

postbus 23
3769 ZG soesterberg

kampweg 5
3769 DE soesterberg

telefoon 03463 - 1444

rapport no. IZF 1985 C-11

ex. no.

Oplage: 80

DE ROODLICHTDISCIPLINE VAN BESTUURDERS VAN
MOTORVOERTUIGEN ONDER INVLOED VAN EEN
AANPASSING VAN DE GEELTIJD

A.R.A van der Horst, W. ten Broeke
en
P.J. Bakker

In opdracht van de Dienst Verkeerskunde van de Rijkswaterstaat werd in een praktijkproef nagegaan in hoeverre o.a. een verlenging van de geeltijd met 1 s invloed heeft op het gedrag van automobilisten.

Aantal pag.: 79

INHOUD

	blz.
SAMENVATTING	5
ABSTRACT	6
1 INLEIDING	7
2 PROBLEEMSTELLING	8
3 OPZET EN UITVOERING	10
3.1 Algemeen	10
3.2 Methode	12
3.3 Keuze locaties	13
3.4 Opnamen	14
3.5 <u>Analyse</u>	16
3.5.1 Uitleesprocedure	16
3.5.2 Verkeersintensiteiten	17
3.5.3 Databestand	19
3.5.4 Groentijden en cyclustijden	21
4 RESULTATEN BIBEKO	23
4.1 <u>Aanpassing geeltijd</u>	23
4.1.1 Aantal roodrijders	23
4.1.2 Verdeling van doorrijders als functie van TPS	23
4.1.3 Kans op stoppen als functie van de afstand tot stopstreep (ATS)	27
4.1.4 Kans op stoppen als functie van de tijd tot stopstreep (TTS)	32
4.1.5 Conclusies	34
4.2 <u>Detectieafstand</u>	35
4.2.1 Aantal roodrijders	36
4.2.2 Verdeling van doorrijders als functie van TPS	36
4.2.3 Kans op stoppen als functie van de afstand tot stopstreep (ATS)	36
4.2.4 Kans op stoppen als functie van de tijd tot stopstreep (TTS)	39
4.2.5 Conclusies	40
4.3 <u>Wachttijd</u>	41
4.3.1 Aantal roodrijders	42
4.3.2 Verdeling van doorrijders als functie van TPS	43
4.3.3 Kans op stoppen als functie van de afstand tot stopstreep (ATS)	43
4.3.4 Kans op stoppen als functie van de tijd tot stopstreep (TTS)	43
4.3.5 Conclusies	45
5 RESULTATEN BUBEKO	46
5.1 <u>Aanpassing geeltijd</u>	47
5.1.1 Aantal roodrijders	47
5.1.2 Verdeling van doorrijders als functie van TPS	48
5.1.3 Kans op stoppen als functie van de afstand tot stopstreep (ATS)	51
5.1.4 Conclusies	53

5.2	<u>Detectieafstand</u>	54
5.2.1	Het aantal roodrijders	54
5.2.2	Verdeling van doorrijders als functie van TPS	54
5.2.3	Kans op stoppen als functie van de afstand tot stopstreep (ATS)	55
5.3	Conclusies	57
6	DISCUSSIE EN CONCLUSIES	58
6.1	<u>Binnen de bebouwde kom</u>	58
6.1.1	Geeltijd van 3 naar 4 s	58
6.1.2	Detectieafstand	60
6.1.3	Wachttijd	60
6.2	<u>Buiten de bebouwde kom</u>	61
6.2.1	Aanpassing geeltijd	61
6.2.2	Detectieafstand	62
7	AANBEVELINGEN	63
	REFERENTIES	64
	BIJLAGE A: Korte beschrijving locaties	65

SAMENVATTING

De roodlichtdiscipline van bestuurders van motorvoertuigen onder invloed van een aanpassing van de geeltijd

A.R.A. van der Horst, W. ten Broeke en P.J. Bakker

Uit een eerder uitgevoerde literatuurstudie kwam naar voren dat de momenteel in Nederland gangbare geeltijden (3 s binnen en 4 s buiten de bebouwde kom) met ca. 1 s verlengd zouden moeten worden om een betere aanpassing te krijgen aan wat onder normale omstandigheden van bestuurders van motorvoertuigen mag worden verwacht en wat onder ongunstige omstandigheden maximaal haalbaar is.

Omdat in de literatuur geen gegevens beschikbaar bleken over eventuele aanpassingen in het beslisgedrag van automobilisten op langere termijn, is een praktijkproef met voornoemde verlenging van de geeltijd opgezet en uitgevoerd en met behulp van een voor- en na-studie geëvalueerd. Tevens zijn in beperkte mate effecten van detectieafstand en wachttijd onderzocht.

Hiertoe is in totaal op zes onderzoeklocaties (het proefgebied omvatte in totaal 30 met verkeerslichten geregelde kruispunten, waar geeltijdverlenging werd toegepast) het gedrag van automobilisten in een ruim gebied voor de stopstreep op moment van begin geel geobserveerd en kwantitatief geanalyseerd m.b.v. time-lapse video tot één jaar na de aanpassing.

De resultaten tonen aan dat, hoewel er onder invloed van de geeltijdaanpassing een geringe verandering in het gedrag van automobilisten valt te onderscheiden (die overigens na een half jaar niet meer verandert), netto de omvang van de roodlichtnegatie wordt gehalveerd. Op grond van deze resultaten wordt aanbevolen om binnen de bebouwde kom (snelheid 50 km/h) een geeltijd van 4 s en buiten de bebouwde kom (snelheid 80 km/h) een geeltijd van 5 s toe te passen.

De eventuele invloed van verschillen in detectie-afstanden en optredende wachttijden op het gedrag van automobilisten kon door allerlei bijkomende versturende omstandigheden of door een te gering aantal observaties niet hard worden aangetoond.

ABSTRACT

Driver's obedience to the red traffic signal as influenced by an one second prolongation of the yellow phase

A.R.A. van der Horst, W. ten Broeke and P.J. Bakker

In a review of the literature it was found that the current yellow-timing in The Netherlands should be prolonged with about one second (given the present three seconds for a 50 km/h intersection and four seconds for a 70 or 80 km/h intersection) to adapt to drivers' needs in normal circumstances and to what under more extreme conditions can be expected.

In literature no information was available on long term influence of a prolongation of the yellow time on the decision behaviour of car drivers. Therefore a field experiment (before/after study, period one year) was conducted. Also the influence of different detection distances and different waiting times was investigated.

At six locations (the total experimental area included 30 signalised intersections where the yellow time was prolonged) the behaviour of car drivers in a relevant area in front of the stop line was observed and analysed quantitatively by means of time-lapse video.

Although a small adaption of drivers' behaviour can be distinguished, (no difference in behaviour between six and twelve months after the prolongation of the yellow time was found) the netto result of the longer yellow timing appears to be an halving of the number of run red offences. Therefore, it is recommended to use a yellow phase of four seconds for 50 km/h intersections and one of five seconds for 80 km/h intersection.

Consistent effects of different detection distances and different waiting times on drivers' behaviour could not be found, either by specific local circumstances or by a too small number of observations.

1 INLEIDING

In 1979 heeft de Ministeriële werkgroep Verkeerslichten de Begeleidingsgroep Roodlichtdiscipline ingesteld met de opdracht de omvang van het door rood rijden of lopen te bepalen, deze gedragswijze te verklaren en maatregelen aan te geven die de roodlichtdiscipline kunnen bevorderen.

In opdracht van de Dienst Verkeerskunde van de Rijkswaterstaat voert het Instituut voor Zintuigfysiologie TNO (IZF-TNO) onderzoek uit naar de roodlichtdiscipline van bestuurders van motorvoertuigen. Teneinde inzicht te verkrijgen in de omvang en aard van het door rood rijden is een inventarisatie uitgevoerd aan de hand van gegevens, afkomstig van roodlichtcamera's. Deze gegevens bleken o.a. door het ontbreken van intensiteitsgegevens en het soms relatief lage aantal goed geïdentificeerde voertuigen, erg onvolledig. Daarom werden aanvullende metingen verricht (Poll en Van der Horst, 1981). Op één kruispunt buiten de bebouwde kom (bubeko) werden m.b.v. registraties van passages van een detectorlus vlak na de stopstreep effecten van dag/nacht, van aanwezigheid van politie, verandering van de geelduur en ontkoppeling van de groenverlenglus onderzocht. Met een dergelijke methode konden alleen gegevens over doorrijders worden verzameld. Daarom werd op een tweede kruispunt middels video-opnamen de invloed van type manoeuvre (rechtdoor of rechtsaf) en de rijsnelheid op het moment van passeren van de stopstreep na begin geel onderzocht.

Verreweg de meeste roodlichtovertredingen bleken plaats te vinden in het begin van de roodfase. Deze categorie overtredingen heeft alles te maken met het beslisdgedrag van de bestuurder in de eraan voorafgaande periode (einde groenfase, geelfase). Ten aanzien van deze problematiek rond de beslissing van automobilisten om te stoppen of door te rijden bij het beëindigen van de groenfase werd vervolgens een literatuurstudie uitgevoerd (Van der Horst en Godthelp, 1982). Op grond van deze literatuurstudie is een veldstudie verricht naar lange termijn effecten van een aanpassing van de duur van de geelfase en type regeling op het beslisdgedrag van automobilisten.

2 PROBLEEMSTELLING

Uit een uitgebreide bestudering van de beschikbare literatuur op het gebied van de geellichtproblematiek (Van der Horst en Godthelp, 1982) komt naar voren dat een verlenging van de geeltijd met ca. 1 s ten opzichte van huidig gangbare instelwaarden (3 s geel op kruispunten met een toelaatbare maximum snelheid van 50 km/h en 4 s geel op kruispunten met een snelheid van 70-80 km/h) een betere aanpassing geeft aan wat onder normale omstandigheden van bestuurders van motorvoertuigen mag worden verwacht en wat onder ongunstige omstandigheden maximaal haalbaar is (o.a. gebaseerd op een maximaal haalbare remvertraging van 2,5 m/s op een nat wegdek). Met een dergelijke aanpassing van de geeltijd zou een aanzienlijke reductie in het aantal roodlichtovertredingen kunnen worden verkregen. Eenduidiger beslisgedrag zou tevens ten goede kunnen komen aan de verkeersveiligheid. Onderzoek hiernaar had echter alleen betrekking op relatief korte perioden (ca. enkele weken tot hooguit enkele maanden). De vraag is of automobilisten niet op langere termijn hun gedrag zullen aanpassen aan een wat langere geeltijd, waardoor de aanvankelijk positieve effecten mogelijk weer grotendeels teniet worden gedaan. Op grond van de beschikbare literatuur kan geen uitspraak worden gedaan. Een praktijkproef die zich minimaal uitstrekt over een periode van één jaar, zou hierover uitsluitsel moeten geven.

Het type regeling kan in belangrijke mate van invloed zijn op het aantal gelegenheden om een roodlichtovertreding te kunnen begaan (expositie), maar tevens op de roodlichtdiscipline zelf. Te verwachten valt dat een voertuigafhankelijke regeling (waarbij het groen in principe verlengd wordt zolang zich voertuigen in een bepaald detectiegebied bevinden) minder aanleiding geeft tot potentiële roodrijders dan een starre regeling (waarbij het moment van omschakelen van het verkeerslicht geheel onafhankelijk van het momentane verkeer geschiedt). In hoeverre factoren als voorspelbaarheid van de situatie, verwachte verliestijd, aan- of afwezigheid van ander verkeer e.d. metterdaad doorwerken in het aantal roodlichtovertredingen is onbekend.

Op grond van o.a. de uitkomsten van de literatuurstudie en de discussies in de Begeleidingsgroep Roodlichtdiscipline zijn de volgende te toetsen hypothesen opgesteld (het aspect verkeersveiligheid wordt vooralsnog buiten beschouwing gelaten):

- a. een aanpassing van de geeltijd met ca. 1 s geeft, ook op lange termijn, een geringer aantal roodlichtovertredingen,
- b. bij voertuigafhankelijke regelingen levert afstanddetectie in combinatie met een goed ingestelde hiaattijd een verminderde roodlichtnegatie op t.o.v. detectie nabij de stopstreep,
- c. relatief lange wachttijden leveren een verhoogde roodlichtnegatie op.

Als aangetoond zou kunnen worden dat een aanpassing van de geeltijd inderdaad een aanzienlijke vermindering van het door rood rijden teweeg brengt (het gedrag dat gevraagd wordt van de automobilisten is meer in overeenstemming met wat in het algemeen als normaal gedrag wordt beschouwd), kunnen maatregelen gericht op de handhaving veel effectiever worden uitgevoerd. Ten eerste is de groep veel kleiner en ten tweede fungeert begin rood dan niet meer als een "noodzakelijke" verlenging van de geelfase.

In de begeleidingsgroep werd ten aanzien van het type regeling prioriteit gegeven aan het vergelijken van twee veel voorkomende typen voertuigafhankelijke regelingen, in plaats van een vergelijking met bijvoorbeeld starre regelingen.

De hypothese ten aanzien van de wachttijd is opgesteld vanuit de veronderstelling dat automobilisten de beslissing om te stoppen of door te rijden mede zouden kunnen laten afhangen van de voorkennis die zij hebben over de duur van de te wachten tijd op een bepaald kruispunt.

De hypothesen dat bij zeer drukke verkeersstromen (t.g.v. het extra letten op voorligger) en bij het volledig ontbreken van conflicterend verkeer, een verhoogde roodlichtnegatie optreedt, zouden indien mogelijk meegenomen kunnen worden, door meetperioden er mede op af te stemmen.

3 OPZET EN UITVOERING

3.1 Algemeen

Het meten van eventuele effecten van een aanpassing van de geeltijd (van 3 naar 4 s binnen de bebouwde kom en van 4 naar 5 s buiten de bebouwde kom) op het gedrag van automobilisten, kan in Nederland gelet op de huidige gangbare instelwaarden alleen geschieden door middel van een voor- en nastudie in een proefgebied. Een dergelijk gebied moet een redelijk aantal verkeerslichteninstallaties omvatten (men moet gewend zijn aan met lichten geregelde kruispunten) en moet wat verplaatsingen betreft betrekkelijk op zichzelf staan (het aandeel verkeersdeelnemers van buiten het gebied moet relatief klein zijn). Verder dient het onderzoek zich over een termijn van naar schatting minimaal één jaar uit te strekken omdat te verwachten valt dat eventuele gewinningseffecten zich pas op langere termijn zullen manifesteren. Een dergelijke periode zou het mede in beschouwing nemen van een controlegebied zeer wenselijk maken om voor externe invloeden te kunnen corrigeren. Hiervan is evenwel vooralsnog afgezien omdat het een te omvangrijk onderzoeksprogramma zou vergen met het uitgangspunt dat alleen sterke effecten van een verandering van de geeltijd op het aantal roodrijders van belang zijn. Wel dient dan veel zorg besteed te worden aan het zo weinig mogelijk variëren van andere potentiële beïnvloedingsfactoren in het proefgebied (bijv. geen grootscheepse acties van politiezijde). Een onderscheid naar binnen en buiten de bebouwde kom ligt, gezien het verschil in snelheid, voor de hand. Naast een voormeting lijken drie nametingen (één kort na de verandering, één ca. 6 en één ca. 12 maanden erna) noodzakelijk om na te kunnen gaan of een eventueel gewinningseffect al dan niet is uitgekristalliseerd. De meting kort na is vooral bedoeld om eventuele onverwachte gevolgen snel op te sporen. E.e.a. resulteert in het schema van Fig. 1. Hierbij is de opzet voor het deel korte vs. lange wachttijden uit kostenoverwegingen voorlopig beperkt tot binnen de bebouwde kom met één voormeting en één nameting (12 maanden na).

Voor het onderzoekschema van Fig. 1 zijn minimaal 6 locaties noodzakelijk, binnen de bebouwde kom 4 locaties (te weten één met detectie op afstand, één met detectie nabij stopstreep, één met korte en één met lange wachttijd) en buiten de bebouwde kom 2 locaties (één

	detectie op afstand			detectie nabij stopstreep			korte wachttijd		lange wachttijd	
	voor	na	6 mnd na	12 mnd na	voor	na	6 mnd na	12 mnd na	voor	12 mnd na
verlenging geeltijd										
binnen beb. kom										
buiten beb. kom										

Fig. 1. Opzet vervolgonderzoek roodlichtdiscipline van bestuurders van motorvoertuigen.

met detectie op afstand en één met detectie nabij stopstreep). De keuze van onderzoekslocaties is bij een dergelijke opzet uiterst kritisch. In totaal zijn 20 metingen voorzien. Een meting bestaat uit het observeren en analyseren van één toeleidende tak per kruispunt (alleen rechtdoorgaand verkeer). Voor het verschil in detectiegebied zijn de metingen verricht op hoofdrichtingen, voor het verschil in wachttijd lijken zijrichtingen het meest in aanmerking te komen.

3.2 Methode

Het gedrag van automobilisten moet vanaf het begin van de geelfase gedetailleerd kunnen worden geanalyseerd en er moet een categorisering van manoeuvres en omstandigheden mogelijk zijn. Het maken van video-opnamen en het achteraf kwantitatief uitwerken ervan is hiervoor een geschikte methode. Minimaal dienen vanaf video van elk voertuig de volgende grootheden vastgelegd te worden:

- a. type voertuig (personenauto of vrachtwagen)
- b. de afstand tot de stopstreep op het moment dat het licht naar geel gaat (relevant gebied binnen de bebouwde kom tot 100 m (bij 70 km/h en een tijd van 5 s) en buiten de bebouwde kom tot ca. 150 m voor de stopstreep (bij 90 km/h en een tijd van 6 s))
- c. de beslissing om te stoppen of door te rijden
- d. het tijdstip van passeren van de stopstreep (voor de doorrijders).

Op grond van bovenstaande grootheden kan de kans op stoppen als functie van de afstand tot de stopstreep op moment van begin geel worden bepaald. Voor het vaststellen van de kans op stoppen als functie van de tijd die nog rest op moment van begin geel tot de stopstreep bereikt zou worden, uitgaande van een constante rijnsnelheid, moet bovendien de momentane snelheid op het moment van begin geel bekend zijn. Tevens kan dan de gemiddelde remvertraging, nodig om voor de stopstreep tot stilstand te komen, worden uitgerekend.

3.3 Keuze locaties

Op grond van de evaluatie van de aanpassing van de geeltijd geldt de eis dat de maatregel een qua verplaatsingen betrekkelijk op zichzelf staand gebied omvat. Speciaal voor dit onderzoek heeft het Regionaal Orgaan voor de Verkeersveiligheid Friesland een inventarisatie uitgevoerd naar met verkeerslichten geregelde kruispunten in Friesland. Voor de binnen de bebouwde kom situatie is de stad Leeuwarden het meest geschikt gebieden met in totaal 22 verkeerslichteninstallaties (zie voor een overzicht Bijlage A). Na overleg met de gemeente bleek het mogelijk om op alle 22 kruispunten de geeltijd aan te passen van 3 naar 4 s. Alleen voor detectie nabij stopstreep moest genoeg genomen worden met een detectieafstand van 20 m in plaats van een beoogde afstand van maximaal 10 m. Dergelijke korte detectieafstanden worden in Leeuwarden op hoofdrichtingen niet toegepast. Ten aanzien van het aspect wachttijden waren vooraf vrijwel geen gegevens beschikbaar. Uiteindelijk zijn in overleg met de gemeente twee kruispunten geselecteerd, die op de zijrichting in elk geval gedurende spitsuren een aanzienlijk verschil in wachttijd zouden opleveren. De volgende kruispunten zijn geselecteerd:

- L1: Gerbrandyweg - Verzetsstraat, detectie op 55 m, hoofdrichting
- L5: Groningerstraatweg - Bleeklaan, detectie op 20 m, hoofdrichting
- L2: Wollegaast - Dammelaan, relatief lange wachttijd, zijrichting
- L4: Rietgras - Aldlansdijk, relatief korte wachttijd, zijrichting

Aanvankelijk was voor detectie nabij stopstreep het kruispunt Leeuwerikplein (L3) uitgezocht. Ongewenste publiciteit tijdens de voormeting echter maakte dit kruispunt verder ongeschikt.

Het vinden van geschikte onderzoeklocaties buiten de bebouwde kom bleek erg moeilijk. De eis van een betrekkelijk op zichzelf staand gebied moest worden afgezwakt. Er is tenslotte gekozen voor een wegtraject, RW 32, Wolvega - Leeuwarden, waar op 8 kruispunten met een verkeersregelinstallatie de geeltijd is aangepast, op 4 kruispunten van 4 naar 5 s, op de rotonde Heerenveen en 3 kruispunten bij Wolvega (officieel 50 km/h) van 3 naar 4 s. Detectie uitsluitend nabij stopstreep wordt op dit traject echter niet toegepast. Detectie op 45 m moest worden geaccepteerd. Op de volgende twee kruispunten zijn de metingen verricht:

F1: RW 32 Werpsterhoek, detectie op 80 m
F2: RW 32 Oranjewoud, detectie op 45 m.

