

## **Verkeersmanagement op basis van actuele gegevens van verkeersregelininstallaties**

Drs. Willem K. Mak  
(*City Flow BV*)

### **Samenvatting**

Verkeersregelininstallaties bieden een schat aan actuele data. Met deze data kan een schatting worden gemaakt van de actuele verkeerssituatie in stedelijk gebied. Er zijn verschillende algoritmes waarmee wachttijden en reistijden kunnen worden bepaald. Omdat files een dagelijks verschijnsel zijn geworden zijn algoritmes die geen rekening houden met oververzadiging van het verkeer niet geschikt voor het schatten van de actuele verkeerstoestand. Het 'City Flow' algoritme houdt hier wel rekening mee, door op basis van de bezettingsgraden van lussen de mate van oververzadiging te meten. Dit algoritme is met succes getest in een proef in Amsterdam West. Het levert consistente informatie op voor verschillende aggregatieniveaus: routes, wegvakken en verkeerslichten, waarmee een compleet informatiesysteem voor stedelijk gebied kan worden ingericht.

### **Trefwoorden**

Verkeersmanagement, DVM, verkeersinformatie, verkeersregelininstallaties, reistijden.

## 1. Inleiding

In Nederland wordt verkeer voortdurend gemeten. Op het grootste deel van het hoofdwegennet wordt met lusdetectie op onderlinge afstand van ongeveer 500 meter snelheid en volume gemeten. Op het onderliggend wegennet worden door verkeersregelininstallaties (VRI's) een schat aan data continu verzameld, ook door middel van detectielussen. Meten is niet vanzelfsprekend weten. Het omzetten van meetgegevens naar verkeersrelevante informatie is voor het onderliggend wegennet een complex proces: in vergelijking met het hoofdwegennet is het lastiger de juiste algoritmes te vinden waarmee met behulp van detectiedata en andere VRI-data verkeersvolumes, wachttijden en reistijden kunnen worden berekend en voorspeld. Daarom zijn veel gemeentes ertoe over gegaan om naast data van VRI's andere inwinmethoden te gebruiken, voornamelijk om reistijden te kunnen berekenen, denk aan bijvoorbeeld kentekencamera's. Het voordeel van deze oplossing ligt hierin dat op routeniveau direct vrijwel kant-en-klaar informatie geleverd kan worden. Nadelen hiervan zijn naast de aanschaf- en beheerkosten van dergelijke systemen, dat de systemen vaak niet netwerkdekkend zijn, technisch meestal niet voor 100% functioneren, en de informatie minder actueel is, vooral bij congestie (het duurt dan lang voordat een voertuig van punt A naar punt B heeft gereden). Bovendien mist de samenhang met de data van VRI's en ontbreekt het detailniveau: de reistijd wordt alleen per route of routesegment berekend en niet per rijstrook waardoor niet duidelijk is waar de file precies staat en dus wat de oorzaak is. Kortom, je weet nog steeds een heleboel niet.

Ondertussen is er vanuit verschillende benaderingswijzen onderzoek gedaan om met behulp van data van VRI's reistijden te schatten. Deze benaderingswijzen zijn bijvoorbeeld:

1. Het schatten van een reistijd op basis van een neuraal netwerk (kunstmatig door de computer een verband vinden tussen meetgegevens en gemeten reistijd);
2. Het meten van reistijden op basis van het detectiepatroon van een individueel voertuig;
3. Het online kalibreren en simuleren van een verkeersmodel;
4. Het schatten van de verkeersdichtheid (aantal aanwezige voertuigen op een wegsegment) op basis van ingaande en uitgaande voertuigen;
5. Het schatten van verkeersvolumes van een heel netwerk op basis van gemeten volumes en van een statisch verkeersmodel, en het schatten van reistijden per wegvak op basis van de I/C verhouding;
6. Het onderscheiden van verkeers toestanden op basis van detectiewaarden en signaaltijden van VRI's en afhankelijk van de toestand een verschillend reistijdalgoritme gebruiken.

De eerste methode heeft het voordeel dat met neurale netwerken vaak nauwkeurige resultaten worden bereikt. Nadeel van deze methode is dat iedere route apart ingeleerd moet worden, en dat de uitkomsten niet gegarandeerd zijn als de omstandigheden zich wijzigen (infrastructuur, verkeerspatroon, regeltechniek).

