



GEEN ONNODIG GROEN OP STRAAT

# GROEN OP MAAT

Bij korte wachtrijen zijn de groentijden van verkeerslichtenregelingen vaak langer dan nodig. Met een andere ligging van detectielussen en specifieke software voorkom je 'onnodig wachten op groen van conflicterende richtingen' en neemt de verwerkingscapaciteit toe. Een praktijkverslag van deze toepassing in Helmond.

LUUK MISDOM EN GUUS VAN DER BURGT, IT&T TSC B.V.



In ons steeds drukker wordende verkeerssysteem moet de weggebruiker bij een geregelde kruising vaak wachten. Zolang er zichtbaar verkeer rijdt op de kruising, wordt deze wachttijd tot op bepaalde hoogte nog wel geaccepteerd. Vanwege veiligheid, geel- en ontruimingstijden (de tijd tussen einde geel en start groen van twee conflicterende richtingen) is het niet mogelijk om het kruisingsvlak steeds in gebruik te laten zijn. Toch blijft een kruisingsvlak vaak langer leeg dan vanuit veiligheidsoverwegingen noodzakelijk is. Groentijden zijn in dat geval te lang voor het aantal voertuigen dat de stopstreep passeert. Het laatste voertuig is soms al ver voorbij het kruisingsvlak voordat het verkeerslicht naar geel-rood gaat en de daaropvolgende richting groen krijgt. Vooral deze wachttijd, die ook wel als 'onnodige wachttijd' wordt omschreven omdat de weggebruiker niks ziet rijden, zorgt voor een mindere doorstroming en een afnemend acceptatievermogen. Kortom, hier is winst te boeken.

## ONDERZOEK

In januari 2007 startte HBO-student Luuk Misdom samen met IT&T zijn afstudeeronderzoek naar een optimale detectieconfiguratie (de ligging van de detectielussen) die voldeed aan eisen op het gebied van regelen (doorstroming, veiligheid, geloofwaardigheid) en monitoring (verkeersgegevens) [1]. Uit dit onderzoek bleek dat vooral het efficiënt, veilig en vlot regelen van het verkeersaanbod (niet meer groen dan nodig) de

belangrijkste pijler is onder een optimale detectieconfiguratie. Aan de overige eisen op het gebied van geloofwaardigheid wordt hierdoor ook voldaan en zijn de eisen betreffende de monitoring makkelijker inpasbaar in verschillende ontwerpen voor de detectieconfiguratie. Uiteindelijk is tijdens het onderzoek niet alleen gekeken naar de fysieke kant, ofwel de ligging van detectielussen, maar ook hoe hiermee is om te gaan in de software van verkeerslichtenregelingen. Het afstudeeronderzoek is tijdens de Verkeerstechnische Leergang 2007 bekroond met de tweede plaats bij de Nationale Verkeerskunde prijs. Het resultaat van dit onderzoek: 'Groen op Maat' (GOM), is na verdere uitwerking eind 2008 in Helmond toegepast.

## OPTIMALE DETECTIECONFIGURATIE

Hoe werkt GOM? Voor de detectieconfiguratie en de daarbij behorende signaalgroepafwikkeling (zie kader: 'Signaalgroepafwikkeling') is er in Nederland momenteel één standaard: IVER. Deze wordt door een groot deel van alle wegbeheerders toegepast en is voortgekomen uit de Initiatiefgroep Verkeersregeltechnici. Deze standaard is in 2002 voor het laatst geactualiseerd [2]. De nieuwe detectieconfiguratie en de daarbij behorende signaalgroepafwikkeling (Groen op Maat) is in feite een doorontwikkeling van de IVER-standaard. Uitgangspunt hierbij was om de goede punten van de standaard te versterken en de mindere punten te verbeteren.



