor luslocaties bedraagt $99,33 \pm 0,00$ %, waarmee alle lussen in de periode van 1 t/m 14 februari 2012 ruim voldoen aan de beschikbaarheidsnorm. Aangezien de beschikbaarheid voor alle lussen gelijk is, is geen afbeelding van de beschikbaarheid per meetlocatie opgenomen.

1.6.2 Bruikbaarheid

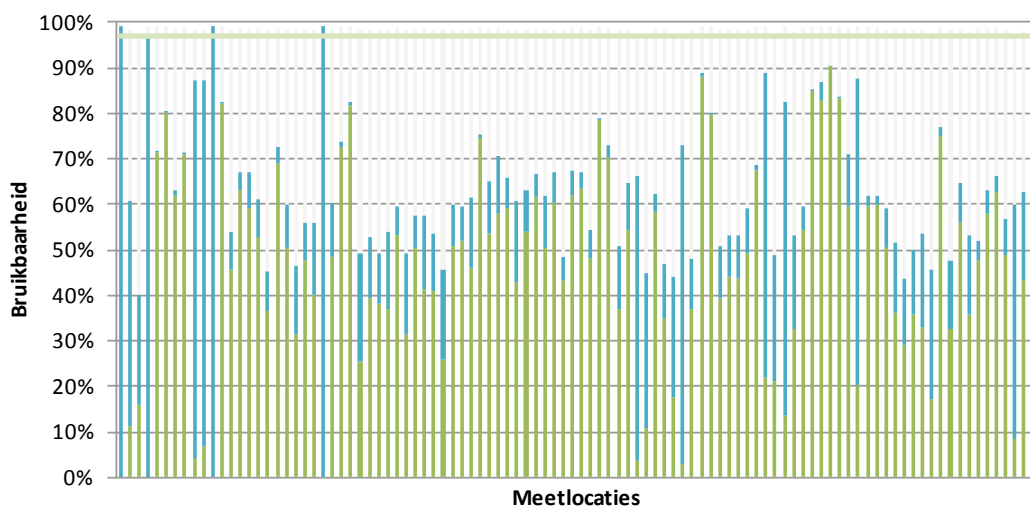
Kijkt men echter naar de hoeveelheid bruikbare verkeersgegevens (na aftrek van herhalingen), dan valt deze een stuk lager uit dan de beschikbaarheid volgens NDW definitie. In het bijzonder presteren de reistijdtrajecten ogenschijnlijk slecht.

In de bepaling van de bruikbaarheid zijn de meetwaarden meegenomen waarbij geen verkeer is waargenomen. Voor enkele meetlocaties wordt echter over (vrijwel) de gehele periode geen verkeer waargenomen; in een dergelijke situatie kan de meetlocatie als defect worden beschouwd. Omdat niet kan worden vastgesteld of er daadwerkelijk geen verkeer is of dat een meetlocatie defect is, zijn alle 'geen verkeer' waarden als bruikbaar beschouwd.

Reistijd

De gemiddelde bruikbaarheid voor reistijdlocaties bedraagt $64,31 \pm 14,19$ %. De bruikbaarheid van de slechtst presterende meetlocatie bedraagt 40,05 %. De bruikbaarheid per individuele meetlocatie is weergegeven in figuur 68. In deze figuur is de totale bruikbaarheid opgesplitst in meetwaarden met verkeer (groen) en meetwaarden zonder verkeer (blauw, zogenaamde -1 waarden). In geval van veel blauwe waarden voor een meetlocatie, is de betreffende locatie defect of verkeerd gesitueerd.

Het verschil tussen de beschikbaarheid uit figuur 67 en onderstaande figuur zijn de herhalingen van data. Deze herhalingen zijn niet alleen ten gevolge van defecten; er wordt ook tot maximaal 15 minuten herhaald op momenten dat er geen verkeer wordt waargenomen. Helaas is op dit moment niet uit de data te achterhalen wat de oorzaak van herhalen is; dit zal naar verwachting begin mei 2012 veranderen, zodra NDW interface beschrijving 1.2 is geïmplementeerd door de dataleverancier (Veenbrink, 2012).



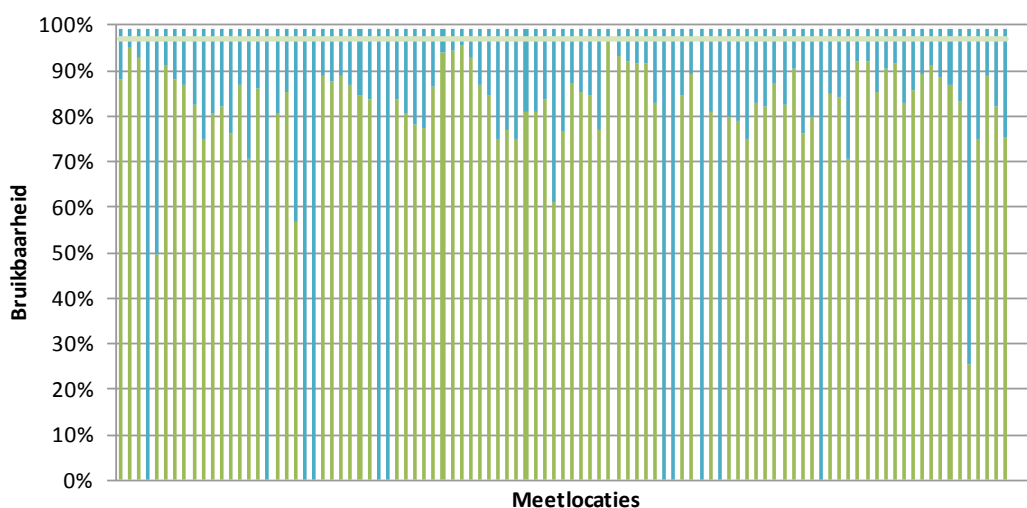
Figuur 68: Bruikbaarheid wegverkeersgegevens voor afnemer (reistijd)

In bijlage 3 is een variant van figuur 68 opgenomen, waarin nader onderscheid wordt gemaakt in -1 waarden 's nachts en overdag en herhalingen 's nachts en overdag. Hierin zijn ook de trajectaanduidingen aangegeven. De oorzaken van deze lage beschikbaarheid worden verder toegelicht in paragraaf 1.7.

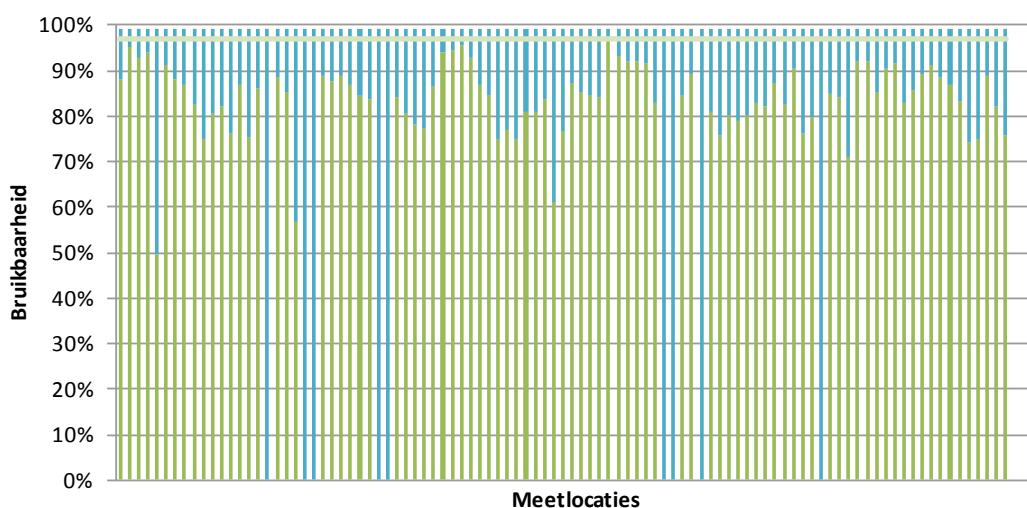
Snelheid en intensiteit

De gemiddelde bruikbaarheid voor luslocaties bedraagt $99,27 \pm 0,00$ %. Hiermee is de bruikbaarheid van lussen niet ver verwijderd van de beschikbaarheid volgens NDW definitie.

Er zijn echter enkele locaties die niet functioneren. De bruikbaarheid per individuele meetlocatie is voor snelheidsgegevens weergegeven in figuur 69 en voor intensiteitgegevens in figuur 70. Wederom is de bijdrage door groene balken door metingen met verkeer en blauwe balken door metingen zonder verkeer.



Figuur 69: Bruikbaarheid wegverkeersgegevens voor afnemer (snelheid)



Figuur 70: Bruikbaarheid wegverkeersgegevens voor afnemer (intensiteit)

De verschillen tussen snelheid en intensiteit zijn twee lussen die wel intensiteiten leveren, maar geen snelheden (206192450 en 228000400). De lussen die geen gegevens leveren zijn defect, of er zijn werkzaamheden geweest in deze periode (207326160, 208081130, 208119040, 209248000, 210015960, 218119710, 218199050, 219133380, 452026080). Tot slot is met lus 492046990 iets geeks aan de hand, daar deze wel snelheidsinformatie levert, maar veel minder dan intensiteitinformatie.

1.6.3 Verschil actuele en historische data

Vergelijking van actuele en historische data van 21 t/m 27 april 2011 (een tweede set actuele data) toont aan dat er geen significante verschillen zijn. Hoewel beide datasets niet volledig overeen komen, zijn de verschillen slechts zeer klein. Zo is voor intensiteit/snelheid meetpunten de volledigheid van de historische data gemiddeld $100,32 \pm 0,01$ %. Voor reistijd locaties is dit gemiddeld $100,01 \pm 0,20$ %. Dit betekent dus dat er in de historische levering meer data aanwezig is dan in de actuele levering.

Voor de actuele dataset van 1 t/m 14 februari 2011 is de volledigheid van de historische database afgenomen, voor reistijdlocaties naar $92,97 \pm 0,55$ %. Ondanks deze afname zijn de gegevens uit de historische database nog steeds goed bruikbaar voor toepassing achteraf.

1.6.4 Corrupte databestanden

0,79 % van de aangeleverde databestanden uit de actuele levering bleek corrupt en kon niet ingelezen worden. Van de 40292 databestanden bleken 160 snelheid/intensiteit bestanden en 158 reistijd bestanden niet te openen. Een steekproef toonde dat een groot deel van de meetminuten in corrupte bestanden tevens niet in de historische set aanwezig is, hoewel er ook corrupte bestanden zijn waarvan de gegevens wel in de historische set aanwezig zijn.

Aangezien een dergelijk corrupt bestand alle meetpunten in de betreffende meetminuut treft, kan men hier redelijkerwijs voor compenseren. Hiertoe is aangenomen dat de gevonden beschikbaarheid/bruikbaarheid ook van toepassing is op de corrupte bestanden. In de hierboven opgenomen resultaten is voor deze corrupte bestanden gecompenseerd.

1.6.5 Import XML bestanden

De actuele gegevens worden aangeleverd in XML formaat. Dit is een beschrijvend bestandsformaat dat zowel door computers als door mensen leesbaar is. Vanwege dit laatste is het bestandsformaat door computers juist weer moeilijker te verwerken, waardoor het per meetminuut ongeveer 10 seconden kost om de verkeersgegevens in te lezen.

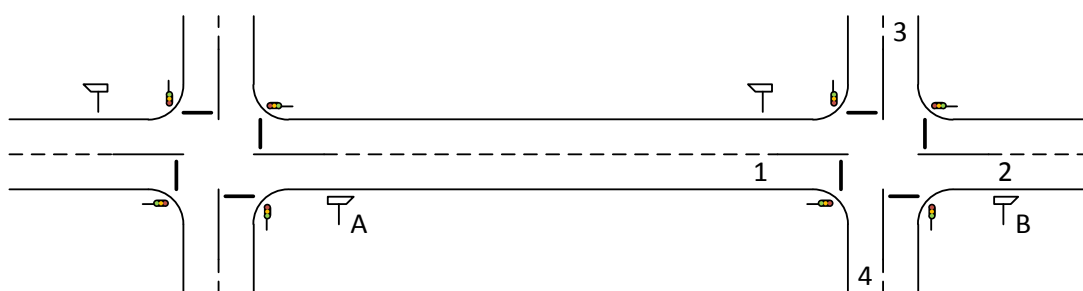
Dit is een aandachtspunt voor toepassingen die iets doen met deze actuele gegevens, waarbij voorkomen moet worden dat deze per meetminuut niet meer dan één minuut verwerkingstijd mag gebruiken.

Opgemerkt dient te worden dat in deze analyse de verkeersgegevens van heel Nederland in de databestanden aanwezig zijn. Bij daadwerkelijke afname van actuele verkeersgegevens kan men een kleiner gebied aangeven waarvan men gegevens wil ontvangen, waardoor de tijd om deze in te lezen mogelijk korter wordt. Aan de andere kant kan een dergelijke voorselectie bij NDW er juist voor zorgen dat gegevens net wat later worden aangeleverd. Voor tijdkritische toepassingen verdient het dan ook de aanbeveling te onderzoeken of het tijdswinst oplevert om deze voorselectie bij NDW te laten plaatsvinden of de selectie van meetlocaties volledig door de toepassing te laten uitvoeren.

1.7 Oorzaken lage bruikbaarheid reistijdtrajecten

De betrekkelijk lage hoeveelheid bruikbare waarden uit reistijdtrajecten is voor een groot deel te verklaren uit de manier van inwinnen van deze verkeersgegevens. Indien men de oorzaken hiervan in overweging neemt, blijkt de prestatie van het inwinsysteem eigenlijk behoorlijk goed te zijn binnen de randvoorwaarden die aan het systeem zijn opgelegd. Deze paragraaf gaat in op de oorzaken waardoor het systeem niet veel kan verbeteren met de huidige middelen.

De eerste twee oorzaken zijn de situering van de reistijdcamera's, de controlepunten. Deze zijn overwegend steeds na een kruispunt geplaatst en alleen op de hoofdrichting. De typische situatie is geschetst in figuur 71. Eén van de twee reistijdtrajecten loopt van controlepunt A tot punt B.



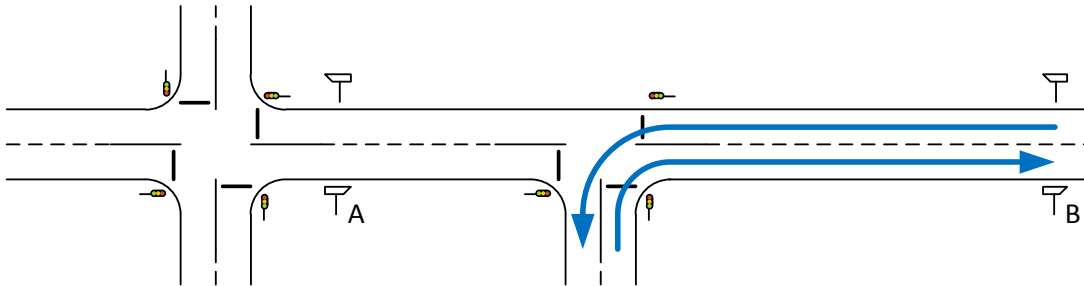
Figuur 71: Typische plaatsing reistijdcamera's t.o.v. kruispunten

De eerste oorzaak van lage beschikbaarheid is de cyclustijd van de verkeerslichten. Verkeer tussen A en B zal het geregelde kruispunt moeten passeren om het traject te volbrengen. Het is echter goed denkbaar dat verkeer vanaf A meer dan één minuut wordt tegengehouden door het verkeerslicht. Hierdoor zullen er in deze minuut geen voertuigen van A passeren bij B, waardoor er op dat moment geen reistijdinformatie beschikbaar is en de waarde van de voorgaande minuut herhaald wordt.

Gerelateerd hieraan is een oorzaak voor de lage hoeveelheid herkende voertuigen per minuut. Bij een hoge verkeersintensiteit (1800 vtg/u) zullen er in een willekeurige minuut 30 voertuigen de camera's passeren. Stel nu dat 2/3 van de voertuigen daadwerkelijk herkend wordt door de camera's, waardoor 20 voertuigen per minuut over blijven. Bij het kruispunt tussen A en B zullen een aantal voertuigen afslaan, waardoor alleen voertuigen van 1 naar 2 bijdragen aan de bepaling van de reistijd. Voertuigen van 1 naar 3 en van 1 naar 4 passeren alleen A en dragen dus niet bij. Stel nu dat de helft van het verkeer afslaat bij het kruispunt, dan blijven er uiteindelijk slechts 10 herkende voertuigen per minuut over voor de bepaling van de reistijd tussen A en B.

Op rustige momenten zal dit aantal veel lager liggen. Een analyse hiervan laat zien dat ruwweg 50% van de tijd maximaal 5 voertuigen bijdragen aan de reistijdbepaling. En juist dan worden extreme waarden niet weggelaten uit de bepaling van de gemiddelde reistijd. Indien één van deze vijf voertuigen tijdens het reistijdtraject gestopt is, leidt dit meteen tot een onbruikbare waarde met een hoge standaardafwijking.

In enkele specifieke gevallen is het reistijdtraject op zich niet optimaal gekozen. Een voorbeeld hiervan is de N218 tussen de N57 bij Brielle en de N493 bij Spijkenisse, waarop de situatie uit figuur 72 is gebaseerd.

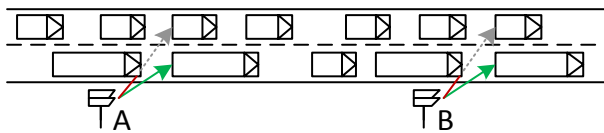


Figuur 72: Suboptimale situering reistijdcamera's

De situatie hier is dat de hoofdrichting van het verkeer niet overeen komt met de positie van de camera's. Indien veel verkeer halverwege op het traject komt, of het traject halverwege verlaat, zullen veel voertuigen slechts één van beide controlepunten passeren, waardoor nog minder voertuigen worden meegenomen in de reistijdbepaling.

Dergelijke situaties met te lange reistijdtrajecten kunnen vrij eenvoudig verholpen worden door deze trajecten op te knippen in kleinere stukken.

Een andere situatie die er voor zorgt dat weinig voertuigen worden herkend komt voor bij wegen met twee rijstroken per richting, zoals geïllustreerd in figuur 73.



Figuur 73: Weinig matches tweede rijstrook

In dergelijke situaties is er voor iedere rijstrook één camera, maar deze zijn beide aan dezelfde kant van de weg geplaatst (meestal rechts). Zeker in geval van veel vrachtverkeer wordt het zicht van de camera op de tweede rijstrook vaak belemmerd, waardoor veel voertuigen die potentieel kunnen bijdragen aan de bepaling van de reistijd bij voorbaat uitgesloten worden.

Deze situatie wordt verergerd als een voertuig bij A op de ene rijstrook en bij B op de andere rijstrook rijdt. Indien het voertuig bij één van de punten wordt gemist, draagt het niet bij aan de bepaling van de reistijd. Op het zelfde moment neemt dit voertuig mogelijk de ruimte in beslag van een ander voertuig dat anders op beide locaties in de rijstrook aan de camerazijde zou hebben gereden, waardoor ook dit voertuig gemist wordt.