De tweede methode heeft het voordeel dat deze zeer nauwkeurig en netwerkbreed toepasbaar is. De eisen betreffende de capaciteit van de datacommunicatie tussen VRI's en centrale zijn echter hoog, zodat het niet overal toepasbaar is zonder bijkomende investeringen.

De derde methode is theoretisch gezien aantrekkelijk omdat met een online simulatiemodel zich bij uitstek leent voor voorspellingen ook op de iets langere termijn. Voor stedelijke toepassingen is het lastig de verkeerslichten in een dergelijk model betrouwbaar in te voeren.

De vierde methode is goed van toepassing voor situaties met een gesloten verkeerssysteem, waarbij alle onderscheiden ingangen en uitgangen per richting apart worden gedetecteerd: dus

voor de grotere wegen van het onderliggende wegennet. Voor kleinere wegen is deze methode minder geschikt.

De vijfde methode heeft als voordeel dat het een totale netwerkbrede aanpak is. Nadeel is dat de reistijdberekening in geval van oververzadiging niet nauwkeurig is, omdat bij terugslaan de congestie de I/C verhouding juist omgekeerd evenredig is met de reistijd (zie verder hoofdstuk 2).

De laatste methode is voor het eerst getest in Zoetermeer. Op basis van de resultaten van dit onderzoek is in 2009 een proef gedaan in Amsterdam West, met het oog op een generieke netwerkbrede toepassing. Deze bijdrage gaat dieper in op de resultaten van deze proef. Eerst worden in hoofdstuk 2 enkele theoretische aspecten toegelicht.

## **2. Theoretische aspecten bij actuele reistijdberekening**

### **Verkeerd gebruik van formules**

In de praktijk worden soms formules op een verkeerde manier gebruikt voor het bepalen van wachttijden en reistijden. Een van de redenen is dat men formules bedoeld voor het ontwerp van netwerken en regelingen niets kwaads vermoedend één op één toepast op gemeten data, waarbij genegeerd wordt dat een gemeten waarde het resultaat is van verkeersvraag en capaciteit, terwijl bij een ontwerpformule het uitgangspunt enkel de verkeersvraag is. Drie voorbeelden:

1. De snelheid op een wegvak wordt berekend als een (dalende) functie van de gemeten intensiteits-capaciteits verhouding (I/C): hoe hoger de I/C verhouding, hoe lager de snelheid. Voor het ontwerp van wegen is het gebruik van de I/C waarde een hanteerbare aanpak, omdat bij een statisch model een I/C waarde groter dan 1 te interpreteren is als een verkeersvraag die de capaciteit overschrijdt. Voor gemeten waarden van de intensiteit gaat deze vlieger niet op. Oververzadiging wordt op deze manier niet of niet goed herkend en in kaart gebracht.
2. De gemiddelde wachttijd van een VRI wordt berekend op basis van gemeten groenpercentage, cyclustijd, verkeersvolume en strookcapaciteit als vaste parameter ingevoerd met een formule vergelijkbaar met de formule die ook COCON hanteert. COCON is een ontwerpprogramma gebaseerd op de verkeersvraag en niet op de hoeveelheid gemeten verkeer. Dit gaat dus fout in de praktijk omdat niet alleen de oververzadiging, maar ook de effecten van signaaltijden en wachtrijen van nabij gelegen VRI's worden gemist en/of verkeerd geschat.
3. Een groene golf wordt ontworpen door gemeten verkeersdata per signaalgroep in te voeren in COCON. Bij deze benaderingswijze wordt de latente (niet gerealiseerde) verkeersvraag gewoonweg vergeten. Beter is behalve gemeten volumes ook wachtrijlengtes als invoer te converteren naar verkeersvraag (verkeersvraag over de tijd 'terugpieken') en het vervoerwijze en routekeuze effect van de groene golf (en andere verkeersgroei) bijvoorbeeld op basis van een verkeersmodel in te schatten.