De nieuwe detectieconfiguratie (voor rechtdoorgaand- en afslaand verkeer bij 50, 70 en 80 km/uur) maakt per rijstrook gebruik van één koplus, twee 'lange' detectielussen en – afhankelijk van de snelheid – nul tot twee afstandslussen (fig. 1). Door toepassing van twee lange detectielussen is het mogelijk om voertuigen beter te detecteren en een betere inschatting te maken van het passeren van de stopstreep. In combinatie met een uitbreiding van de signaalgroepafwikkeling (er zijn extra interne 'groentoestanden') en gebruik van adaptieve hiaat-tijden is het mogelijk om er – ongeacht het aantal voertuigen – altijd voor te zorgen dat er geen onnodig groen wordt weggegeven en een instelbaar gedeelte van de geeltijd wordt benut (zie kader 'Signaalgroepafwikkeling'). De adaptieve hiaattijden houden rekening met: de verwachte rijtijd van een voertuig tot aan de stopstreep, de volgtijd tussen voertuigen in relatie tot de duur van de groenfase en de ligging van de detectoren.

In het verleden zijn vooral door Rijkswaterstaat diverse detectieconfiguraties aangelegd waarbij ook gebruik wordt gemaakt van twee lange lussen. De verschillen tussen deze en de nieuwe configuratie zijn aanzienlijk doordat de lengtes en de ligging ten opzichte van de stopstreep fors verschillen. Ook is al eerder gebruik gemaakt van een hiaattijd die gedurende de groenfase niet altijd constant is, bijvoorbeeld binnen de regelmethode Fuzzy-logic die op een aantal locaties in Nederland is toegepast evenals in enkele buitenlandse proeven [3]. De hier gebruikte adaptieve hiaattijd wijkt echter af van de reeds toegepaste variabele hiaattijden.

#### THEORETISCHE VERGELIJKING

Om inzichtelijk te maken wanneer het verkeerslicht – uitgaande van de nieuwe detectieconfiguratie – naar geel toe gaat, is een beschrijving gemaakt van hoe wachtende voertuigen weggrijden nadat hun richting groen heeft gekregen, maar ook hoe achteropkomende voertuigen aansluiten in de afrijdende wachtrij (fig. 2). De nieuwe detectieconfiguratie is – met behulp van deze beschrijving – vergeleken met een reguliere detectieconfiguratie en instellingen (zie kader: 'Instellingen IVER').

In figuur 3 is te zien hoe lang de verwachte groenduur is bij zowel 50 als 70 km/uur. Hierin wordt duidelijk dat bij één tot zes voertuigen er sprake is van minder onnodig groen (tot 5,0 seconden) terwijl bij een groter aantal voertuigen de groentijd vergelijkbaar is tussen beide configuraties. Met nieuwe algoritmes die de hiaattijden bepalen, bleek dat de groentijd bij meer dan vijf voertuigen op een veilige wijze nog iets kan worden verkort (enkele tienden van seconden).

#### PRAKTIJK

De gemeente Helmond toonde al tijdens het onderzoek interesse voor de nieuwe detectieconfiguratie. Dit leidde er in

december 2008 toe dat bij twee te vernieuwen T-aansluitingen, de nieuwe detectieconfiguratie en de daarbij behorende software (CCOL) in de praktijk werden toegepast (zie foto A). Deze kruispunten ontsluiten de wijk Dierdonk op de N279 aan de noordoostzijde van Helmond. Naast 'Groen op Maat' zijn de installaties ook uitgerust met 'tovergroen' (extra groenverlenging voor vrachtverkeer). En ook met een regenmeter waardoor fietsers bij neerslag twee realisatiemogelijkheden in de cyclus kennen. De ontwerpsnelheden op de verschillende armen zijn tweemaal 80 km/uur en éénmaal 50 km/uur.