Een korte beschrijving van de onderzoeklocaties is gegeven in Bijlage A.

3.4 Opgnamen

Op elke locatie zijn twee videocamera's toegepast; één camera gericht op de toeleidende tak, de tweede op het gebied nabij de stopstreep en de verkeerslichten zelf (de stand van de lichten wordt afgeleid uit de videobeelden). In Leeuwarden konden de camera's op alle locaties geheel onopvallend worden opgesteld in de omliggende bebouwing. Op de kruispunten buiten de bebouwde kom zijn de camera's zoveel mogelijk afgedekt gemonteerd in een boom of lichtmast, terwijl de rest van de apparatuur was geplaatst in een standaard verrijdbare RWS schaftkeet. De relevante delen van beide beelden zijn samengevoegd tot één videosignaal en, voorzien van een tijd in beeld (op 1/100 s) en een digitaal label voor elk beeld, opgenomen op een time-lapse VHS recorder (zie o.a. Van der Horst en Sijmonsma, 1980). Gezien het betrekkelijk incidentele karakter van passages na begin geel verdient de time-lapse video de voorkeur. Hierbij wordt in plaats van met de normale beeldsnelheid (50 halfbeelden/s) opgenomen met een lagere snelheid, in dit geval met een reductiefactor 4, oftewel elke 0,08 s wordt een videobeeldje vastgelegd op tape (12,5 halfbeeld/s). Dit geeft een aanzienlijke besparing aan materiaal, terwijl alle relevante informatie beschikbaar blijft.

Per meting zijn in principe gedurende 36 uur opnamen gemaakt volgens het volgende tijdschema:

maandag	12-18 uur
dinsdag	8-18 uur
woensdag	8-18 uur
donderdag	8-18 uur

Hiermee zijn zowel stille als drukke uren in ruime mate vertegenwoordigd. Op voorhand viel niet nauwkeurig af te schatten hoe frequent passages na begin geel op een bepaalde locatie optreden. Op grond van de aanname dat een verschuiving (in de verdeling van passages na

Tabel I Data video-opnamen van metingen volgens schema van Fig. 1. Aanpassing geeltijd binnen bebouwde kom (bibeko) van 3 naar 4 s in week van 11 april 1983, aanpassing geeltijd buiten bebouwde kom (bubeko) van 4 naar 5 s in de week van 19 september 1983.

BIBEKO			
<u>detectie op afstand:</u>			
L1: Gerbrandyweg - Verzetsstraat	VOOR	7-10 maart	1983
	NA	18-21 april	1983
	6 mnd	NA	5-8 september 1983
	12 mnd	NA	2-5 april 1984
<u>detectie nabij stopstreep:</u>			
L5: Groningerstraatweg - Bleeklaan	VOOR	5-7 april	1983*
	NA	25-28 april	1983
	6 mnd	NA	26-29 september 1983
	12 mnd	NA	12-15 maart 1984
<u>lange wachttijd:</u>			
L2: Wollegaast - Dammelaan	VOOR	14-17 maart	1983
	12 mnd	NA	19-22 maart 1984
<u>korte wachttijd:</u>			
L4: Rietgras - Anlandsedijk	VOOR	28-31 maart	1983
	12 mnd	NA	26-29 maart 1984

BUBEKO			
<u>detectie op afstand:</u>			
F1: RW32 Werpsterhoek	VOOR	29 aug. - 1 sept.	1983
	NA	3-6 oktober	1983
	6 mnd	NA	9-12 april 1984
	12 mnd	NA	10-13 september 1984
<u>detectie nabij stopstreep:</u>			
F2: RW32 Oranjewoud	VOOR	12-15 september	1983
	NA	10-13 oktober	1983
	6 mnd	NA	7-10 mei 1984
	12 mnd	NA	17-20 september 1984

* Slechts 3 dagen, 26 uur opnamen, locatie zeer laat bij onderzoek betrokken.

begin geel) van ca. een kwart seconde nog significant aangetoond kan worden, zou een aantal van ca. 900 voertuigen noodzakelijk zijn. Niet te verwachten valt dat een dergelijk aantal voor alle condities binnen de beschikbare opnameperioden volledig zal worden gehaald. Gelet op de beschikbare middelen en mankracht moest dit echter worden geaccepteerd. Tabel I vermeldt de data van opnamen voor alle locaties.

3.5 Analyse

3.5.1 Uitleesprocedure

Bij het uitwerken van de videobeelden zijn twee fasen te onderscheiden. Allereerst zijn de lichtbeeldwisselingen zoveel mogelijk volledig automatisch uitgelezen vanaf met een video-digitiser gedigitaliseerde beelden en de bijbehorende beeldcodes opgeslagen. Voor ca. 75% van het materiaal is dit gelukt. Een tweede stap in de uitleesprocedure bestaat uit het automatisch opzoeken door het video-analyse apparaat van de momenten begin geel aan de hand van de bijbehorende (bekende) beeldcodes. In het geval er voertuigen in het toeleidende wegvak aanwezig zijn, worden - na het eenmaal afspelen van ca. tien seconden band - voor elk voertuig achtereenvolgens ingevoerd:

- a. het type (personenauto of vrachtwagen)
- b. de beslissing stoppen of doorrijden
- c. plaats op moment van overgang naar geel middels het positioneren van elektronische kruisdraden (video x-y coördinaten)
- d. het moment van passeren van de stopstreep voor de doorrijders.

Voor de resterende 25%, waarbij het niet lukte om vooraf automatisch de lichtbeeldovergangen vast te leggen, moest eerst met de hand het moment begin geel worden opgezocht, waarna dezelfde procedure afgehandeld kon worden. Met behulp van deze ruwe gegevens kan een belangrijk deel van de gewenste analyses worden uitgevoerd. Voor de plaatsbepaling is nog wel een transformatie van video-coördinaten naar het straatvlak noodzakelijk, minimaal in de vorm van de afstand tot de stopstreep. Hiertoe zijn een aantal referentiepunten (minimaal vier) opgemeten, zowel op straat als vanaf video, op grond waarvan een transformatievoorschrift kan worden opgesteld. Voor een deel van de metingen (de voormetingen en de laatste nametingen binnen de

bebouwde kom) zijn bovendien op zeven op de geelovergang volgende tijdmomenten (met een tijdstap van 0,24 s) de posities van de voertuigen opgemeten teneinde de snelheid te kunnen bepalen op het moment van begin geel (V_{beg}). V_{beg} is berekend op grond van een 1e orde polynoom schatting door de eerste 4 waarden van de reeks van zeven. De kwantitatieve analyse is gefaseerd uitgevoerd. Voor de binnen de bebouwde kom situatie zijn eerst op de vier locaties de voormetingen en de nametingen 12 maanden NA uitgewerkt. Op grond van de eerste resultaten is besloten tevens de 2 metingen 6 maanden NA de aanpassing van de geeltijd te analyseren. De opnamen buiten de bebouwde kom zijn vooralsnog slechts kwantitatief geanalyseerd voor de voormeting en de 3e nameting. In totaal zijn dus 14 metingen uitgewerkt, waarvan 8 inclusief het opmeten van de gereden snelheid (uitsluitend binnen de bebouwde kom).

3.5.2 Verkeersintensiteiten

Vanaf time-lapse video zijn intensiteitstellingen verricht voor het autoverkeer op de toeleidende tak onder studie. Tellen vanaf time-lapse video kan efficiënt geschieden, gemiddeld blijkt ongeveer een kwartier teltijd nodig voor één uur opnamen. Tabel II geeft een overzicht van het totaal aantal gepasseerde voertuigen gedurende de meetperioden (36 uur per periode).

Fig. 2 geeft voor de onderzoekslocaties het verloop van de verkeersintensiteiten op de onderzochte naderingsrichtingen over de dag. Bij locatie L1 valt een duidelijke avondpiek te onderscheiden; bij L5 vooral een ochtend- en middagpiek. Hetzelfde beeld bestaat buiten de bebouwde kom, voor locatie F2 een avondpiek en voor locatie F1 een ochtend- en middagpiek. Bij locaties L2 en L4 zijn de intensiteiten volledig vergelijkbaar.

Tabel II 36 uur totalen van aantal gepasseerde voertuigen op toeleidende tak onder studie voor binnen en buiten de bebouwde kom (bibeko resp. bubeko).

locatie		rechtdoor			linksaf	rechtsaf	totaal	
		personenauto	vrachtwagen	totaal	totaal	totaal		
L1		VOOR	14140	1453	15593	3325	-	18918
	6 mnd	NA	14355	1565	15920	3153	-	19073
	12 mnd	NA	14919	1515	16434	3081	-	19515
L5		VOOR*	9027	454	9481	2937	187	12605
	6 mnd	NA	11704	669	12373	3642	183	16198
	12 mnd	NA	12659	586	13245	3747	170	17162
L2		VOOR	2538	135	2673	1223	3398	7294
	12 mnd	NA	2524	155	2679	1324	3238	7241
L4		VOOR	2322	164	2486	994	1747	5227
	12 mnd	NA	2183	166	2349	996	1626	4971
TOTAAL		VOOR	28027	2206	30233	8479	5332	44044
BIBEKO	6 mnd	NA**	26059	2234	28293	6795	183	35271
	12 mnd	NA	32185	2422	34607	9148	5034	48789
F1		VOOR	7801	859	8660	87	1938	10685
	12 mnd	NA	8422	880	9302	176	2258	11765
F2		VOOR	9927	1981	11908	859	2456	15223
	12 mnd	NA	9765	1761	11526	847	2472	14845
TOTAAL		VOOR	17728	2840	20568	946	4394	25908
BUBEKO	12 mnd	NA	18214	2641	20855	1023	4730	26608

* 26 uur periode

** 2 locaties L1 en L5

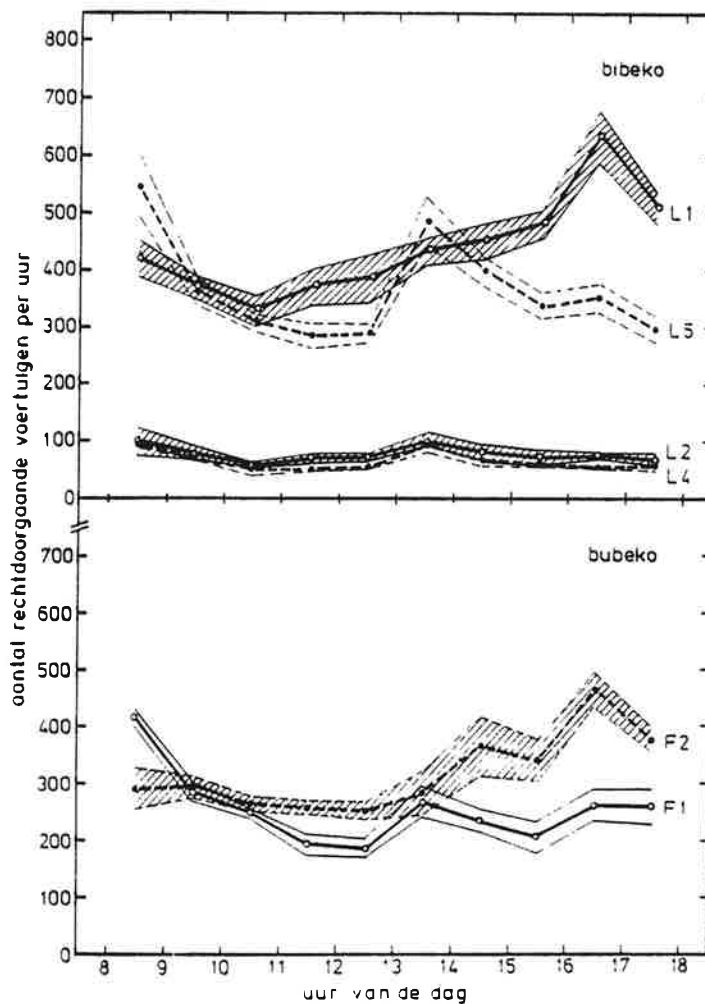


Fig. 2 Verkeersintensiteiten voor het autoverkeer op onderzochte naderingsrichtingen binnen en buiten de bebouwde kom (resp. bibeko en bubeko), als functie van het tijdstip van de dag; per punt is gemiddeld over alle beschikbare uren (2 of 3 metingen (voor, 6 mnd na; 12 mnd na) en 4 opnamedagen per meting). Tevens is de spreiding aangegeven.

3.5.3 Databestand

Het totale databestand zoals dat uit de analyse van de videobeelden resulteerde, staat weergegeven in Tabel III. Hierbij zijn twee ingangen aangegeven, allereerst het aantal cycli, onderscheiden naar cycli zonder en met voertuigen in het geobserveerde gebied op moment van begin geel en ten tweede het aantal voertuigen, onderscheiden in personenauto's en vrachtwagens en in stoppers en doorrijders. Binnen de bebouwde kom geldt dat zich bij ca. tweederde (hoofdrichting 50%, zijrichting 85%) van de cycli, geen voertuig in het relevante gebied

Tabel III Totaal aantal geanalyseerde cycli en totaal aantal geanalyseerde voertuigen; cycli opgesplitst naar aantal cycli zonder voertuigen in gebied voor stopstreef op moment van begin geel (0V), met 1 Voertuig (1V), etc. Opsplitsing voertuigen in categorieën personenauto en vrachtwagen, alsmede in 1e stoppers (voertuigen die als eerste stoppen), volgstoppers (voertuigen die stoppen achter andere stopper) en doorrijders.

locatie	aantal cycli										aantal voertuigen						
	totaal	0V	1V	2V	3V	4V	5V	6V	7V	8V	totaal	personen- auto	vrachtwagen/ bus	1e stoppers	volg- stoppers	door- rijders	
L1		2068	1022	562	292	131	44	9	5	2	1	1809	1611	198	726	336	747
	6 mnd	1781	836	459	267	123	45	23	13	11	4	1844	1599	245	652	442	750
	12 mnd	1660	734	512	244	115	35	13	6	1	0	1591	1418	173	586	272	733
L5		1047	563	321	121	28	9	3	2	0	0	710	675	35	274	72	364
	6 mnd	1274	676	401	147	35	12	1	0	2	0	867	811	56	318	75	474
	12 mnd	1293	686	380	160	54	11	1	1	0	0	916	870	46	335	89	492
L2		1208	1001	176	28	0	1	0	2	0	0	247	230	17	104	12	131
	12 mnd	1404	1174	223	6	1	0	0	0	0	0	238	219	19	94	1	143
L4		1381	1201	163	17	0	0	0	0	0	0	197	183	14	51	4	142
	12 mnd	1322	1158	144	17	3	0	0	0	0	0	187	175	12	53	3	131
TOTAAL		5704	3787	1222	458	159	54	12	9	2	1	2963	2699	264	1155	424	1384
BIBEKO	6 mnd	3055	1512	860	414	158	57	24	13	13	4	2711	2410	301	970	517	1224
	12 mnd	5679	3752	1259	427	173	46	14	7	1	0	2932	2682	250	1068	365	1499
T O T A A L		14438	9051	3341	1299	490	157	50	29	16	5	8606	7791	815	3193	1306	4107
F1		1916	1388	377	106	36	9	0	0	0	0	733	648	85	411	63	259
	12 mnd	2119	1592	376	112	32	7	0	0	0	0	724	645	79	349	41	334
F2		1693	1017	407	165	66	22	10	5	0	1	1111	847	264	159	44	908
	12 mnd	1617	1125	357	103	27	4	1	0	0	0	664	526	138	139	16	509
TOTAAL		3609	2405	784	271	102	31	10	5	0	1	1844	1495	349	570	107	1167
BUBEKO	12 mnd	3736	2717	733	215	60	11	1	0	0	0	1388	1171	217	488	57	843
T O T A A L		7345	5122	1517	486	162	42	11	5	0	1	3232	2666	566	1058	164	2010

■ 26 uur opnameperiode

bevindt. Van de categorie "stopper" is ca. 30% volgstopper. Van deze groep is verondersteld dat er geen keuzemogelijkheid meer aanwezig is (er is bibeko slechts één rechtdoorgaande rijstrook) en zal verder buiten beschouwing blijven.

Buiten de bebouwde kom is er in 70% van de cycli geen voertuig aanwezig in het geobserveerde gebied voor de stopstreep op moment van begin geel. 13% van de stoppers valt in de categorie volgstoppers, nu gedefinieerd als de stoppers die achter een ander voertuig tot stilstand komen, waarbij geen gebruik gemaakt is van een rijstrookwisseling.

3.5.4 Groentijden en cyclustijden

Tabel IV geeft voor de onderzoekslocaties de gemiddelde groentijden voor de onderzochte richtingen, alsmede de gemiddelde cyclustijden. Voor de locaties L1 en L5 blijkt naast een verschil in detectieafstand bovendien een verschil aanwezig in regelstrategie. Bij L1 (detectieafstand 55 m) wordt het groen afgebroken zodra er na het verstrijken van de hiaattijd geen melding van een voertuig is gekomen. Bij L5 echter blijft na het verstrijken van de hiaattijd het groen meeverlengen met de tegengestelde richting. Dit blijkt aanzienlijk langere groentijden te geven ondanks een lagere verkeersintensiteit. Bovendien blijkt bij L5 een verband tussen groentijden en verkeersintensiteiten op de onderzochte tak volledig afwezig (correlatie-coëfficiënt = 0,01) terwijl dit verband bij L1 juist sterk naar voren komt (correlatie-coëfficiënt = 0,92). In hoeverre dit bijkomend verschil effect heeft op het gedrag van automobilisten valt niet zo gemakkelijk aan te geven. Wel blijft in de meeverlengsituatie op L5 het begin geel onafhankelijk van het momentane verkeer. Te verwachten valt daarom dat er weliswaar een aanzienlijk geringer, maar toch redelijk aantal automobilisten voor de keus komt om te stoppen of door te rijden.

Buiten de bebouwde kom zijn er relatief veel korte groentijden op beide locaties en op locatie F1 wat kortere cyclustijden dan de locatie F2.

Tabel IV Gemiddelde groentijden en cyclustijden (gem.) met
bijbehorende aantallen (n) en standaarddeviaties (s.d.).

locatie		Groentijden*			Cyclustijden			% groen
		n	gem.	s.d.	n	gem.	s.d.	
L1	VOOR	1766	27,3	12,4	2064	62,4	19,0	44
	6 mnd NA	1697	29,2	12,9	1777	72,6	20,7	40
	12 mnd *** NA	1170	30,2	13,0	1347	71,1	20,2	42
L5	VOOR	974	38,6	18,2	1044	89,4	27,6	43
	6 mnd NA	1028	42,2	16,6	1270	97,4	27,6	43
	12 mnd NA	1013	42,2	16,4	1289	100,0	30,0	42
L2	VOOR	952	9,0	2,6	1199	90,2	38,3	10
	12 mnd NA	805	8,8	2,1	1370	91,0	38,9	10
L4	VOOR	249	6,9	2,2	1377	93,9	55,4	7
	12 mnd NA	588	7,0	2,3	1318	98,0	58,3	7
F1**	VOOR	521	10,1	4,3	527	61,6	?	16
	12 mnd NA	597	10,5	4,1	600	60,5	?	17
F2	VOOR	318	15,0	2,4	1689	76,5	30,6	20
	12 mnd NA	521	16,1	2,8	1613	80,1	19,0	20

* Alleen bepaald voor automatisch uitgelezen tijden.

** Geschat op grond van directe waarnemingen tijdens opnamen.

*** Exclusief woensdag- en donderdagochtend i.v.m. voortdurend optreden maximum groenverlenging.

4 RESULTATEN BIBEKO

In dit hoofdstuk zullen achtereenvolgens de 3 hypothesen, geformuleerd in hoofdstuk 2, aan de orde komen. Allereerst worden effecten van de aanpassing van de geeltijd voor binnen de bebouwde kom gepresenteerd aan de hand van het aantal roodrijders (4.1.1), verdeling van de doorrijders als functie van de tijd van passeren van de stopstreep na begin geel (TPS) (4.1.2), de kans op stoppen zowel als functie van de afstand tot de stopstreep (ATS) en als functie van de tijd tot de stopstreep (TTS) op het moment van begin geel ($TTS = ATS/V_{beg}$); deze laatste alleen voorzover de snelheid op moment van begin geel V_{beg} uitgerekend is (4.1.3 en 4.1.4). In Par. 4.2 komt de detectieafstand aan de orde (vergelijking locatie L1 en L5) en in Par. 4.3 de wachttijd (vergelijking locatie L2 en L4).