Zolang er geen congestie is, gaat er eigenlijk niet veel verkeerd, omdat in dat geval de gemeten intensiteit overeenkomt met de verkeersvraag. In de praktijk van vandaag is dit echter niet meer het geval. Juist als er sprake is van congestie, is het van belang dit verschijnsel tijdig en gedetailleerd in kaart te brengen. Verkeerd gebruik van formules in praktijk leidt er niet alleen toe dat informatie onbetrouwbaar wordt, maar ook dat het

vertrouwen om VRI-data te gebruiken voor het schatten van de actuele verkeersstoestand wegebt – een gemiste kans. Met deze bijdrage hoopt de auteur het tij hierin te keren.

## **Reistijd bij verschillende verkeersstoelstanden**

Gezien vanuit een verkeersnetwerk met kruispunten is de volgende hoofdingeling gemaakt per kruispuntarm:

- A. Onverzadigde situatie: wachtrijen bij een kruispunt vallen regelmatig terug tot een minimaal niveau van maximaal 2 voertuigen;
- B. Verzadigde situatie, geen terugslag: wachtrijen bij een kruispunt blijven gedurende langere tijd bestaan, verkeer wordt bij oprijden van vooraf gelegen kruispunt niet gehinderd door terugslag van deze wachtrij;
- C. Verzadigde situatie, terugslag: wachtrijen bij een kruispunt blijven gedurende langere tijd bestaan, verkeer wordt bij oprijden van vooraf gelegen kruispunt gehinderd door terugslag van congestie van stroomafwaarts gelegen kruispunt.

De situaties kunnen op basis van VRI-data als volgt worden bepaald:

- Op basis van de bezettingsgraad van de lange lus, wordt onderscheid gemaakt tussen onverzadigd en verzadigd (A versus B of C);
- Als er sprake is van een verzadigde situatie, dan wordt situatie B van C onderscheiden op basis van de I/C verhouding (gemeten intensiteit gedeeld door capaciteit maal groenpercentage): bij aan lage I/C verhouding is er sprake van situatie C, bij een hoge van situatie B.

In situatie A kan de wachttijd bepaald worden op basis van de signaalgegevens van de VRI en de voorafgelegen VRI op basis van vertrekvensters. In situatie B is onduidelijk waar de staart van de file zich exact bevindt, in ieder geval ergens tussen beide kruispunten in. Op basis van extra detectoren kan de gemiddelde wachtrijlengte in sommige gevallen vrij goed worden bepaald. In situatie C wordt verondersteld dat de gehele kruispuntarm (exclusief afslaan de voorsorteerstroken) geheel bezet is door langzaamrijdende en soms stilstaande, elkaar volgende voertuigen. De reistijd van gemiddeld voertuig in een wachtrij kan berekend worden door de wachtrijlengte te delen door de bruto opvolgafstand maal de verkeersintensiteit. Hier geldt dus: hoe groter de intensiteit, hoe groter de snelheid!

## **Schatten van verkeersvolumes**

Verkeersintensiteit is een belangrijk onderdeel van de reistijdberekening. Verder kunnen op basis van verkeersintensiteiten beleidsindicatoren zoals verkeersgroei, geluid en emissie worden berekend en met behulp van verkeersintensiteiten is het mogelijk om schatting te maken van de (werkelijke) capaciteit van wegvakken en routes. Omdat niet alle wegvakken geteld worden, is het nodig om voor niet bemeeten wegvakken een schatting te maken van de verkeersintensiteit. Hiermee wordt een netwerkbrede aanpak voltooid. Dit schatten wordt gedaan door de gegevens van een statisch model te gebruiken. Een statisch model bevat van ieder wegvak de herkomsten, bestemmingen en gevolgde route van het verkeer. Door deze informatie te koppelen met de getelde voertuigen kan een schatting worden gemaakt van de intensiteit per wegvak.

### **3. Proef Amsterdam West**

Voor de S105 (Amsterdam centrumring richting A10 West) is een proef gedaan met een reistijdalgoritme gebaseerd op de indeling in verkeerstoestanden zoals beschreven in het vorige hoofdstuk. Het algoritme heeft de naam “City Flow” gekregen. Hiertoe is een generiek model ontwikkeld, dus algemeen toepasbaar voor een willekeurig verkeersnetwerk. De proef is uitgevoerd in drie fases:

- Fase 1: Test op basis van een simulatiemodel;
- Fase 2: Test op basis van gemeten data achteraf;
- Fase 3: Test van de software in een online omgeving.