Bij beide kruispunten is gekozen om komende vanuit de wijk geen verweg-lus aan te leggen omdat de snelheid hier relatief laag is. En in de wachtrij zijn er meestal maar enkele stilstaande voertuigen. Op de afslaande richtingen vanaf de hoofdrijbaan is wel een afstandslus aanwezig. Voertuigen die op snelheid aankomen worden daardoor niet plotseling met rood licht geconfronteerd. Ook worden zo onveilige situaties tegengegaan. Op de hoofdrichtingen zijn twee afstandslussen aanwezig. Hierdoor is er tijdens het beëindigen van de groenfase (wanneer de maximum groentijd niet wordt bereikt) maar één voertuig in de dilemmazone aanwezig. De toegepaste detectieconfiguraties staan in figuur 4.

De verkeersafwikkeling is geëvalueerd met behulp van de Kwaliteitscentrale®. Die biedt op basis van gelogde Measured Value-files (MV-files) een gedetailleerd inzicht in de werking en de kwaliteit van de verkeerslichtenregeling. Er wordt nog een uitgebreide evaluatiestudie uitgevoerd op een locatie waarbij MV-files beschikbaar zijn van zowel de oude als de nieuwe situatie. Voor deze eerste evaluatie is tijdens twee avondspitsen met een stopwatch de groentijd gemeten van twee afslaande richtingen die deel uitmaken van de maatgevende conflictgroep. Om de meetomstandigheden gelijk te houden is dit ook voor twee avondspitsen gedaan met de nieuwe detectieconfiguratie. De doorgaande richtingen zijn buiten beschouwing gelaten omdat deze meeverlengen en/of regelmatig langer groen blijven ten gevolge van 'tovergroen'. In figuur 5 is aangegeven hoe lang de gemeten groentijden waren bij een x aantal vertrekkende voertuigen voor beide detectieconfiguraties. Tot en met vijf voertuigen blijkt de groentijd 2,5 tot 4,5 seconden korter te zijn dan in de bestaande situatie wat een even grote besparing van onnodige groentijd oplevert. De analyse van MV-files van een aantal andere kruispunten (naast de twee in Helmond zijn dat er nu ongeveer acht), zowel met de reguliere als de nieuwe detectieconfiguratie, tonen eenzelfde beeld. Wanneer op de doorgaande richtingen geen overige invloeden zouden zijn wordt hier ongeveer hetzelfde resultaat verwacht. Het verschil wordt deels bereikt door geen hiaat meer te meten op de koplus, maar ook door een – instelbaar – gedeelte van de geelfase te benutten. Ongeacht het aantal passerende voer-

Een van de vernieuwde kruispunten die de wijk Dierdonk op de N279 aan de noordoostzijde van Helmond ontsluit waarbij de nieuwe detectieconfiguratie en de daarbij behorende software (CCOL) wordt toegepast.

#### SIGNAALGROEPAFWIKKELING

Een verkeerslicht kent drie toestanden: groen, geel en rood. In de software van de verkeerslichtenregeling bestaat de groentoeestand uit meerdere interne groentoestanden. Deze hebben voor het afwikkelen van het verkeer allemaal hun eigen functie, zoals: op gang helpen van stilstaand verkeer, afwikkelen eerste deel van de wachtrij of afwikkelen tweede deel wachtrij. Elke interne groentoeestand van een richting is toebedeeld aan één of meerdere detectielussen, waarbij aan de hand van een gemeten hiaat (de tijd waarbij de detector onbezet blijft doordat er tussen twee voertuigen een volgtijd zit) besloten wordt of er doorgeschakeld moet worden naar een volgende interne groentoeestand. Dit proces wordt de signaalgroepafwikkeling genoemd.