Oplossingen voor dit probleem zijn het plaatsen van de camera's aan beide zijden van de weg, of het boven de weg ophangen van camera's. Dit zijn echter wel vrij kostbare oplossingen. Indien de camera's wel over personenauto's heen kunnen kijken, is het verstandig om de camera's niet rechts maar juist links van de weg te plaatsen.

Alles bij elkaar zijn er wel enkele verbeteringen mogelijk, maar de grootste oorzaak van de lage beschikbaarheid blijft de aanwezigheid van kruispunten (met verkeerslichten) op een reistijdtraject. Een probleem dat niet eenvoudig op te lossen is. Met de beperkingen van de middelen wordt er dus eigenlijk nog best veel uit het systeem gehaald.

1.8 Functioneren individuele meetlocaties

Om een beeld te geven van het functioneren van de individuele meetlocaties is een aantal criteria opgesteld waarvan gesteld wordt dat meetlocaties die hiermee overeen komen slecht functioneren. Deze criteria zijn:

- Meer dan 40 % van alle beschikbare meetwaarden zijn nul-waarden;
- Meer dan 10 % van alle beschikbare meetwaarden hebben een foutvlag;
- Minder dan 40 % van alle meetminuten is als bruikbare waarde aanwezig;
- Meer dan 10 % van de beschikbare meetwaarden heeft een standaarddeviatie groter dan 60 seconden (alleen voor reistijd);
- Meer dan 40 % (reistijd) of 10 % (snelheid/intensiteit) van de beschikbare meetwaarden heeft een waarde voor `supplierCalculatedDataQuality`.

Figuur 74 en figuur 75 toont per meetlocatie in hoeverre een meetlocatie slecht functioneert op basis van ieder criterium. Rood geeft aan dat een meetlocatie slecht functioneert op een bepaald punt. Geel geeft aan dat een meetlocatie in de gevarenzone zit (maximaal 10% verwijderd van omslagpunt). Locaties die op alle punten groen scoren zijn meetlocaties die goed functioneren. Locaties met veel rode bolletjes functioneren zeer slecht.

Hieronder is als overzicht in aantallen aangegeven hoeveel meetlocaties er goed functioneren en hoeveel meetlocaties aandacht nodig hebben op basis van één of meerdere van de gestelde criteria.

Voor de reistijdtrajecten uit figuur 74:

- 57 van 98 trajecten functioneren goed;
- 29 van 98 trajecten functioneren matig op basis van 1 criterium;
- 9 van 98 trajecten functioneren zwak op basis van 2 criteria;
- 3 van 98 trajecten functioneren zeer slecht op basis van 4 criteria.

Voor de meetlussen uit figuur 75:

- 66 van 97 lussen functioneren goed;
- 2 van 97 lussen functioneren matig op basis van 1 criterium;
- 19 van 97 lussen functioneren zwak op basis van 2 criteria;
- 1 van 97 lussen functioneert slecht op basis van 3 criteria;
- 4 van 97 lussen functioneren zeer slecht op basis van 4 criteria;
- 5 van 97 lussen functioneren niet op basis van alle 5 criteria.

Meetlocatie	meer dan 40% nul-waarden	meer dan 10% foutwaarden	minder dan 40% bruikbare rijen	meer dan 10% met sd > 60s	meer dan 40% met sCDQ < 90%	Meetlocatie	meer dan 40% nul-waarden	meer dan 10% foutwaarden	minder dan 40% bruikbare rijen	meer dan 10% met sd > 60s	meer dan 40% met sCDQ < 90%	Meetlocatie	meer dan 40% nul-waarden	meer dan 10% foutwaarden	minder dan 40% bruikbare rijen	meer dan 10% met sd > 60s	meer dan 40% met sCDQ < 90%
TR01 (N206)	●	●	●	●	●	TR22 (N208)	●	●	●	●	●	TR57 (N220)	●	●	●	●	●
TR02 (N206)	●	●	●	●	●	TR23 (N208)	●	●	●	●	●	TR58 (N220)	●	●	●	●	●
TR03 (N206)	●	●	●	●	●	TR24 (N208)	●	●	●	●	●	TR59 (N213)	●	●	●	●	●
TR04 (N206)	●	●	●	●	●	TR25 (N207)	●	●	●	●	●	TR60 (N213)	●	●	●	●	●
TR05 (N206)	●	●	●	●	●	TR26 (N207)	●	●	●	●	●	TR61 (N213)	●	●	●	●	●
TR06 (N206)	●	●	●	●	●	TR27 (N207)	●	●	●	●	●	TR62 (N213)	●	●	●	●	●
TR07 (N206)	●	●	●	●	●	TR28 (N207)	●	●	●	●	●	TR63 (N211)	●	●	●	●	●
TR07-1 (N206)	●	●	●	●	●	TR29 (N207)	●	●	●	●	●	TR64 (N211)	●	●	●	●	●
TR08 (N206)	●	●	●	●	●	TR30 (N207)	●	●	●	●	●	TR65 (N211)	●	●	●	●	●
TR08-1 (N206)	●	●	●	●	●	TR31 (N207)	●	●	●	●	●	TR66 (N211)	●	●	●	●	●
TR09 (N206)	●	●	●	●	●	TR32 (N207)	●	●	●	●	●	TR67 (N211)	●	●	●	●	●
TR10 (N206)	●	●	●	●	●	TR33 (N207)	●	●	●	●	●	TR68 (N211)	●	●	●	●	●
TR100 (N471)	●	●	●	●	●	TR35 (N207)	●	●	●	●	●	TR69 (N466)	●	●	●	●	●
TR101 (N209)	●	●	●	●	●	TR36 (N207)	●	●	●	●	●	TR70 (N466)	●	●	●	●	●
TR102 (N209)	●	●	●	●	●	TR37 (N207)	●	●	●	●	●	TR71 (N222)	●	●	●	●	●
TR103 (N209)	●	●	●	●	●	TR38 (N207)	●	●	●	●	●	TR72 (N222)	●	●	●	●	●
TR104 (N471)	●	●	●	●	●	TR39 (N207)	●	●	●	●	●	TR73 (N217)	●	●	●	●	●
TR105 (N470)	●	●	●	●	●	TR40 (N207)	●	●	●	●	●	TR74 (N217)	●	●	●	●	●
TR106 (N470)	●	●	●	●	●	TR41 (N459)	●	●	●	●	●	TR75 (N217)	●	●	●	●	●
TR107 (N209)	●	●	●	●	●	TR42 (N459)	●	●	●	●	●	TR76 (N217)	●	●	●	●	●
TR108 (H137)	●	●	●	●	●	TR43 (N219)	●	●	●	●	●	TR77 (N470)	●	●	●	●	●
TR109 (N470)	●	●	●	●	●	TR44 (N219)	●	●	●	●	●	TR83 (N209)	●	●	●	●	●
TR11 (N206)	●	●	●	●	●	TR45 (N219)	●	●	●	●	●	TR84 (N209)	●	●	●	●	●
TR110 (N470)	●	●	●	●	●	TR46 (N219)	●	●	●	●	●	TR86 (N209)	●	●	●	●	●
TR111 (H137)	●	●	●	●	●	TR47 (N210)	●	●	●	●	●	TR88 (N209)	●	●	●	●	●
TR12 (N206)	●	●	●	●	●	TR49 (N470)	●	●	●	●	●	TR90 (N471)	●	●	●	●	●
TR13 (N206)	●	●	●	●	●	TR50 (N470)	●	●	●	●	●	TR91 (N223)	●	●	●	●	●
TR14 (N206)	●	●	●	●	●	TR51 (N218)	●	●	●	●	●	TR92 (N223)	●	●	●	●	●
TR17 (N442)	●	●	●	●	●	TR52 (N218)	●	●	●	●	●	TR93 (N494)	●	●	●	●	●
TR18 (N442)	●	●	●	●	●	TR53 (N218)	●	●	●	●	●	TR95 (H137)	●	●	●	●	●
TR19 (N208)	●	●	●	●	●	TR54 (N218)	●	●	●	●	●	TR96 (H137)	●	●	●	●	●
TR20 (N208)	●	●	●	●	●	TR55 (N220)	●	●	●	●	●	TR97 (N209)	●	●	●	●	●
TR21 (N208)	●	●	●	●	●	TR56 (N220)	●	●	●	●	●						

Figuur 74: Overzicht functioneren reistijdtrajecten GEO02_PZHTRx

Toelichting:

- de H137 is de Oostweg in Zoetermeer, het verlengde van de N470. In bijlage 3 is een nadere omschrijving gegeven met beginpunt en eindpunt van ieder traject.
- sd = standaarddeviatie
- sCDQ = SupplierCalculatedDataQuality

Meetlocatie	meer dan 40% nul-waarden (u)	meer dan 40% nul-waarden (q)	meer dan 10% foutwaarden	minder dan 40% bruikbare rijen	meer dan 40% met sCDQ < 90%	Meetlocatie	meer dan 40% nul-waarden (u)	meer dan 40% nul-waarden (q)	meer dan 10% foutwaarden	minder dan 40% bruikbare rijen	meer dan 40% met sCDQ < 90%	Meetlocatie	meer dan 40% nul-waarden (u)	meer dan 40% nul-waarden (q)	meer dan 10% foutwaarden	minder dan 40% bruikbare rijen	meer dan 40% met sCDQ < 90%
pzh01_206080240	●	●	●	●	●	pzh01_211120550	●	●	●	●	●	pzh01_228000400	●	●	●	●	●
pzh01_206097420	●	●	●	●	●	pzh01_211148550	●	●	●	●	●	pzh01_228023110	●	●	●	●	●
pzh01_206167200	●	●	●	●	●	pzh01_211202180	●	●	●	●	●	pzh01_231075700	●	●	●	●	●
pzh01_206192450	●	●	●	●	●	pzh01_211222150	●	●	●	●	●	pzh01_231154940	●	●	●	●	●
pzh01_206200850	●	●	●	●	●	pzh01_211222160	●	●	●	●	●	pzh01_440131820	●	●	●	●	●
pzh01_206225820	●	●	●	●	●	pzh01_213059750	●	●	●	●	●	pzh01_440131830	●	●	●	●	●
pzh01_206239010	●	●	●	●	●	pzh01_213103690	●	●	●	●	●	pzh01_443034900	●	●	●	●	●
pzh01_206258160	●	●	●	●	●	pzh01_214023800	●	●	●	●	●	pzh01_444012000	●	●	●	●	●
pzh01_206316150	●	●	●	●	●	pzh01_214082500	●	●	●	●	●	pzh01_444030530	●	●	●	●	●
pzh01_206344570	●	●	●	●	●	pzh01_214149400	●	●	●	●	●	pzh01_445042030	●	●	●	●	●
pzh01_207053720	●	●	●	●	●	pzh01_214163350	●	●	●	●	●	pzh01_446015460	●	●	●	●	●
pzh01_207116570	●	●	●	●	●	pzh01_214211090	●	●	●	●	●	pzh01_452026080	●	●	●	●	●
pzh01_207203010	●	●	●	●	●	pzh01_215095810	●	●	●	●	●	pzh01_456023000	●	●	●	●	●
pzh01_207226910	●	●	●	●	●	pzh01_215266170	●	●	●	●	●	pzh01_456047070	●	●	●	●	●
pzh01_207259940	●	●	●	●	●	pzh01_216023010	●	●	●	●	●	pzh01_458469690	●	●	●	●	●
pzh01_207306000	●	●	●	●	●	pzh01_216106350	●	●	●	●	●	pzh01_459058690	●	●	●	●	●
pzh01_207326160	●	●	●	●	●	pzh01_217190000	●	●	●	●	●	pzh01_466019710	●	●	●	●	●
pzh01_207358350	●	●	●	●	●	pzh01_217231470	●	●	●	●	●	pzh01_470018990	●	●	●	●	●
pzh01_207371940	●	●	●	●	●	pzh01_217242850	●	●	●	●	●	pzh01_470042770	●	●	●	●	●
pzh01_208061920	●	●	●	●	●	pzh01_217275480	●	●	●	●	●	pzh01_470058500	●	●	●	●	●
pzh01_208081130	●	●	●	●	●	pzh01_218018950	●	●	●	●	●	pzh01_470097660	●	●	●	●	●
pzh01_208119040	●	●	●	●	●	pzh01_218026580	●	●	●	●	●	pzh01_470137010	●	●	●	●	●
pzh01_209017600	●	●	●	●	●	pzh01_218038750	●	●	●	●	●	pzh01_470153910	●	●	●	●	●
pzh01_209076100	●	●	●	●	●	pzh01_218061710	●	●	●	●	●	pzh01_471011340	●	●	●	●	●
pzh01_209125520	●	●	●	●	●	pzh01_218073600	●	●	●	●	●	pzh01_471025990	●	●	●	●	●
pzh01_209133080	●	●	●	●	●	pzh01_218100840	●	●	●	●	●	pzh01_471046110	●	●	●	●	●
pzh01_209167810	●	●	●	●	●	pzh01_218119710	●	●	●	●	●	pzh01_492013870	●	●	●	●	●
pzh01_209200070	●	●	●	●	●	pzh01_218199050	●	●	●	●	●	pzh01_492046990	●	●	●	●	●
pzh01_209248000	●	●	●	●	●	pzh01_219046380	●	●	●	●	●	pzh01_493017500	●	●	●	●	●
pzh01_210015960	●	●	●	●	●	pzh01_219086110	●	●	●	●	●	pzh01_494038170	●	●	●	●	●
pzh01_210065290	●	●	●	●	●	pzh01_219133380	●	●	●	●	●	pzh01_496034540	●	●	●	●	●
pzh01_210126990	●	●	●	●	●	pzh01_220070630	●	●	●	●	●	pzh01_496097000	●	●	●	●	●
pzh01_211063160	●	●	●	●	●												

Figuur 75: Overzicht functioneren meetlussen (u = snelheid, q = intensiteit, sCDQ = supplierCalculatedDataQuality)

Toelichting nummering meetlussen: pzh01_aaabbbb0, waarin aaa = wegnummer en bbbbb = kilometrering uitgedrukt in meters.

Voorbeeld: pzh01_206167810 = N206, kilometer 16,781.

1.9 Conclusies en aanbevelingen

De kwaliteitseisen die gesteld worden aan NDW wegverkeersgegevens zijn gericht op een correcte technische werking van het NDW systeem. Voor de provinciale meetpunten van Zuid-Holland wordt inmiddels ruimschoots aan de gestelde beschikbaarheidseisen voldaan. Afnemers van NDW gegevens moeten zich echter realiseren wat deze kwaliteitseisen betekenen voor het gebruik van de gegevens. De beschikbaarheidseis in het bijzonder gaat namelijk niet over de inhoud van de verkeersgegevens.

De door NDW aangekondigde splitsing van beschikbaarheidscijfers naar totale beschikbaarheid, hoeveelheid herhaalde waarden en hoeveelheid -1 waarden (= geen verkeer) maakt het in de toekomst voor afnemers mogelijk om een beter beeld te krijgen van de inhoud van de verkeersgegevens.

In deze bijlage is specifiek gekeken naar de inhoud van de NDW wegverkeersgegevens voor meetpunten van provincie Zuid-Holland. Een opvallende constatering is dat reistijdtrajecten relatief weinig bruikbare verkeersgegevens leveren met veel herhalingen en hoge standaardafwijkingen.

De betrekkelijk grote hoeveelheid meetminuten waarin geen verkeer de meetlocatie passeert (wat resulteert in herhaling van meetwaarden) is inherent aan het toegepaste inwinsysteem in combinatie met verkeerslichten. Het feit dat verkeer op een reistijdtraject regelmatig wordt tegengehouden door een verkeerslicht, zorgt er voor dat er meetminuten zijn waarbij geen enkel voertuig (dat een reistijdtraject is ingereden) het reistijdtraject uitrijdt. Er van uit gaande dat de systemen goed functioneren is het simpelweg niet mogelijk om (veel) meer bruikbare meetminuten te genereren. Herhaalde meetwaarden zijn niet voor verdere toepassing bruikbaar en dienen door de afnemer te worden uitgefilterd.

Meetwaarden met een hoge standaardafwijking zijn niet voor verdere toepassing bruikbaar, maar komen toch vaak voor bij reistijdtrajecten. Er is dan alleen met zekerheid vast te stellen dat de gegeven gemiddelde reistijd te hoog is. Voor reistijden gebaseerd op zes of meer voertuigen wordt dit probleem al ondervangen, doordat in dit geval een getrimd gemiddelde wordt gegeven, waarbij de extreme waarden zijn weggelaten. Ongeveer de helft van de reistijdmetingen is echter gebaseerd op vijf of minder voertuigen, waardoor een hoge standaardafwijking vaak voorkomt. Indien naast het gemiddelde ook bijvoorbeeld de mediaan zou worden meegeleverd, zal dit de bruikbaarheid van reistijden gebaseerd op weinig voertuigen sterk kunnen verbeteren.

De hierboven geïllustreerde problemen doen zich niet voor bij lussen. Voor luslocaties zijn er niet of nauwelijks herhalingen. De standaardafwijkingen voor snelheden worden niet gegeven, hoewel dit wel een nuttige toevoeging zou zijn.

Voor de in deze bijlage geanalyseerde verkeersgegevens is het onmogelijk om op een betrouwbare manier vast te stellen of er op een meetlocatie geen verkeer aanwezig is of dat een meetlocatie niet operationeel is. Dit is bij toepassing van (historische) data een gegeven om rekening mee te houden. NDW heeft inmiddels aangegeven dat dit probleem tot het verleden moet behoren zodra Interface Beschrijving 1.2 geïmplementeerd is.

Uit een vergelijking tussen de achteraf opvraagbare historische gegevens en gearchiveerde actuele gegevens blijkt dat deze voor het overgrote deel overeenkomen. Dit maakt de historische export goed bruikbaar voor onderzoeksdoeleinden waarbij verkeersgegevens over een lange periode gebruikt worden.

Een aantal meetlocaties, zowel reistijdtrajecten als lussen, blijkt geen enkele of slechts zeer beperkt bruikbare verkeersgegevens te leveren. Indien er geen werkzaamheden hebben plaatsgevonden in de onderzochte periode betekent dit dat de betreffende locaties defect zijn (in geval van geen gegevens) of dat reistijdtrajecten niet optimaal gelegen zijn. Ter verbetering van dit laatste kunnen trajecten opgeknapt worden of camera's worden verplaatst.

Indien men voor alle reistijdtrajecten zou willen nagaan of de trajectkeuze en cameralocaties verbeterd kunnen worden, zou het nuttig zijn om informatie te krijgen over de hoeveelheid voertuigen die een reistijdtraject binnenrijden, maar vervolgens binnen een bepaalde marge niet meer uitrijden. Indien veel van de ingereden voertuigen niet meer uitrijden is dit een teken om het traject nader te bekijken en eventueel tot opknippen of verplaatsen van camera's over te gaan.

Het blijft echter noodzakelijk om meetlocaties afzonderlijk te analyseren om te achterhalen of er defecte of slecht presterende locaties zijn en bij slecht presterende locaties goed naar de lokale verkeersomstandigheden te kijken.