4.1 Aanpassing geeltijd

4.1.1 Aantal roodrijders

Een eerste vraag is natuurlijk in hoeverre de aanpassing van de geeltijd van 3 naar 4 s (in heel Leeuwarden) het aantal roodrijders daadwerkelijk heeft verminderd. Tabel V geeft een overzicht. Inderdaad blijkt dat het aantal roodrijders is gehalveerd; ten opzichte van totaal aantal voertuigen van 1,1 naar 0,5% en ten opzichte van het aantal keuzevoertuigen van 13,4 naar 6,7%. Voor de categorie "Rest" (vrachtwagen, oplegger, bus, e.d.) is het effect minder ten opzichte van het totaal aantal "Rest" voertuigen van 1,2 naar 0,9% en ten opzichte van het aantal keuzevoertuigen van 11,3 naar 10,1%. Ten opzichte van 6 mnd NA is het aantal roodrijders na 12 maanden iets toegenomen, voor locaties L1 en L5 samen t.o.v. totaal aantal voertuigen nauwelijks verschillend (0,53 t.o.v. 0,48%) t.o.v. aantal keuzevoertuigen 7,3 vs. 6,2%.

4.1.2 Verdeling van doorrijders als functie van TPS

Nagegaan is of de verdeling van de doorrijders als functie van de tijd die verstrijkt vanaf het moment van begin geel tot het moment van passeren van de stopstreep (TPS) verschillend is in voor- en

na-situatie. Op zich levert het onderscheid personenauto - vrachtauto geen verschil op in cumulatieve verdelingen voor de doorrijders, alle metingen samengenomen. In Fig. 3 zijn verdelingen gegeven.

Tabel V Totaal aantal rechtdoorgaande voertuigen (TOT), aantal keuzevoertuigen (doorrijders + 1e stoppers (DRST) en aantal roodrijders (RR) per locatie bibeko in voor- en na-situatie, alsmede RR als percentage van TOT en als percentage van DRST (personenauto's en rest (vrachtwagen, oplegger, bus, e.d.) samen).

locatie	geel- tijd (s)	aantal voertuigen			RR	RR	
		TOT	DRST	RR	in % TOT	in % DRST	
L1	VOOR	3	15593	1473	215	1,4	14,6
6 mnd	NA	4	15920	1402	103	0,6	7,3
12 mnd	NA	4	16434	1319	100	0,6	7,6
L5	VOOR*	3	9481	638	83	0,9	13,0
6 mnd	NA	4	12373	792	34	0,3	4,3
12 mnd	NA	4	13245	827	57	0,4	6,9
L2	VOOR	3	2538	235	29	1,1	12,3
12 mnd	NA	4	2524	237	8	0,3	3,4
L4	VOOR	3	2322	193	12	0,5	6,2
12 mnd	NA	4	2183	184	7	0,3	3,8
TOTAAL	VOOR	3	29934	2539	339	1,1	13,4
6 mnd	NA**	4	28293	2194	137	0,5	6,2
12 mnd	NA	4	34386	2567	172	0,5	6,7

* Beperkte voormeting 26 i.p.v. 36 uur opnamen

** Twee locaties

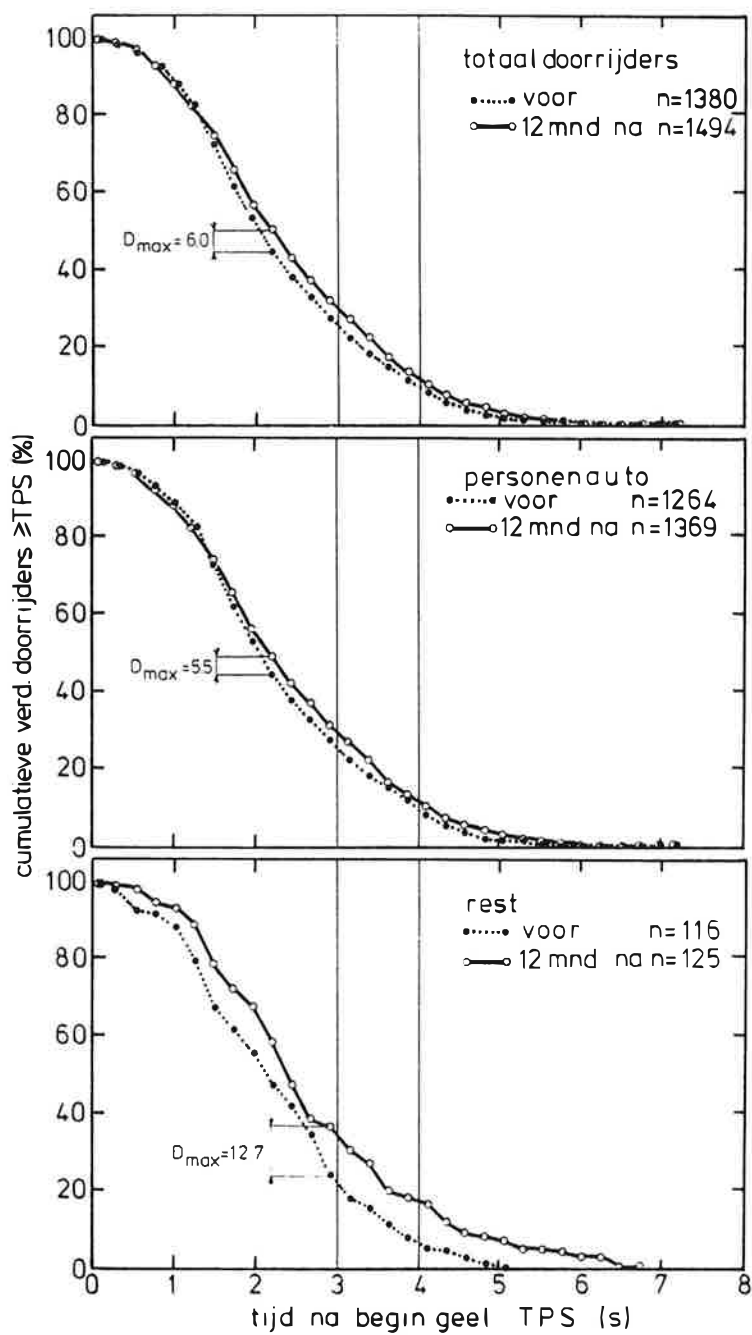


Fig. 3 Verdelingen van doorrijders in voor- en na-situatie als functie van passeertijd stopstreep vanaf begin geel (TPS) voor alle doorrijders, personenauto's en rest-categorie (vrachtwagen, bus, e.d.).

Als uitgegaan wordt dat, als er een verandering in het gedrag van automobilisten optreedt, er een verschuiving naar rechts zal plaatsvinden, is een eenzijdige Kolmogorov-Smirnov test geschikt voor toetsing van de onderlinge ligging van beide verdelingen. Er treedt volgens deze toets een significante verschuiving op naar rechts ($D_{\max} = 0,06 > D_{0,01} = 0,055$) voor alle doorrijders. Uitsplitsing geeft voor personenauto's een vergelijkbaar resultaat ($p < 0,025$), voor de restcategorie (vrachtwagen, bus, e.d.) kan op grond van de veel geringere aantallen geen significante verschuiving worden aangetoond. De grootte van de verschuiving is bepaald aan de hand van het verschil in de gemiddelde TPS voor voor- en na-situatie. Tabel VI geeft aan dat in tijd uitgedrukt de verschuiving gering is, 0,13 s voor alle voertuigen samen. De "rest" categorie vertoont een grotere verschuiving (0,46 s). Een vergelijking van de cumulatieve verdelingen van doorrijders voor personenauto's en vrachtauto's voor alle locaties en metingen samen levert geen verschil op tussen beide categorieën.

Tabel VI Gemiddelde passeertijd na begin geel (TPS) voor doorrijders in voor- en na-situatie.

	VOOR			12 mnd NA			verschil
	n	TPS	s.d.	n	TPS	s.d.	
personenauto	1263	2,35	1,16	1365	2,46	1,25	0,11*
rest	116	2,29	1,10	125	2,75	1,38	0,46***
TOTAAL	1379	2,35	1,16	1490	2,48	1,26	0,13***

* significant $p < 0,01$, eenzijdig

*** significant $p < 0,005$, eenzijdig

Voor locaties L1 en L5 zijn eveneens observaties verricht in de tussenliggende periode, namelijk ca. zes maanden na de aanpassing van de geeltijd. Aan de hand hiervan kan worden nagegaan of een eventueel gewinningseffect al dan niet is uitgewerkt. Fig. 4 geeft voor beide locaties samen de verdelingen van de doorrijders.

Een eenzijdige Kolmogorov-Smirnov test (als er een verschil is dan valt te verwachten dat er een verschuiving naar rechts optreedt) levert op dat VOOR zowel verschilt van 6 mnd NA als 12 mnd NA ($p < 0,05$), maar dat 6 mnd NA niet significant afwijkt van 12 mnd NA.

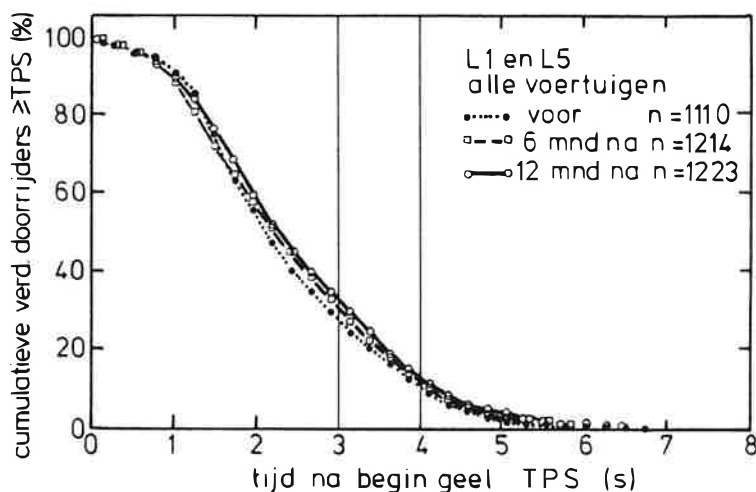


Fig. 4 Cumulatieve verdelingen van doorrijders als functie van de tijd na begin geel van passeren van de stopstreep (TPS), locatie L1 en L5 samen.

4.1.3 Kans op stoppen als functie van de afstand tot stopstreep (ATS)

Uitsluitend het gebruik van cumulatieve verdelingen van de doorrijders (zie Fig. 3) is niet voldoende om het beslisgedrag van automobilisten te beschrijven. Ook informatie over de stoppers is daarbij nodig. Als eerste is hiertoe de kans op stoppen bepaald als functie van de afstand tot de stopstreep (ATS) op het moment dat het licht op geel gaat. De kans op stoppen is gedefinieerd als de proportie stoppers van het totaal aantal voertuigen (stoppers + doorrij-

ders) per afstandklasse (klassebreedte 5 m). Fig. 5a geeft de kans op stoppen in de VOOR- en 12 mnd NA-periode voor alle locaties en alle voertuigen samen.

Omdat het hier gaat om geobserveerde frequenties (per afstandklasse het aantal stoppers en het aantal doorrijders) kunnen de data opgevat worden als een drie-dimensionale kruistabel (2 x 2 x 24) met drie factoren, te weten:

factor 1: VOOR/12 mnd NA

factor 2: stoppen/doorrijden

factor 3: afstand tot stopstreep (in 24 klassen van 5 m elk).

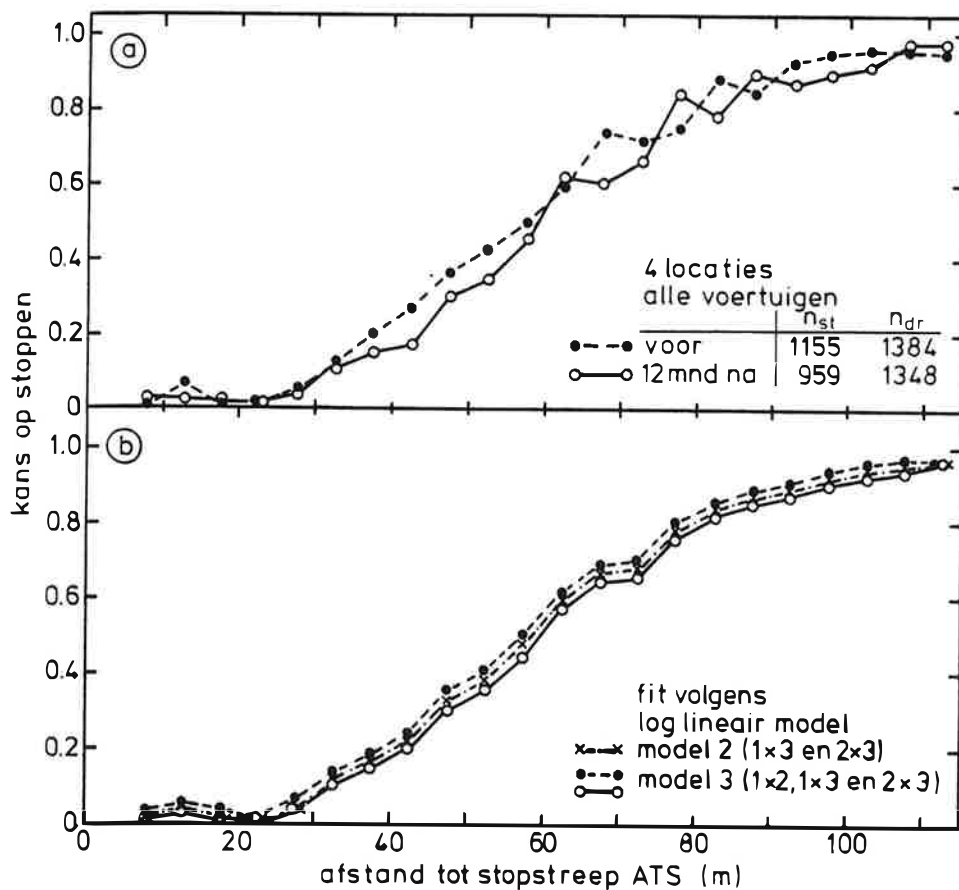


Fig. 5 Kans op stoppen als functie van de afstand tot stopstreep (ATS) op moment van begin geel voor alle voertuigen in voor-en na-situatie, alle locaties samen.

Fig. 5a: Oorspronkelijke data n_{st} = aantal stoppers, n_{dr} = aantal doorrijders.

Fig. 5b: Een fit volgens een log lineair model.

Analyse van dergelijke kruistabellen kan geschieden met behulp van log-lineaire modellen (o.a. Oppe, 1980). Er wordt dan gezocht naar een zo eenvoudig mogelijk model dat de oorspronkelijke gegevens zodanig beschrijft, dat de gegevens en de benadering volgens dat model niet meer significant van elkaar verschillen. Het aldus ontstane model geeft vervolgens inzicht in de mate van afhankelijkheid tussen de factoren.

Tabel VII geeft als voorbeeld de gevolgde procedure voor de analyse van de gegevens uit Fig. 5a. De interactie 2 x 3 is bij voorbaat al in het model opgenomen, omdat stoppen/doorrijden natuurlijk direct afhankelijk is van de afstand tot de stopstreep.

Tabel VII Procedure voor de analyse van de gegevens uit Fig. 4a (X^2 = chi kwadraat toets, df = aantal vrijheidsgraden, Q = overschrijdingskans).

model	interactie	X^2	df	Q
0	2 x 3	91,38	47	0,0001
1	1 x 2 en 2 x 3	83,73	46	0,0006
2	1 x 3 en 2 x 3	33,44	24	0,0950
3	1 x 2, 1 x 3 en 2 x 3	27,81	23	0,2231

Interpretatie van de Tabel hangt enigszins af van de vraagstelling. Het gaat om de vraag of de verlenging van de geeltijd (VOOR/NA) het gedrag van de automobilisten (stoppen/doorrijden) beïnvloedt (interactie 1 x 2). Daarom is begonnen met model 1. Dit geeft op zich geen goed resultaat. Veel beter scoort model 2. Op grond van de chi kwadraat test is er op het 5% niveau geen significante afwijking tussen model en de oorspronkelijke gegevens. In Fig. 5b is de kans op stoppen gegeven, gebaseerd op een beschrijving volgens model 2. VOOR en 12 mnd NA wijken beide niet significant af van de gegeven curve. De toevoeging van de interactie 1 x 2 (model 3) geeft nog wel een verbetering, het verschil in X^2 tussen model 2 en 3 bedraagt 5,63 bij df = 1, significant op 5% niveau. Indien dit verschil niet signifi-

cant was geweest, had zonder meer geconcludeerd kunnen worden dat volstaan kon worden met een beschrijving volgens model 2. Nu betreft het een grensgeval, van de ene kant geeft model 2 een voldoende beschrijving, van de andere kant draagt de interactie 1 x 2, zij het in geringe mate, ook iets bij. Om duidelijk te maken wat een dergelijke toevoeging betekent in termen van de kans op stoppen, is in Fig. 5b tevens model 3 weergegeven. Model 3 zou resulteren in 2 "kans op stoppen" curven die ten opzichte van elkaar iets verschoven zijn. Het toevoegen van de factor "type voertuig" (personenauto en rest (vrachtauto, bus, e.d.)) levert een geheel vergelijkbare modelbeschrijving op en draagt verder niets bij. De aantallen in de "rest" categorie zijn echter gering in vergelijking tot die van personenauto's. Om toch een indruk te kunnen krijgen van het gedrag van de "rest" categorie t.o.v. dat van personenauto's is voor alle locaties en meetperioden samen (VOOR, 12 mnd NA en 6 mnd NA alleen voor L1 en L5) de kans op stoppen bepaald als functie van de afstand tot de stopstreep en is eveneens een log-lineair model gefit. Het resultaat is gegeven in Fig. 6.

De kans op stoppen is voor vrachtauto's dus iets groter bij gelijke afstand. In afstand gezien is de kans op stoppen voor vrachtauto's ca. 5 m dichterbij de stopstreep gelijk aan die voor personenauto's. Op het verschil in gedrag tussen personenauto's en vrachtauto's wordt aan het eind van deze paragraaf nog nader ingegaan.

In Fig. 7 is voor de locaties L1 en L5 samen de kans op stoppen gegeven, onderscheiden naar VOOR, 6 mnd NA en 12 mnd NA.

Een analyse met behulp van log-lineaire modellen levert de volgende resultaten op:

- als VOOR, 6 mnd NA en 12 mnd NA als één factor wordt beschouwd is er geen goede modelfit te maken;
- een aparte vergelijking tussen VOOR/6 mnd NA en VOOR/12 mnd NA levert eveneens geen goede modelfit op;
- een vergelijking 6 mnd NA/12 mnd NA geeft een goed model waarbij er tussen de kans op stoppen curven geen verschil aanwezig is;
- dat er geen goede modelbeschrijving is te construeren blijkt vooral veroorzaakt door locatie L1. Wordt voornoemde analyse namelijk uitgevoerd op de gegevens van L1 en L5 afzonderlijk, dan blijkt L1 exact dezelfde resultaten te geven, terwijl voor L5 er geen verschil is in kans op stoppen curven.

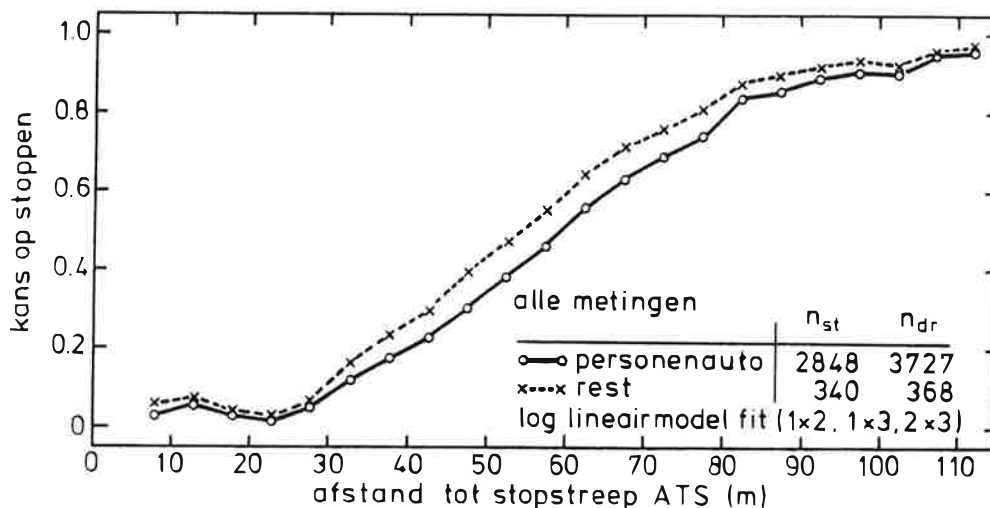


Fig. 6 Verschil tussen personenauto en vrachtauto voor alle metingen samen volgens een log-lineair modelfit (factor 1: personenauto/rest, factor 2: stoppen/doorrijden en factor 3: afstand tot stopstreep).