#### **Resultaten fase 1**

Met het simulatiemodel zijn 10 scenario's gesimuleerd: 5 van de ochtendspits en 5 van de avondspits. Gekozen is voor scenario's met zowel veel verkeer (oververzadiging) als weinig verkeer (geen file, soms incidenten). Gemiddeld genomen bedraagt de gemiddelde afwijking van de reistijd 13%. De scenario's zonder incidenten en met weinig verkeer laten een afwijking zien van 7%, de scenario's met veel congestie afwijkingen van 14 tot 17%. Het verkeersvolume wordt per wegvak geschat met een onbetrouwbaarheid van 18%. Het grootste deel van deze afwijking is het gevolg van pelotonvorming in de verkeersstroom veroorzaakt door de wachttijden bij geregelde kruisingen.

City Flow berekent reistijden als momentopname van het netwerk. Deze zogenaamde instantane reistijden kunnen bij incidenten uitschieters te zien geven, die niet overeen komen met daadwerkelijk afgelegde reistijden, omdat het betreffende incident (bijvoorbeeld brugopening) na enkele minuten weer voorbij is. Dit betekent dat de resultaten in de vorm van instantane reistijden niet direct als input voor een dynamisch route informatie paneel (DRIP) kunnen worden gebruikt, maar eerst moeten worden bewerkt. Hiervoor zijn in fase 2 aanvullende algoritmes ontwikkeld en beproefd.

#### **Resultaten fase 2**

Vanaf eind mei tot eind augustus 2009 zijn zowel kentekendata als verkeerslichtgegevens verzameld met behulp van het VLOG protocol. Voordeel van dit protocol is dat het gratis is en vrij toegankelijk. Deze gegevens zijn gefilterd met betrekking tot uitschieters naar boven: voertuigen die tijdens de rit een andere route hebben gereden of de rit hebben onderbroken om bijvoorbeeld iets te kopen onderweg. Vanwege het onderhoudsprogramma ontbreken in deze fase van drie verkeerslichten de actuele data. Vooraf is getest (op basis van de gegevens van fase 1) dat de betrouwbaarheid hierdoor hooguit met 3 procent af zou nemen. Dit komt omdat de gemiddelde afstand tussen de verkeerslichten (300 m) vrij klein is, en het algoritme automatisch bijsticht bij ontbrekende invoerdata.

De gemiddelde reistijd in beide richtingen bedraagt 5 minuten. Het verkeersbeeld laat een dagelijkse file zien in de ochtendspits vanuit het centrum richting A10 met een reistijd oplopend tot maximaal een kwartier. In de vakantieperiode is deze file afwezig. Verder zijn in beide richtingen veel korte incidenten (korter dan een half uur) te vinden met een vertraging tussen 5 en 10 minuten. Denk hierbij aan een brugopening, een tijdelijke oververzadiging van een verkeerslicht door een kruisende tram of een vuilnisauto. Opvallend is dat de reistijd van de route richting het centrum tijdens de spits niet langer duurt dan buiten de spits.

Er zijn twee voorspellers vergeleken met elkaar:

A gebaseerd op kentekengegevens van laatste reeks geregistreerde voertuigen

B gebaseerd op City Flow schatting van de laatste 5 minuten

Het blijkt dat beide systemen moeite hebben met het voorspellen van kortdurende incidenten, wat te verwachten valt. Voorspeller A komt uit op een gemiddelde afwijking van 20,5%, voorspeller B op een gemiddelde afwijking van 21,4%. In tabel 2 zijn de resultaten per route en periode weergegeven. Deze percentages zijn hoger dan in fase 1, omdat in een simulatiemodel het verkeer ‘modelmatiger’ rijdt dan in werkelijkheid, de detectie perfect is en de gesimuleerde vertragingen langduriger en minder grillig waren dan gemeten vertragingen in de zomerperiode. Doel was een gemiddeld percentage kleiner dan 25%. Dit doel is niet gehaald voor de ochtendspits voor de route richting A10. Zie tabel 1. Voorspeller A heeft last van weinig matches, waardoor de actualiteit tekortschiet. Methode B wordt gehinderd doordat de inwinning niet compleet is, waardoor de schatting van filelengte en verkeersvolume minder nauwkeurig is.