Concluderend zijn er hier en daar nog enkele verbeteringen mogelijk om meer uit de beschikbare data te kunnen halen, maar wordt binnen de beperkingen van de meettechnieken al zo goed als alles uit het systeem gehaald. Afgezien van enkele defecte meetlocaties presteren lussen uitstekend en wordt het aantal mogelijke reistijdmetingen op provinciale wegen sterk beperkt door verkeerslichten. De hoeveelheid herhalingen bij reistijdmetingen kan alleen worden teruggedrongen tegen zeer hoge kosten, die voor de beoogde toepassingen van reistijdmetingen waarschijnlijk niet de investering waard zijn.

Bijlage 2 Technische details analyse NDW data

Deze bijlage gaat in op de technische details van de analyse uit bijlage 1. Paragraaf 2.1 geeft informatie over het computersysteem dat gebruikt is voor de in dit rapport beschreven analyse, om een beeld te geven van de vereiste opslagcapaciteit, te verwachten rekentijden en zaken waarmee rekening gehouden moet worden bij een herhaling van deze analyse.

Paragraaf 2.2 bevat een korte toelichting van de PHP scripts die gebruikt zijn voor de data-import -verwerking en -analyse. Deze scripts zijn opgenomen als naslagmogelijkheid om na te kunnen gaan hoe bepaalde bevindingen precies tot stand zijn gekomen.

2.1 Systeemvereisten

De hier beschreven verwerking en analyse is uitgevoerd op een laptop met Intel Celeron T3100 1,9 GHz processor (dual core), 3 GB werkgeheugen, 500 GB opslagruimte. In deze paragraaf zijn wat overwegingen opgenomen ten aanzien van de systeemvereisten indien men een dergelijke analyse zelf wenst uit te voeren.

Schijfruimtegebruik

De ruwe gegevens uit de NDW historische data export voor 9 maanden reistijd (98 meetlocaties), snelheid en intensiteitsgegevens (97 meetlocaties) hadden een omvang van 250 GB. Na import resulteerde dit in 55 GB extra ruimtegebruik door de nieuw aangemaakte databasetabellen. De datasplit levert wederom een aanvullende 30 GB aan databasetabellen op. Bij beperkte opslagcapaciteit kan overwogen worden om iedere gegevenssoort na elkaar te verwerken, de ruwe databestanden te verwijderen na import en de importtabellen te verwijderen na datasplit.

De data-analyse levert bestanden op van niet noemenswaardige grootte.

Geheugengebruik

De analysescripts zijn geheugenintensief, waarbij het geheugengebruik van Apache op kan lopen tot meer dan 2 GB. Minimaal 3 GB werkgeheugen is aanbevolen.

Software

PHP, MySQL en Apache zijn allen vrij verkrijgbaar onder een open source licentie. Voor deze analyse is gebruik gemaakt van het pakket WampServer¹³ dat de genoemde software voor testdoeleinden op een eenvoudig uit te rollen wijze bundelt.

¹³ <http://sourceforge.net/projects/wampserver/>

Overwegingen PHP

Verhoog de geheugenlimiet (`memory_limit`) van PHP naar 1536M in `php.ini`.

Vanwege de lange looptijd van scripts is het noodzakelijk om de maximale uitvoertijd per script te verhogen, ofwel door het verhogen van (`max_execution_time`) in `php.ini` (niet aanbevolen), ofwel door het steeds resetten van de uitvoertijd via het script. Voor deze analyse is voor dat laatste gekozen, met behulp van de `set_time_limit()` functie.

Overwegingen MySQL

Schakel *binlogging* uit in `my.ini` of `/etc/my.cnf` om te voorkomen dat MySQL onnodig schrijfruimte in beslag neemt voor de transactiegeschiedenis. Dit maakt de verwerking van data tevens enigszins sneller.

Rekentijden

Ter indicatie voor het geval deze verwerking van ruwe data herhaald moet worden zijn in tabel 13 globaal de bij deze analyse behaalde rekentijden aangegeven:

Tabel 13: Verwerkingstijden voor import en split van ruwe data per gegevenssoort

<i>Gegevenssoort</i>	<i>Invoerrijen</i>	<i>Import</i>	<i>Split</i>
Reistijd	20,8 miljoen	30 minuten	20 minuten
Snelheid	405,6 miljoen	10 uur	6 uur
Intensiteit	486,6 miljoen	12 uur	7,5 uur

De verwerking van XML bestanden met actuele data vereist 2,5 uur per volledige dag aan meetgegevens over heel Nederland (stand april 2011).

Rekentijden van de analysescripts zijn weergegeven in tabel 14.

Tabel 14: Verwerkingstijden per analysescript¹⁴

<i>Gegevenssoort</i>	<i>Script 1</i>	<i>Script 2</i>	<i>Script 3</i>
Reistijd	2 minuten	3 minuten	4 minuten
Snelheid	80 minuten	42 minuten	2 uur 1 kwartier
Intensiteit	100 minuten	100 minuten	2 uur 3 kwartier

Suggesties ter versnelling van deze rekentijden is allereerst het gebruiken van een krachtiger processor. Hierbij is voornamelijk de kloksnelheid van belang, daar PHP maar op één kern draait. Minimaal twee processorkernen wordt aanbevolen, zodat PHP en MySQL ieder op een andere kern kunnen draaien. Meer dan drie kernen zijn niet noodzakelijk.

Aangezien veel van en naar bestanden wordt geschreven (zowel tijdens import als tijdens analyse) kan een snelle harde schijf (SSD wellicht) een aanzienlijke verbetering bieden. De hier gebruikte schijf heeft een rotatiesnelheid van 7 200 rpm.

¹⁴ Sommige tijdsindicaties zijn te hoog omdat de computer tijdens scriptuitvoering is gebruikt voor andere zaken.

Valkuilen

Voor het maken van de analyse is in eerste instantie getracht gebruik te maken van het rekenprogramma MATLAB. Initiële testen lieten echter zien dat de verwachte rekentijd 460 uur zou bedragen om de ruwe data om te werken tot losse bestanden per meetlocatie (nog zonder verdere analyse!). (Met de combinatie PHP/MySQL 'slechts' 36 uur.) Daarnaast bleek het werken met tekenreeksen binnen MATLAB dusdanig omslachtig dat dit de auteur heeft doen besluiten over te stappen op PHP/MySQL.

Achteraf gezien is een of andere database voor gegevensopslag onmisbaar. Zonder achterliggende database moeten de gegevens, 30 GB, voor iedere verwerkingsstap (of in ieder geval bij iedere programmaherstart) opnieuw ingelezen worden. Hierbij kunnen de gegevens gezien de grootte duidelijk niet in het werkgeheugen ingeladen worden, waarmee veel tijd verloren gaat aan het uitlezen van de vaste schijf.

Bij het maken van analyses dient er rekening mee gehouden te worden dat er dubbele rijen aanwezig zijn in de NDW historische gegevens. Hierdoor kan niet zomaar het aantal aanwezige rijen geteld worden om bijvoorbeeld de beschikbaarheid te bepalen, maar moeten unieke rijen worden geselecteerd in een query of de dubbele rijen eerst worden uitgefilterd.

In de scripts uit paragraaf 2.2 is voor reistijd rekening gehouden met de mogelijke aanwezigheid van dubbele rijen. Voor snelheid/reistijd wordt dit in sommige situaties (bijvoorbeeld beschikbaarheid) geïmpliceerd, maar is hier niet in alle gevallen rekening mee gehouden. Bij toekomstig gebruik van deze scripts wordt ten eerste aanbevolen de snelheid/intensiteit scripts hierop aan te passen, door bijvoorbeeld in plaats van `COUNT (*)` gebruik te maken van `COUNT (DISTINCT `periodStart`, `index`)`.

2.2 PHP Scripts

De verschillende PHP scripts gebruikt voor de analyse van NDW data zijn digitaal beschikbaar, zie hiervoor pagina 213.

Deze paragraaf gaat kort in op de verschillende scriptbestanden. De scriptbestanden zelf zijn verder uitvoerig voorzien van commentaarregels, welke voor precieze details geraadpleegd kunnen worden.

2.2.1 Data import

Er zijn drie scripts die zorg dragen voor het importeren van de CSV-bestanden uit de historische NDW export naar de MySQL database. Voor ieder type verkeersgegevens is er een apart script, met kleine onderlinge verschillen:

- **NDWanalyse/NDW_loaddata_reistijd.php**
- **NDWanalyse/NDW_loaddata_snelheid.php**
- **NDWanalyse/NDW_loaddata_intensiteit.php**

2.2.2 Data split

De uitsplitsing naar één gegevenstabel wordt wederom door een apart script per verkeerstype uitgevoerd:

- **NDWanalyse/NDW_splitdata_reistijd.php**
- **NDWanalyse/NDW_splitdata_snelheid.php**
- **NDWanalyse/NDW_splitdata_intensiteit.php**

2.2.3 Data analyse

De daadwerkelijke analyse van de verkeersgegevens is onderverdeeld in een aantal aparte scripts:

- **NDWanalyse/NDW_analyse_reistijd_1.php**
- **NDWanalyse/NDW_analyse_reistijd_2.php**
- **NDWanalyse/NDW_analyse_reistijd_3.php**
- **NDWanalyse/NDW_analyse_reistijd_4.php**
- **NDWanalyse/NDW_analyse_reistijd_5.php**
- **NDWanalyse/NDW_analyse_snelheid_1.php**

Het probleem met dubbele rijen kan in dit geval worden opgelost door:

```
SELECT COUNT(*) FROM en SELECT SUM(`fault`) FROM
```

te vervangen door:

```
SELECT COUNT(DISTINCT `periodStart`, `index`) FROM
```

- **NDWanalyse/NDW_analyse_snelheid_2.php**

Ten opzichte van NDW_analyse_reistijd_2.php is de gebruikte database gewijzigd en is (foutief) niet op unieke rijen geselecteerd. Het probleem met dubbele rijen kan in dit geval worden opgelost middels de query:

```
$qry = "SELECT DISTINCT `standardDeviation`, `supplierCalculatedDataQuality`,  
`periodStart`, `index` FROM `".$site_this."`";
```

- **NDWanalyse/NDW_analyse_snelheid_3.php**

Het probleem met dubbele rijen kan in dit geval worden opgelost middels de query:

```
$qry = "SELECT DISTINCT `periodStart`, SUM(`numberOfIncompleteInputs`),  
SUM(`numberOfInputValuesused`), SUM(`fault`), SUM(`avgVehicleSpeed`), `index`  
FROM `".$site_this."` GROUP BY `periodStart` ORDER BY `periodStart`";
```

- **NDWanalyse/NDW_analyse_snelheid_5.php**

Ten opzichte van NDW_analyse_reistijd_5.php is de gebruikte database gewijzigd en zijn de unieke rijen geselecteerd op basis van een combinatie van periodStart en index.

- **NDWanalyse/NDW_analyse_intensiteit_1.php**

Ten opzichte van NDW_analyse_snelheid_1.php is de gebruikte database gewijzigd en is voor het bepalen van metingen zonder verkeer gebruik gemaakt van vehicleFlow in plaats van numberOfInputValuesused, zoals ook aangegeven in paragraaf 1.5.3 van bijlage 1.

- **NDWanalyse/NDW_analyse_intensiteit_2.php**

Ten opzichte van NDW_analyse_snelheid_2.php is alleen de gebruikte database gewijzigd.

- **NDWanalyse/NDW_analyse_intensiteit_3.php**

Ten opzichte van NDW_analyse_snelheid_3.php is de gebruikte database gewijzigd en is gebruik gemaakt van vehicleFlow in plaats van avgVehicleSpeed.

- **NDWanalyse/NDW_analyse_intensiteit_5.php**
Ten opzichte van NDW_analyse_snelheid_5.php is alleen de gebruikte database gewijzigd.

Scripts met nummer 1 dienen ter beantwoording van de eerste zes onderzoeksvragen. Scripts 2 zijn voor onderzoeksvragen zeven en acht. Scripts 3 voor de laatste drie onderzoeksvragen. Script 4 bestaat alleen voor reistijden en kijkt naar de afzonderlijke bruikbaarheid per maand en in de spits. Scripts 5 dienen ter bepaling van de hoeveelheid dubbele rijen in de verkeersgegevens.

2.2.4 Vergelijking historische en actuele data

De XML-bestanden met actuele verkeersgegevens worden naar een database geïmporteerd met dezelfde structuur als de historische data. Dit wordt gedaan door:

- **NDWactueel/NDW_loaddata.php**

De bepaling van de beschikbaarheid/bruikbaarheid van de actuele gegevens en de vergelijking met historische data over dezelfde periode wordt uitgevoerd door:

- **NDWactueel/NDW_vergelijking_reistijd.php**
- **NDWactueel/NDW_vergelijking_intensiteit.php**
- **NDWactueel/NDW_vergelijking_snelheid.php**

De laatste twee zijn hierbij exact hetzelfde, alleen wordt telkens verwezen naar de database met intensiteit resp. snelheidsgegevens.

2.2.5 Generieke includes

Deze subroutines worden in andere scripts aangeroepen (`include('bestand.inc.php');`).

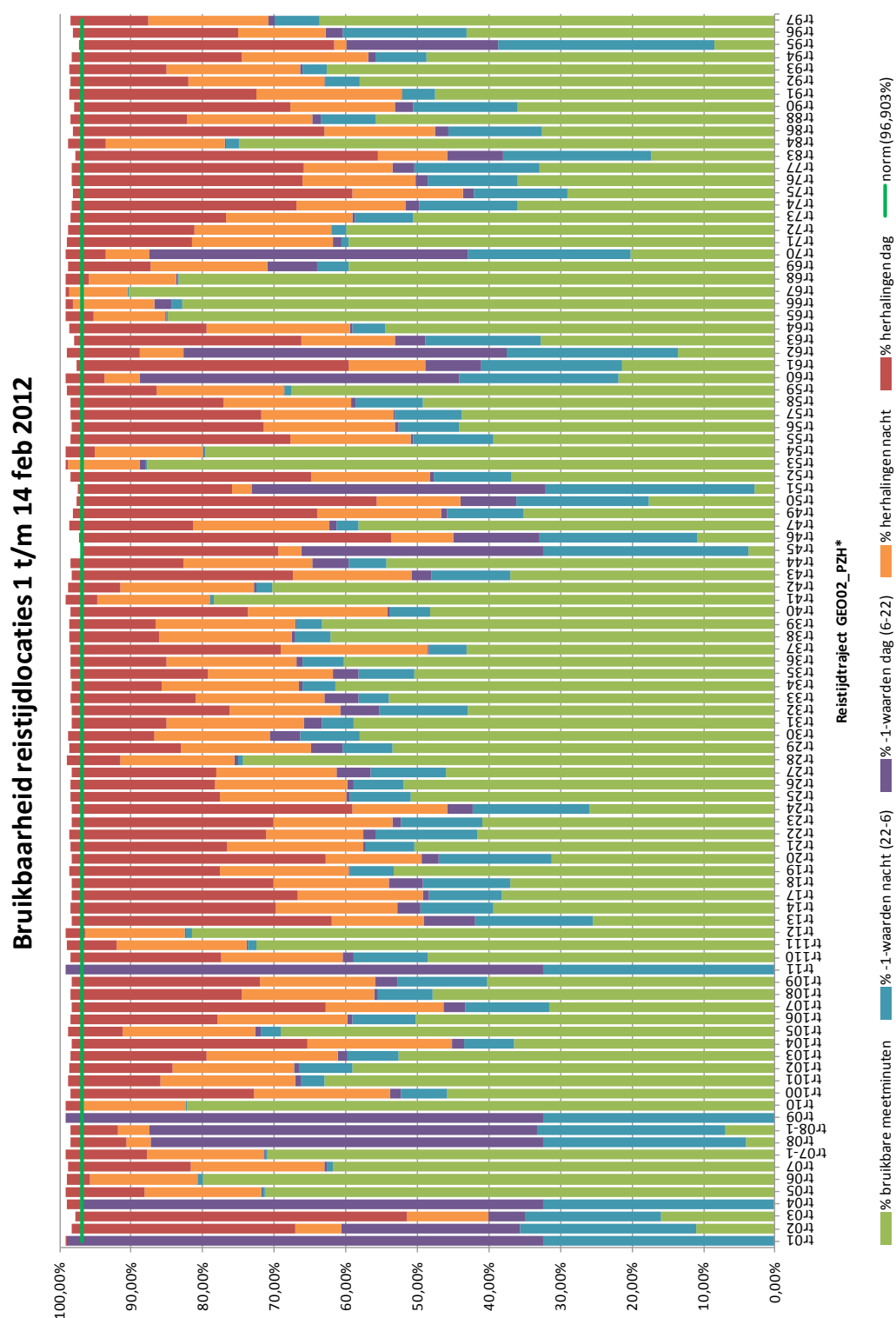
De volgende subroutines leggen de verbinding met de MySQL database. Er worden meerdere databases gebruikt, waarbij de scripts er van uit gaan dat de databases met de juiste naam reeds voor uitvoering van de scripts bestaan.