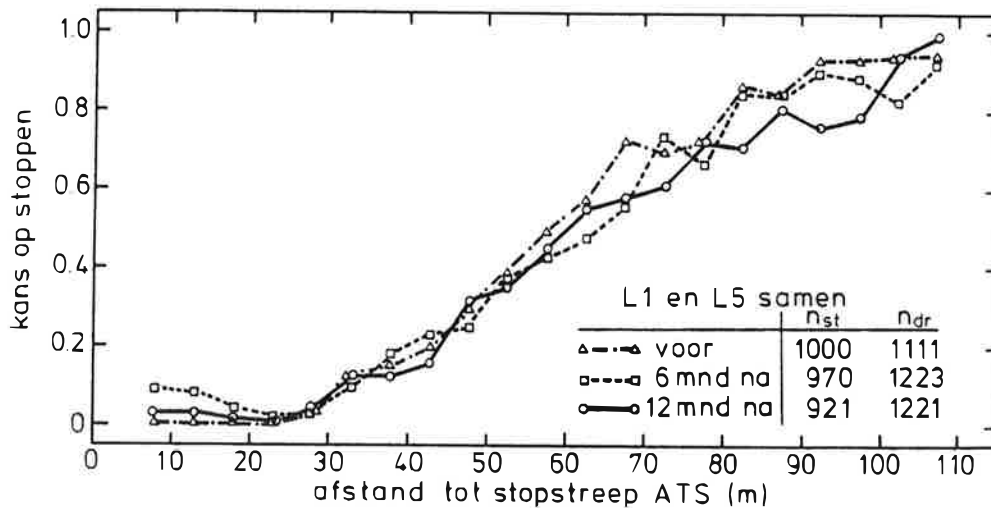


Fig. 7 Kans op stoppen als functie van de afstand tot de stopstreep (ATS) voor locatie L1 en L5 samen.

4.1.4 Kans op stoppen als functie van de tijd tot stopstreep (TTS)

Een volgende stap in de analyse is om ook de snelheid, waarmee de voertuigen rijden op het moment begin geel in rekening te brengen. Op deze wijze valt een "kans op stoppen" curve op te stellen als functie van de "hypothetische" tijd tot de stopstreep (TTS) op het moment van begin geel, aannemende dat de voertuigen met constante snelheid zullen doorrijden. Deze TTS maakt direct een vergelijking met de lengte van de geeltijd mogelijk. Voor elk voertuig wordt TTS berekend volgens:

$$TTS = \frac{ATS}{V_{beg}}$$

met ATS = afstand tot stopstreep op moment begin geel

V_{beg} = snelheid op moment begin geel

Op geheel vergelijkbare wijze als bij ATS kan de analyse uitgevoerd worden voor de kans op stoppen als functie van de TTS door TTS ook op te delen in een aantal klassen (er is gekozen voor 24 klassen van elk 0,5 s), per klasse de kans op stoppen te bepalen en een log-lineair model te schatten. Fig. 8 geeft de ruwe gegevens voor VOOR- en NA-situatie voor alle locaties samen.

De resultaten van een log-lineair modelfit zijn geheel vergelijkbaar met de resultaten van de kans op stoppen als functie van de afstand. De data worden op zich beschreven door één curve (model 2), maar toevoeging van de interactie 1 x 2 levert nog een kleine bijdrage. Dit laatste model (model 3) is gegeven in Fig. 8b. Een schatting van het effect van VOOR/12 mnd NA op het gedrag op grond van de gemiddelde TTS onderscheiden naar stoppers en doorrijders levert voor de stoppers geen enkel verschil op (VOOR 5,46 s met s.d. 1,42, 12 mnd NA 5,41 s met s.d. 1,52) en voor de doorrijders een verschil van 0,17 s (VOOR 2,54 s met s.d. 1,50 s, 12 mnd NA 2,71 s met s.d. 1,59 s). Een uitsplitsing naar type voertuig geeft eveneens geheel vergelijkbare resultaten, het type voertuig draagt verder niet bij. Een vergelijking tussen personenauto's met vrachtauto's zonder onderscheid in VOOR en NA levert model 2 op, m.a.w. er is geen verschil tussen de kans op stoppen voor beide categorieën als functie van de tijd tot stopstreep (TTS). Omdat er wel een verschil was ten aanzien van de

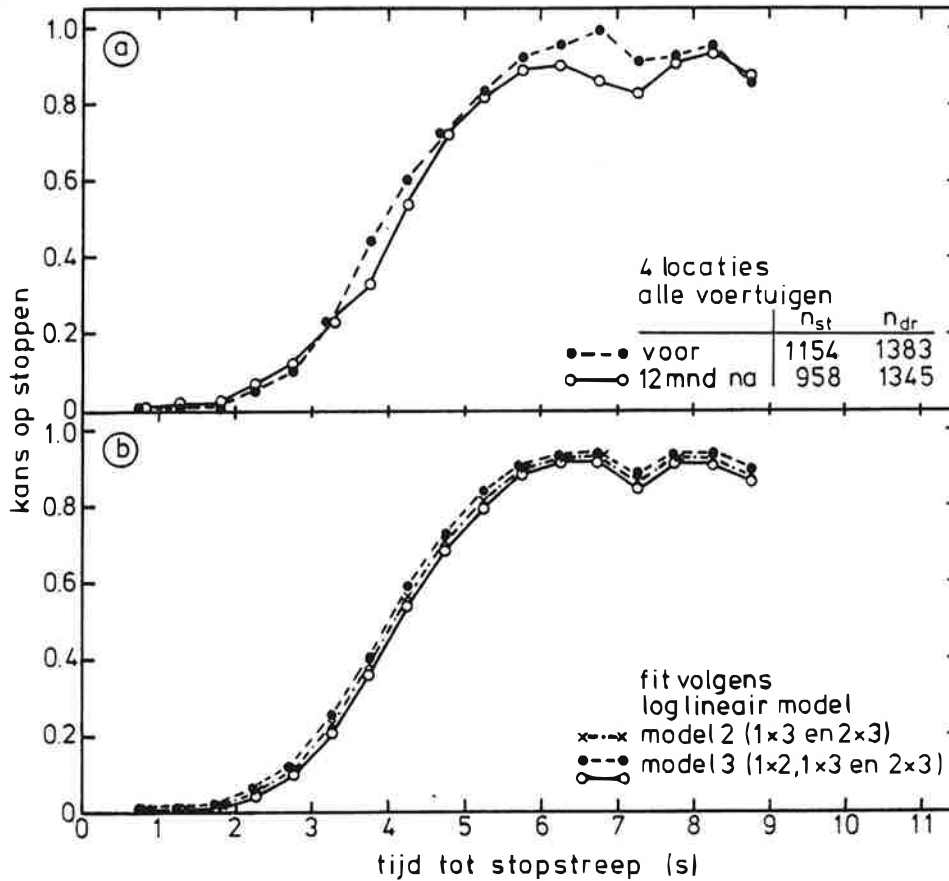


Fig. 8 Kans op stoppen als functie van de tijd tot stopstreep (TTS) op moment van begin geel, VOOR vs. 12 mnd NA voor alle voertuigen en alle locaties samen, n_{st} = aantal stoppen, n_{dr} = aantal doorrijders.

Fig. 8a: Oorspronkelijke data.

Fig. 8b: Modelfit volgens model 2 en model 3.

afstand tot stopstreep (ATS), kan dat alleen maar verklaard worden uit een verschil in de snelheid op moment van begin geel (v_{beg}). Inderdaad is de gemiddelde begin snelheid voor vrachtauto's lager dan voor personenauto's (12,63 m/s vs. 14,48 m/s).

In Fig. 9 is voor de doorrijders een vergelijking gemaakt tussen TTS en TPS, de werkelijke passeertijd van de stopstreep. Voor beide voertuigcategorieën geldt dat zowel TTS als TPS in de na-situatie groter zijn, voor personenauto's een toename van 0,1 s, voor de rest

een toename van 0,5 s. Het verschil tussen TTS en TPS bedraagt voor personenauto's 0,2 s en voor de rest 0,5 s (voor beide niet verschillend voor VOOR of NA). De auto's die doorrijden versnellen nog enigszins.

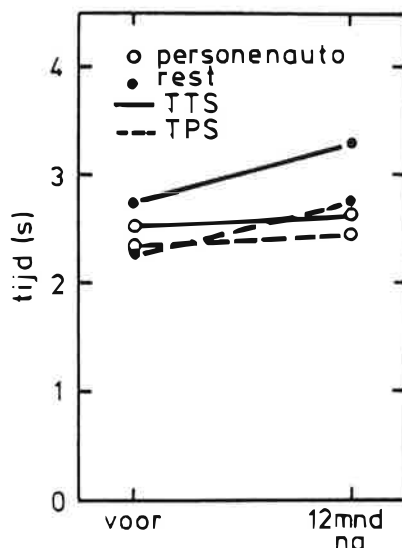


Fig. 9 Gemiddelde TTS en TPS voor doorrijders, onderscheiden naar type voertuig en meetperiode.

4.1.5 Conclusies

In de voorgaande paragrafen is op grond van het aantal roodrijders, de verdeling van de passeertijden van de stopstreep voor de doorrijders (TPS) en de kans op stoppen, zowel als functie van de afstand tot stopstreep (ATS) als als functie van de tijd tot stopstreep (TTS) op moment van begin geel, een vergelijking gemaakt tussen het gedrag van automobilisten VOOR, 6 maanden en 12 maanden NA een aanpassing van de geeltijd van 3 naar 4 s. De conclusies laten zich als volgt samenvatten:

- De aanpassing van de geeltijd vermindert het aantal roodrijders met de helft (van 1,1 naar 0,5% ten opzichte van het totaal aantal gepasseerde voertuigen en van 13,4 naar 6,7% ten opzichte van het aantal keuzevoertuigen (doorrijders + 1e stoppers)).

- Er valt een verandering in het gedrag te onderscheiden, zij het in geringe mate. De "kans op stoppen" curve als functie van ATS schuift ca. 2,5 m naar rechts op, als functie van TTS bedraagt deze verschuiving ca. 0,17 s. In de verdeling van TPS is een verschuiving van 0,13 s.
- Voor vrachtauto's is de verschuiving van de verdeling van de TPS groter dan voor personenauto's, ca. 0,5 s t.o.v. 0,1 s. Dit resulteert ook in een geringere daling van het aantal roodrijders voor vrachtauto's. De geobserveerde aantallen voor vrachtauto's zijn echter gering.
- Het gewinningseffect lijkt na een jaar op grond van een vergelijking met het gedrag een half jaar na de aanpassing van de geeltijd grotendeels uitgewerkt te zijn. Er treden nauwelijks verschillen op tussen 6 mnd NA en 12 mnd NA.

4.2 Detectieafstand

Naast een aanpassing van de geeltijd vormt tevens de invloed van de detectieafstand op de roodlichtdiscipline van automobilisten een punt van onderzoek. Mede daarom zijn de locaties L1 en L5 in het onderzoek opgenomen. Locatie L1 kenmerkt zich door een detectieafstand van 55 m en op locatie L5 bedraagt deze 20 m. Zoals in Par. 3.5.4 al is aangegeven, bleek er bovendien een verschil in regelstrategie aanwezig tussen beide locaties. Bij L1 wordt na het verstrijken van de hiaattijd (0,3 s voor de lange lus en 1,3 s voor de lus op 55 m) op de onderzochte richting het groen beëindigd, bij L5 (hiaattijd 1,5 s) blijft in die situatie het groen nog meeverlengen met de tegenovergestelde richting. Dit heeft o.a. een aanzienlijk verschil in de gemiddelde lengte van de groentijd (en cyclustijd) tot gevolg (gemiddelde groentijd (cyclustijd) L1:29 s (68 s), L5:41 s (96 s)). Het aantal groen/geel overgangen en daarmee het aantal keuzevoertuigen (doorrijders + 1e stoppers) kan daardoor eveneens sterk beïnvloed worden. Dit maakt het moeilijk om eventueel optredende verschillen tussen beide locaties uitsluitend toe te schrijven aan een verschil in detectieafstand. Te verwachten valt dat van de ene kant het aantal keuzevoertuigen bij L5 door de detectieafstand hoger zal zijn maar van de andere kant lager door het geringer aantal overgangen.

Een tweede probleem betreft het zeer frequent optreden van maximum groen op locatie L1 in de 12 mnd NA situatie gedurende de woensdag-en donderdagochtend. Dit moet te wijten zijn geweest aan een slecht functionerend detectiesysteem. Bij vergelijking tussen L1 en L5 is telkens nagegaan of het wat uitmaakte als de woensdag- en donderdagochtend werden weggelaten.

4.2.1 Aantal roodrijders

In Tabel V is reeds voor beide locaties het aantal roodrijders gegeven zowel per meetperiode als per aandeel van het totaal aantal voertuigen en als aandeel van het aantal keuzevoertuigen. Zowel absoluut gezien als relatief vertoont kruispunt L5 met een korte detectieafstand minder roodrijders dan kruispunt L1. Dit is tegen de verwachting in, maar op zich zegt dit nog weinig vanwege het verschil in groentijden (zie ook 4.2). Het aantal voertuigen dat "in de gelegenheid" is geweest om door rood te rijden kan sterk verschillen. Daarom is in de volgende paragrafen het gedrag van automobilisten meer in detail geanalyseerd aan de hand van TPS, ATS en TTS.

4.2.2 Verdeling van doorrijders als functie van TPS

Fig. 10a geeft voor de doorrijders de cumulatieve verdeling voor beide locaties (VOOR, 6 mnd NA en 12 mnd NA samengenomen). Er is een duidelijk verschil tussen beide locaties. Op locatie L5 (met korte detectieafstand) vinden de passages van de stopstreep eerder plaats. Voor de duidelijkheid is in Fig. 10b eveneens de relatieve verdeling gegeven. Bij detectie op afstand is er alleen in het begin een afname van passages te onderkennen.

4.2.3 Kans op stoppen als functie van afstand tot stopstreep (ATS)

Worden eveneens de stoppers erbij betrokken in de vorm van de "kans op stoppen" curve, dan wordt het beste inzicht verkregen in eventuele verschillen in roodlichtdiscipline. In Fig. 11 is de kans op stoppen uitgezet als functie van de afstand tot de stopstreep op moment van begin geel (ATS) voor de locaties L1 en L5 (alle metingen per locatie samengenomen).

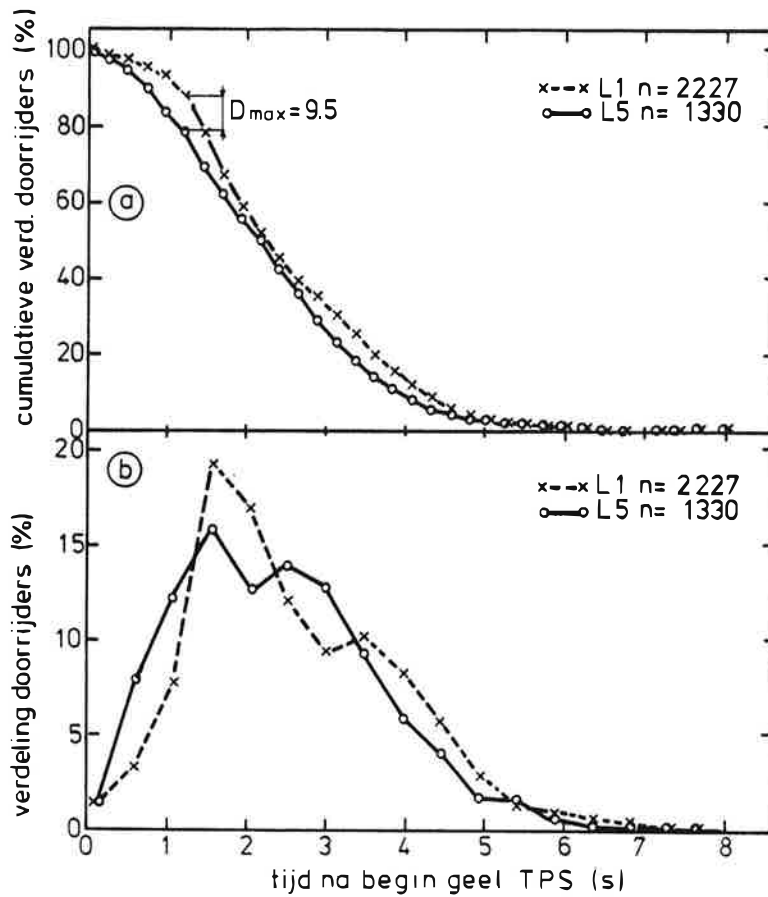


Fig. 10 Verdeling bestuurders als functie van passeertijd stopstreep na begin geel (TPS).

Fig. 10a: Cumulatieve verdeling (uitgezet als aandeel met een passeertijd \geq TPS s).

Fig. 10b: Relatieve verdeling.

Er is geen model te construeren dat in voldoende mate overeenstemt met beide curven, m.a.w. er is een verschil tussen beide locaties, maar dat verschil laat zich niet beschrijven door een vereenvoudigd log-lineair model. Dit lijkt vooral veroorzaakt te worden door het snijden van de curven. Wat opvalt is dat in het gebied tussen 30 en 55 m de kans op stoppen voor L1 groter is, maar in het gebied na 55 m juist kleiner is dan bij L5. Het voor L1 weglaten van de woensdag- en donderdagochtend (i.v.m. maximum groen) heeft hierop geen invloed. In

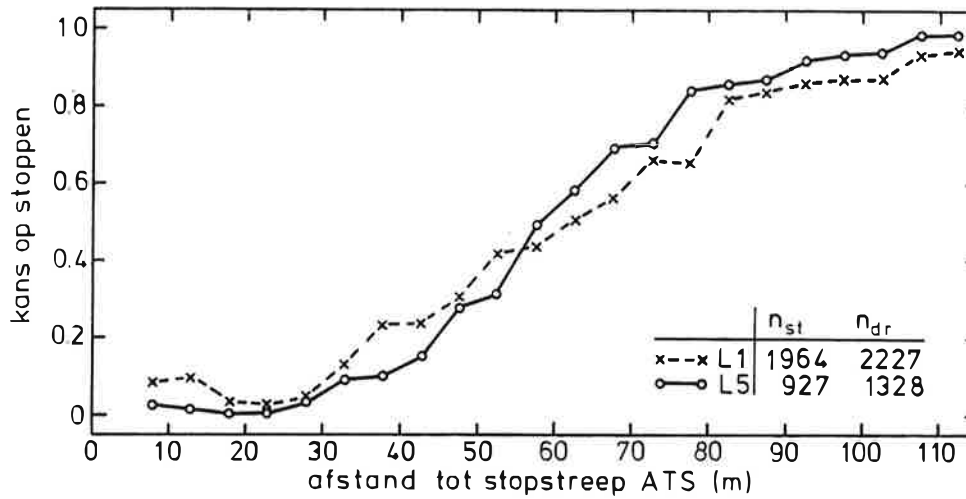


Fig. 11 Kans op stoppen als functie van afstand tot stopstreep (ATS) voor locatie L1 (detectieafstand 55 m) en locatie L5 (detectieafstand 20 m), per locatie VOOR, 6 mnd NA en 12 mnd NA samengenomen (n_{dr} = aantal doorrijders, n_{st} = aantal stoppers).

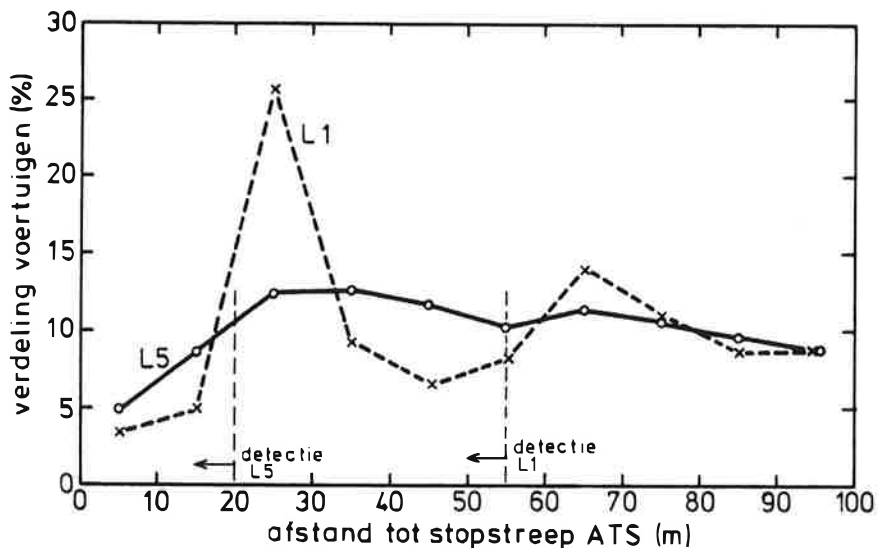


Fig. 12 Verdeling totaal aantal voertuigen per locatie als functie van afstand tot stopstreep (per locatie VOOR, 6 mnd NA en 12 mnd NA samengenomen).