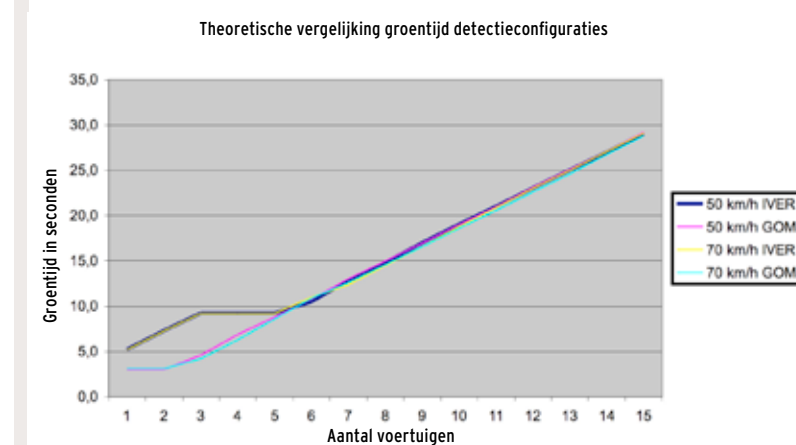
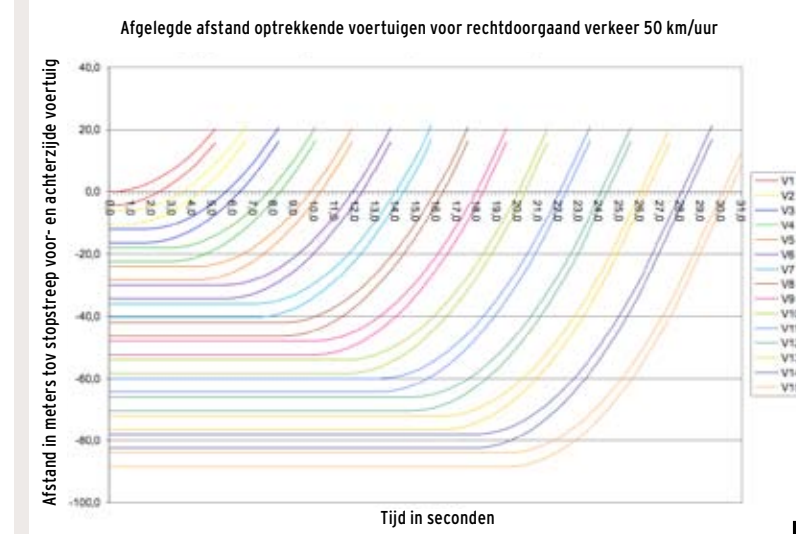
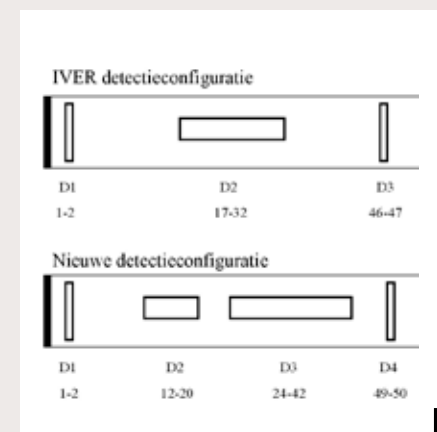
#### INSTELLINGEN IVER