**Tabel 1 Gemiddelde afwijking reistijdvoorspelling(RSME)**

Periode	Centrum – A10		A10 – Centrum	
	kenteken	City Flow	kenteken	City Flow
Ochtendspits	27,2%	27,1%	19,6%	19,6%
Avondspits	16,4%	21,8%	23,4%	20,6%
Restdag	17,5%	20,3%	21,2%	21,1%
Totaal	19,5%	22,0%	21,4%	20,8%

Los van de reistijdvoorspelling geeft de City Flow ook inzicht in de locatie van de vertraging. In figuur 1 is de snelheid en verkeersvolume weergegeven van op 27 mei 2009 om 8:30 uur.



*Figuur 1: Verkeersvolume en snelheid op S105 op 27 mei 2009 8:30 uur.*

Tijdens de onderzoeksperiode komt naar voren dat kruispunt 921 in de ochtendspits vaak capaciteitsbepalend is voor de route richting A10.

Op basis van de resultaten van deze fase, is het onderzoek uitgebreid voor de periode najaar 2009. Doel van de uitbreiding was:

- Testen van algoritme in een periode met meer congestie;
- Verbetering van het voorspelalgoritme;
- Ontwikkelen en testen van datafusie;
- Ontwikkelen van algoritme om restcapaciteit van een route of routedeel te bepalen.

In tabel 2 zijn de resultaten te zien van de voorspellers A en B inclusief voorspelalgoritme en datafusie.

**Tabel 2: Resultaat datafusie reistijdvoorspelling kenteken en City Flow (RMSE)**

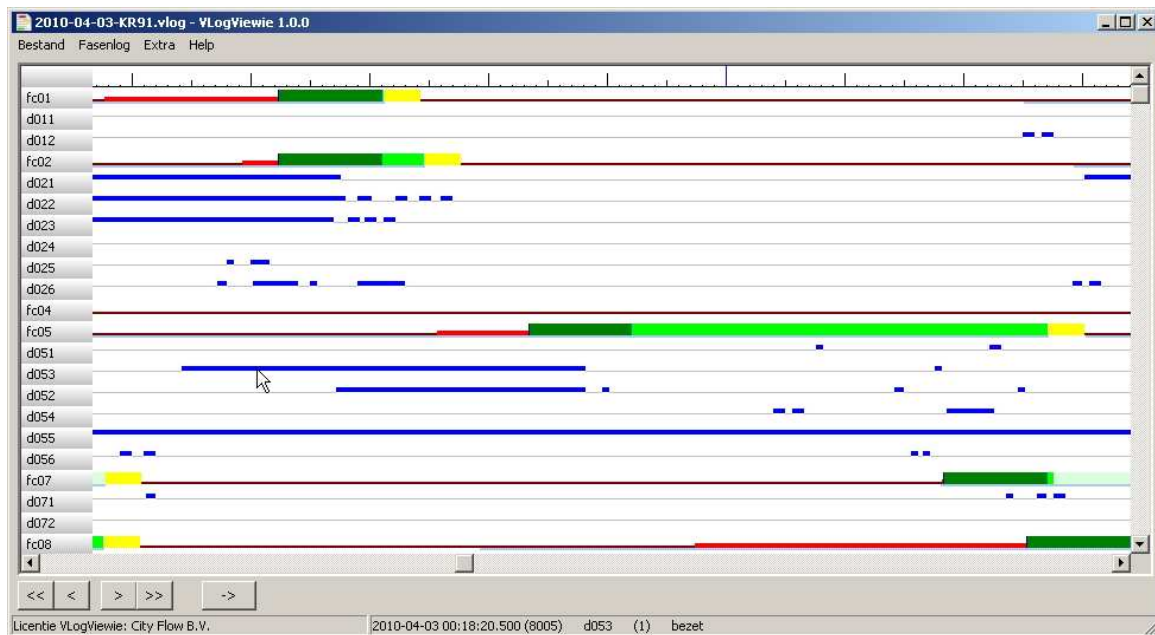
	Centrum A10			A10 Centrum		
	kenteken	City Flow	datafusie	kenteken	City Flow	datafusie
ochtend	28,4%	25,8%	23,9%	19,0%	21,6%	18,1%
avond	18,0%	20,9%	17,1%	16,0%	18,0%	15,4%
rustdag	17,4%	21,3%	16,9%	16,9%	19,9%	16,3%
totaal	19,1%	21,8%	17,9%	17,1%	19,9%	16,5%

Omdat datafusie het beste van beide systemen naar boven haalt, wordt hiermee het resultaat beter voor alle perioden. De 25% doelstelling voor alle perioden wordt nu wel gehaald. De S105 blijft een route met een lastig te voorspellen reistijd, omdat brugopeningen en openbaar vervoeringrepen de afwikkeling van tijd tot tijd op een onvoorspelbare manier verstoren, en omdat de inwinning nog niet compleet is.