Fig. 12 is per locatie de verdeling van het totaal aantal voertuigen gegeven als functie van de afstand tot de stopstreep. Hieruit blijkt het effect van detectieafstand; bij L1 relatief gezien een stijging na 55 m en bij L5 een stijging na 20 m. Opvallend is de grote piek bij L1 in het gebied tussen de 20 en 30 m. Deze komt geheel overeen met de piek in de verdeling van de doorrijders (Fig. 10) tussen 1,5 en 2 s na begin geel. Dit moet te maken hebben met de op L1 toegepaste combinatie van hiaattijden (op de lange lus (tussen 7 en 27 m van de stopstreep) bedraagt de hiaattijd 0,3 s en op de lus op 55 m afstand 1,3 s).

4.2.4 Kans op stoppen als functie van de tijd tot stopstreep (TTS)

Wordt de snelheid in rekening gebracht (de gemiddelde snelheid bij L1 bedraagt 15,1 m/s t.o.v. 14,0 m/s voor L5, significant $p < 0,005$), dan kan de kans op stoppen worden bepaald als functie van de tijd tot de stopstreep op moment van begin geel. Fig. 13 geeft de resultaten. De beste fit geeft een log-lineair model waarin er voor locatie L5 een eenduidige verschuiving naar rechts optreedt ten opzichte van locatie L1 (ter grootte van 0,25-0,5 s).

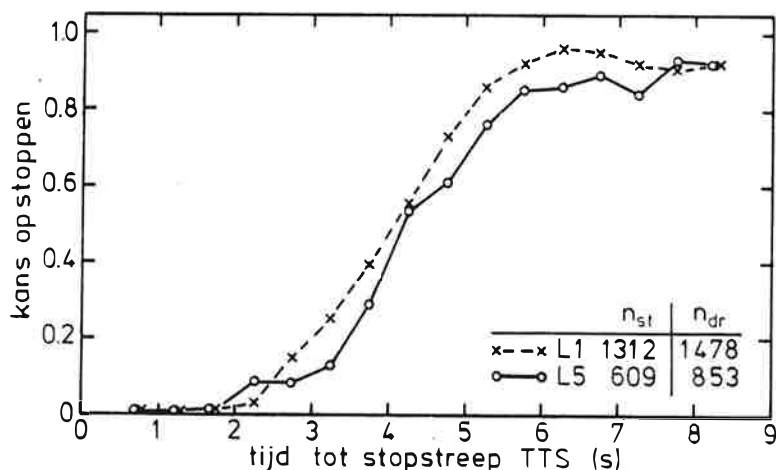


Fig. 13 Kans op stoppen als functie van de tijd tot stopstreep (TTS) op moment van begin geel voor de locaties L1 en L5 (per locatie VOOR en 12 mnd NA samengenomen).

De kans op stoppen is in tijd gerekend over het hele gebied voor L5 lager dan voor L1, automobilisten corrigeren niet voor de lagere snelheid bij L5. Een afhankelijkheid met de afstand lijkt, gezien de doorsnijding van de "kans op stoppen" curven als functie van de afstand, terwijl er hier sprake is van een verschuiving, aanwezig. Deze is niet verder onderzocht.

Fig. 14 tot slot geeft voor beide locaties de verdeling van het totaal aantal voertuigen als functie van TTS. Ook hier valt voor L1 de piek net onder de 2 s op (t.g.v. hiaattijd), een tweede piek is aanwezig in het gebied tussen de 3,5 en 5,5 s (vanwege detectie op 55 m). Bij L5 is de verdeling veel gelijkmatiger.

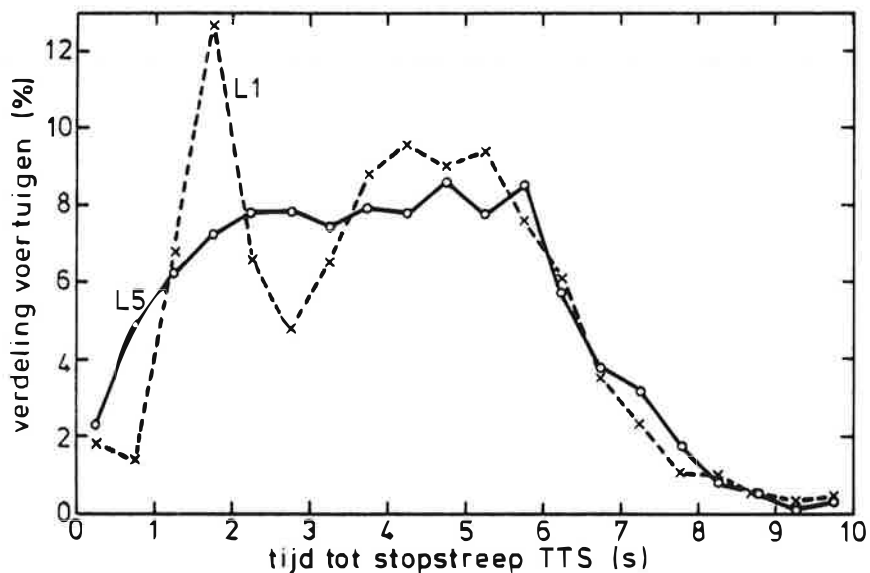


Fig. 14 Verdeling van het totaal aantal voertuigen over de tijd tot stopstreep (TTS) op moment van begin geel voor de locaties L1 en L5 (per locatie VOOR en 12 mnd NA samengenomen).

4.2.5 Conclusies

De vergelijking tussen het gedrag van automobilisten onder invloed van verschillende detectieafstanden (L1 detectieafstand 55 m, L5 20 m) is tamelijk complex vanwege extra verschillen tussen beide locaties. Te noemen valt o.a. het verschil in de strategie voor het

beëindigen van het groen (bij L5 verlengt het groen mee met de tegenovergestelde richting, hetgeen aanleiding geeft tot veel langere groentijden) en het verschil in snelheid.

- Absoluut gezien is het aantal keuzevoertuigen bij L5 aanzienlijk lager dan bij L1 (2257 t.o.v. 4194). Ook het aantal roodrijders is minder.
- Detectie op afstand (L1) heeft tot gevolg dat in het detectiegebied de kans op stoppen wat groter en daarbuiten juist kleiner is dan bij L5.
- Wordt rekening gehouden met de snelheid op moment van begin geel dan blijkt de kans op stoppen als functie van de tijd tot stopstreep bij L1 over het hele gebied groter dan bij L5.

Op grond van de kans op stoppen als functie van de tijd tot stopstreep kan gesteld worden dat detectie op ruime afstand op zich de roodlichtnegatie wat lijkt te kunnen verminderen. Andere bijkomende factoren hebben echter een zodanige invloed dat geen effect uitsluitend ten gevolge van een verschil in detectieafstand eenduidig kon worden onderscheiden. In hoeverre deze bijkomende factoren karakteristiek zijn voor de onderzoekslocaties zelf of juist voor regelingen met of zonder afstanddetectie is niet duidelijk.

4.3 Wachttijd

Alvorens een vergelijking te maken tussen het gedrag van automobilisten op de locaties L2 en L4, is het goed om eerst na te gaan in hoeverre beide locaties ten aanzien van optredende wachttijden van elkaar verschillen. Vooraf was hierover geen gedetailleerde informatie beschikbaar. Er is een globale analyse uitgevoerd naar de wachttijd op beide locaties door de wachttijd van elk eerst aankomend voertuig te bepalen. Voor beide locaties geldt namelijk dat slechts op aanvraag groen gegeven wordt op de zijrichtingen. De wachttijd is gedefinieerd als het tijdsverschil tussen het moment dat het voertuig tot stilstand is gekomen en het moment van begin groen. Tabel VIII geeft de resultaten.

Aanvankelijk was alleen de dinsdagmiddag geobserveerd. Het verschil in gemiddelde wachttijd bedroeg 24,7 s. Het op dezelfde uren bepalen van de wachttijd op L2 voor de woensdag gaf een aanzienlijk kortere wachttijd. Hetzelfde geldt voor het aandeel wachttijden groter dan 60 s, op L2 wel groter dan voor L4, maar variërend per dag.

Tabel VIII Gemiddelde wachttijden (gem.) in s (alleen voor eerstaankomend voertuig per cyclus) en standaarddeviaties (s.d.) in s voor de zijrichting. Telperioden 12-14 en 16-18 uur (Di = dinsdag, Wo = woensdag). In de laatste kolom staat het percentage eerste voertuigen met een wachttijd > 60 s.

locatie		VOOR			12 mnd NA			TOTAAL			%>60s
		n	gem.	s.d.	n	gem.	s.d.	n	gem.	s.d.	
L2	di	109	54,6	26,0	114	49,3	26,8	223	51,9	26,4	36,8
	wo	136	40,3	25,2	141	38,3	23,3	277	39,3	24,2	19,5
L4	di	126	25,5	15,5	136	28,8	16,4	262	27,2	16,0	3,4

4.3.1 Aantal roodrijders

Het aantal keuzevoertuigen (en daarmee het aantal roodrijders) is voor de locaties L2 en L4 op de zijrichtingen vanwege de geringere verkeersintensiteit natuurlijk veel lager dan bij de locaties L1 en L5. Het aantal roodrijders, uitgedrukt in percentages van het totaal aantal gepasseerde voertuigen of in percentages van het aantal keuzevoertuigen geeft overigens wel vergelijkbare resultaten (Tabel V). Hierbij valt het op dat bij locatie L4 (met korte wachttijd) in de voor-situatie de roodlichtnegatie ongeveer de helft bedraagt in vergelijking tot L2. In de na-situatie is dit verschil geheel verdwenen.

4.3.2 Verdeling van doorrijders als functie van TPS

Fig. 15 geeft de verdeling van de doorrijders voor beide locaties (VOOR en 12 mnd NA samengenomen). De Kolmogorov-Smirnov test levert geen significant verschil op ($D_{0,05} = 11,7$). Een uitsplitsing naar VOOR en 12 mnd NA echter geeft aan dat er in de voor-situatie wel een significant verschil aanwezig is ($p < 0,05$) maar in de na-situatie is dit geheel verdwenen.

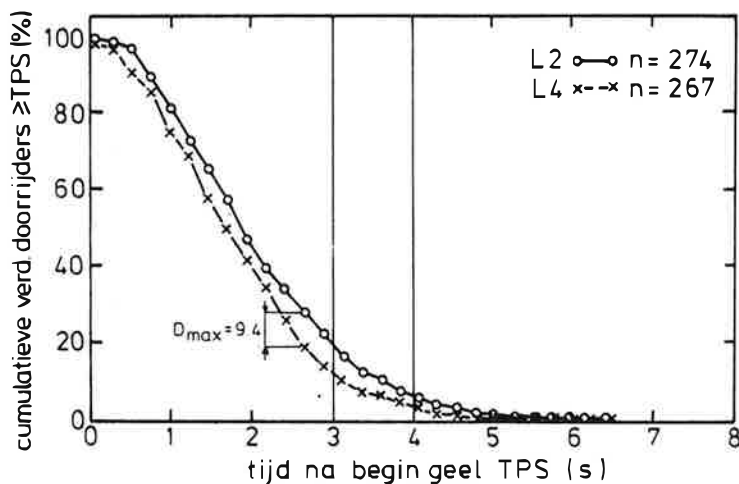


Fig. 15 Verdeling doorrijders als functie van passeertijd stopstreep na begin geel (TPS), uitgezet als aandeel met een passeertijd \geq TPS s voor locatie L2 (wachttijd "lang") en voor locatie L4 (wachttijd "kort").

4.3.3 Kans op stoppen als functie van de afstand tot stopstreep (ATS)

Het kleine aantal keuzevoertuigen maakt de celvulling per klasse erg gering. Dit heeft een wat grillig verloop van de kans op stoppen tot gevolg, zoals blijkt uit Fig. 16. Een fit met een log-lineair model levert eenzelfde "kans op stoppen" curve op voor beide locaties.

4.3.4 Kans op stoppen als functie van de tijd tot stopstreep (TTS)

De kans op stoppen als functie van de tijd tot de stopstreep op moment van begin geel is gegeven in Fig. 17. Beide curven kunnen volledig worden beschreven door een log-lineair model, dat resulteert

in één "kans op stoppen" curve. Er is geen verschil in gedrag tussen beide locaties. De gemiddelde snelheden verschillen evenmin (12,6 m/s voor L2 en 12,0 m/s voor L4).

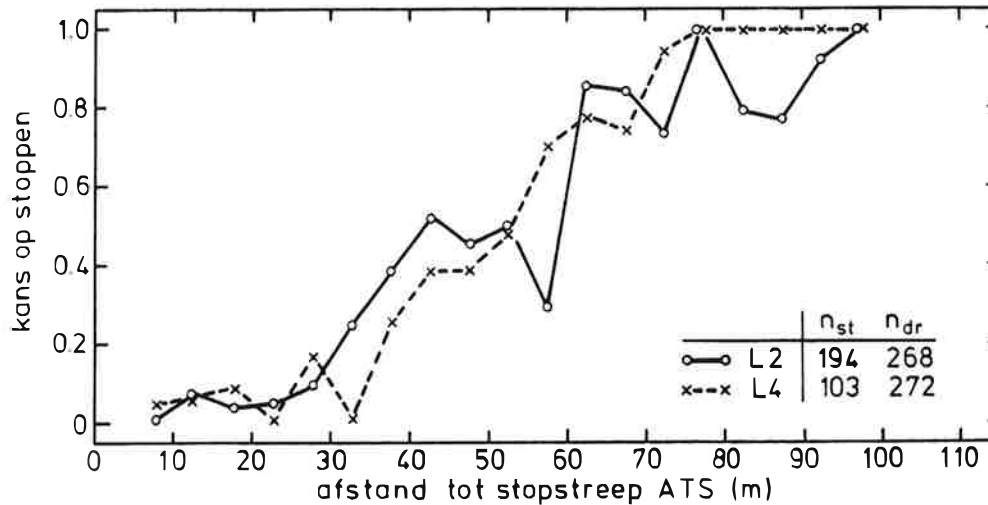


Fig. 16 Kans op stoppen als functie van de afstand tot stopstreep voor locatie L2 (wachtijd "lang") en locatie L4 (wachtijd "kort"), per locatie VOOR en 12 mnd NA samengenomen.

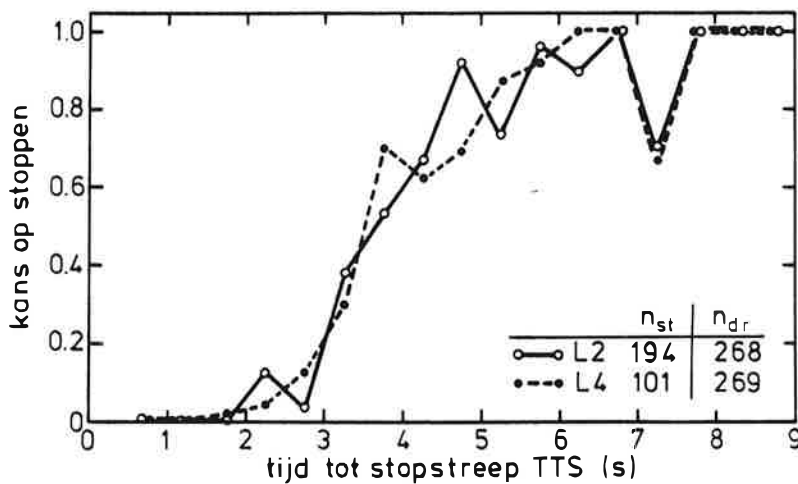


Fig. 17 Kans op stoppen als functie van de tijd tot stopstreep (TTS) op moment van begin geel voor locaties L2 en L4 (per locatie VOOR en 12 mnd NA samengenomen).

4.3.5 Conclusies

Hoewel er een verschil in wachttijd optreedt tussen beide onderzoekslocaties van gemiddeld ca. 18 s (27,2 s op L4 en 44,9 s op L2), moet wel de vraag gesteld worden of er in deze range van wachttijden wel een verschil in gedrag te verwachten valt. De hypothese was opgesteld vanuit de gedachte dat zeer lange wachttijden (in de orde van 100 s) aanleiding zouden kunnen geven tot een grotere roodlichtnegatie. Dergelijke lange wachttijden komen op locatie L2 wel voor maar slechts in geringe mate. Verder is het aantal observaties eveneens relatief klein. Op grond van de beschikbare gegevens moet geconcludeerd worden dat er geen sprake is van een verschil in gedrag op beide locaties. De "kans op stoppen" curven verschillen niet van elkaar (zowel in tijd als afstand). De mogelijk aanwezige verschuiving in de cumulatieve verdelingen van doorrijders blijkt geheel toe te schrijven aan een wat afwijkende verdeling voor L4 in de voor-situatie.

5 RESULTATEN BUBEKO

Voordat de resultaten voor de buiten de bebouwde kom situatie aan de orde komen, dient er nogmaals op gewezen te worden dat de omstandigheden waaronder dit deel van het onderzoek heeft plaatsgevonden verre van ideaal zijn geweest. Allereerst bleek het erg moeilijk een geschikt traject buiten de bebouwde kom te vinden. Vervolgens hebben op de uiteindelijk uitgezochte locaties een aantal verstorende factoren een rol gespeeld die de metingen kunnen hebben beïnvloed en uiteindelijk de algemene geldigheid van de resultaten sterk beperken. Te noemen vallen:

Locatie F1 Werpsterhoek: - Slecht functionerende detectielussen op enkele (overigens niet geobserveerde) toeleidingstakken gedurende de voormeting, 1e en 2e nameting, resulterend in een aantal klachten over langdurige roodstand of overgang naar geel knipperen.

- Onjuist afhandelen in regelautomaat van treinmeldingen (spoorwegovergang op zijweg in directe nabijheid van kruising).
- In verband met voornoemde klachten heeft in de periode tussen de 2e en 3e nameting enkele malen het regelprogramma met geeltijden van 4 s i.p.v. geeltijden van 5 s gedraaid, in totaal gedurende vijf weken.

Locatie F2 Oranjewoud: - Door plaatselijke beperkingen is slechts een gebied tot ca. 100 m voor de stopstreep geobserveerd.

- Geeltijd was al 4,4 s, deze is veranderd naar 5,4 s.
- Direct na 1e nameting zijn detectielussen vervangen. Bij de 2e nameting bleek het aantal keuzevoertuigen meer dan gehalveerd. Lussen van beide rechtdoorgaande rijstroken bleken toen bovendien gekoppeld

te functioneren (onderling meeverlengen), mede resulterend in wat langere groentijden.

- Tijdens voormeting hebben er gedurende 2 dagen werkzaamheden in de berm net voorbij de kruising plaatsgevonden. Dit gaf soms verstoring in de afwikkeling.

Waar van belang zal in het navolgende met e.e.a. rekening worden gehouden.

5.1 Aanpassing geeltijd

Bij locatie F1 (detectie op afstand, 80 m) is de geeltijd in het najaar van 1983 verlengd van 4 naar 5 s. Bij locatie F2 met detectie op 45 m bleek de geeltijd niet op hele seconden instelbaar, in de voorperiode bedroeg de geeltijd 4,4 s en in de naperiode 5,4 s.

5.1.1 Aantal roodrijders

Tabel IX geeft het aantal roodrijders, zowel als aandeel van het totaal aantal rechtdoorgaande voertuigen, als aandeel van het aantal keuzevoertuigen. Voor beide locaties geldt dat het aantal roodrijders zowel absoluut gezien, als als aandeel van het totale aantal voertuigen of als aandeel van het aantal keuzevoertuigen, 12 maanden na de aanpassing van de geeltijd meer dan gehalveerd is.

Opvallend is het grote verschil in het aantal keuzevoertuigen op F2; in de 12 mnd NA situatie ruim 40% lager, vooral veroorzaakt door minder doorrijders (van 908 naar 509). Niet erg aannemelijk is dat dit verschil veroorzaakt is door de aanpassing van de geeltijd (daardoor zou men hooguit een tegengesteld effect verwachten). Op geen van de andere kruispunten (zowel bibeko als bubeko) trad dit verschijnsel op. Teneinde een mogelijke invloed van de werkzaamheden in de berm stroomafwaarts van het kruispunt in de voor-situatie uit

Tabel IX Totaal aantal rechtdoorgaande voertuigen (TOT), het aantal keuzevoertuigen (doorrijders + 1e stoppers, DRST) en aantal roodrijders (RR) per locatie bubeko (F1 en F2) in voor- en na-situatie, alsmede RR als percentage van TOT en DRST (alle categorieën voertuigen samengenomen).

locatie	geel- tijd (s)	aantal voertuigen			RR	RR	
		TOT	DRST	RR	in % TOT	in % DRST	
F1	VOOR	4	8660	670	66	0,8	10,0
	12 mnd NA	5	9302	683	27	0,3	4,0
F2	VOOR	4,4	11908	1067*	63	0,5	5,9
	12 mnd NA	5,4	11526	648*	19	0,2	2,9

* Ondervertegenwoordiging aantal stoppers (alleen in het gebied tot ca. 100 m), wel zijn alle doorrijders meegenomen.

te sluiten is tevens het aantal keuzevoertuigen bepaald voor de uren zonder werkzaamheden. De verhouding bleef geheel gehandhaafd (550 tegen 300 doorrijders). Op dit aspect wordt in Par. 5.1.2 nog nader ingegaan.