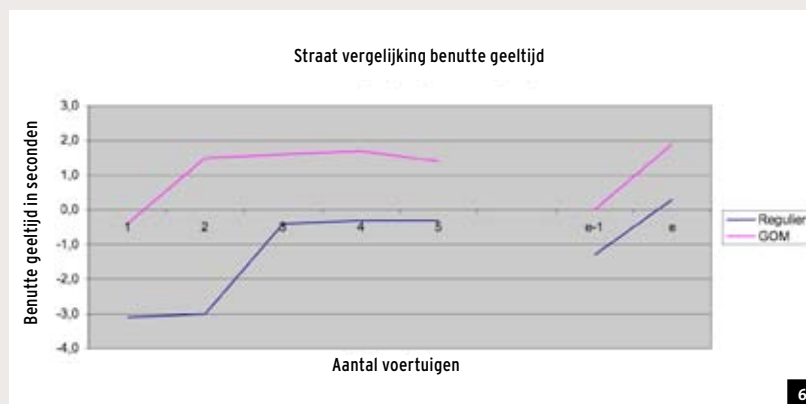
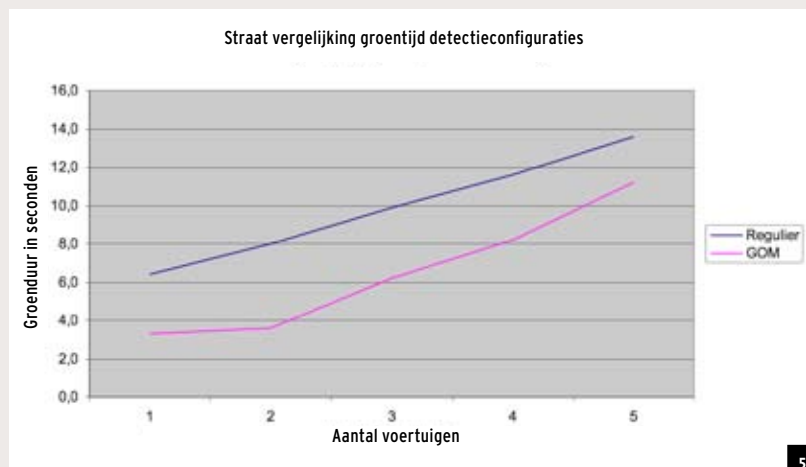
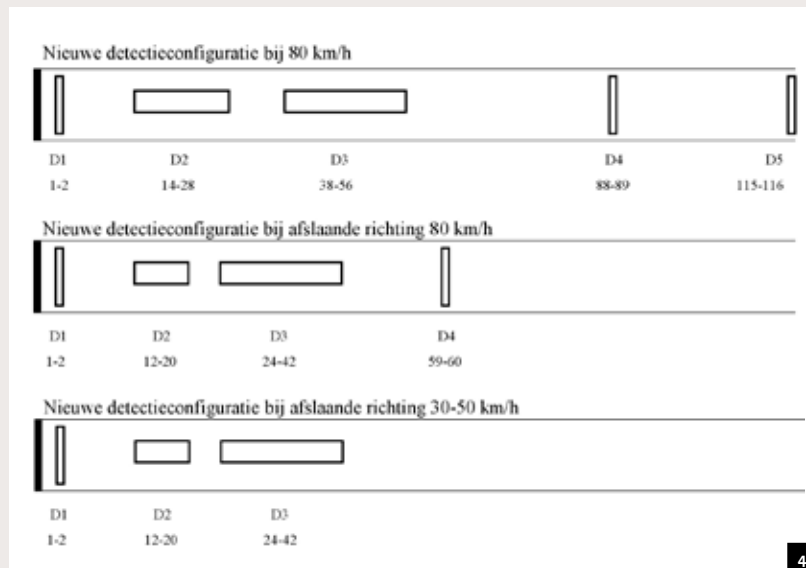
vastgroentijd: 5 seconden,  
VAG<sub>1</sub>-tijd (verlengtijd op koplus): 8 seconden,  
hiaattijd koplus: 3 seconden,  
hiaattijd lange lus: 0 seconden,  
hiaattijd verweglus: 2,0 seconden

1. Boven de IVER-detectieconfiguratie bij 50 km/uur, onderin de nieuwe waarbij in beide gevallen aangegeven is hoe de ligging is van detectoren

2. Het verwachte afrijproces van voertuigen bij 50 km/uur

3. De verwachte groentijden op basis van de theoretische vergelijking bij de IVER-configuratie en de nieuwe voor zowel 50 als 70 km/uur





4. De toegepaste detectieconfiguratie bij achtereenvolgens: 80 km/uur, afslaand bij 80 km/uur en afslaand vanuit de wijk zelf (30-50 km/uur)

5. De gemeten groentijden op straat voor afslaand verkeer van de nieuwe detectieconfiguratie Groen op maat als van een reguliere detectieconfiguratie