### Resultaten fase 3

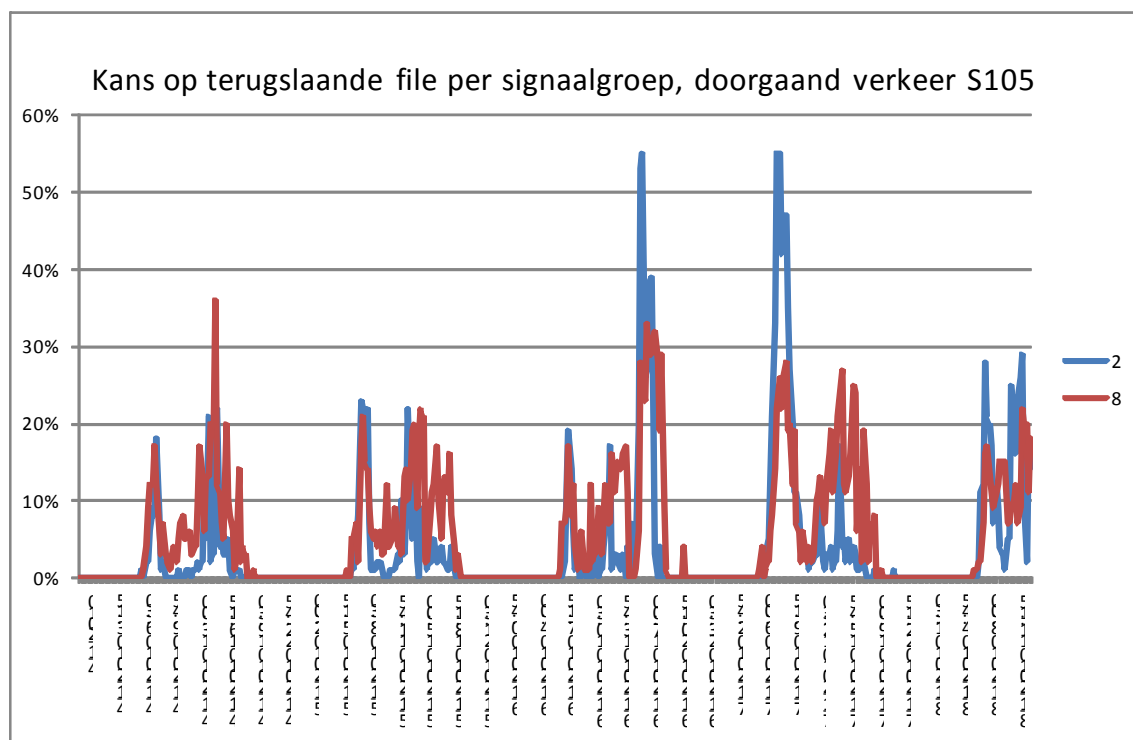
In fase 3 is de ontwikkelde software geschikt gemaakt voor online toepassing en met succes getest en geplaatst in de VRI-centrale. De datafusie met de kentekendata zal plaatsvinden eind 2010. Tevens zijn extra softwaretools ontwikkeld om naast de online informatie de data te analyseren:

- Een viewer die een VLOG bestand inleest en grafisch de detectie- en signaalfase toont als functie van de tijd. Met deze viewer kan de applicatiesoftware van de VRI worden gecontroleerd. Zie figuur 2.
- Een dataviewer waarmee op een eenvoudige manier verkeerskundige informatie uit het verleden uit het verleden kan worden geaggregeerd tot tabellen en grafieken. Deze viewer geeft informatie op routeniveau, wegvakniveau en VRI/Signaalgroepniveau, waarbij het mogelijk is te groeperen en te filteren.