5.1.2 Verdeling van doorrijders als functie van TPS

Vanwege het grote verschil in het aantal doorrijders VOOR en 12 mnd NA op locatie F2 zijn de cumulatieve verdelingen van het aantal doorrijders als functie van het moment van passeren van de stopstreep na begin geel (TPS) voor de beide onderzoeklocaties apart gegeven (Fig. 18).

Op locatie F1 is er geen verschil tussen VOOR en 12 mnd NA. Bij F2 is er wel duidelijk een verschil (Kolmogorov-Smirnov test $p < 0,002$), hetgeen echter niet op voorhand zonder meer valt toe te schrijven aan

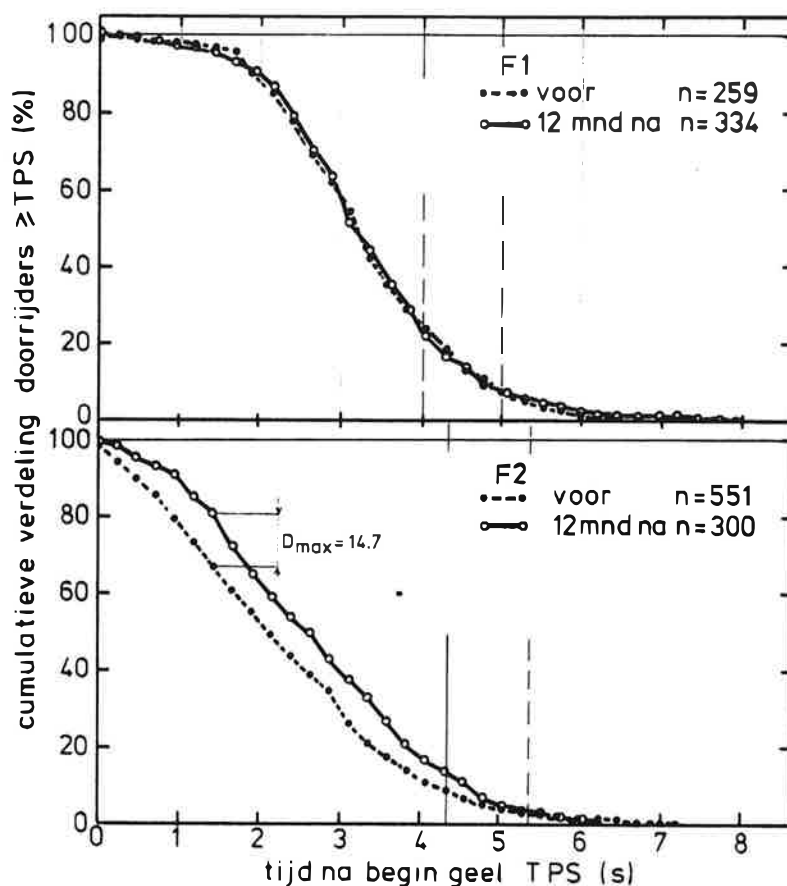


Fig. 18 Cumulatieve verdelingen van doorrijders (personenauto's en vrachtwagens samengenomen) als functie van passeertijd stopstreep vanaf begin geel (TPS) voor beide locaties bubeko, op locatie F2 slechts voorperiode van 25 uur vanwege werkzaamheden in de berm in voorperiode).

de aanpassing van de geeltijd vanwege het opmerkelijke verschil in het aantal doorrijders. Omdat zowel de gemiddelde groentijd als de gemiddelde cyclustijd niet sterk verschillen in voor- en na-situatie (het aantal potentiële gelegenheden blijft min of meer gelijk), evenmin als het aantal rechtdoorgaande voertuigen, is verder gezocht naar een mogelijke verklaring. Uit Fig. 19 blijkt dat het verschil in het aantal doorrijders vooral optreedt in het begin van de tijd na begin geel.

Het grote aantal doorrijders in dit gebied zou erop kunnen duiden dat het detectiesysteem in de voorperiode slecht heeft gefunctioneerd en er dientengevolge in een aantal gevallen het groen ten onrechte beëindigd is. Navraag bij de beherende instantie leerde dat direct na

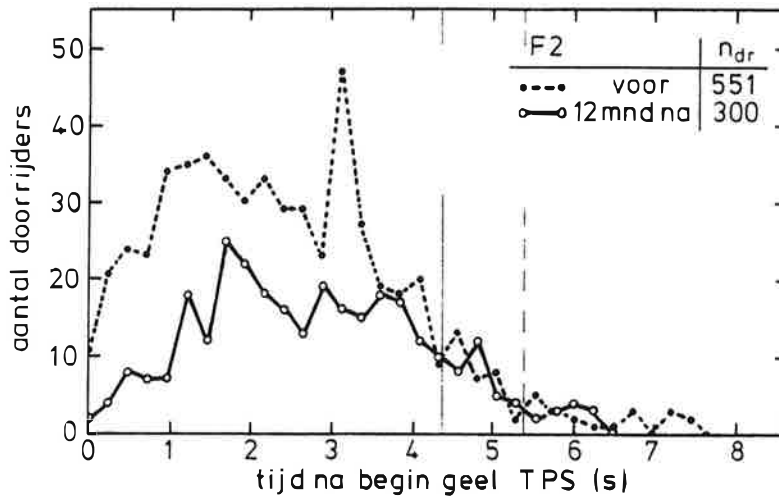


Fig. 19 Verdeling aantal doorrijders als functie van de tijd na begin geel op locatie F2 voor observatieperiode van 25 uur.

de eerste nameting in oktober 1983 de detectielussen op beide rechtdoorgaande rijstroken na controle zijn vervangen. Een inspectie van de groentijden (tijdens opnamen gescoord gedurende 10 uur per meting) wees uit dat inderdaad gedurende de voormeting en de eerste nameting minder vaak een groentijd langer dan de minimum groentijd is opgetreden dan gedurende de twee daarop volgende nametingen (12,3, resp. 10,8% tegen 46,8 en 29,7%).

Dit duidt erop dat inderdaad de oude detectielussen slecht hebben gefunctioneerd, resulterend in relatief veel doorrijders in het gebied tussen stopstreep en detectielussen (zie ook Fig. 20). De interne vertraging in de regelautomaat zorgt ervoor dat het dal van de verdeling wat voorbij de plaats van de detector ligt. Het effect van het koppelen van de detectielussen van beide rechtdoorgaande rijstroken blijkt uit het hoge aandeel langere groentijden tijdens de tweede nameting.

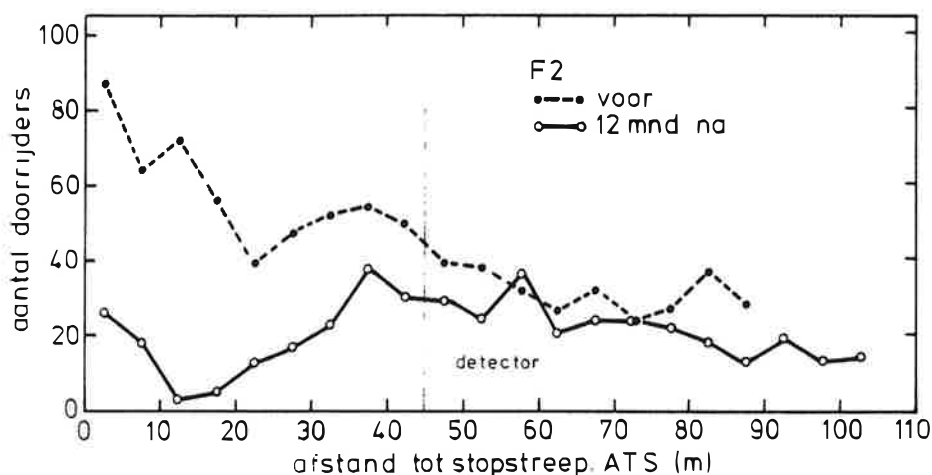


Fig. 20 Verdeling aantal doorrijders als functie van de afstand tot de stopstreep op moment van begin geel voor locatie F2. Voorperiode met slecht, naperiode met goed functionerende detector.

5.1.3 Kans op stoppen als functie van de afstand tot stopstreep (ATS)

Voor het vergelijken van voor- en na-situatie m.b.t. de verlenging van de geeltijd van 4 naar 5 s komt allereerst locatie F1 in aanmerking. Bij locatie F2 immers is de geeltijd aangepast van 4,4 naar 5,4 s, was het geobserveerde gebied van beperkte omvang en hebben in de voor-situatie de detectoren slecht gefunctioneerd. Voor locatie F1 is in Fig. 21 de kans op stoppen gegeven als functie van de afstand tot de stopstreep (ATS), in Fig. 21a de oorspronkelijke data in Fig. 21b een best fit volgens een log-lineair model met de interacties (1 x 2) en (2 x 3). De factoren zijn:

factor 1: VOOR/12 mnd NA

factor 2: stoppen/doorrijden

factor 3: afstand tot stopstreep (in 17 klassen van 10 m elk).

Er blijkt een effect van geeltijdverlenging op de kans op stoppen. In de naperiode (5 s geel) is de kans op stoppen op een bepaalde afstand van de stopstreep iets kleiner (ca. 0,06 verschil), of anders beschouwd dezelfde kans op stoppen wordt bereikt op een iets grotere afstand tot de stopstreep (in het middengedeelte is het verschil 2,5-7,5 m). Een vertaling naar tijd is niet mogelijk omdat voor de locaties bubeko geen snelheden bepaald zijn. Een analyse m.b.t. de

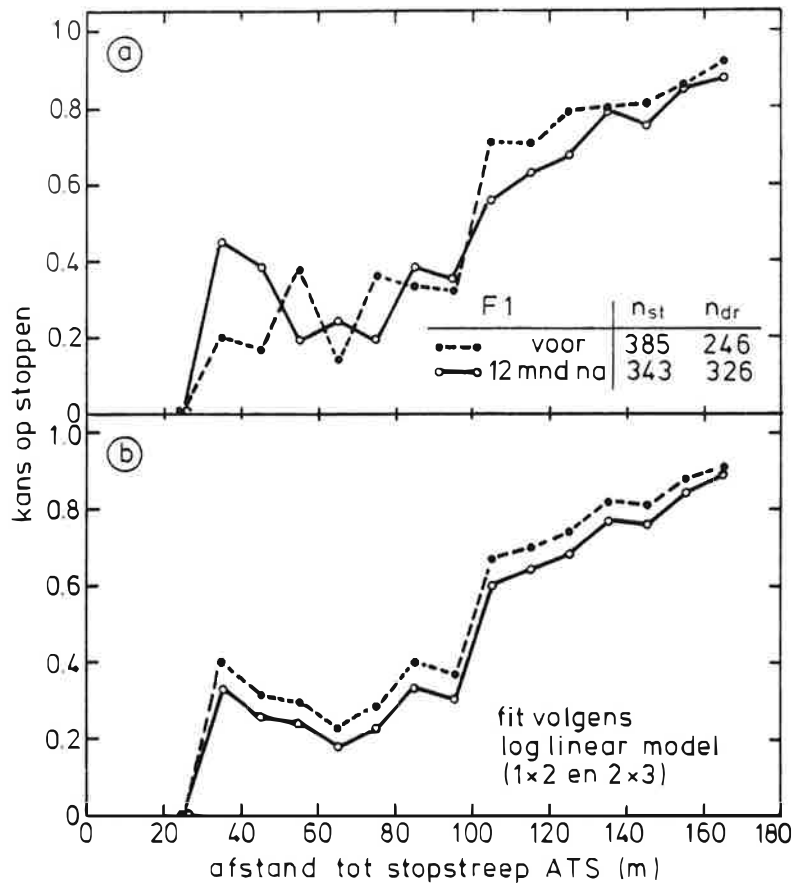


Fig. 21 Kans op stoppen als functie van de afstand tot de stopstreep op moment van begin geel (ATS) voor locatie F1, in VOOR en 12 mnd NA.

Fig. 21a: Oorspronkelijke data, n_{st} = aantal stoppers, n_{dr} = aantal doorrijders,

Fig. 21b: Een fit volgens een log lineair model.

tijd tot stopstreep op moment van begin geel (TTS), waarbij met snelheden van individuele voertuigen gerekend wordt, kon daardoor evenmin worden uitgevoerd.

Voor de volledigheid zijn de beschikbare gegevens van locatie F2 gegeven in Fig. 22. Zoals eerder is aangegeven is een vergelijking VOOR en NA voor deze locatie minder zinvol vanwege het slecht functioneren van de detectoren in de voor-situatie; voor het beperkte geobserveerde gebied voor de stopstreep laten beide curven zich volledig beschrijven door één kans op stoppen curve volgens een log lineaire model fit.

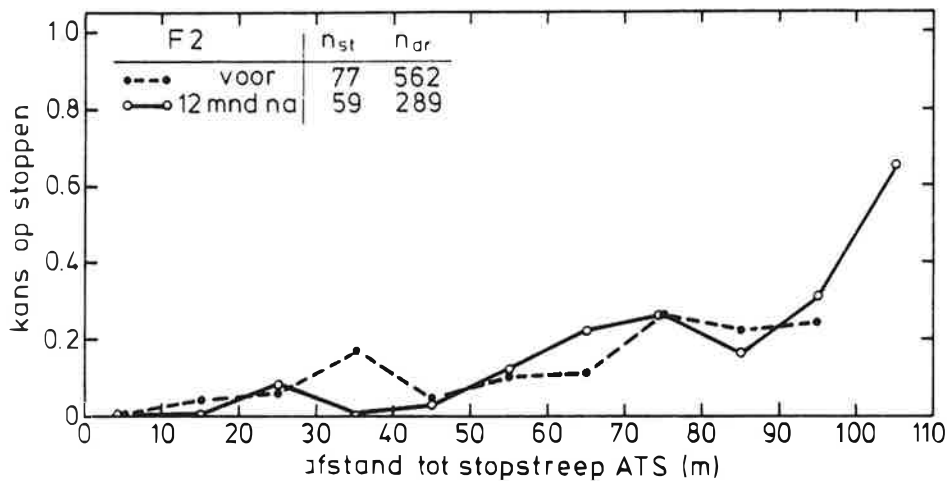


Fig. 22 Kans op stoppen als functie van de afstand tot de stopstreep op moment van begin geel (ATS) voor locatie F2 in VOOR en 12 mnd NA situatie, beperkt observatie gebied, in voor-situatie slecht functionerende detectoren, exclusief uren waarop in voor-situatie werkzaamheden hebben plaatsgevonden.

5.1.4 Conclusies

De resultaten van de buiten de bebouwde kom metingen hebben door de beperkte omvang van het onderzoek en de opgetreden versturende omstandigheden vooralsnog slechts een indicatief karakter.

- Een aanpassing van de geeltijd (van 4 naar 5 s geel) vermindert het aantal roodrijders met meer dan de helft (van 0,6 naar 0,2%) ten opzichte van het totaal aantal gepasseerde voertuigen en van 7,4 naar 3,5% ten opzicht van het aantal keuzevoertuigen (doorrijders + 1e stoppers).
- Er kon geen verschil worden aangetoond in de verdeling van het aantal doorrijders onder invloed van de aanpassing van de geeltijd. Een opgetreden verschil op locatie F2 lijkt vooral te wijten aan slecht functionerende detectoren in de voor-situatie.
- De kans op stoppen als functie van de afstand tot de stopstreep wordt in geringe mate beïnvloed door de geeltijdaanpassing (op een gegeven afstand ca. 0,06 kleiner). Een vertaling naar tijd heeft vooralsnog niet kunnen plaatsvinden.

5.2 Detectie-afstand

De locaties F1 en F2 onderscheiden zich door verschillende detectie-afstanden. Op F1 begint het detectiegebied voor de rechtdoor gaande richting op 80 m van de stopstreep (met 3 detectoren per rijstrook, zie Bijlage A), op F2 is er slechts één detector per rijstrook op 45 m afstand van de stopstreep. Een vergelijking tussen het gedrag van automobilisten onder invloed van de detectieafstand heeft alleen zin voor de metingen in de na-situatie, dit vanwege de slecht functionerende detectoren op locatie F2 in de voor-situatie.

5.2.1 Het aantal roodrijders

Uit Tabel IX blijkt zowel het absolute aantal roodrijders als het aandeel roodrijders voor locatie F2, wat lager dan bij F1. Echter de geeltijd is bij F2 in de na-situatie 0,4 s langer dan bij F1. Wordt bij F2 gerekend met het aantal doorrijders later dan 5,0 s na begin geel, dan is er nauwelijks verschil (27 doorrijders voor F1 versus 28 voor F2). Meer inzicht geeft de verdeling van de doorrijders als functie van de tijd van passeren van de stopstreep na begin geel (TPS).

5.2.2 Verdeling van doorrijders als functie van TPS

Fig. 23a geeft de cumulatieve verdelingen van de doorrijders voor beide locaties in de 12 mnd NA meting, Fig. 23b geeft de relatieve verdelingen. Ook buiten de bebouwde kom geldt dat detectie op afstand (80 m) vergeleken met detectie op 45 m een forse verschuiving teweeg brengt, echter vooral voor de eerste 4 s na begin geel. Op het aantal passages gedurende het rood heeft detectie op afstand weinig invloed.

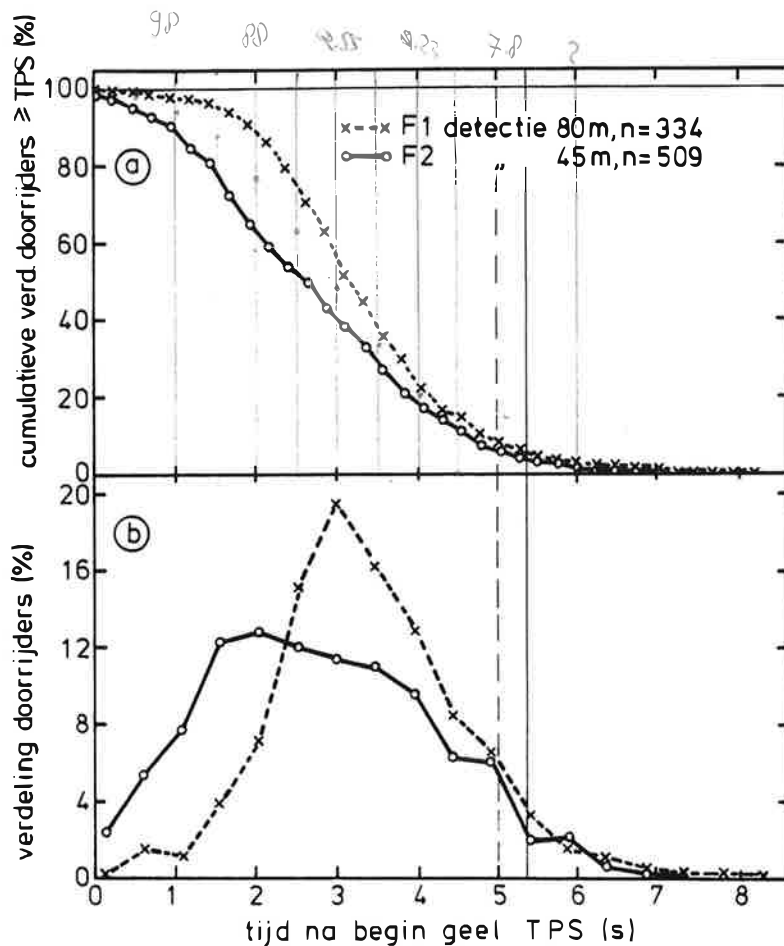


Fig. 23 Verdeling doorrijders als functie van passeertijd stopstreep na begin geel (TPS).
 Fig. 23a: Cumulatieve verdeling (uitgezet als aandeel met een passeertijd \geq TPS s),
 Fig. 23b: Relatieve verdeling.

5.2.3 Kans op stoppen als functie van afstand tot stopstreep (ATS)

De kans op stoppen is voor beide locaties (alleen 12 mnd NA meting) gegeven in Fig. 24, vanwege het beperkte observatiegebied voor F2 slechts tot 110 m afstand van de stopstreep. De piek bij F1 in het gebied tussen 30 en 50 m is geheel te wijten aan de kleine aantallen voertuigen in dit gebied. Een log lineaire model fit voor het gebied tussen de 50 en 110 m leverde geen verschil in de kans op stoppen curve op voor beide locaties.