6. De gemeten benutte geeltijden op straat van de nieuwe detectieconfiguratie en een referentie vri in Helmond

tuigen. Zo kan met de hiaattijd de gewenste geelbenutting worden ingesteld, afhankelijk van de eisen van de wegbeheerder. Vanuit veiligheidsoverwegingen wordt aanbevolen om maximaal 50 procent van de geelfase te benutten. In figuur 6 is de geelbenutting weergegeven voor een wachtrij tot en met 5 voertuigen en bij een op snelheid passerend peloton van voertuigen (één na laatste (e-1) en laatste voertuig (e)). Deze data komt van een 'GOM-kruispunt' en van een referentiekruispunt met een reguliere detectieconfiguratie in het zuiden van Helmond. Wat geconcludeerd kan worden is dat de geelbenutting in 'Groen op Maat' bij het tweede voertuig al rond de 50 procent zit en dat dit zo blijft tot en met het laatste voertuig uit het peloton. Hierdoor wordt het kruisingsvlak zo optimaal mogelijk benut.

#### TOEPASBAARHEID

De beide locaties in Helmond kenmerken zich door een relatief laag verkeersaanbod dat afslaat, met daartegenover veel voertuigen die de hoofdroute volgen. Het werken met korte groentijden voor rustige richtingen leidt per definitie tot een lagere wachttijd, ongeacht het kruispunttype, tijdstip van de dag en het aantal rijstroken. Door gescheiden hiaatmeting bij meerdere rijstroken is 'opdrempelen' ook niet meer mogelijk. Met behulp van het programma Cocon – voor het doorrekenen van starre regelvarianten – is het goed mogelijk om snel een inschatting te maken van de winst die geboekt kan worden op een kruispunt wanneer 'Groen op Maat' wordt toegepast. In het kader: 'Winst nieuwe detectieconfiguratie' is een voorbeeld uitgewerkt waaruit blijkt dat in dit geval voor zowel wacht- als cyclustijden een winst van 25 procent haalbaar is. Voor elke andere situatie is waarschijnlijk ook winst te behalen die fors wordt beïnvloed door de hoeveelheid verkeer. Het is wel zo dat een kortere groentijd op een richting die deel uitmaakt van de maatgevende conflictgroep (wat bij linksafslaande richtingen vaak zo is), voor alle richtingen een efficiëntere verkeersafwikkeling oplevert en dus minder wachttijd ongeacht de drukte op het kruispunt.

In Helmond is het resultaat van GOM goed zichtbaar doordat hier twee vlot draaiende regelingen staan waarbij het onnodig wachten tot een minimum wordt beperkt. De kosten voor een rijstrook met 'Groen op Maat' bij 80 km/uur zijn vergelijkbaar met die van een normaal kruispunt. Bij een snelheid van 50 km/uur ligt de prijs per rijstrook ongeveer 25 procent hoger (1200 euro). Daarbij moet wel worden gekeken naar de afstand tussen de stopstreep en de verkeerslichten. Bij trager afrijdende voertuigen kan bij de bestuurders het gevoel ontstaan dat zij door rood rijden doordat bij passage van de stopstreep het verkeerslicht al enige tijd geel is. Ook is waargenomen dat voertuigen op conflicterende richtingen wel eens later starten. Dit wordt mogelijk veroorzaakt doordat het groene licht al

wordt getoond net nadat het kruisingsvlak leeg is en weggebruikers dit nog niet verwachten. Hierdoor zal de regeling iets minder vlot draaien. Waarschijnlijk is dit ook een kwestie van wennen. Het attenderen van weggebruikers door een 'afteller' kan dit misschien verhelpen. Om de resultaten goed in te kunnen schatten wordt GOM nog verder onderzocht waardoor deze nog nadrukkelijker wordt vergeleken met de momenteel gangbare methoden. De uitvoering van dit onderzoek is met name afhankelijk van het vinden van geschikte locaties (vergelijkbare voor- en nasituatie).