*Figuur 2: VLOG Viewer*

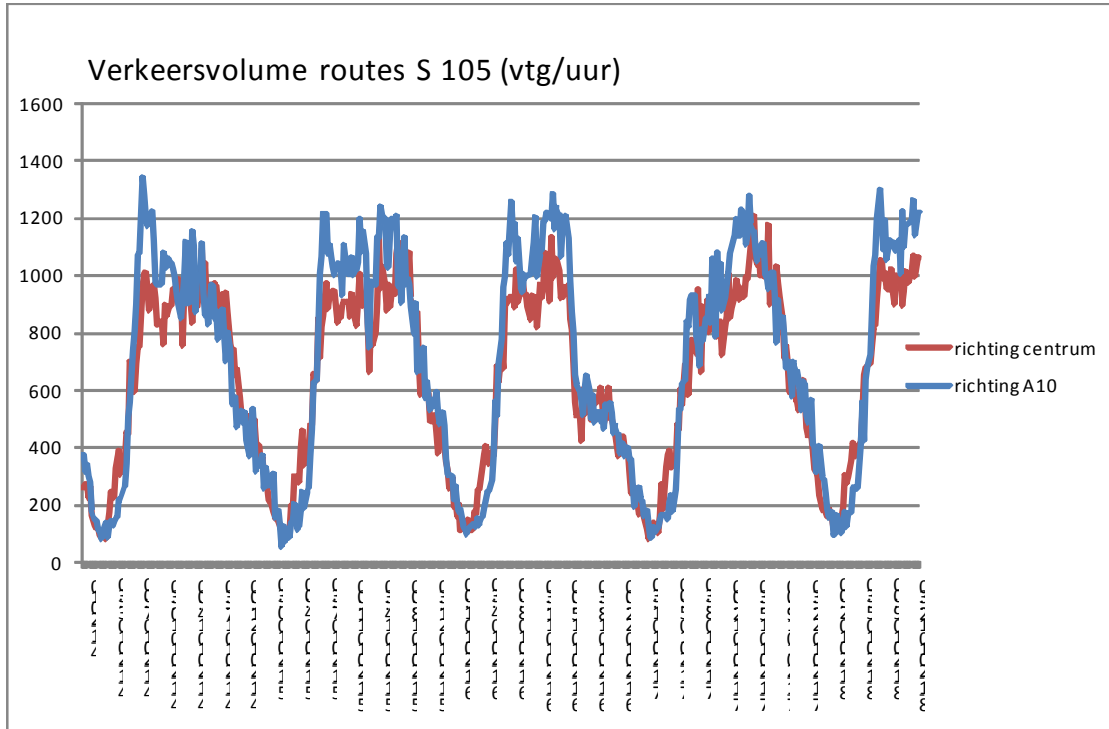
Als voorbeeld van deze dataviewer een analyse van de eerste werkweek in januari 2010, waarbij sneeuwval op donderdag leidde tot een verkeersinfarct in Amsterdam, omdat vrachtwagens wegens gladheid de A10 niet meer op konden rijden. In figuur 3 de kans op terugslaan file (toestand C) voor alle kruispuntarmen op de hoofdroute (richting 2: richting A10, richting 8: richting centrum). Behalve het dagelijkse patroon zien we hierin de uitschieters op donderdagmiddag en vrijdagochtend, waarbij het de route richting A10 voor het grootste deel in de file staat.