- **dbconnect_reistijd.inc.php**
- **dbconnect_intensiteit.inc.php**
- **dbconnect_snelheid.inc.php**
- **dbconnect.inc.php**
- **dbconnect_historisch.inc.php**

De laatste subroutine schrijft gebufferde scriptoutput automatisch weg naar een bestand. Hierbij wordt aangenomen dat er een subdirectory met de naam *resultaten* aanwezig is:

- **write_output_to_file.inc.php**

Bijlage 3 Bruikbaarheid reistijdlocaties



Bijlage 4 Overzicht meetlocaties

4.1 Reistijdtrajecten

Uit de NDW MeasurementSiteTable / PredefinedLocationPublication

Trajectnummer	Weg	Van	Naar
GEO02_PZHTR01	N206	N442 (Hillegom)	N444 (Noordwijk/Voorhout)
GEO02_PZHTR02	N206	N444 (Noordwijk/Voorhout)	N442 (Hillegom)
GEO02_PZHTR03	N206	N444 (Noordwijk/Voorhout)	Oude Rijn (Brug over de Oude Rijn)
GEO02_PZHTR04	N206	Oude Rijn (Brug over de Oude Rijn)	N444 (Noordwijk/Voorhout)
GEO02_PZHTR05	N206	Katwijk aan Zee	N447 (Leidschendam)
GEO02_PZHTR06	N206	N447 (Leidschendam)	Katwijk aan Zee
GEO02_PZHTR07	N206	A44 (A44: Leiden)	N447 (Leidschendam)
GEO02_PZHTR07-1	N206	A44 (A44: Leiden)	Leiderdorp
GEO02_PZHTR08	N206	N447 (Leidschendam)	A44 (A44: Leiden)
GEO02_PZHTR08-1	N206	N447 (Leidschendam)	A44 (A44: Leiden)
GEO02_PZHTR09	N206	N447 (Leidschendam)	Rijn-Schiekanaal (Brug over het Rijn-Schiekanaal)
GEO02_PZHTR10	N206	Rijn-Schiekanaal (Brug over het Rijn-Schiekanaal)	N447 (Leidschendam)
GEO02_PZHTR100	N471	N209 (Zestienhoven/Bleiswijk)	N209 (Zestienhoven/Bleiswijk)
GEO02_PZHTR101	N209	N472 (Berkel en Rodenrijs)	Bloemenveiling Klappolder
GEO02_PZHTR102	N209	Bloemenveiling Klappolder	A12 (A12: Bleiswijk)
GEO02_PZHTR103	N209	N471 (Berkel en Rodenrijs/Rotterdam)	N472 (Berkel en Rodenrijs)
GEO02_PZHTR104	N471	N209 (Zestienhoven/Bleiswijk)	N470/N472 (Delft/Zoetermeer/Pijnacker)
GEO02_PZHTR105	N470	N471/N472 (Pijnacker/Berkel en Rodenrijs)	Industrieterrein De Boezem
GEO02_PZHTR106	N470	Industrieterrein De Boezem	A12 (A12: Zoetermeer)
GEO02_PZHTR107	N209	Rotterdam Airport	N471 (Berkel en Rodenrijs/Rotterdam)
GEO02_PZHTR108	H137	Bleiswijkseweg (Bleiswijkseweg)	A12 (A12: Zoetermeer)
GEO02_PZHTR109	N470	Industrieterrein De Boezem	N471/N472 (Pijnacker/Berkel en Rodenrijs)
GEO02_PZHTR11	N206	Leiderdorp	Zoeterwoude-Dorp
GEO02_PZHTR110	N470	N471/N472 (Pijnacker/Berkel en Rodenrijs)	A13 (A13: Delft-Zuid)
GEO02_PZHTR111	H137	van der Hagenstraat (van der Hagenstraat)	A12 (A12: Zoetermeer)
GEO02_PZHTR12	N206	A4 (A4: Zoeterwoude-Dorp)	N447 (Leidschendam)
GEO02_PZHTR13	N206	Zoeterwoude-Dorp	Zoetermeer
GEO02_PZHTR14	N206	N469 (Leidschendam)	Rijn-Schiekanaal (Brug over het Rijn-Schiekanaal)
GEO02_PZHTR17	N442	N206 (Noordwijkerhout)	N208 (Heemstede)
GEO02_PZHTR18	N442	N208 (Heemstede)	N206 (Noordwijkerhout)
GEO02_PZHTR19	N208	N442 (De Zilk)	N207 (Nieuw-Vennep)
GEO02_PZHTR20	N208	N207 (Nieuw-Vennep)	N442 (De Zilk)
GEO02_PZHTR21	N208	Hillegom	N443 (Voorhout)
GEO02_PZHTR22	N208	N443 (Voorhout)	Hillegom
GEO02_PZHTR23	N208	Noordwijkerhout	A44 (A44: Noordwijkerhout)
GEO02_PZHTR24	N208	A44 (A44: Noordwijkerhout)	Lisse
GEO02_PZHTR25	N207	A4 (A4: Nieuw-Vennep)	Leimuiden
GEO02_PZHTR26	N207	Leimuiden	A4 (A4: Nieuw-Vennep)
GEO02_PZHTR27	N207	Leimuiden	Alphen aan den Rijn
GEO02_PZHTR28	N207	N446 (Woubrugge)	Ringvaart Haarlemmermeer (Leimuiderbrug)
GEO02_PZHTR29	N207	N446 (Woubrugge)	Aarkanaal (Brug over het Aarkanaal)
GEO02_PZHTR30	N207	Alphen aan den Rijn	Rijnsaterwoude
GEO02_PZHTR31	N207	Alphen aan den Rijn	N231 (Aarlanderveen)
GEO02_PZHTR32	N207	N231 (Aarlanderveen)	N446 (Woubrugge)
GEO02_PZHTR33	N207	N460 (Ter Aar)	Boskoop-Noordoost
GEO02_PZHTR35	N207	N11 (Leiden)	Waddinxveen
GEO02_PZHTR36	N207	Boskoop	Zwammerdam
GEO02_PZHTR37	N207	Boskoop	N452 (Gouda/Den Haag)
GEO02_PZHTR38	N207	N452 (Gouda/Den Haag)	Boskoop-Noordoost
GEO02_PZHTR39	N207	Waddinxveen	Gouda
GEO02_PZHTR40	N207	Gouda	Boskoop

Trajectnummer	Weg	Van	Naar
GEO02_PZHTR41	N459	N11 (Leiden/Utrecht)	A12 (A12: Reeuwijk)
GEO02_PZHTR42	N459	A12 (A12: Reeuwijk)	N11 (Leiden/Utrecht)
GEO02_PZHTR43	N219	A12/N453/N456 (A12: Zevenhuizen)	Nieuwerkerk-Velden
GEO02_PZHTR44	N219	Nieuwerkerk-Velden	A12/N453/N456 (A12: Zevenhuizen)
GEO02_PZHTR45	N219	A20 (A20: Nieuwerkerk aan den IJssel)	N210 (Schoonhoven)
GEO02_PZHTR46	N219	N210 (Schoonhoven)	A20 (A20: Nieuwerkerk aan den IJssel)
GEO02_PZHTR47	N210	Eindhoven	Eindhoven
GEO02_PZHTR49	N470	A13 (A13: Delft-Zuid)	A4 (A4: Delft)
GEO02_PZHTR50	N470	A4 (A4: Delft)	A13 (A13: Delft-Zuid)
GEO02_PZHTR51	N218	N57 (Rozenburg)	Hartelkanaal (Hartelbrug)
GEO02_PZHTR52	N218	Hartelkanaal (Hartelbrug)	N57 (Rozenburg)
GEO02_PZHTR53	N218	N493 (Spijkenisse)	A15 (A15: Spijkenisse)
GEO02_PZHTR54	N218	A15 (A15: Spijkenisse)	N493 (Spijkenisse)
GEO02_PZHTR55	N220	N211 (Hoek van Holland)	Oranjekanaal (Brug over het Oranjekanaal)
GEO02_PZHTR56	N220	Oranjekanaal (Brug over het Oranjekanaal)	N211 (Hoek van Holland)
GEO02_PZHTR57	N220	N223 (Westerlee)	A20 (A20: Maasdijk)
GEO02_PZHTR58	N220	Rozenburg	Oranjekanaal (Brug over het Oranjekanaal)
GEO02_PZHTR59	N213	A20/N223 (A20: Westerlee)	N466 (Naaldwijk)
GEO02_PZHTR60	N213	N466 (Naaldwijk)	A20/N223 (A20: Westerlee)
GEO02_PZHTR61	N213	N466 (Naaldwijk)	N211/N464 (Poeldijk)
GEO02_PZHTR62	N213	N211/N464 (Poeldijk)	N466 (Naaldwijk)
GEO02_PZHTR63	N211	N465 (Naaldwijk)	Den Haag
GEO02_PZHTR64	N211	Den Haag	N213/N464 (Poeldijk/Naaldwijk)
GEO02_PZHTR65	N211	N464 (Wateringen-Noord)	A4 (A4: Den Haag-Zuid)
GEO02_PZHTR66	N211	Wateringseveld	N464 (Wateringen-Noord)
GEO02_PZHTR67	N211	N222 (Wateringen)	A4 (A4: Den Haag-Zuid)
GEO02_PZHTR68	N211	A4 (A4: Den Haag-Zuid)	N222 (Wateringen)
GEO02_PZHTR69	N466	N213 (Naaldwijk)	N222 (Trade Parc Westland)
GEO02_PZHTR70	N466	N222 (Trade Parc Westland)	N213 (Naaldwijk)
GEO02_PZHTR71	N222	N466 (Naaldwijk)	N211 (Rijswijk)
GEO02_PZHTR72	N222	N211 (Rijswijk)	Strijp (Brug over de Strijp)
GEO02_PZHTR73	N217	A29 (A29: Oud-Beijerland)	Industrieterrein Mijlpolder
GEO02_PZHTR74	N217	N491 (Strijen)	Goidschalxoord
GEO02_PZHTR75	N217	Maasdam	A16/N3 (A16: 's-Gravendeel)
GEO02_PZHTR76	N217	Dordrecht	Maasdam
GEO02_PZHTR77	N470	Industrieterrein Ruyven/Delfgauw	N471/N472 (Pijnacker/Berkel en Rodenrijs)
GEO02_PZHTR83	N209	A13 (A13: Berkel en Rodenrijs)	N471 (Berkel en Rodenrijs/Rotterdam)
GEO02_PZHTR84	N209	N471 (Berkel en Rodenrijs/Rotterdam)	A13 (A13: Berkel en Rodenrijs)
GEO02_PZHTR86	N209	Bloemenveiling Klappolder	N472 (Berkel en Rodenrijs)
GEO02_PZHTR88	N209	A12 (A12: Bleiswijk)	De Rotte Meren recreatieterrein
GEO02_PZHTR90	N471	N470/N472 (Delft/Zoetermeer/Pijnacker)	A20 (A20: Rotterdam-Centrum)
GEO02_PZHTR91	N223	N220 (Hoek van Holland)	A20/N213 (A20: Westerlee)
GEO02_PZHTR92	N223	A20/N213 (A20: Westerlee)	N220 (Hoek van Holland)
GEO02_PZHTR93	N494	Nieuwenhoorn/Oudendoorn	N218 (Brielle/Spijkenisse)
GEO02_PZHTR95	H137	A12 (A12: Zoetermeer)	Edisonstraat (Edisonstraat)
GEO02_PZHTR96	H137	Oostweg (Oostweg)	Edisonstraat (Edisonstraat)
GEO02_PZHTR97	N209	Benthuizen	A12 (A12: Bleiswijk)

De H137 is de Oostweg in Zoetermeer, het verlengde van de N470.

Voor GEO02_PZHTR47 staat als locatie de gemeente Eindhoven in de PDL (PreDefined Location publication). Dit is echter het stuk N210 (Abram van Rijckevorselweg, Rotterdam) vanaf de aansluiting met de N219 tot aan de A16.

Bijlage 5 Technische details gebeurtenisdetectiescripts

Deze bijlage geeft een overzicht en korte toelichting van de PHP scripts die deel uit maken van de testimplementatie van de onderzochte gebeurtenisdetectiemethode. De verschillende scripts zijn digitaal beschikbaar, zie hiervoor pagina 213.

Voor details over het hierbij gebruikte computersysteem en de benodigde programmatuur wordt verwezen naar paragraaf 2.1 van bijlage 2.

Scripts met extensie .php zijn bedoeld om te worden uitgevoerd in een webbrowser (niet vanaf de opdrachtregel). Scripts met extensie .inc.php zijn niet bedoeld om zelfstandig te worden uitgevoerd.

5.1 Gebeurtenisdetectiemethode

In deze paragraaf worden de scripts toegelicht die onderdeel zijn van de gebeurtenisdetectiemethode.

gebeurtenisdetectie/install/install.php

Maakt een MySQL database en de benodigde databasetabellen aan.

gebeurtenisdetectie/import_mst/import.php

Importeert de MeasurementSiteTable vanuit een XML bestand naar de database. Moet voor aanvang eenmalig worden uitgevoerd.

gebeurtenisdetectie/simulationloop.php

Algemeen script om de gebeurtenisdetectiemethode te starten. Simuleert tijdstappen van 1 minuut tussen opgegeven start- en eindtijd. Roept de overige scriptonderdelen aan.

gebeurtenisdetectie/eventdetect.inc.php

Roept de verschillende onderdelen van het gebeurtenisdetectiesysteem aan.

gebeurtenisdetectie/quit.bat

Windows batchbestand om simulationloop handmatig te stoppen.

gebeurtenisdetectie/reset.bat

Windows batchbestand om geforceerd het exponentieel voortschrijdend gemiddelde van meetgegevens af te breken en opnieuw op te bouwen terwijl simulationloop doorloopt.

gebeurtenisdetectie/config/dbconnect.inc.php

Instellingen om verbinding te maken met de database aangemaakt met install.php.

gebeurtenisdetectie/config/dbconnect_raw_data.inc.php

Instellingen om verbinding te maken met de databases met historische verkeersgegevens.

Gebeurtenisdetectie/config/eventdetect.inc.php

Bevat alle parameters van het gebeurtenisdetectiesysteem: voor exponentieel voortschrijdend gemiddelde, bijwerken referentiesituatie, algoritmes en grenswaarden waarschuwingsniveau.

gebeurtenisdetectie/config/last_reference_update.inc

Wordt gekopieerd naar last_reference_update.inc.php bij gebruik van reset.bat.

gebeurtenisdetectie/config/last_reference_update.inc.php

Wordt door het systeem gebruikt om het tijdstip vast te leggen waarop de referentiesituatie voor het laatst is bijgewerkt.

gebeurtenisdetectie/config/quit.inc

Wordt gekopieerd naar reset.inc.php bij gebruik van quit.bat.

gebeurtenisdetectie/config/reset.inc

Wordt gekopieerd naar quit.inc.php bij gebruik van reset.bat.

gebeurtenisdetectie/config/reset.inc.php

Bevat variabele om het exponentieel voortschrijdend gemiddelde opnieuw te starten of simulationloop handmatig af te breken.

gebeurtenisdetectie/config/simulation.inc.php

Instellingen voor de simulationloop. Bepaalt het tijdstip van het eerste en laatste te gebruiken historische datapunt. Tevens instellingen voor debug uitvoer.

gebeurtenisdetectie/eventdetect/algorithm1.inc.php

Implementatie van algoritme 1.

gebeurtenisdetectie/eventdetect/algorithm3.inc.php

Implementatie van algoritme 3 en 4.

gebeurtenisdetectie/eventdetect/algorithm5.inc.php

Implementatie van algoritme 5, 6 en 7.

gebeurtenisdetectie/eventdetect/algorithms.inc.php

Bepaalt welke algoritmes gebruikt moeten worden aan de hand van config/eventdetect.inc.php en plaatst algoritmeresultaten in de database.

gebeurtenisdetectie/eventdetect/load_preprocessed.inc.php

Haalt opgeslagen door exponentieel voortschrijdend gemiddelde verwerkte verkeersgegevens op uit de database. Kan gebruikt worden in plaats van preprocess.inc.php bij een tweede en volgende run als de resultaten van preprocess.inc.php worden bewaard.

gebeurtenisdetectie/eventdetect/measurementsiteactive.inc.php

Bepaalt uit de gedefinieerde meetlocatiecombinaties welke meetlocaties actief zijn.

gebeurtenisdetectie/eventdetect/measurementsitecombinations.inc.php

Hierin zijn de meetlocatiecombinaties vastgelegd.

gebeurtenisdetectie/eventdetect/measurementsitetable.inc.php

Verwerkt de MeasurementSiteTable uit de database tot een cache.

gebeurtenisdetectie/eventdetect/preprocess.inc.php

Verwerkt ruwe verkeersgegevens middels het exponentieel voortschrijdend gemiddelde en slaat dit op in de database.

gebeurtenisdetectie/eventdetect/reference_update.inc.php

Zorgt voor het bijwerken van de referentiesituatie en vastleggen hiervan in de database.

gebeurtenisdetectie/eventdetect/reset.inc.php

Verwerkt *quit* en *reset* aanvragen.

gebeurtenisdetectie/eventdetect/warninglevels.inc.php

Verwerkt algoritme-uitkomsten tot waarschuwingsniveaus en slaat deze op in de database.

gebeurtenisdetectie/simulation/getdata.inc.php

Haalt historische wegverkeersgegevens op uit de database en verwerkt dit tot een array die intern door de verdere verwerkende scripts wordt gebruikt.

gebeurtenisdetectie/simulation/gettables.inc.php

Stelt de beschikbare tabellen met historische wegverkeersgegevens vast.

5.2 Ondersteunende scripts

De ondersteunende scripts zijn bedoeld om de resultaten van een simulatie run op een voor verdere analyse bruikbare manier weer te geven.

gebeurtenisdetectie/calibration/alg_results.php

Geeft in database opgeslagen algoritmeresultaten weer in een tabel.

gebeurtenisdetectie/calibration/ema_rawdata.php

Geeft geselecteerde historische verkeersgegevens weer in een tabel.

gebeurtenisdetectie/calibration/output_measurements.php

Geeft verwerkte verkeersgegevens voor een locatie weer in een tabel.

gebeurtenisdetectie/calibration/output_reference.php

Geeft referentiesituatie voor een locatie weer in een tabel.

gebeurtenisdetectie/calibration/output_results.php

Geeft resultaten van algoritmes voor een locatie weer in een tabel.

gebeurtenisdetectie/calibration/ref_rawdata.php

Geeft ruwe verkeersdata ten behoeve van referentiesituatie voor geselecteerde locaties weer in een tabel.

gebeurtenisdetectie/calibration/short_warninglevels_comparison.php

Geeft in een tabel weer voor hoeveel lange en korte detecties er voorkomen voor een bepaalde tijd tot detectie.

gebeurtenisdetectie/calibration/warninglevels_results.php

Geeft informatie over detecties: detectietijdstippen, tijd tot detectie en detectielengte.

gebeurtenisdetectie/calibration/write_output_to_file.inc.php

Ondersteunend script om uitvoer van bovenstaande scripts naar een bestand te schrijven.

gebeurtenisdetectie/validation/ema_rawdata.inc.php

Geeft ruwe historische wegverkeersgegevens weer in een tabel.

gebeurtenisdetectie/validation/qu_export.inc.php

Geeft verwerkte verkeersgegevens weer in een tabel.

gebeurtenisdetectie/validation/reference_export.inc.php

Geeft referentiesituatie weer in een tabel.

gebeurtenisdetectie/validation/reference_rawdata.inc.php

Geeft ruwe historische wegverkeersgegevens weer in een tabel.

gebeurtenisdetectie/validation/ema_export.inc.php

Geeft verwerkte verkeersgegevens weer in een tabel.

gebeurtenisdetectie/validation/picturemaking/makepictures.php

Script om verwerkte verkeersgegevens en bijbehorende referentiesituatie voor opgegeven locaties en tijd te plotten in een grafiek.

gebeurtenisdetectie/validation/picturemaking/graph.php

Ondersteunend script ten behoeve van het plotten van grafieken.

Bijlage 6 Algoritmecalibratie

Deze bijlage bevat getalswaarden die gebruikt zijn voor het bepalen van de parameters voor de verschillende algoritmen. Voor ieder algoritme is voor verschillende parameterwaarden het volgende bepaald:

- Totaal aantal detecties;
- Aantal detecties die maximaal 3 minuten stand houden;
- Aantal detecties die langer dan 3 minuten stand houden;
- Som van detectielengtes van detecties t/m 3 minuten;
- Som van detectielengtes van detecties groter dan 3 minuten.

Een *detectie* is hierbij gedefinieerd als een aaneengesloten periode waarin een algoritme aangeeft dat er sprake is van een gebeurtenis. Dit is afgeleid van de algoritme-uitkomsten, zoals weergegeven in tabel 15.

Tabel 15: Definities van detectie, per algoritme

<i>Algoritme</i>	<i>Begin detectie als</i>	<i>Behoud detectie als</i>	<i>Detectie vervalt als</i>
1 en 2	Verslechterend Verbeterend	Verslechterend Verbeterend Onveranderd	Goed
3 en 4	Verslechterend	Verslechterend Onveranderd	Verbeterend
5		<i>Niet van toepassing</i>	
6	Lager	Lager	Hoger Normaal
7	Hoger	Hoger	Lager Normaal

Voor algoritme 3 en 4 zijn twee varianten beschouwd, een variant waarbij een detectie direct vervalt bij het eerste algoritmeresultaat 'verbeterend', en een tweede variant waarbij een detectie pas vervalt bij het tweede algoritmeresultaat 'verbeterend'.