#### CONCLUSIE

De huidige detectieconfiguraties en de bijbehorende afwikkeling van een signaalgroep resulteren met name bij wachtrijen, korter dan zes voertuigen, in onnodige groentijd. Dit leidt tot ongelofwaardige situaties op straat evenals een toename van de totale verliestijd. Nu de grenzen van het verkeerssysteem steeds meer in zicht komen is het van belang om verkeerslichtenregelingen zo efficiënt mogelijk te laten regelen zodat het verkeer steeds goed wordt verwerkt.

Bij toepassing van 'Groen op Maat' (detectieconfiguratie met twee 'lange' lussen en een aangepaste signaalgroepafwikkeling met adaptieve hiaattijden) met een instelbare geelbenutting, wordt ongeacht het aantal of de snelheid van voertuigen een passende groentijd gerealiseerd.

Op kruispunten met diverse rustige richtingen (die buiten de spits in nog grotere aantallen aanwezig zijn) levert de nieuwe configuratie en de bijbehorende software een aanzienlijke winst op als het gaat om wachttijden. Ook in drukke periodes is een winst in de totale wachttijd en geloofwaardigheid van de regeling te boeken doordat minimalisatie van onnodige groentijd op één richting positieve effecten heeft voor het gehele kruispunt. Daarbij komt dat weggebruikers die conflicterend verkeer zien rijden minder snel door rood zullen rijden, waardoor de veiligheid verbetert. De precieze winst die behaald kan worden hangt af van het kruispuntontwerp en de hoeveelheid verkeer.

Daartegenover staat dat weggebruikers nog moeten wennen aan deze nieuwe en snellere manier van regelen. Weggebruikers zijn nog niet gewend dat een kruisingsvlak nog maar net leeg is als zij al mogen oprijden, of dat het gebruikelijk is dat ze een deel van de geelfase benutten. Hier kunnen ze verbaasd op reageren.

Samenvattend, 'Groen op Maat' biedt al met al een snellere en efficiëntere manier van regelen met minder (onnodige) wachttijd ten opzichte van reguliere detectieconfiguraties. \*

#### LITERATUUR

1. Misdom, L., Detectieconfiguraties geconfigureerd, Arnhem, mei 2007.

#### WINST NIEUWE DETECTIECONFIGURATIE

Op een fictieve T-splitsing met korte ontruimingstijden rijdt de volgende hoeveelheid verkeer (1 rijstrook per richting):

RICHTINGNUMMER	AANTAL MOTORVOERTUIGEN PER UUR
2	800
3	200
4	150
6	150
7	100
8	800

Wanneer een starre regeling ontworpen zou worden bij bovenstaande intensiteiten en reële afrijcapaciteiten, zijn de resultaten bij diverse toegepaste detectieconfiguraties als volgt:

	CYCLUS-TIJD: IN SEC	WINST: IN %	GEMIDDELDE VERLIESTIJD: IN SEC	WINST: IN %
Regulier	62		7,10	
1 arm GOM	49	21,0	6,00	15,5
2 armen GOM	40	35,5	5,30	25,4
Geheel GOM	38	38,7	5,40	23,9

De cyclustijden en gemiddelde verliestijden bij toepassing van diverse detectieconfiguraties voor een fictief kruispunt

- Mens, J., van Vught, L., e.a., Signaalgroepafwikkeling Detectieconfiguratie IVER-stuk 02-01, 2002.
- Wilson, A., Verkeerslichtenregelingen op kruispunten deel 2, Breda, NHTV, juni 2001.

#### KORTWEG

- Onnodige groentijd wordt weggegeven aan inefficiënte detectieconfiguraties, vooral bij minder dan zes voertuigen.
- Met 'Groen op Maat' rijdt het laatste voertuig altijd door een instelbaar gedeelte van de geelfase.
- Toepassing van 'Groen op Maat' levert minder verliestijden op bij de meeste verkeerslichtenregelingen, het kruispunt is daardoor minder lang leeg.