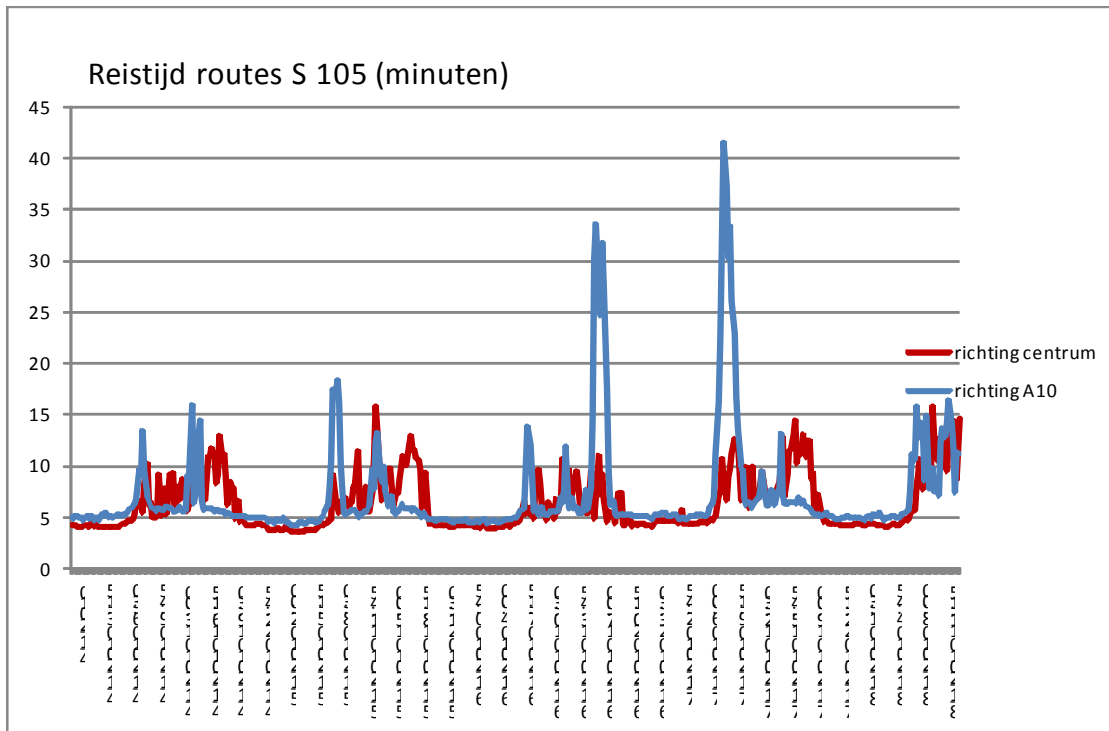
*Figuur 3: Kans op terugslaan file als gemiddeld percentage per VRI op S105 voor signaalgroepen 2 en 8 tussen 4 en 8 januari 2010*



De verkeersvolumes en geschatte reistijden en op routeniveau zijn weergegeven in de figuren 4 en 5. We zien duidelijk dat met alleen de gemeten verkeersvolumes zowel de dagelijkse file als de extremen op donderdagmiddag en vrijdagochtend niet goed niet goed kunnen worden geschat.



*Figuur 4: Gemiddelde verkeersintensiteit routes op S105 tussen 4 en 8 januari 2010*



*Figuur 5: Reistijd routes op S105 tussen 4 en 8 januari 2010*

## **4. Conclusies en stellingen**

### **Conclusies**

Uit de proef van het City Flow Monitoringssysteem is gebleken dat het mogelijk is met behulp van meetgegevens van VRI's veel te weten te komen over de actuele verkeersstoestand in een stedelijke omgeving. Met deze data is het mogelijk een compleet verkeersmanagementssysteem in te richten dat zowel voor DVM gebruikt kan worden (zeer korte termijn) als voor functioneel beheer van VRI's en voor beleidsanalyses op de wat langere termijn. De proef in Amsterdam West toont aan dat de nauwkeurigheid van de berekende reistijden van het algoritme afhankelijk is van detectiedichtheid van de route en de kans op kleinere incidenten. In situaties van zware congestie voorziet het algoritme in tijdige realistische informatie. In geval van incomplete inwinning, of bij een netwerk met niet geregelde kruisingen, is het mogelijk de nauwkeurigheid van de voorspelde reistijden te vergroten door datafusie toe te passen met een reistijdmonitoringssysteem.

### **Stellingen**

1. De gemeten I/C verhouding per wegvak of rijstrook is onvoldoende informatief voor het bepalen van de actuele wachttijd en verkeersstoestand
2. De beoordeling van de kwaliteit van een reistijdinformatiesysteem voor stedelijk gebied zou voor minimaal 50% moeten bestaan uit de beoordeling van de getoonde reistijdinformatie tijdens onverwachte ernstige congestie (verkeersinfarct).
3. Voor professioneel stedelijk verkeersmanagement is het noodzakelijk te beschikken over een compleet, open en eenvoudig toegankelijk data-informatiesysteem dat voor alle wegen vanaf buurtontsluitingsniveau historische gegevens bevat betreffende de verkeersintensiteit, snelheid en gemeten restcapaciteit.