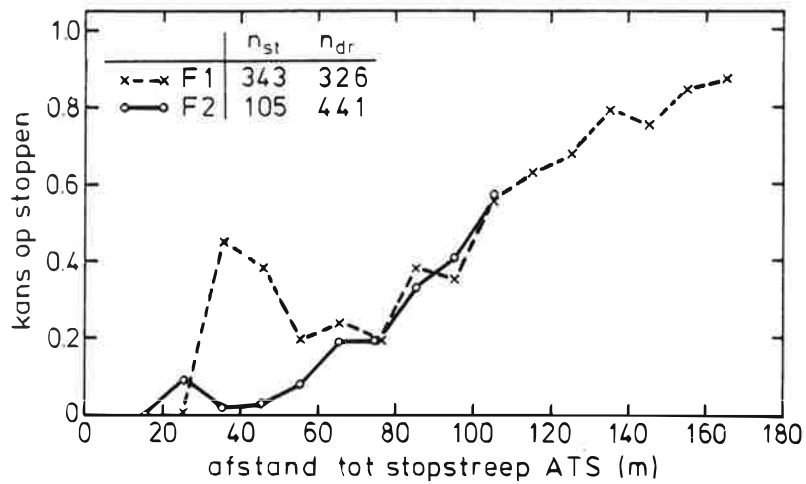


Fig. 24 Kans op stoppen als functie van de afstand tot de stopstreep (ATS) voor locatie F1 met detectie vanaf 80 m en voor locatie F2 met detectie op 45 m (alleen 12 mnd NA meting).

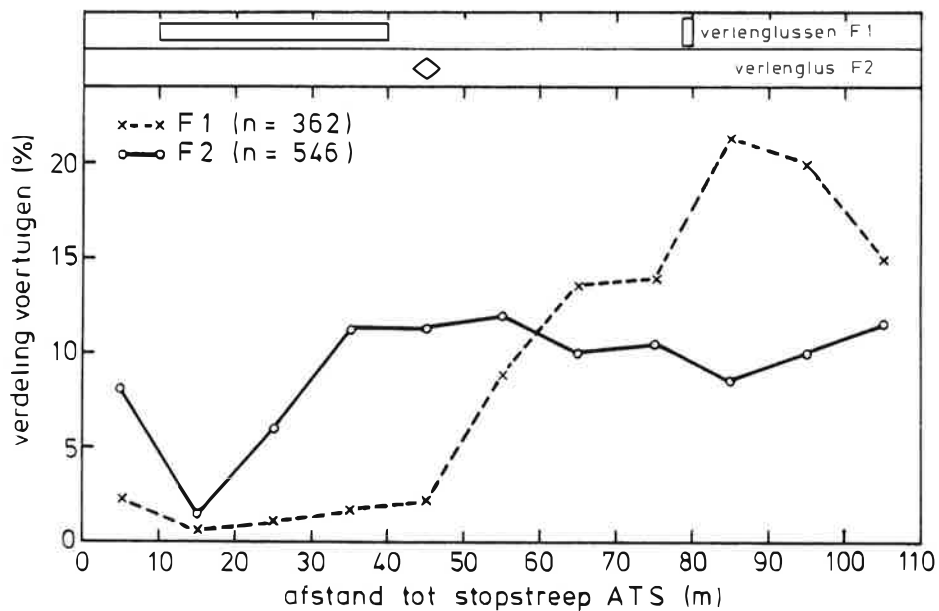


Fig. 25 Verdeling totaal aantal voertuigen als functie van de afstand tot de stopstreep (tot 110 m) voor de locaties F1 en F2 bubeko met bijbehorende verlenglus-configuratie.

Fig. 25 tenslotte geeft voor beide locaties de verdeling van het totaal aantal voertuigen in het gebied tot 110 m van de stopstreep op moment van begin geel. Duidelijk is de invloed van de detectoren te onderkennen, de lange verlenglus bij F1 zorgt voor relatief erg weinig voertuigen dichtbij de stopstreep. De piek van de verdeling ligt vòòr de verlenglus op 80 m, hetgeen te verwachten valt.

5.2.4 Conclusies

- Uitgebreide detectie heeft een gunstig effect op het totaal aantal keuzevoertuigen (bij F2 is de verkeersintensiteit hoger en het totaal aantal cycli kleiner dan bij F1) en brengt een forse verschuiving in de verdeling van passeertijden van de doorrijders te weeg, echter vooral tot ca. 4 s na begin geel. Op het aantal roodrijders valt er geen invloed te onderkennen.
- Voor zover op grond van de beperkte gegevens mogelijk is, valt er geen verschil te constateren in de kans op stoppen als functie van de afstand tot de stopstreep voor beide locaties.

6 DISCUSSIE EN CONCLUSIES

Uit een eerder uitgevoerde literatuurstudie kwam naar voren dat de momenteel in Nederland gangbare geeltijden (3 s bij een snelheid tot 50 km/h en 4 s bij 70-80 km/h) met ca. 1 s verlengd zouden moeten worden om een betere aanpassing te krijgen aan wat onder normale omstandigheden van bestuurders van motorvoertuigen mag worden verwacht (Van der Horst en Godthelp, 1982). Omdat in de literatuur onvoldoende gegevens beschikbaar waren over eventuele lange termijn effecten van een dergelijke geeltijdaanpassing op het beslisgedrag van automobilisten, is een praktijkproef uitgevoerd. Er is onderscheid gemaakt tussen binnen en buiten de bebouwde kom. Het onderzoek binnen de bebouwde kom (op 23 met verkeerslichten geregelde kruispunten in Leeuwarden is de geeltijd aangepast van 3 naar 4 s) kon het meest volledig worden uitgevoerd. Buiten de bebouwde kom was de opzet beperkter (slechts één traject, op 4 kruispunten geeltijd van 4 naar 5 s en op 4 kruispunten (toegestane snelheid 50 km/h) van 3 naar 4 s) en hebben zich enkele verstorende omstandigheden voorgedaan (Hoofdstuk 5). Bij de aanpassing van de geeltijd is vooralsnog de "alles-rood" tijd niet gewijzigd, dit om te voorkomen dat er mogelijk 2 effecten door elkaar zouden optreden.

6.1 Binnen de bebouwde kom

6.1.1 Geeltijd van 3 naar 4 s

In totaal zijn er binnen de bebouwde kom op een viertal locaties 14.500 groen-geel overgangen geanalyseerd. Bij een derde deel hiervan bevond zich minstens één auto in een gebied tot 100 m voor de stopstreep. Zowel in de VOOR als in de 12 mnd NA periode waren ca. 2500 keuzevoertuigen (1e stoppers en doorrijders) beschikbaar.

De aanpassing van de geeltijd heeft een duidelijk effect op het aantal roodrijders, dit blijkt gehalveerd. Weliswaar valt er een iets aangepast gedrag te onderscheiden, maar slechts in geringe mate. De "kans op stoppen" curve als functie van de afstand tot de stopstreep op moment van begin geel schuift ca. 2,5 m naar rechts op. In tijd vertaald (rekening houdend met de momentane snelheid van elk voertuig op moment van begin geel afzonderlijk), betekent dit een verschuiving

van 0,17 s. Deze tijd wordt dus als het ware extra gebruikt. De verandering in de tijd waarop door de doorrijders de stopstreep werkelijk gepasseerd wordt, is vergelijkbaar (0,13 s). De werkelijke passeertijden liggen gemiddeld wat lager dan de tijden tot de stopstreep op moment van begin geel (gemiddeld 0,21 s). De auto's die doorrijden versnellen nog enigszins. Verder lijkt de (geringe) aanpassing van het gedrag van automobilisten de stationaire toestand te hebben bereikt. Zowel op grond van de cumulatieve verdelingen van de doorrijders als op grond van de kans op stoppen als functie van de afstand tot de stopstreep valt er geen verschil in gedrag te onderscheiden tussen 6 en 12 maanden na de verandering, terwijl dit voor beide metingen wel het geval is in vergelijking tot de voormeting.

De algemene conclusie voor de binnen de bebouwde kom situatie luidt dan ook dat een aanpassing van de geeltijd van 3 naar 4 s de omvang van de roodlichtnegatie door bestuurders van motorvoertuigen inderdaad kan doen halveren. Hoewel het moeilijk kwantitatief te onderbouwen valt, lijkt het vermoeden gerechtvaardigd dat het onderzoeksgebied (de stad Leeuwarden) een qua verplaatsingen betrekkelijk op zichzelf staand geheel is. Daarom lijkt het niet erg aannemelijk om het resultaat dat de aanpassing van het gedrag slechts gering van omvang is, toe te schrijven aan de ervaringen van de automobilisten met onveranderde geeltijden in de rest van het land. Op grond van een model voor de benodigde geeltijd, gebaseerd op reactietijd, remvertraging en snelheid (zie o.a. Van der Horst en Godthelp, 1982) is een geeltijd van 4 s binnen de bebouwde kom, alleszins gerechtvaardigd (zowel een combinatie van een reactietijd van 1 s en een gemiddelde remvertraging van $2,5 \text{ m/s}^2$ als een reactietijd van 1,5 s met een remvertraging van 3 m/s^2 leveren een geeltijd van 3,8 s op). Aan de andere kant mag de geeltijd ook niet te lang zijn. Ten eerste moeten de stoppers als het ware "beloond" worden met rood en ten tweede brengt een te lange geeltijd een grotere variabiliteit in het beslissinggedrag teweeg met als mogelijke consequentie dat de kans op kop/staart botsingen sterk toeneemt. Ervaringen met "grünblinken" in Oostenrijk wijzen in die richting (Knoflacher, 1973).

Momenteel zijn de geeltijden in Leeuwarden al gedurende 2 jaar ingesteld op 4 s, een periode die het mogelijk maakt om d.m.v. een voor- na vergelijking ten aanzien van het aantal ongevallen (zowel haakse als kop/staart botsingen) de invloed op de verkeersveiligheid na te gaan.

6.1.2 Detectie-afstand

Achteraf moet geconstateerd worden dat op de twee locaties binnen de bebouwde kom met een verschillende detectie-afstand een aantal bijkomende factoren een rol hebben gespeeld die een éénduidige vergelijking van de resultaten uitsluitend op grond van verschillen in detectieafstand niet goed mogelijk maken. Bij locatie L1 (detectie-afstand 55 m) wordt na het verstrijken van de hiaattijd het groen beëindigd. De instelling van de hiaattijden op beide verlengslussen (0,3 s op de lange lus tot op 27 m van de stopstreep en 1,3 s voor de lus op 55 m afstand) lijkt echter tot gevolg te hebben dat een aanzienlijk deel van de keuzevoertuigen zich op het moment van begin geel net voor de lange lus bevindt. Ook in de verdeling van doorrijders als functie van de tijd van passeren van de stopstreep na begin geel en in de verdeling van het aantal keuzevoertuigen als functie van de tijd tot stopstreep op moment van begin geel de meest geëigende vergelijkingsgrootte. Op grond hiervan lijkt detectie op afstand de roodlichtdiscipline enigszins gunstig te kunnen beïnvloeden. De bijkomende verschillen op beide onderzoeklocaties zorgen er echter voor dat harde conclusies ten aanzien van de detectieafstand helaas niet kunnen worden getrokken.

6.1.3 Wachttijd

Ten aanzien van de hypothese omtrent lange wachttijden moest de keuze van locaties worden gemaakt zonder dat gegevens over optredende wachttijden precies bekend waren. Dit had tot gevolg dat, hoewel er een verschil in wachttijd optrad van gemiddeld 18 s tussen beide locaties, het aandeel zeer lange wachttijden (bij het opstellen van de hypothese gingen de gedachten uit naar wachttijden van 100 s en meer) toch in verhouding erg gering was. Bovendien was het totaal aantal keuzevoertuigen op beide locaties in een praktisch realiseer-

bare observatieperiode van 36 uur per meting relatief klein. Op grond van de uitgevoerde observaties bleek in elk geval geen verschil aanwezig in gedrag tussen beide locaties.

6.2 Buiten de bebouwde kom

De opzet van de praktijkproef buiten de bebouwde kom was beperkter van opzet dan voor de binnen de bebouwde kom situatie. In plaats van een groot gebied waar de geeltijden konden worden aangepast, moest genoeg genomen worden met een beperkt traject op de route Wolvega-Leeuwarden (RW32) met een lengte van 40 km. Hierop zijn 2 locaties met een verschillende detectie-afstand geselecteerd, één met uitgebreide detectie tot op 80 m van de stopstreep en één met uitsluitend een detector op 45 m.

6.2.1 Aanpassing geeltijd

Op de locatie met beperkte detectie (F2) bleek de geeltijd niet nauwkeurig instelbaar. In de voor-situatie bedroeg deze 4,4 s en na verandering 5,4 s. Op de andere locatie (F1) is de geeltijd aangepast van 4 naar 5 s.

Doordat achteraf gebleken is dat het detectiesysteem op F2 in de voor-situatie slecht heeft gefunctioneerd, is een eventueel effect van de geeltijdaanpassing buiten de bebouwde kom voor het merendeel slechts na te gaan aan de hand van de gedragsmetingen op locatie F1.

Het aantal roodrijders vermindert door de geeltijdverlenging met meer dan de helft. In de verdeling van het aantal doorrijders valt voor en na geen verschil te onderscheiden. De kans op stoppen als functie van de afstand tot de stopstreep op moment van begin geel wordt in geringe mate beïnvloed door de geeltijdaanpassing (in de naperiode ca. 0,06 s kleiner bij een gegeven afstand). Een vertaling van dit verschil naar de tijd heeft vooralsnog vanwege het ontbreken van snelheidsgegevens niet plaatsgevonden. De in het middengedeelte optredende verschuiving in afstand bedraagt ca. 2,5-7,5 m. Uitgaande van de wettelijke snelheid van 70 km/h zou dit een verschil in tijd tot stopstreep opleveren van 0,13 tot 0,39 s. Een meer realistisch

geachte snelheid van 100 km/h zou een verschiltijd opleveren van 0,09 tot 0,27 s. Dit verschil komt in de verdeling van de werkelijke passeertijden niet naar voren. Een mogelijke verklaring hiervoor kan zijn dat de automobilisten die eenmaal besloten hebben om door te rijden nog iets versnellen. De winst die daarmee bereikt kan worden, ligt in dezelfde grootte-orde.

6.2.2 Detectie-afstand

Ten aanzien van de detectie-afstand is een beperkte vergelijking tussen beide locaties uitgevoerd voor de nameting. Het gunstige effect van uitgebreide detectie op het aantal keuzevoertuigen is, zoals te verwachten, vooral een gevolg van een verminderd aantal in het detectiegebied en leidt tot een forse verschuiving in de verdeling van passeertijden voor de doorrijders tot ca. 4 s na begin geel. Op het aantal roodrijders valt geen invloed te onderkennen. De kans op stoppen als functie van de afstand tot de stopstreep kon slechts voor een beperkt gebied worden vergeleken. In het gebied tussen 50 en 110 m afstand van de stopstreep treden geen verschillen op. De aantallen voertuigen zijn echter te gering om een eventueel aanwezig verschil significant aan te kunnen tonen. Een nadere analyse op grond van de tijd tot stopstreep kon vanwege het ontbreken van momentane snelheden niet worden uitgevoerd.

7 AANBEVELINGEN

De belangrijkste conclusie uit dit onderzoek is dat een aanpassing van de geeltijd met ca. 1 s de omvang van roodlichtnegatie door bestuurders van motorvoertuigen ook na een gewenningsperiode van één jaar netto ongeveer doet halveren. Binnen de bebouwde kom is aangetoond dat er een geringe aanpassing van het gedrag optreedt, die ertoe leidt dat maximaal ongeveer 0,2 s van het geel extra wordt benut. Vergelijking met de metingen een half jaar na de geeltijdverlenging toont aan dat dit geringe gewenningseffect niet meer toeneemt na een half jaar. Het deelonderzoek buiten de bebouwde kom levert in principe dezelfde aanwijzingen op maar deze zijn door de beperkter omvang van dit deel minder hard aan te tonen.

Uit dit onderzoek komt de aanbeveling naar voren om inderdaad sterk in overweging te nemen de geeltijden wat langer te maken (4 s geel binnen de bebouwde kom en 5 s daarbuiten). Hiermee wordt beter aangesloten bij wat van automobilisten onder normale omstandigheden mag worden verwacht en wat in ongunstige omstandigheden maximaal haalbaar is. Deze eenduidigheid leidt ertoe dat de wat vage grens tussen door geel of door rood rijden wordt opgescherpt, hetgeen ten aanzien van handhaving eveneens een gunstig effect kan sorteren.

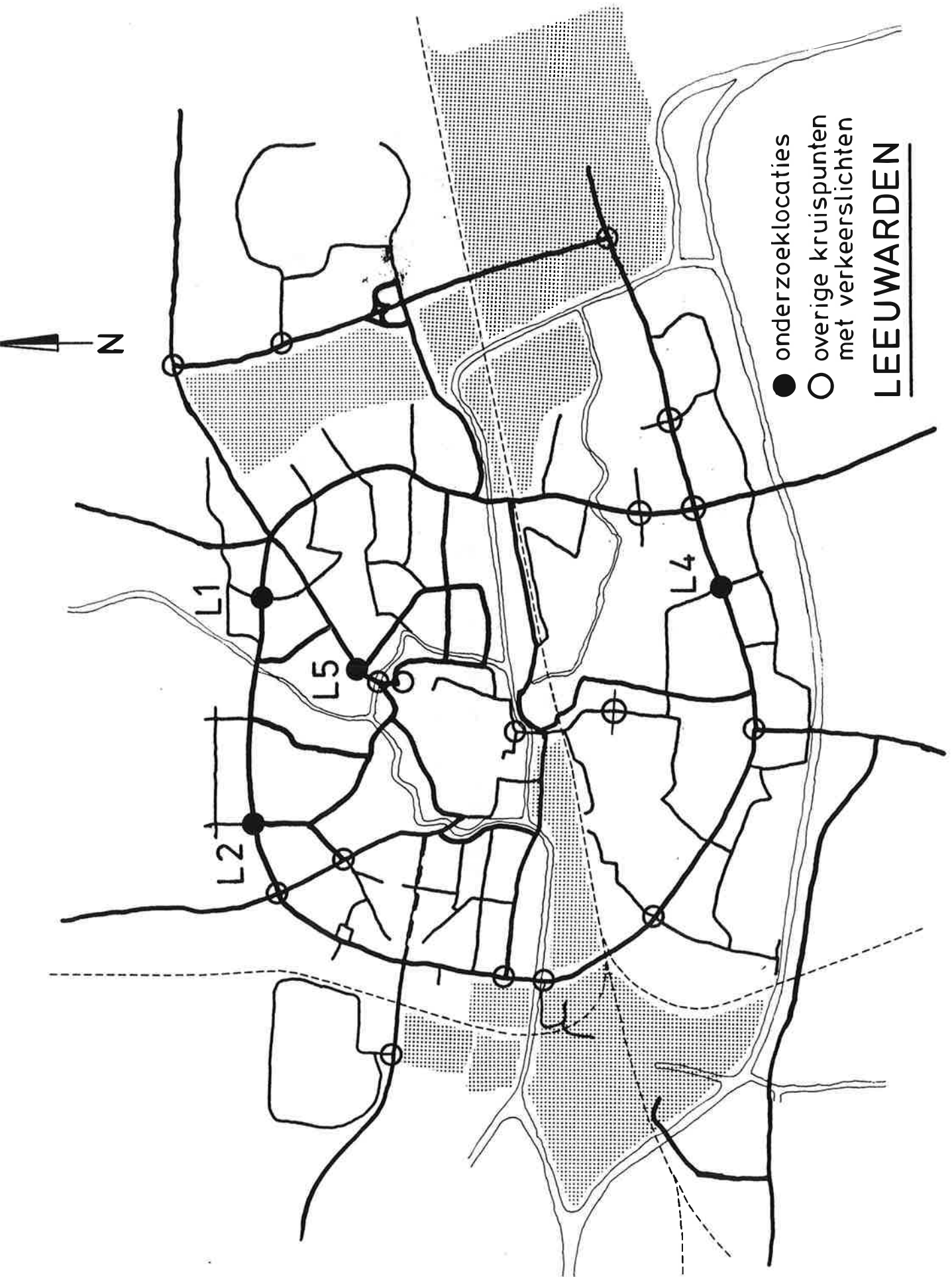
Het aspect verkeersonveiligheid ten gevolge van het door rood rijden is in dit onderzoek niet meegenomen. De relatie tussen de aanpassing van de geeltijd en verkeersveiligheid zou inmiddels aan de hand van een ongevalsanalyse op de met verkeerslichten geregelde kruispunten kunnen worden onderzocht (de geeltijd van 4 s functioneert nu twee jaar in Leeuwarden). Eenduidiger beslisedrag zou wellicht het aantal kop/staart botsingen kunnen verminderen.

R E F E R E N T I E S

- Horst, A.R.A. van der en Sijmonsma, R.M.M. (1980). Analyse van rijgedrag met behulp van video. Verkeerskunde 31, nr. 5, 269-272.
- Horst, A.R.A. van der en Godthelp, J. (1982). De roodlichtdiscipline van bestuurders van motorvoertuigen in relatie tot het beëindigen van de groenfase: een literatuurstudie. Rapport IZF 1982 C-11, Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg.
- Knoflacher, H. (1973). Der Einfluss des Grünblinkens auf die Leistungsfähigkeit und Sicherheit lichtsignalgeregelter Strassenkreuzungen. Stassenforschung Heft 8, Bundesministerium für Bauten und Technik, Wien, Osterreich.
- Oppe, S. (1980). Analyse van samenhangen tussen kwalitatieve verkeersveiligheidskenmerken (slot). Verkeerskunde 31, nr. 12, 629-632.
- Poll, K.J. en Horst, A.R.A. van der. (1981). De roodlichtdiscipline van bestuurders van motorvoertuigen: een verkennend onderzoek. Rapport IZF 1981C-12. Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg.