De aantallen die worden gegeven in de rest van deze bijlage hebben betrekking op individuele rijstroken. Aangezien er geen rekening is gehouden met combinaties van meetlocaties en waarschuwningsniveaus zeggen deze getallen niets over de uiteindelijk te verwachten hoeveelheid gebeurtenismeldingen. De calibratie is gebaseerd op verkeersgegevens van 20 t/m 26 april 2011.

6.1 Algoritme 1

De resultaten van de verschillende simulaties voor algoritme 1 zijn weergegeven in tabel 16. Vanwege de sterke filtering van intensiteiten zorgt een relatief kleine bandbreedte rond de voorgaande meetwaarde er al voor dat de nieuwe meetwaarde als 'onveranderd' wordt bestempeld. De bandbreedte rond de snelheid is dus snel maatgevend. Omdat dit algoritme bij voorkeur vaak een nieuwe statusupdate geeft, zijn de grenswaarden laag gekozen, maar dusdanig dat er meer lange dan korte detecties zijn.

Tabel 16: resultaten algoritme 1 (kolom 1 en 2: grenswaarden; overige kolommen: aantal detecties)

Algoritme 1		combinatie intensiteit/snelheid				
intensiteit	snelheid	totaal	# t/m 3 min	# v/a 4 min	tijd t/m 3 min	tijd v/a 4 min
10	2	10885	6670	4215	11311	46396
20	2	11224	7503	3721	12016	41344
30	2	11213	7654	3559	11934	40148
40	2	11199	7656	3543	11790	40725
50	2	11204	7655	3549	11749	41065
10	5	6689	3809	2880	6671	62470
20	5	7304	4845	2459	8098	54671
30	5	7450	5174	2276	8427	50281
40	5	7498	5282	2216	8548	49457
50	5	7502	5302	2200	8569	49096
100	5	7517	5326	2191	8577	49635
600	5	7523	5335	2188	8590	49098
10	8	3575	1541	2034	2845	90243
20	8	3827	2024	1803	3656	85463
30	8	3887	2157	1730	3822	82741
40	8	3903	2187	1716	3872	81856
50	8	3909	2194	1715	3882	81977
10	10	2082	672	1410	1313	98817
20	10	2080	821	1259	1590	94632
30	10	2064	852	1212	1639	93914
40	10	2062	859	1203	1658	93329
50	10	2064	862	1202	1661	93268
100	10	2063	862	1201	1660	93239
600	10	2061	861	1200	1659	93233

6.2 Algoritme 3

Voor dit algoritme is gekozen de onder- en bovengrens gelijk te houden. Een detectie door een sterke stijging in snelheid moet immers ongedaan gemaakt kunnen worden door een even zo sterke daling. Om te voorkomen dat gebeurtenissen onopgemerkt blijven is de hier gekozen grenswaarde wat lager dan men op basis van de getallen zou kiezen.

In tabel 17 zijn de aantallen en detectietijden weergegeven in geval een detectie pas bij de tweede keer algoritmeresultaat 'verbeterend' wordt beëindigd. In tabel 18 is sprake van een onmiddellijke beëindiging bij 'verbeterend'.

Tabel 17: resultaten algoritme 3, met verlengen van detectie (kolom 1: grenswaarden; overige kol.: aantal detecties)

Algoritme 3		snelheid		met afwachten eerstvolgende meetperiode	
boven/ondergrens	totaal	# t/m 3 min	# v/a 4 min	tijd t/m 3 min	tijd v/a 4 min
5	4797	1384	3413	3578	75170
7,5	3294	623	2671	1659	96115
10	1336	82	1254	220	104462
12,5	649	5	644	13	99444
15	243	0	243	0	92139
20	28	0	28	0	25548
25	1	0	1	0	1191

Tabel 18: resultaten algoritme 3, zonder verlengen detectie (kolom 1: grenswaarden; overige kol.: aantal detecties)

Algoritme 3		snelheid		zonder afwachten eerstvolgende meetperiode	
boven/ondergrens	totaal	# t/m 3 min	# v/a 4 min	tijd t/m 3 min	tijd v/a 4 min
5	7524	5337	2187	8595	49091
7,5	5240	3256	1984	5605	75409
10	2063	862	1201	1661	93181
12,5	983	248	735	515	94360
15	349	22	327	57	92302
20	36	1	35	2	40574
25	2	0	2	0	2295

6.3 Algoritme 4

Hiervoor gelden dezelfde opmerkingen als voor algoritme 3. De resultaten zijn weergegeven in tabel 19 respectievelijk tabel 20.

Tabel 19: resultaten algoritme 4, met verlengen detectie (kolom 1: grenswaarden; overige kol.: aantal detecties)

Algoritme 4		reistijd		met afwachten eerstvolgende meetperiode	
boven/ondergrens	totaal	# t/m 3 min	# v/a 4 min	tijd t/m 3 min	tijd v/a 4 min
15	4367	181	4186	498	132247
30	479	4	475	12	132363
45	175	2	173	6	84689
60	59	1	58	3	56864
75	44	1	43	3	42452
90	20	0	20	0	43881
120	10	0	10	0	30591

Tabel 20: resultaten algoritme 4, zonder verlengen detectie (kolom 1: grenswaarden; overige kol.: aantal detecties)

Algoritme 4		reistijd		zonder afwachten eerstvolgende meetperiode	
boven/ondergrens	totaal	# t/m 3 min	# v/a 4 min	tijd t/m 3 min	tijd v/a 4 min
15	7000	2418	4582	4552	94778
30	761	111	650	213	109437
45	282	38	244	67	84715
60	95	12	83	21	41355
75	71	10	61	17	47500
90	36	1	35	2	40574
120	22	2	20	4	39383

6.4 Algoritme 6

De resultaten zijn weergegeven in tabel 21. Duidelijk is te zien dat het verhogen van de ondergrensmarge leidt tot een afname van zowel korte als lange detecties, omdat ook lange detecties later worden opgemerkt en eerder beëindigd.

Tabel 21: resultaten algoritme 6 (kolom 1: grenswaarden; overige kolommen: aantal detecties)

Algoritme 6		snelheid			
ondergrens	totaal	# t/m 3 min	# v/a 4 min	tijd t/m 3 min	tijd v/a 4 min
10	3224	2514	710	3881	6727
15	1970	1607	363	2362	4027
20	1130	913	217	1279	2721
25	686	538	148	750	1961
30	444	334	110	472	1409
35	293	205	88	294	1086
40	201	138	63	215	750

6.5 Algoritme 7

De resultaten zijn weergegeven in tabel 22. Ook hier gaat een verhoging van de grenswaarde ten koste van de tijdigheid van detectie.

Tabel 22: resultaten algoritme 7 (kolom 1: grenswaarden; overige kolommen: aantal detecties)

Algoritme 7		reistijd			
bovengrens	totaal	# t/m 3 min	# v/a 4 min	tijd t/m 3 min	tijd v/a 4 min
30	4614	2718	1896	4566	35168
60	1552	774	778	1280	17313
90	674	262	412	446	9978
120	399	159	240	272	6740
150	251	87	164	148	4339
180	173	62	111	109	3199
210	131	44	87	70	2410

6.6 Bijstelling

Tijdens de calibratie van de waarschuwningsniveaus (zie hoofdstuk paragraaf 7.5.6) bleek verdere aanpassing van de algoritmeparameters noodzakelijk. Hierbij zijn na enige iteratie de volgende parameters gewijzigd:

- Algoritme 3: 5 km/u;
- Algoritme 7: 150 s.

Voor algoritme 3 is voor deze wijziging gekozen omdat het algoritme nauwelijks bijdroeg aan de detectie van gebeurtenissen. Algoritme 7 is bijgesteld omdat dit algoritme juist voor veel te veel meldingen zorgde.

Voor het aangepaste algoritme 7 (hoofdstuk paragraaf 7.2.4.1) is de variabele grenswaarde vastgesteld op 50 % van de normale situatie, met een ondergrens van de hierboven genoemde 150 s. Voor reistijdtrajecten van gemiddelde lengte is 50 % van de normale situatie buiten de spits gelijk aan 150 s; korte trajecten worden vanwege de ondergrens niet beïnvloed.

Bijlage 7 Waarschuwningsniveau-calibratie

De calibratie van waarschuwningsniveaus is uitgevoerd door middel van simulatie. Voor ieder type meetlocatiecombinatie (lus in één richting, enkel reistijdtraject, lus in beide richtingen, reistijdtraject in beide richtingen) zijn de waarden 5, 8, 10, 12, 15 en 18 geprobeerd als grenswaarde voor de waarschuwningsniveaus. Hieruit is vervolgens per type combinatie een waarde gekozen die een werkbare hoeveelheid waarschuwningen genereert, zonder al te veel waarschuwningen die slechts kort stand houden.

De resultaten van deze simulaties zijn weergegeven in tabel 23. De aantallen gegenereerde meldingen nemen niet altijd af bij een toenemende grenswaarde, omdat meldingen die met de ene grenswaarde lang stand houden met een andere grenswaarde mogelijk gesplitst worden in twee of meer kortere meldingen.

Tabel 23: Aantallen gegenereerde meldingen per type meetlocatiecombinatie voor verschillende grenswaarden

<i>Waarde</i>	<i>Lus enkel</i>	<i>Reistijd enkel</i>	<i>Lus twee richtingen</i>	<i>Reistijd twee richtingen</i>
5	43	49	21	21
8	23	38	22	18
10	15	31	20	17
12	14	35	13	19
15	13	27	11	19
18	11	22	10	16

De calibratie is gebaseerd op verkeersgegevens van 20 t/m 26 april 2011. Alleen meldingen tussen 7:00 en 18:30 uur zijn beschouwd. Meerdere meldingen kunnen op dezelfde gebeurtenis betrekking hebben.

Op basis hiervan zijn de grenswaarden voor de meetlocatiecombinaties gekozen op resp. 10, 10, 12 en 12. Hiermee zijn nog een extra simulatieruns uitgevoerd, waarna de grenswaarden definitief zijn vastgesteld op resp. 11, 13, 19 en 21.

Bijlage 8 Detectieresultaten

Uit de haalbaarheidsanalyse (hoofdstuk 6) is geconcludeerd dat van de 95 incidenten die in een halfjaar zijn geregistreerd er 40 in meer of mindere mate als gebeurtenis in de verkeersdata zichtbaar zijn. De onderverdeling van deze gebeurtenissen is opgenomen in tabel 24.

Tabel 24: Overzicht inschatting detecteerbare gebeurtenissen, periode 1^e halfjaar 2011

<i>Omschrijving</i>	<i>Aantal</i>	<i>Percentage</i>
Aantal detecties meer dan 60 minuten voor registratie incident	4	10%
Aantal detecties tussen 60 en 16 minuten voor registratie incident	14	35%
Aantal detecties tussen 15 en 6 minuten voor registratie incident	5	13%
Aantal detecties t/m 5 minuten voor registratie incident	8	20%
Aantal detecties gelijk of later dan registratie incident	9	23%
Totaal aantal geobserveerde gebeurtenissen	40	100%

Na de eerste volledige testrun met historische wegverkeersgegevens blijken 23 van deze 40 gebeurtenissen door de gebeurtenisdetectiemethode te worden opgepikt. Tevens worden er 8 nieuwe gebeurtenissen van de incident management lijst gevonden die tijdens de haalbaarheidanalyse niet naar voren zijn gekomen. De resultaten van de run zijn weergegeven in tabel 25.

Tabel 25: Resultaten eerste run: bekende incidenten

<i>Omschrijving</i>	<i>Aantal</i>	<i>Percentage</i>
Aantal detecties meer dan 60 minuten voor registratie incident	12	39%
Aantal detecties tussen 60 en 16 minuten voor registratie incident	5	16%
Aantal detecties tussen 15 en 6 minuten voor registratie incident	2	6%
Aantal detecties t/m 5 minuten voor registratie incident	1	3%
Aantal detecties gelijk of later dan registratie incident	11	35%
Totaal aantal geobserveerde gebeurtenissen	31	100%

In de haalbaarheidanalyse is gekeken naar het tijdstip waarop een gebeurtenis voor het eerst zichtbaar is in de verkeersdata. Realistisch zijn de detecties t/m 5 minuten voor de incidentregistratietijd niet eerder door een automatische detectie op te pikken, en zullen dus later tot melding leiden dan de reguliere informatiekkanalen. De resultaten uit de eerste run zijn wel realistische detectietijden, en detecties t/m 5 minuten voor de incidentregistratie zijn dus eerder dan de reguliere kanalen. Er kan dus geconcludeerd worden dat er minder gebeurtenissen gedetecteerd worden dan vooraf verwacht, maar dat deze afname voor het grootste deel heeft plaatsgevonden in het gedeelte detecties dat anders toch te laat zouden zijn geweest.

Van de gebeurtenissen die in zowel de haalbaarheidanalyse als de eerste run aanwezig zijn, wordt 39 % eerder gedetecteerd dan verwacht in de haalbaarheidanalyse en wordt 61 % later gedetecteerd dan verwacht. De gebeurtenisdetectiemethode is dus gemiddeld genomen trager.

Na aanpassing van algoritme 7, waarbij de grenswaarde voor detectie afhankelijk is gemaakt van de normale reistijd, zijn de resultaten van de tweede run niet veel verschillend van de eerste, zie tabel 26. De 31 bekende gebeurtenissen die gedetecteerd werden in de eerste run zijn allen ook in de tweede run gedetecteerd. Het totaal aantal gedetecteerde gebeurtenissen is echter met 10 % afgenomen. Deze afname heeft zich dus volledige voorgedaan in de groep detecties die niet overeen komen met bekende incidenten.

Tabel 26: Resultaten tweede run: bekende incidenten

<i>Omschrijving</i>	<i>Aantal</i>	<i>Percentage</i>
Aantal detecties meer dan 60 minuten voor registratie incident	11	35%
Aantal detecties tussen 60 en 16 minuten voor registratie incident	5	16%
Aantal detecties tussen 15 en 6 minuten voor registratie incident	2	6%
Aantal detecties t/m 5 minuten voor registratie incident	1	3%
Aantal detecties gelijk of later dan registratie incident	12	39%
Totaal aantal geobserveerde gebeurtenissen	31	100%

Uit verdere vergelijking van de eerste en tweede run blijkt dat 84 % van de 31 gebeurtenissen op exact hetzelfde tijdstip worden gedetecteerd. Vijf gebeurtenissen worden in de tweede run later gedetecteerd dan in de eerste run, ten gevolge van het aangepaste algoritme. Twee hiervan worden enkele minuten later gedetecteerd dan de het geregistreerde tijdstip van incident melding; eerder was dit enkele minuten er voor. De andere drie worden met het aangepaste algoritme nog steeds ruim voor de geregistreerde incident melding gedetecteerd. Omdat er met het aangepaste algoritme geen bekende incidenten gemist worden, maar de werkdruk voor de wegverkeersleider wel afneemt, is gekozen het aangepaste algoritme te gebruiken in het uiteindelijke detectiesysteem.

Bijlage 9 Korte meldingen

Korte meldingen zijn gebeurtenis meldingen die slechts enkele minuten na het uitgeven van de melding weer komen te vervallen. Dit soort meldingen wil men bij voorkeur niet ontvangen. In deze bijlage wordt in meer detail ingegaan op deze korte meldingen.

In tabel 27 zijn de details van de tweede run, met aangepast algoritme 7, weergegeven per meetlocatie. Voor iedere locatie is aangegeven hoeveel meldingen er voor de gehele dataset van januari t/m september 2011 worden gegenereerd. Dit is verder uitgesplitst in meldingen die maximaal 5 minuten stand houden en meldingen die tot 10 minuten gehandhaafd blijven.

Tabel 27: Resultaten tweede run: details per meetlocatie

locatie	aantal detecties			percentage detecties			
	totaal	<=5 min	<10 min	%<=5	%>5<10	%<10	%>10
GEO02_PZHTR55	108	18	31	17%	12%	29%	71%
GEO02_PZHTR56	84	20	30	24%	12%	36%	64%
GEO02_PZHTR57	10	3	3	30%	0%	30%	70%
GEO02_PZHTR58	36	9	13	25%	11%	36%	64%
GEO02_PZHTR59	14	4	5	29%	7%	36%	64%
GEO02_PZHTR60	56	15	19	27%	7%	34%	66%
GEO02_PZHTR61	71	15	19	21%	6%	27%	73%
GEO02_PZHTR62	97	20	32	21%	12%	33%	67%
GEO02_PZHTR63	3	0	0	0%	0%	0%	100%
GEO02_PZHTR64	5	1	1	20%	0%	20%	80%
GEO02_PZHTR65	35	3	5	9%	6%	14%	86%
GEO02_PZHTR66	8	2	3	25%	13%	38%	63%
GEO02_PZHTR67	16	4	6	25%	13%	38%	63%
GEO02_PZHTR68	6	1	1	17%	0%	17%	83%
GEO02_PZHTR69	11	2	3	18%	9%	27%	73%
GEO02_PZHTR70	19	4	6	21%	11%	32%	68%
GEO02_PZHTR71	12	4	5	33%	8%	42%	58%
GEO02_PZHTR72	86	30	38	35%	9%	44%	56%
PZH01_211063160	27	18	19	67%	4%	70%	30%
PZH01_211120550	2	0	0	0%	0%	0%	100%
PZH01_211148550	1	0	0	0%	0%	0%	100%
PZH01_211202180	80	23	25	29%	3%	31%	69%
PZH01_211222150	16	4	4	25%	0%	25%	75%
PZH01_211222160	20	3	6	15%	15%	30%	70%
PZH01_213059750	145	55	63	38%	6%	43%	57%
PZH01_213103690	27	11	13	41%	7%	48%	52%
PZH01_466019710	11	6	6	55%	0%	55%	45%
totaal	1006	275	356				
		27%	35%				
reistijdtrajecten	677	155	220				
		23%	32%				
lussen	329	120	136				
		36%	41%				

Uit tabel 27 volgt dat de verschillen tussen meetlocaties erg groot zijn. Het totaal aantal meldingen per locatie is afhankelijk van de verkeersdruk op het traject, de lengte van het traject en het aantal beschikbare rijstroken per richting. Een hoge verkeersintensiteit per rijstrook en lange reistijdtrajecten leiden in het algemeen tot meer meldingen dan rustigere en kortere trajecten.

Locaties met een groot aandeel meldingen die kort stand houden zijn overwegend lange reistijdtrajecten, trajecten met weinig verkeer, trajecten met veel verkeerslichten of een combinatie hiervan. Deze omstandigheden leiden tot weinig constante verkeersgegevens. Samen met een lage dichtheid aan meetlocaties, zijn dit omstandigheden waar automatische detectiemethodes de grootste moeite mee hebben.

Enkele voorbeelden:

- GEO02_PZHTR60, 61, PZH01_213059750:
Druk traject, veel verkeerslichten.
- GEO02_PZHTR71, 72:
Lang traject, één rijstrook per richting.
- PZH01_211063160:
Rustig wegvak, lussen zonder verificatie aan reistijdtraject.
- PZH01_213103690:
Eén rijstrook per richting, veel verkeerslichten.
- PZH01_466019710:
Zeer kort wegvak, lus dicht bij verkeerslichten.

Ter reductie van het aantal korte meldingen kunnen deze meetlocaties individueel worden bijgesteld. Door een hogere grenswaarde voor het waarschuwniveau voor deze locaties in te stellen, worden er meer meetperioden afgewacht en reduceert het aantal korte meldingen. Het gevolg hiervan is wel dat belangrijkere meldingen voor deze locaties ook langer op zich laten wachten, maar dit is een onvermijdelijk compromis tussen detectiesnelheid en bruikbaarheid van het totale systeem.

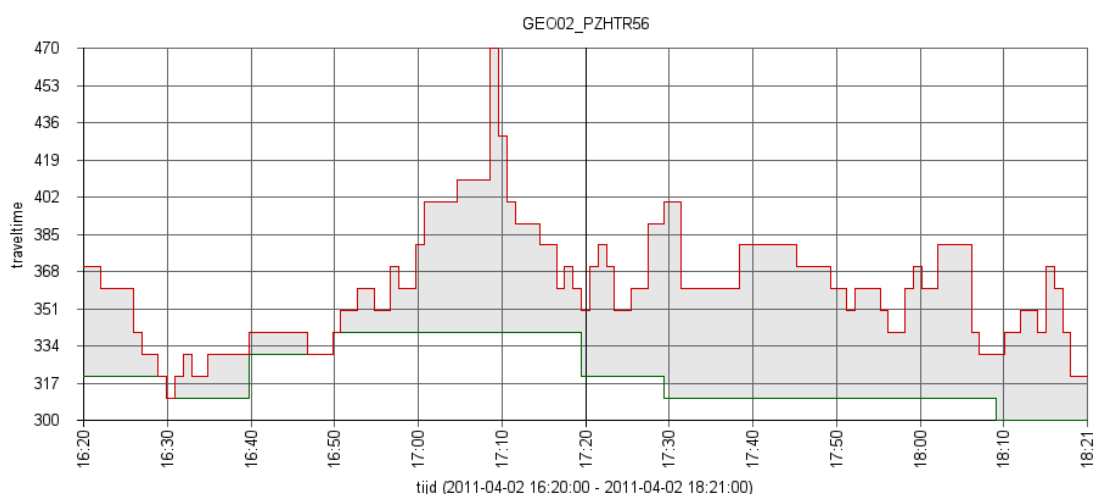
In geval van PZH01_213103690 is het wellicht verstandig om individuele detectie op basis van alleen deze luslocatie helemaal uit te schakelen, en alleen te gebruiken in combinatie met de omvattende reistijdtrajecten.

De praktijk zal echter moeten uitwijzen wat de beste strategie is per meetlocatie, aangezien in deze fase niet kan worden vastgesteld of een melding belangrijk genoeg is om te ontvangen of niet. Er kan alleen worden gesteld dat meldingen die zeer kort stand houden waarschijnlijk niet nuttig zijn.

In figuur 76 t/m figuur 81 zijn vier voorbeelden opgenomen van meldingen die zeer kort stand houden. Voor alle voorbeelden kan gezegd worden dat er volgens de verkeersdata inderdaad een gebeurtenis optreedt, welke correct wordt geïdentificeerd door de detectiemethode. De detectiemethode weet echter vooraf niet dat de verslechtering van verkeerstoestand zichzelf binnen afzienbare tijd weer zal herstellen.

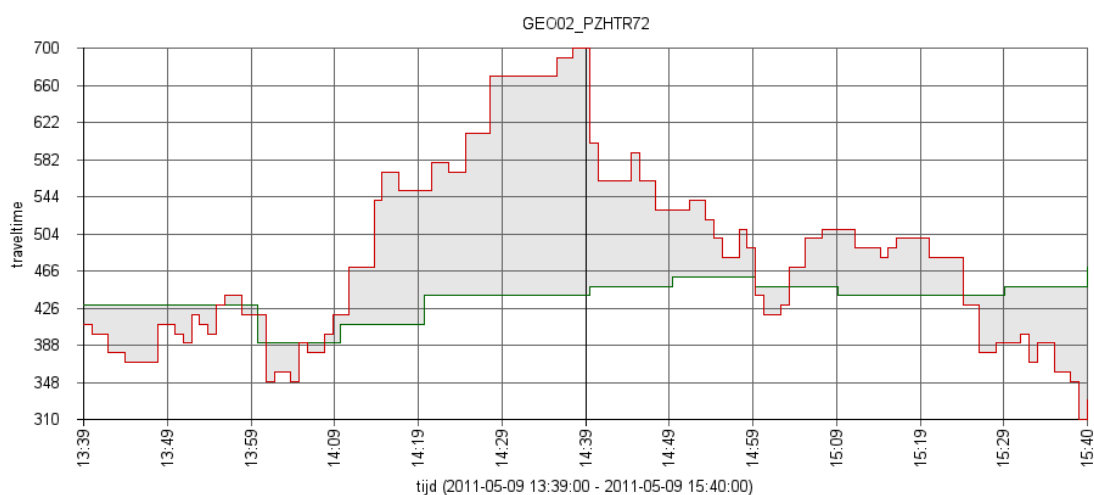
In de vier voorbeelden is de groene lijn de referentie (normale) situatie, de rode lijn is de (gefilterde) actuele situatie. Voor deze specifieke situaties zou het gunstiger zijn om het waarschuwniveau te verhogen zodat 1 of 2 minuten langer wordt afgewacht alvorens een melding te geven. Dit heeft echter automatisch tot gevolg dat meldingen die wel belangrijk zijn ook vertraagd worden.

In voorbeeld 1 (figuur 76) is sprake van een extreme stijging in reistijd, gevolgd door een periode waarin de reistijd wat langer is dan normaal, maar niet bijzonder interessant. De piek houdt echter net lang genoeg aan om voor een melding te zorgen.



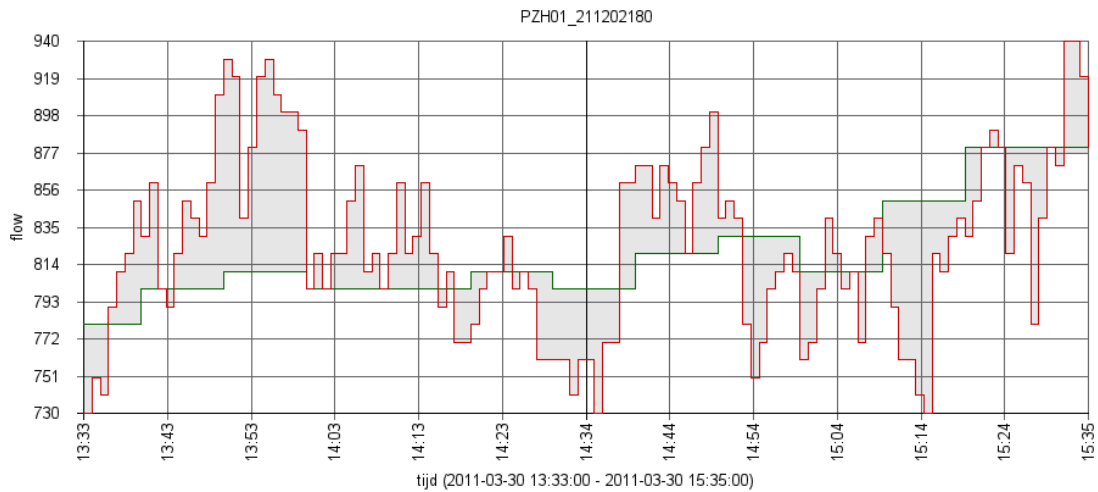
Figuur 76: Voorbeeld 1: melding tussen 17:20 en 17:21 (1 minuut)

Voorbeeld 2 (figuur 77) toont een situatie waarbij er midden op de dag opeens een grote toename van reistijd is. De toestand herstelt zich echter direct na het afgeven van de melding. Net als in voorbeeld 1 lijkt er zich iets ernstigs voor te doen, maar dit blijkt later toch niet het geval.

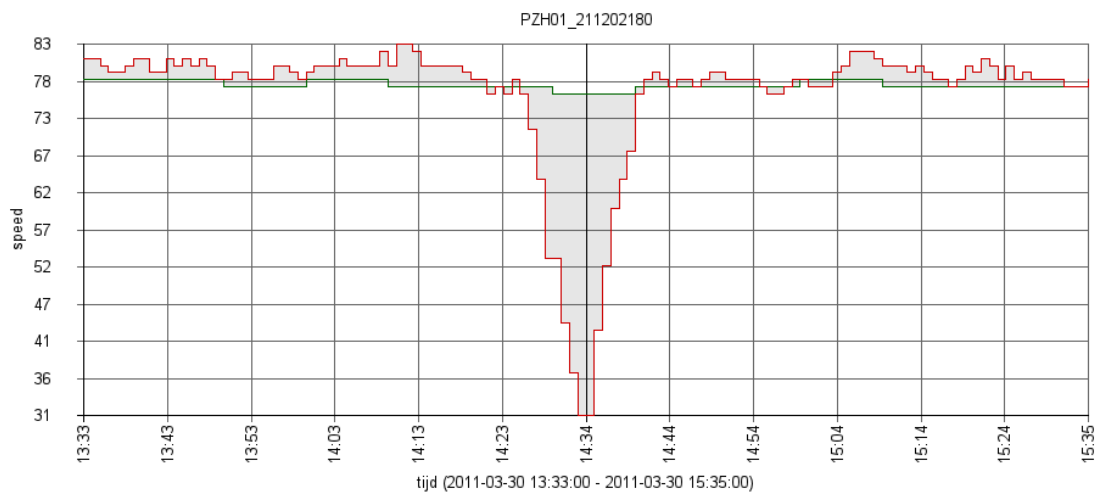


Figuur 77: Voorbeeld 2: melding tussen 14:39 en 14:40 (1 minuut)

Voorbeeld 3 toont de intensiteit (figuur 78) en snelheid (figuur 79) van de eerste rijstrook van een lus. De situatie hier is dat iemand midden op de dag heeft moeten remmen, wellicht voor overstekend wild. Het verkeersaanbod is dusdanig dat er een schokgolf is ontstaan, welke zich over de lus heeft voortbewogen. De verkeerstoeestand herstelde zich echter net niet snel genoeg om niet tot een melding te leiden.

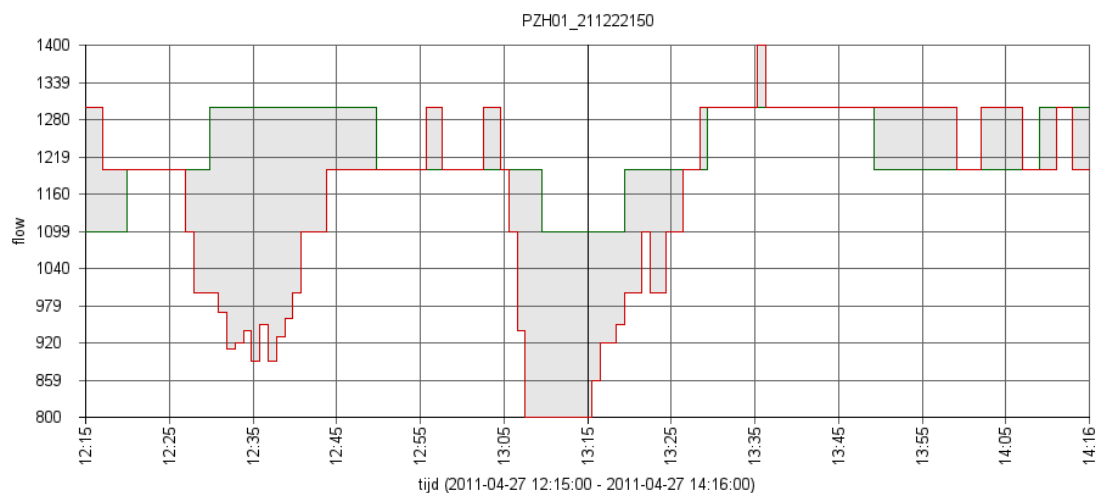


Figuur 78: Voorbeeld 3: intensiteit

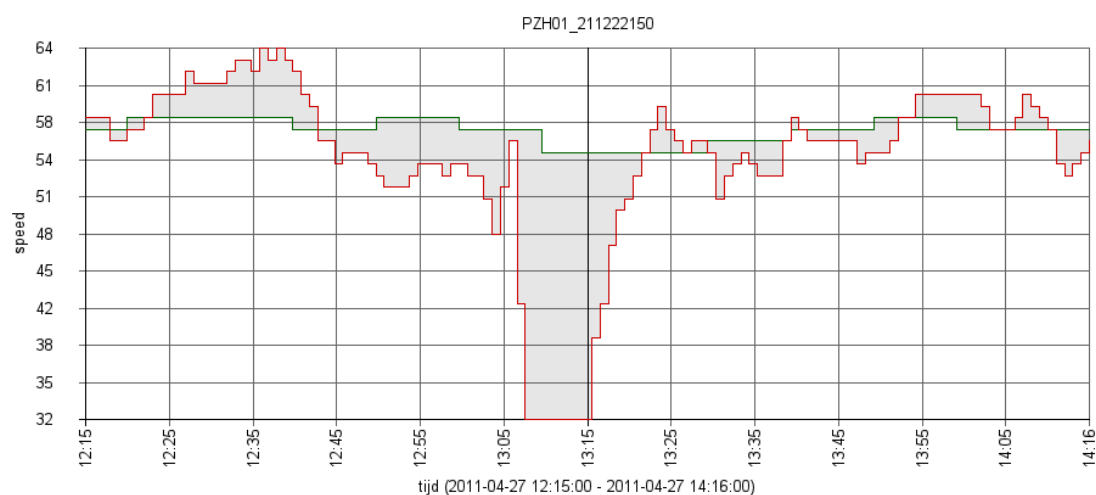


Figuur 79: Voorbeeld 3: snelheid, melding tussen 14:33 en 14:35 (2 minuten)

Het laatste voorbeeld toont de intensiteit (figuur 80) en snelheid (figuur 81) van een lus, waarbij er korte tijd een file over de lus heeft gestaan. Na een extreme daling in zowel intensiteit als snelheid, levert de lus vanaf 13:07 uur geen informatie meer, waardoor de laatst bekende waarden worden herhaald. Ook hier herstelt de verkeerstoestand zich vanzelf, maar wederom net te laat om niet voor een melding te zorgen.



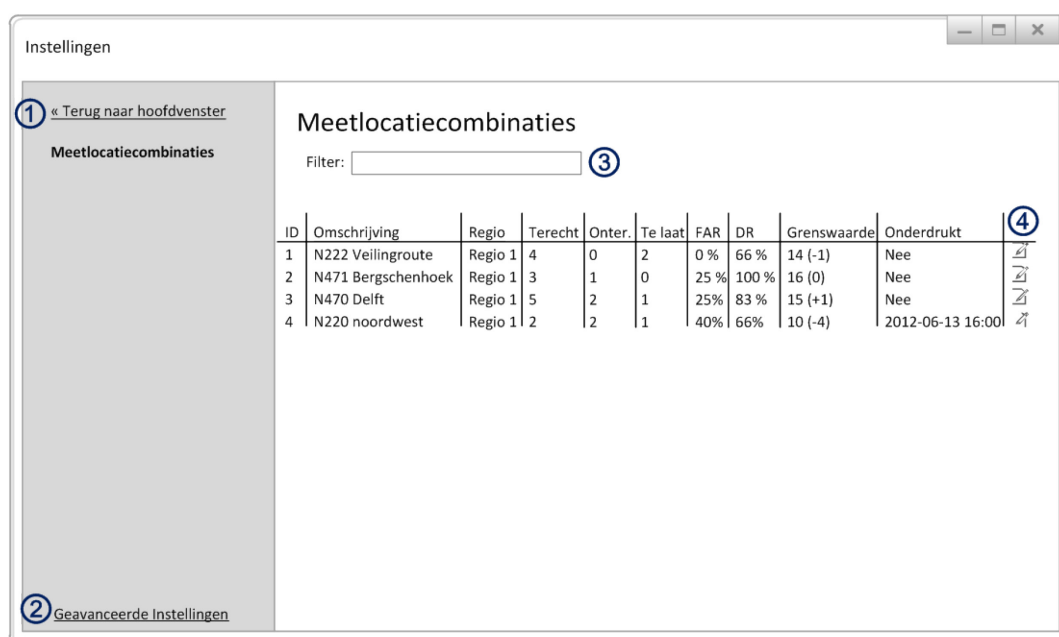
Figuur 80: Voorbeeld 4: intensiteit



Figuur 81: Voorbeeld 4: snelheid, melding tussen 13:15 en 13:16 (1 minuut)

Bijlage 10 Grafische interface voor systeeminstellingen

In deze bijlage wordt een voorbeeldontwerp gegeven van de grafische interface voor het maken van geavanceerde instellingen. Dit geeft een duidelijk beeld van alle mogelijkheden en kan als handvest dienen voor het interfaceontwerp van het uiteindelijke gebeurtenisdetectiesysteem. In de venstervoorbeelden zijn verschillende onderdelen met cijfers aangegeven. Deze onderdelen worden na de afbeelding in de tekst toegelicht.



Figuur 82: Hoofdvenster instellingen

In figuur 82 is het venster getoond dat men ziet direct na het openen van de instellingen. De hier getoonde instellingen voor meetlocatiecombinaties zijn de enige instellingen die relevant zijn voor dagelijks gebruik. De kolommen FAR en DR zijn een pseudo-indicatie voor het vals alarm ratio en het detectie ratio. Het FAR wordt bepaald door het delen van het aantal onterechte meldingen door het totale aantal meldingen. Het DR wordt bepaald door het delen van het aantal terechte meldingen door het aantal terechte en te late meldingen. Deze kolommen dienen als hulpmiddel voor het opsporen van slecht presterende meetlocatiecombinaties. De genummerde onderdelen worden hieronder toegelicht:

1. Keer terug naar het hoofdvenster van het gebeurtenisdetectiesysteem, met kaart en gebeurtenismeldingen.
2. Ga verder naar de geavanceerde instellingen, dit opent de weergave van figuur 84.
3. Filter meetlocatiecombinaties op naam of regio. Als hier een tekst wordt ingevuld, worden alleen meetlocatiecombinaties getoond waarbij deze tekst in de omschrijving of regio voorkomt. Een dergelijk filter is op meer instellingsvensters aanwezig.
4. Klik op het bewerk-symbool om instellingen voor deze vermelding te wijzigen. Dit open de weergave van figuur 83.

Figuur 83: Aanpassen meetlocatiecombinatie voor eindgebruiker

Figuur 83 toont de weergave voor het bewerken van een meetlocatiecombinatie. Hier kunnen onder andere de omschrijving van een meetlocatiecombinatie en grenswaarde voor het afgeven van een melding gewijzigd worden.

1. Indien geselecteerd, worden de tellers voor te late, onterechte en terechte meldingen bij opslaan op nul gezet.
2. Een meetlocatiecombinatie kan tot een opgegeven datum en tijd onderdrukt worden. Er worden dan geen meldingen gegenereerd voor deze meetlocatiecombinatie.

Figuur 84: Beginscherm geavanceerde instellingen voor beheerders

Het beginvenster voor het maken van geavanceerde systeeminstellingen is weergegeven in figuur 84. Toegang tot dit venster en onderliggende instellingen kan desgewenst met een wachtwoord worden afgeschermd. Het menu aan de linkerkant geeft toegang tot de geavanceerde instellingen.

1. Zie figuur 85.
2. Zie figuur 86.
3. Zie figuur 87.
4. Zie figuur 90.
5. Zie figuur 93.
6. Zie figuur 96.
7. Vergelijkbaar met figuur 96.
8. Vergelijkbaar met figuur 96.
9. Vergelijkbaar met figuur 96.
10. Zie figuur 98.
11. Zie figuur 99.
12. Zie figuur 100.
13. Alle wijzigingen in de (geavanceerde) instellingen worden door het systeem gelogd in herstelpunten. Via deze optie worden de beschikbare herstelpunten (inclusief datum en tijd) getoond en is het mogelijk om de configuratie terug te zetten naar een eerder punt.
14. Klik hier om terug te keren naar de instellingen voor dagelijks gebruik (figuur 82).



Figuur 85: Instellen meldingsgeluid

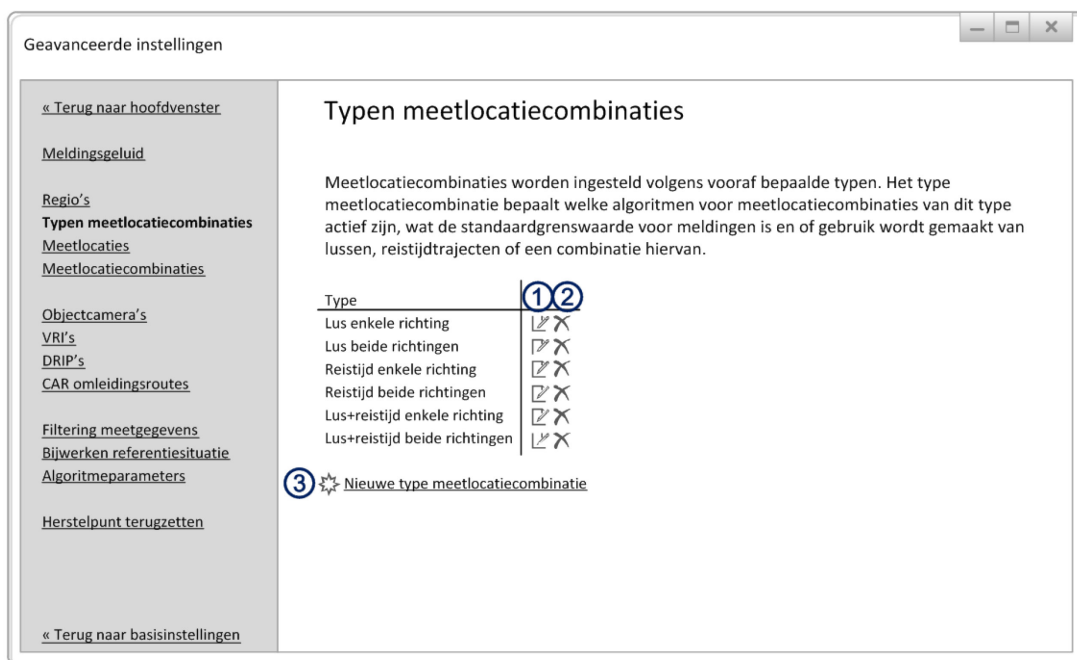
Figuur 85 geeft de weergave voor het instellen van een meldingsgeluid. Dit geluid wordt afgespeeld zodra een gebeurtenismelding wordt afgegeven.

1. Via de knop *Bladeren...* kan een geluidsbestand worden geselecteerd op de lokale computer.



Figuur 86: Overzicht regio instellingen

Figuur 86 toont het overzichtsscherm voor regio's. Vanaf hier kunnen regio's worden aangemaakt, verwijderd of kan de naam van een regio worden gewijzigd. Bij het aanmaken van een nieuwe regio wordt alleen om een naam gevraagd. Bij het verwijderen van een regio worden geen meetlocatiecombinaties verwijderd. Alleen de regio wordt uit de meetlocatiecombinaties verwijderd. Meetlocatiecombinaties zonder regio zijn mogelijk. Meldingen voor meetlocatiecombinaties zonder regio worden dan alleen ontvangen als in het hoofdvvenster is gekozen om meldingen van alle locaties te ontvangen.



Figuur 87: Overzicht typen meetlocatiecombinaties

Iedere meetlocatiecombinatie is gekoppeld aan een bepaald type. Figuur 87 toont de weergave met een overzicht van alle typen meetlocatiecombinaties.

1. Bewerk dit type meetlocatiecombinatie. Zie verder figuur 88.
2. Verwijder dit type meetlocatiecombinatie. Zie verder figuur 89.
3. Voeg een nieuw type meetlocatiecombinatie toe. Zie verder figuur 88.

Geavanceerde instellingen

Bewerk/nieuw type meetlocatiecombinatie

Naam:

Standaardgrenswaarde:

Algoritmen

- ☒ Algoritme 1 actief
- ☐ Algoritme 2 actief
- ☒ Algoritme 3 actief
- ☐ Algoritme 4 actief
- ☒ Algoritme 6 actief
- ☐ Algoritme 7 actief

Toegestane meetlocaties

- ☒ Lussen
- ☐ Reistijdtrajecten
- ☐ Combinaties lus+reistijdtraject

Figuur 88: Aanmaken/bewerken type meetlocatiecombinatie

Aan ieder type meetlocatiecombinatie zijn standaardinstellingen gekoppeld (figuur 88).

Geavanceerde instellingen

Verwijder type meetlocatiecombinatie

Door het verwijderen van type meetlocatiecombinatie *Lus enkele richting* worden ook alle meetlocatiecombinaties van dit type verwijderd. Er wordt een autoherstelpunt gemaakt voordat deze bewerking wordt uitgevoerd.

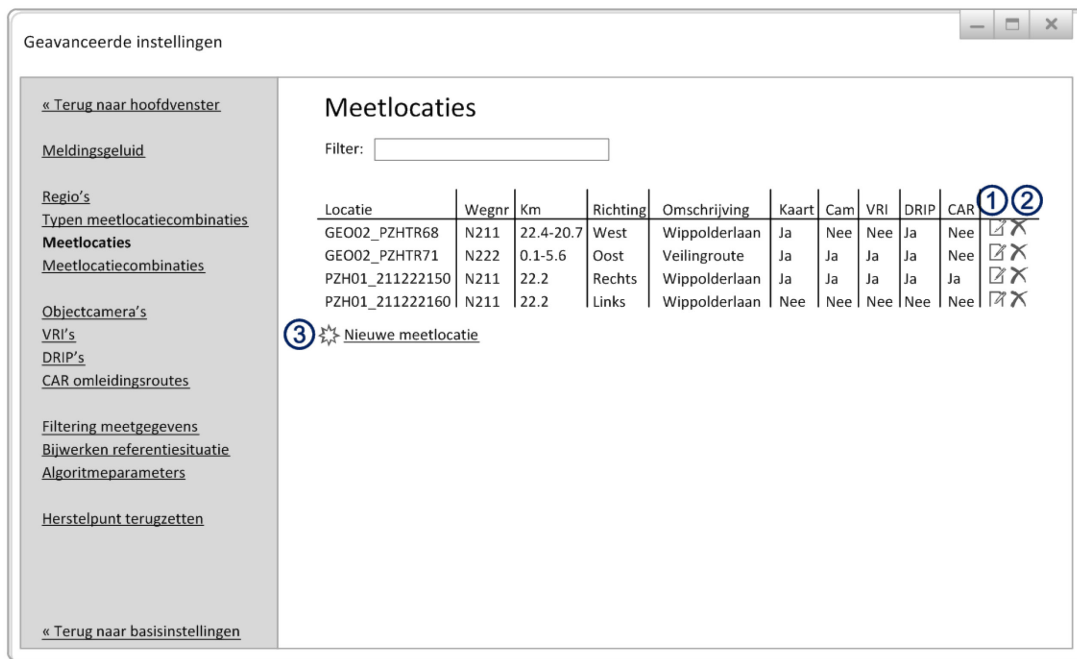
De volgende meetlocatiecombinaties zullen worden verwijderd:

ID	Omschrijving	Regio	Terecht	Ontert	Te laat	Grenswaarde	Onderdrukt
1	N222 Veilingroute	Regio 1	4	0	2	14 (-1)	Nee
2	N471 Bergschenhoek	Regio 1	3	1	0	16 (0)	Nee
3	N470 Delft	Regio 1	5	2	1	15 (+1)	Nee
4	N220 noordwest	Regio 1	2	2	1	10 (-4)	2012-06-13 16:00

☐ Verwijder type meetlocatiecombinatie

Figuur 89: Bevestiging verwijderen type meetlocatiecombinatie

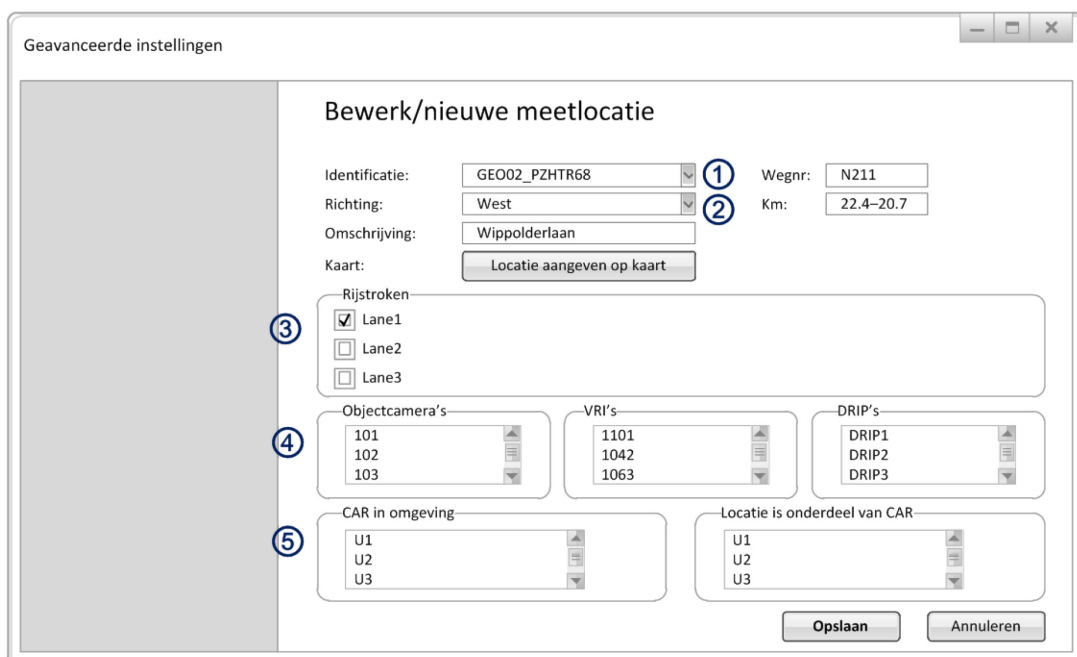
Als extra maatregel tegen per ongeluk verwijderen van een type meetlocatiecombinatie moet bij het verwijderen nog een selectievakje worden ingeschakeld (zie figuur 89).



Figuur 90: Overzicht meetlocaties

Figuur 90 toont de weergave met een overzicht van alle meetlocaties (lussen, reistijdtrajecten). Voor iedere meetlocatie is aangegeven of er een kaartvermelding, objectcameralocaties, VRI-locaties, DRIPs of CAR-omleidingen aan gekoppeld zijn.

1. Bewerk deze meetlocatie, zie figuur 91.
2. Verwijder deze meetlocatie, figuur 92.
3. Voeg een nieuwe meetlocatie toe, zie figuur 92.



Figuur 91: Aanmaken/bewerken meetlocatie

Figuur 91 toont de koppeling tussen meetlocaties en objectcamera's, VRI's, DRIPs en CAR. Verder wordt een zo goed mogelijke omschrijving van de geografische locatie van de meetlocatie gegeven. Deze informatie wordt getoond in een gebeurtenismelding als er een gebeurtenis op deze meetlocatie wordt gedetecteerd. De genummerde onderdelen worden hieronder toegelicht:

1. Selecteer een locatie uit de MeasurementSiteTable (lijst met alle in NDW opgenomen meetlocaties). Niet aanpasbaar bij bewerken van een locatie.
2. Selecteer de geografische richting voor deze meetlocatie, te kiezen uit acht windrichtingen, links of rechts.
3. Selecteer de rijstroken die moeten worden beschouwd voor deze meetlocatie. De getoonde mogelijkheden komen uit de MeasurementSiteTable. Hiermee kunnen twee aparte vermeldingen worden gemaakt voor een enkele luslocatie: één per rijrichting.
4. Selecteer de objectcamera's, VRI's en DRIPs die relevant kunnen zijn voor een melding op deze meetlocatie.
5. Selecteer de CAR omléidingen die mogelijk ingezet kunnen worden bij een gebeurtenis op deze meetlocatie en selecteer de CAR omléidingen die geblokkeerd worden bij een gebeurtenis op deze meetlocatie.

Geavanceerde instellingen

Verwijder meetlocatie

Door het verwijderen van meetlocatie *GEO02_PZHTR01* worden ook alle meetlocatiecombinaties van dit type verwijderd. Er wordt een autoherstelpunt gemaakt voordat deze bewerking wordt uitgevoerd.

De volgende meetlocatiecombinaties zullen worden verwijderd:

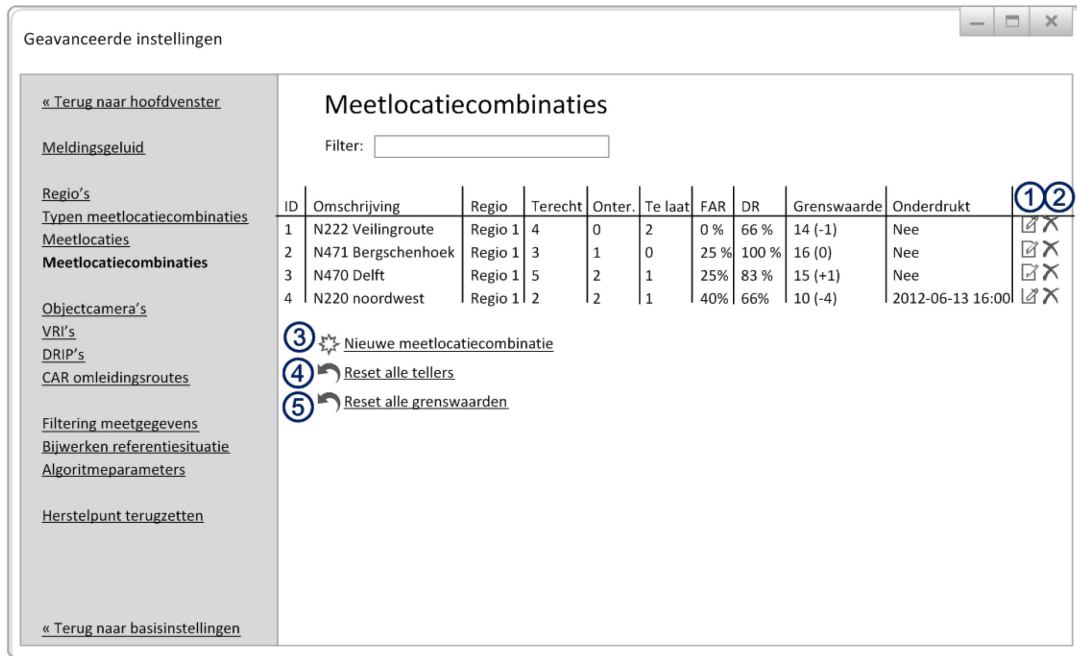
ID	Omschrijving	Regio	Terecht	Ontert.	Te laat	Grenswaarde	Onderdrukt
1	N222 Veilingroute	Regio 1	4	0	2	14 (-1)	Nee
2	N471 Bergschenhoek	Regio 1	3	1	0	16 (0)	Nee
3	N470 Delft	Regio 1	5	2	1	15 (+1)	Nee
4	N220 noordwest	Regio 1	2	2	1	10 (-4)	2012-06-13 16:00

☐ Verwijder meetlocatie

Doorgaan **Annuleren**

Figuur 92: Bevestiging verwijderen meetlocatie

Het verwijderen van een meetlocatie is getoond in figuur 92. Net als bij het verwijderen van een type meetlocatiecombinatie moet hier een extra bevestiging worden gegeven, omdat bij het verwijderen van een meetlocatie ook alle meetlocatiecombinaties die gebruik maken van deze meetlocatie worden verwijderd.



Figuur 93: Overzicht meetlocatiecombinaties

Figuur 93 toont het aanpassen van meetlocatiecombinaties vanuit de geavanceerde instellingen. Deze weergave is vergelijkbaar met figuur 82, maar biedt toegang tot meer opties.

1. Bewerk deze meetlocatiecombinatie, zie figuur 94.
2. Verwijder deze meetlocatiecombinatie. Hierbij wordt om een eenvoudige bevestiging gevraagd.
3. Voeg een nieuwe meetlocatiecombinatie toe, zie figuur 94.
4. Reset alle tellers voor te laat, onterecht en terecht, voor alle meetlocatiecombinaties. Hierbij wordt om een eenvoudige bevestiging gevraagd.
5. Reset alle grenswaarden voor alle meetlocatiecombinaties naar de standaardwaarde die is ingesteld voor de gekoppelde typen meetlocatiecombinaties. Hierbij wordt om een eenvoudige bevestiging gevraagd.

Geavanceerde instellingen

Bewerk/nieuwe meetlocatiecombinatie

Type:

Omschrijving:

Regio:

Grenswaarde: Standaard: 15

Teller: ①

☒ Reset tellers

Onderdrukken: ① ☒ Nee
☐ Ja, tot

Gekoppelde meetlocaties

Lus	Reistijdtraject	
N211 km 22.2 Rechts	N222 km 0.1-5.4 West	X
N211 km 22.2 Links	N211 km 22.5-20.7 Oost	X

☒ Toevoegen ②

Figuur 94: Aanmaken/bewerken meetlocatiecombinatie

Figuur 94 is een uitgebreide versie van figuur 83. Extra zijn de mogelijkheden om het type meetlocatiecombinatie, de regio (een meetlocatiecombinatie kan in meerdere regio's worden ingedeeld) en de gekoppelde meetlocaties te wijzigen.

1. De opties voor teller en onderdrukken worden niet getoond bij het aanmaken van een nieuwe meetlocatiecombinatie.
2. Voeg een gekoppelde meetlocatie toe, zie figuur 95.

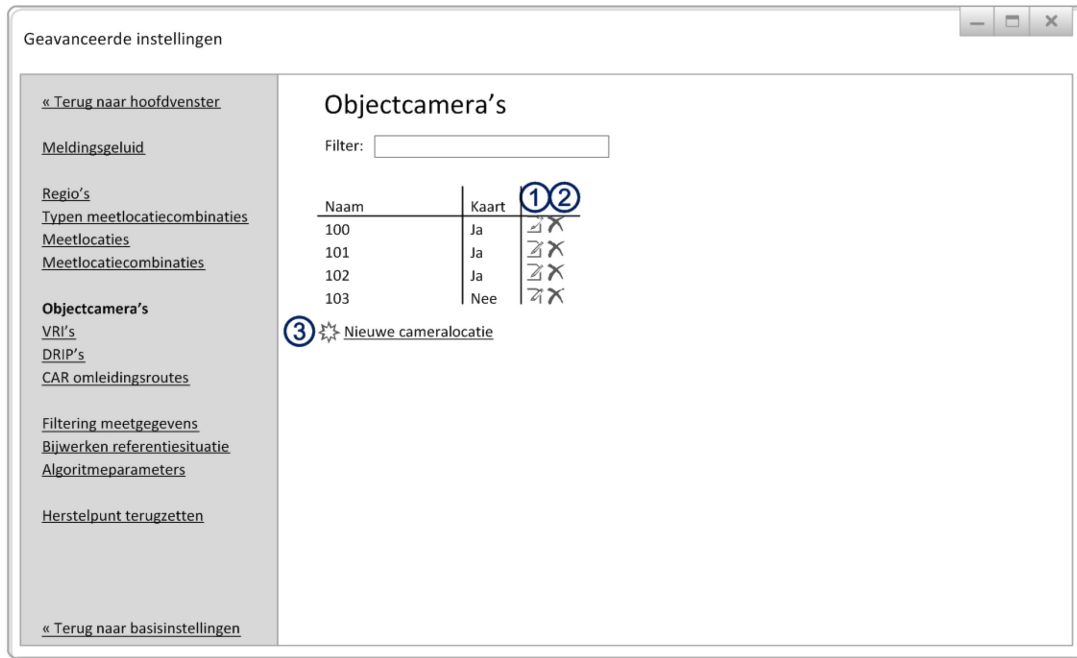
Koppel meetlocatie

Kies lus:

Kies reistijdtraject:

Figuur 95: Dialoogvenster koppelen van meetlocaties aan meetlocatiecombinatie

Het koppelen van een meetlocatie aan een meetlocatiecombinatie gebeurt via het dialoogvenster uit figuur 95. Afhankelijk van de selecties in figuur 88 kan alleen een luslocatie, alleen een reistijdtraject en/of een combinatie van beiden worden geselecteerd.

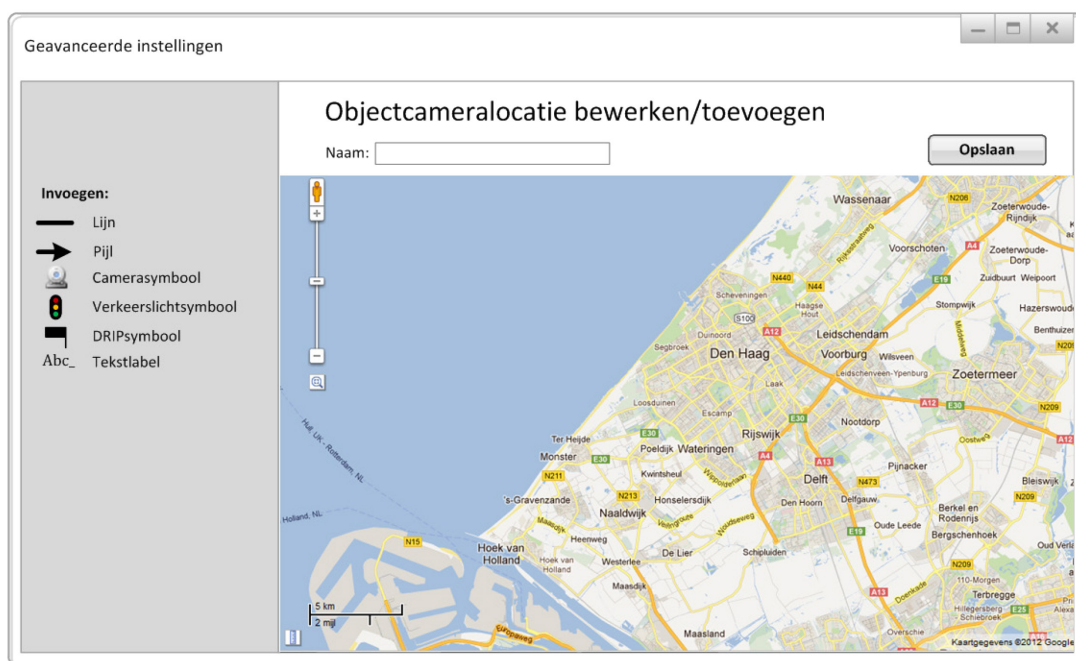


Figuur 96: Overzicht instellingen objectcamera's

De weergave uit figuur 96 geeft een overzicht van alle binnen het systeem geregistreerde objectcamera's. Voor iedere objectcamera kan de locatie ervan op de kaart worden aangegeven. Vervolgens kunnen objectcamera's worden gekoppeld aan een meetlocatiecombinatie. Bij een gebeurtenismelding op deze meetlocatiecombinatie worden de bijbehorende objectcamera's op de kaart getoond.

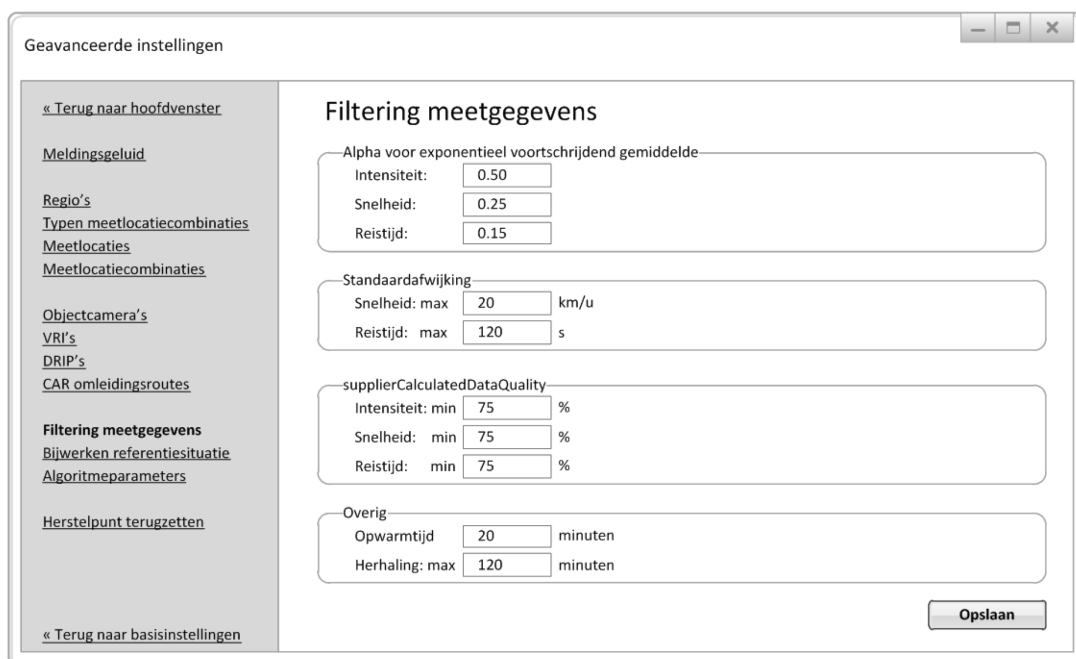
1. Bewerk deze objectcameralocatie, zie figuur 97.
2. Verwijder deze objectcameralocatie. De vermelding zal tevens uit alle meetlocatiecombinaties verwijderd worden die deze objectcameralocatie gekoppeld hebben. Hierbij wordt om een eenvoudige bevestiging gevraagd.
3. Voeg een nieuwe objectcameralocatie toe, zie figuur 97.

VRI-locaties, DRIPs en CAR omleidingsroutes kunnen op vergelijkbare wijze in het systeem geregistreerd worden en aan meetlocatiecombinaties worden gekoppeld. Hiervan zijn geen voorbeeldvensters opgenomen.



Figuur 97: Aanmaken/bewerken vermelding objectcamera

Figuur 97 toont de weergave voor het aangeven van een objectcamera op de kaart. VRI's, DRIPs en CAR omleidingen kunnen op een vergelijkbare manier op de kaart worden aangegeven.



Figuur 98: Overzicht instellingen voor filtering ruwe meetgegevens

De parameters voor de filtering van ruwe meetdata worden ingesteld via de weergave in figuur 98.

The screenshot shows a web-based configuration interface titled 'Geavanceerde instellingen'. On the left is a sidebar with a list of settings categories: « Terug naar hoofdvvenster, Meldingsgeluid, Regio's, Typen meetlocatiecombinaties, Meetlocaties, Meetlocatiecombinaties, Objectcamera's, VRI's, DRIP's, CAR omleidingsroutes, Filtering meetgegevens, **Bijwerken referentiesituatie**, Algoritmeparameters, and Herstelpunt terugzetten. At the bottom of the sidebar is « Terug naar basisinstellingen. The main content area is titled 'Bijwerken referentiesituatie' and contains three sections: 'Filter' with input fields for 'Alpha' (0.20) and 'Opwarmtijd' (7) with the unit 'waarden'; 'Aggregatie' with input fields for 'Breedte' (10) and 'Overlap' (2) with the unit 'minuten'; and 'Bijwerken' with an input field for 'Dagelijks om' (3:30) with the unit 'uur'. An 'Opslaan' button is located at the bottom right of the main content area.

Figuur 99: Overzicht instellingen voor bijwerken referentiesituatie

De parameters voor het bijwerken van de vastgelegde referentiesituatie worden ingesteld via de weergave in figuur 99.

The screenshot shows the same 'Geavanceerde instellingen' window, but with the 'Algoritmeparameters' section selected in the sidebar. The main content area is titled 'Algoritmeparameters' and contains five sections for different algorithms: 'Algoritme 1' with 'Minimaal intensiteitsverschil voor wijziging' (20 vtg/u) and 'Minimaal snelheidsverschil voor wijziging' (8 km/u); 'Algoritme 3' with 'Minimale snelheidstoename' (30 km/u) and 'Minimale snelheidsafname' (30 km/u); 'Algoritme 4' with 'Minimale reistijdtoename' (30 s) and 'Minimale reistijdafname' (30 s); 'Algoritme 6' with 'Bovengrens snelheid: +' (120 km/u) and 'Ondergrens snelheid: -' (30 km/u); and 'Algoritme 7' with 'Bovengrens reistijd: +' (120 s), 'of: +' (50 %), and 'Ondergrens reistijd: -' (3600 s). An 'Opslaan' button is located at the bottom right of the main content area.

Figuur 100: Overzicht instellingen voor parameters per algoritme

De parameters per algoritme worden ingesteld via de weergave in figuur 100.

Lijst van symbolen

Onderstaande lijst bevat de in de verkeerskunde gangbare symbolen die zonder verdere toelichting in de tekst zijn gebruikt. Overige, in de tekst verklaarde, symbolen zijn niet in dit overzicht opgenomen.

De gegeven eenheden gelden daar waar een eenheid relevant is en geen andere gespecificeerd is.

u	snelheid [km/u]
q	intensiteit [vtg/u]
k	dichtheid [vtg/km]
TT	reistijd (traveltime) [s]

Eenheden

km	kilometer
vtg	voertuig(en), geen personenauto-equivalenten
u	uur
s	seconde

Verklarende Woordenlijst

Begrip	Omschrijving
algoritme	Techniek die verkeersdata verwerkt tot een schatting van de verkeerstoestand.
ANPR	Automatic Number Plate Recognition; automatische kentekenplaatherkenning.
Apache	Apache HTTP Server, webserversoftware geschikt om PHP te gebruiken.
API	Application Programming Interface. Mogelijkheid van een softwaresysteem om afzonderlijk geprogrammeerde toepassingen volgens vastgelegde methoden te laten communiceren met het overkoepelende systeem.
ARA	Samenwerkingsverband van ARS Traffic & Transport Technology en Arcadis.
BOSS	BeslisOnderSteunendSysteem van Rijkswaterstaat.
CAR	Coördinatie van Alternatieve/Uitwijk/U-Routes.
CNS	Centraal NDW Systeem.
detectie	Vaststelling van een gebeurtenis op basis van een individuele meetlocatie.
detectiemethode	Geheel systeem van invoer van ruwe verkeersdata tot voor wegverkeersleiders bruikbare uitvoer (meldingen). Een gebeurtenisdetectiemethode kan één of meerdere algoritmes bevatten en trekt conclusies op basis van de door de algoritmes geleverde verkeerstoestanden.
dichtheid	Aantal voertuigen op een bepaalde weglengte.
DRIP	Dynamisch Route Informatie Paneel.
DRIS	Dynamisch Reizigers Informatie Systeem.
FCD	Floating Car Data; individuele voertuiglocatiegegevens.
fundamenteel diagram	Verkeerskundig diagram dat de relatie weergeeft tussen twee van intensiteit q , snelheid u en dichtheid k , op basis van de fundamentele relatie $q = k \times u$.

Begrip	Omschrijving
gebeurtenis	Voorval op de weg met hinder voor het overige verkeer tot gevolg. Leidt niet noodzakelijk tot schade of letsel. Zie ook <i>incident</i> .
incident	Voorval op de weg met schade of letsel tot gevolg. Leidt niet noodzakelijk tot hinder voor het overige verkeer. Zie ook <i>gebeurtenis</i> .
intensiteit	Aantal voertuigen die een locatie in een bepaald tijdsbestek passeren.
meetlocatie	Plaats op een weg waar intensiteiten en puntsnelheden worden gemeten, of een traject waarover reistijden worden ingewonnen.
meetlocatiecombinatie	Combinatie van meerdere meetlocaties om te beslissen of er een gebeurtenis op een wegvak heeft plaatsgevonden. Beslissingen op basis van meer dan één meetlocatie zijn meestal meer betrouwbaar dan beslissingen gebaseerd op één meetlocatie.
meetpunt	Zie <i>meetlocatie</i> .
meetwaarde	Een enkele waarde voor snelheid, intensiteit of reistijd voor een enkele meetlocatie, inclusief de bij deze waarde horende statusgegevens.
melding	Gebeurtenismelding: waarschuwing naar aanleiding van een gedetecteerde gebeurtenis. Meerdere detecties kunnen leiden tot een enkele melding.
methode	Zie <i>detectiemethode</i> .
meting	Zie <i>meetwaarde</i> .
MySQL	Relationeel database management systeem gebruikmakend van de gestandaardiseerde Structured Query Language.
NDW	Nationale Databank Wegverkeersgegevens.
NULL	Geen of onbekende waarde, niet te verwarren met een lege waarde.
Objectcamera	Op afstand bestuurbare camera voor het live bekijken van de verkeerstoestand op de weg.
OV	Openbaar Vervoer.
PHP	Afkorting van "PHP: Hypertext Preprocessor". Scripttaal bedoeld voor het maken van dynamische websites.
PZH	Provincie Zuid-Holland.

Begrip	Omschrijving
RWS	Rijkswaterstaat.
SSD	Solid State Disk: nieuwe generatie harde schijven zonder bewegende delen.
TSC	Transport Systems Centre (van de University of South Australia, Adelaide).
verkeerssituatie	Inrichting van de weg.
verkeerstoestand	Omstandigheden op de weg, bijvoorbeeld vrije doorstroming of congestie.
VID	VerkeersInformatieDienst.
VM-desk	Verkeersmanagementdesk. Verkeerscentrale van provincie Zuid-Holland.
VRI	VerkeersRegelInstallatie.
XML	Extensible Markup Language.

Index

A

algoritme 1.....	68, 93
algoritme 2.....	71
algoritme 3.....	73, 94
algoritme 4.....	73, 94
algoritme 5.....	74
algoritme 6.....	74, 95
algoritme 7.....	74, 95

B

BOSS Online	25, 27
-------------------	--------

C

CAR.....	1, 108
Centraal NDW Systeem	9
CNS.....	Zie Centraal NDW Systeem

D

datakwaliteit.....	8
detectie.....	91
detectie ratio.....	51, 97
DR	Zie detectie ratio
DRIP	1, 108
DRIS	28

E

exponentieel voortschrijdend gemiddelde	76, 82
---	--------

F

FAR	Zie vals alarm ratio
fundamenteel diagram.....	68

G

gebeurtenisdetectie	25, 47
gebeurtenismelding	107

I

incidentdetectie	23, 47
------------------------	--------

K

kentekenplaatherkenning	7
korte detectie	90
kwadratenmethode	77

L

lijnbus	28, 37
---------------	--------

M

maximumsnelheid	30
meetlocatie	13
meetlocatiecombinatie.....	79
MTTD.....	Zie tijd tot detectie

N

Nationale Databank	
Wegverkeersgegevens	7
NDW	Zie Nationale Databank
Wegverkeersgegevens	
netwerkregeling	36

O

omleidingsroute	27
opwarmperiode.....	83

P

pull	113
push.....	113

R

referentiesituatie	80
reistijdcamera	7

S

supplierCalculatedDataQuality	132
-------------------------------------	-----

T

tijd tot detectie	51, 91, 97
tovergroen	39
traject snelheid	33
trapeziumvormig gewogen gemiddelde	81

V

vals alarm ratio	51, 97
verkeersgroei	32
verkeersregeling	35

verkeerstelling	31
VM-desk	109
voertuigklassen	63, 75
VRI	15, 108
VRI-Kwaliteitscentrale	15

W

waarschuwingsniveau	79
weg-tijd diagram	54, 56, 58
Westland	62

Digitale bijlage

In geselecteerde uitgaven van dit rapport is hieronder een SD-geheugenkaart bijgesloten.

Deze geheugenkaart bevat:

- Dit rapport in PDF-formaat;
- De PHP-scripts gebruikt voor de NDW-analyse uit bijlage 1 (zie ook de toelichting in bijlage 2);
- De PHP-scripts gebruikt voor het testen van de gebeurtenisdetectiemethode, zoals beschreven in deel II van de rapportage (zie ook de toelichting in bijlage 5);
- De scriptbestanden gebruikt voor de demonstratie in Google Earth (paragraaf 10.4);
- NDW verkeersgegevens gebruikt voor dit onderzoek, van januari t/m september 2011 voor alle provinciale meetlocaties;
- Een selectie bestanden die nuttig kunnen zijn voor eventueel vervolgonderzoek.

geheugenkaart

niet aanwezig

Op de NDW wegverkeersgegevens berust geen auteursrecht. Deze verkeersgegevens kunnen vrij gebruikt worden voor ieder gewenst doel.

Het auteursrecht op de overige bestanden op de geheugenkaart berust bij provincie Zuid-Holland. Bestanden en scripts mogen voor zelfstudie worden ingezien. Voor overige doeleinden is voorafgaande schriftelijke toestemming van provincie Zuid-Holland vereist.