BIJLAGE A: Korte beschrijving locaties

	blz.
Binnen bebouwde kom: situering onderzoeklocaties Leeuwarden	66
L1: Gerbrandyweg-Verzetsstraat	67
L5: Groningerstraatweg-Bleeklaan	69
L2: Wollegaast-Dammelaan	71
L4: Rietgras-Aldlânsdijk	73
Buiten bebouwde kom: situering onderzoeklocaties	75
F1: RW32-Werpsterhoek	76
F2: RW32-Oranjewoud	78

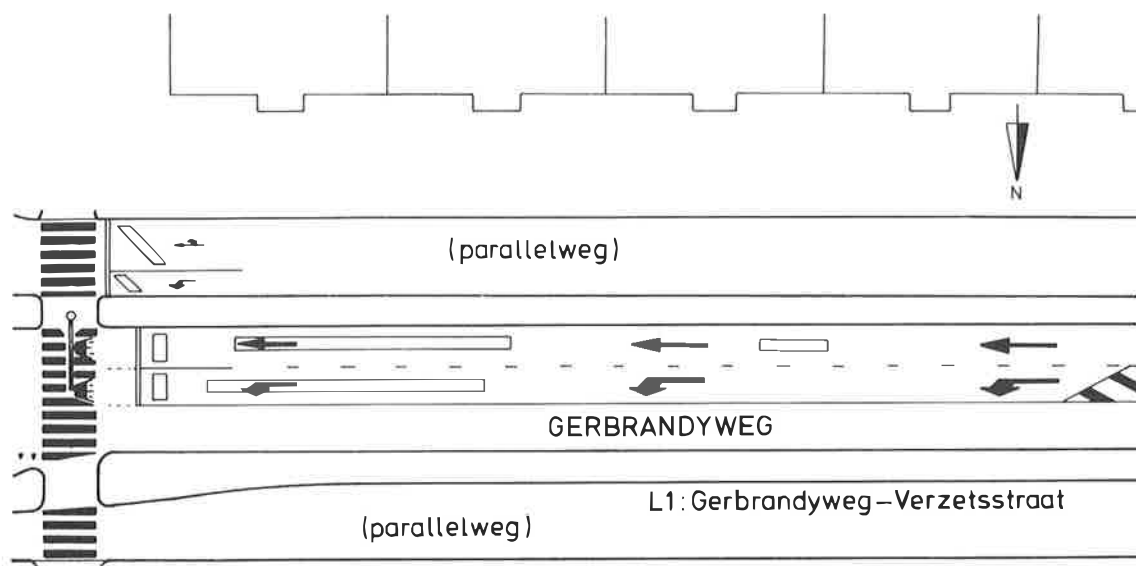


- onderzoeklocaties
- overige kruispunten met verkeerslichten

LEEUWARDEN

L1: Gerbrandyweg-Verzetsstraat, detectieafstand 55 m

Geobserveerd is het rechtdoorgaande autoverkeer op de hoofdrichting van de Gerbrandyweg, gelegen aan de noord-oostkant van Leeuwarden. Er is geen langzaam verkeer op de hoofdrijbaan toegestaan. Voor het rechtdoorgaande verkeer zijn detectielussen voor het verlengen van het groen aangebracht, één op 55 m afstand van de stopstreep en een lange lus (20 m) beginnend op 27 m voor de stopstreep. Zodra er op de verst gelegen lus een hiaattijd van 1,3 s verstreken is en er vervolgens eveneens op de lange lus een hiaattijd van 0,3 s is gemeten gaat het licht naar rood. In principe wordt een wachtstand rood toegepast, gedurende de observatie-uren kwam het echter slechts zeer zelden voor dat het licht na het op rood schakelen direct weer op groen ging voor de onderzochte naderingstak. De gemiddelde snelheid van het autoverkeer bedroeg 15,1 m/s ofwel 54,4 km/h met een standaarddeviatie van 4,3 m/s (15,5 km/h). Gedurende 2 ochtenden in de 12 maanden NA meting bleek het licht om onduidelijke redenen maximum groen (ca. 60 s) te bereiken. Het aantal vrachtverkeer in de rechtdoorgaande voertuigstroom bedroeg 9,5%.



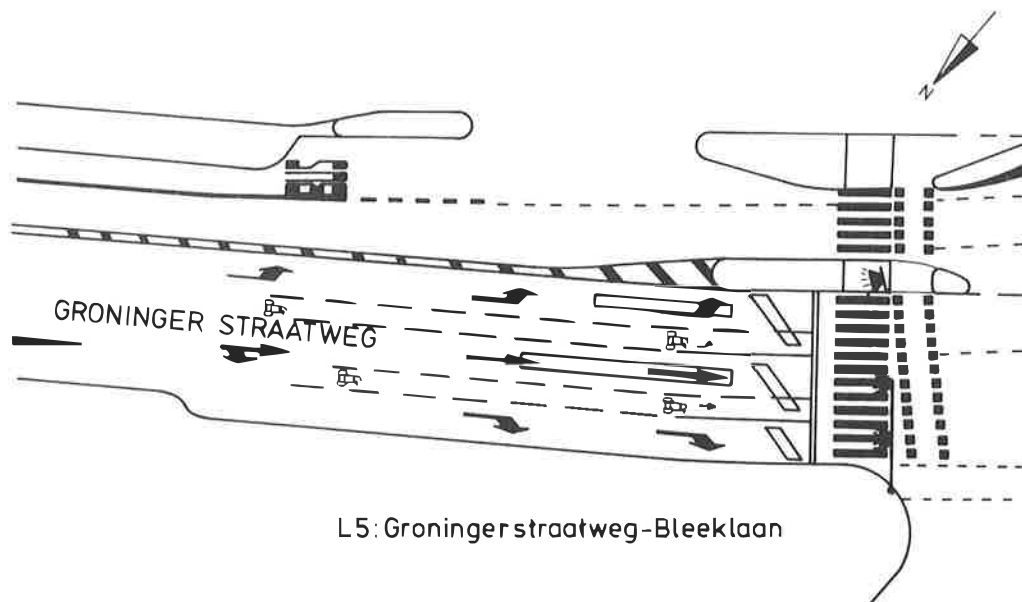
Situatieschets L1: Gerbrandyweg-Verzetsstraat.



Beeld zoals opgenomen door 2 camera's locatie L1.

L5: Groningerstraatweg-Bleeklaan, detectieafstand 20 m

Geobserveerd is het rechtdoorgaande autoverkeer op de Groningerstraatweg, richting centrum. Voor het langzame verkeer zijn aparte fietsstroken van rood asfalt aanwezig. Voor het rechtdoorgaande verkeer is er een groenverlenglus van 15 m lang, beginnend op 20 m voor de stopstreep. De hiaattijd was ingesteld op 1,5 s. De onderzochte richting verlengt mee met de tegenovergestelde richting. In de praktijk bleek dit vaak voor te komen en gaf het aanleiding tot lange groentijden. De gemiddelde snelheid voor het autoverkeer bedroeg 14,0 m/s ofwel 50,4 km/h met een standaarddeviatie van 3,6 m/s (13 km/h). Het aantal vrachtverkeer in de rechtdoorgaande voertuigstroom bedroeg 5,1%.



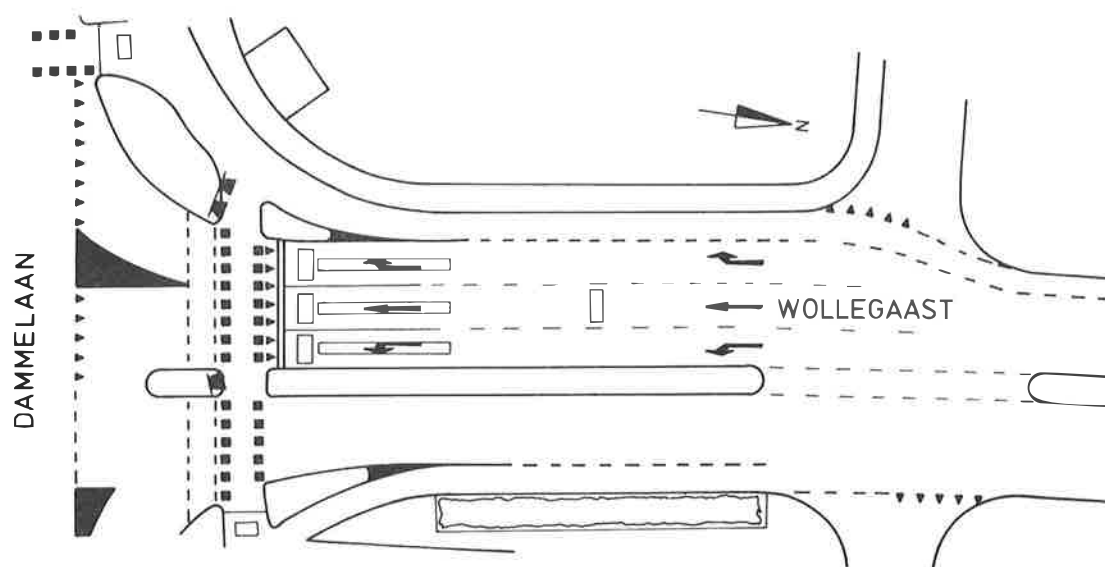
Situatieschets L5: Groningerstraatweg-Bleeklaan.



Beeld zoals opgenomen door 2 camera's locatie L5.

L2: Wollegaast-Dammelaan, wachttijd 'lang'

Het betreft de noordelijke zijtak van het kruispunt (gelegen aan de Noordkant van Leeuwarden). Geobserveerd is het rechtdoorgaande autoverkeer op de Wollegaast richting centrum. Het langzame verkeer heeft een fietssuggestiestrook van rood asfalt tot zijn beschikking, ter plaatse van het kruispunt overgaand in een fietspad. De zijrichting krijgt alleen op aanvraag groen. Naast een verlenglus op 12 m voor de stopstreep (hiaattijd 0,5 s) is er een extra lus aanwezig op 23 m voor de stopstreep (zowel aanvraag als verlengfunctie, hiaattijd 1,5 s). De gemiddelde naderingssnelheid van het rechtdoorgaand autoverkeer bedroeg 12,6 m/s (45,4 km/h) met een spreiding van 4,65 m/s (16,7 km/h). Het aandeel vrachtverkeer in het totaal aantal rechtdoorgaande voertuigen bedraagt 5,4%. De verwachting was dat zeker in de spitsuren de wachttijd op deze tak aanzienlijk zou zijn. In de praktijk bleek de wachttijd gemiddeld 45 s te bedragen (s.d. 26 s), niet lang genoeg om belangrijke effecten te verwachten. Tijdens de voormeting heeft gedurende de maandagmiddag een aantal keren het aanvraagdetectiesysteem geweigerd. Dit gaf soms aanleiding tot extreem lange roodtijden (de langste was 28 min, daarna is de installatie uitgeschakeld). Bij de analyses is de maandagmiddag verder buiten beschouwing gelaten.



L2: Wollegaast-Dammelaan

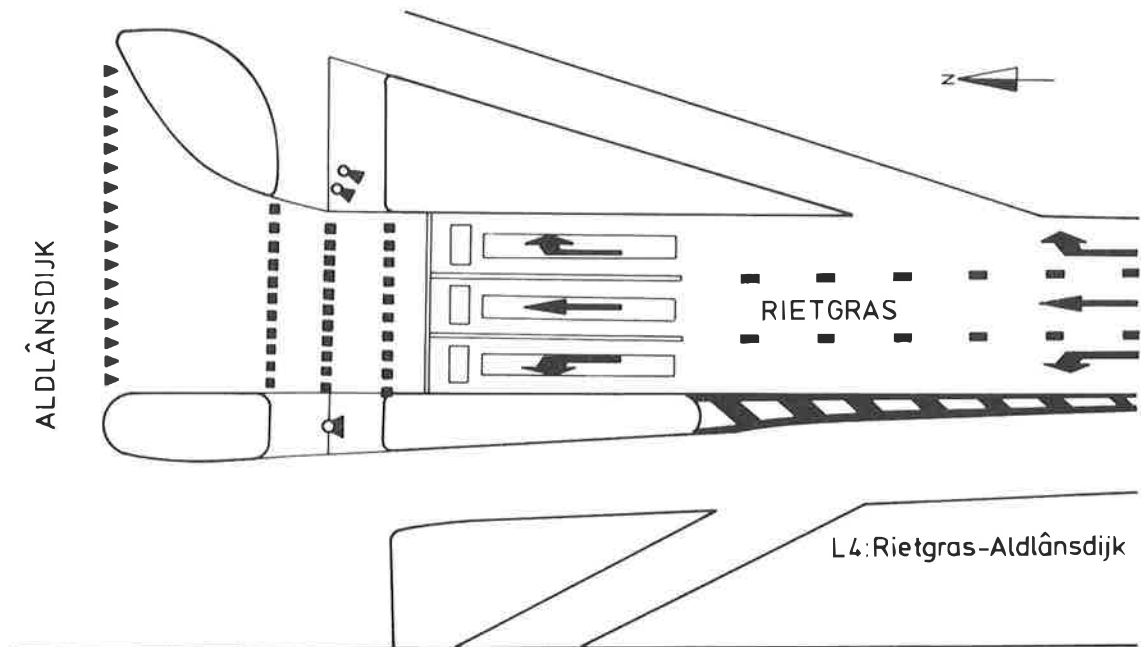
Situatieschets L2: Wollegaast-Dammelaan.



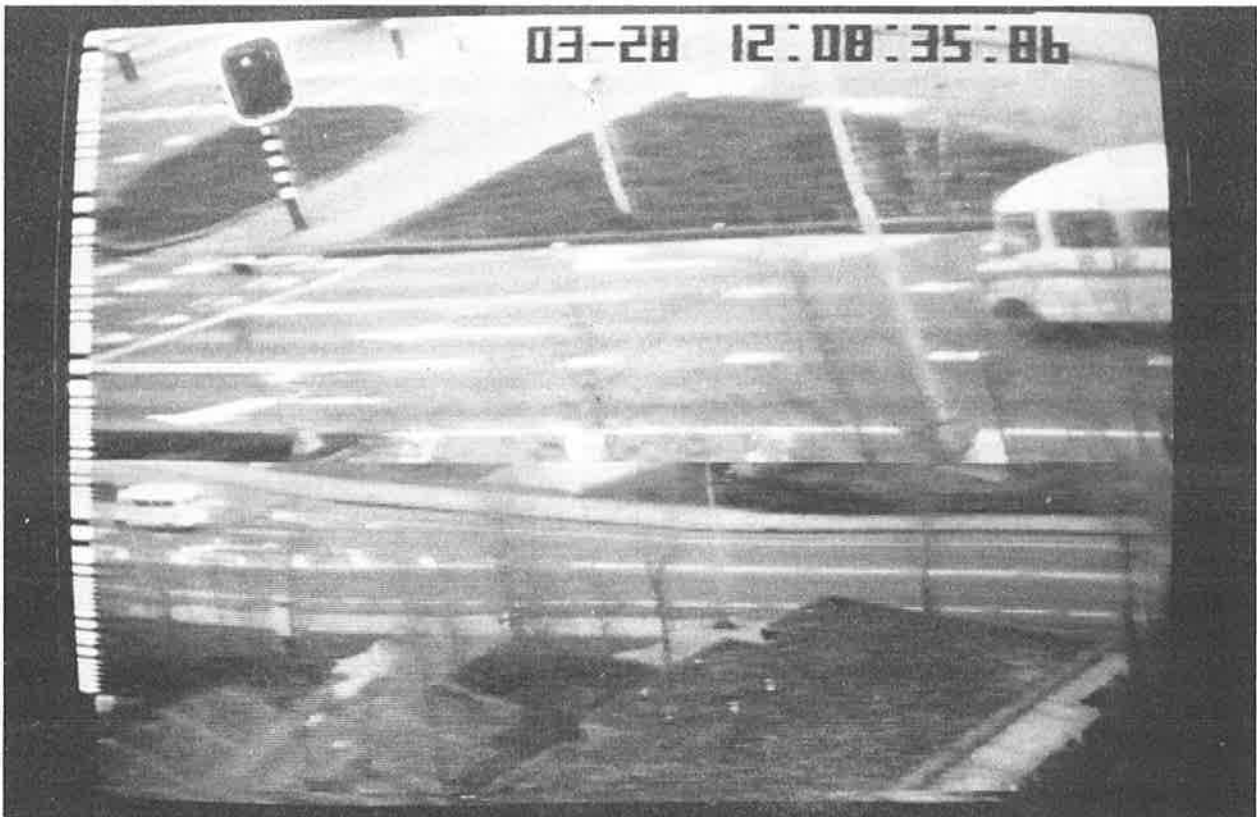
Beeld zoals opgenomen door 2 camera's locatie L2.

L4: Rietgras-Aldlânsdijk, wachttijd 'kort'

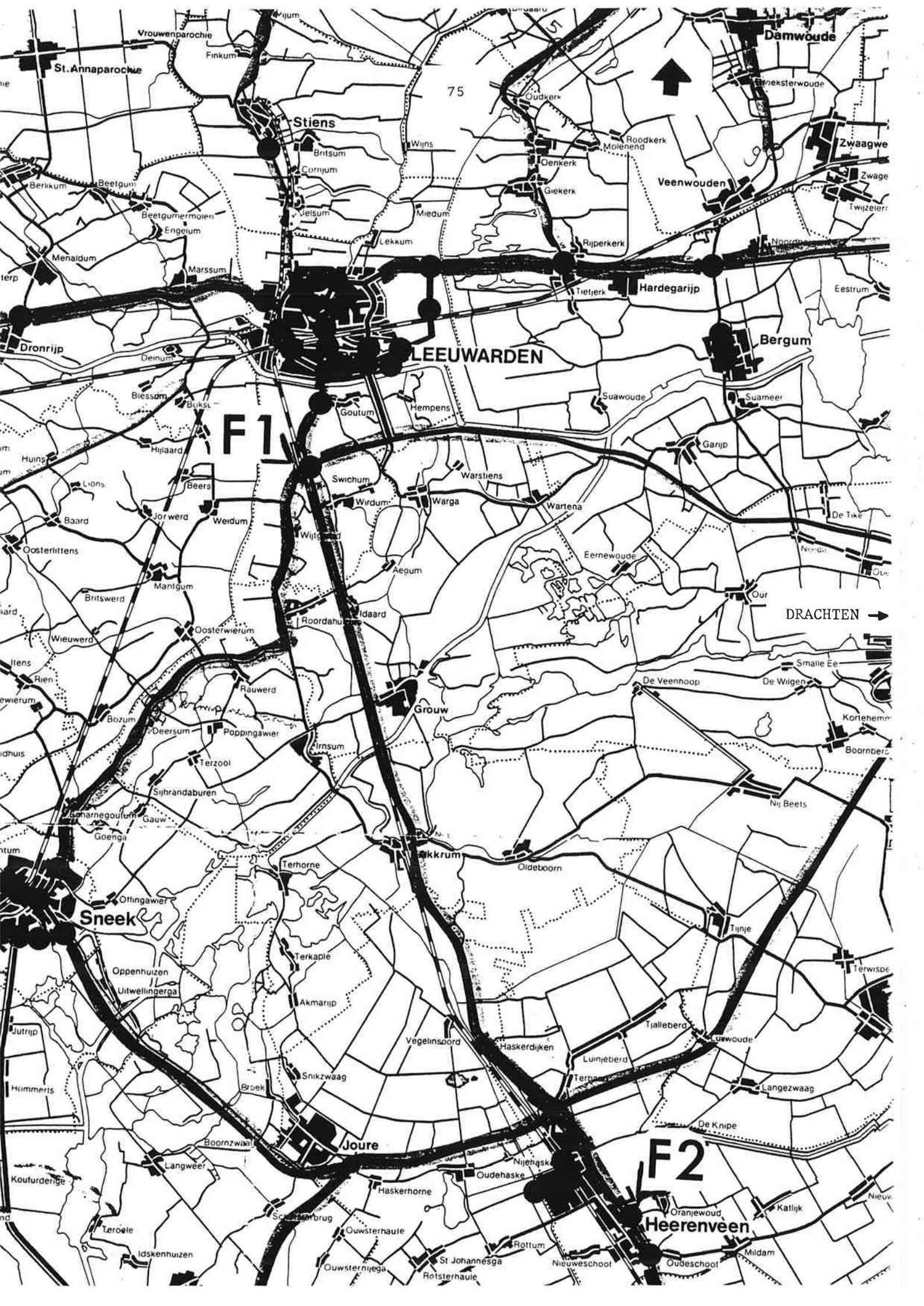
Dit kruispunt is gelegen aan de zuidkant van Leeuwarden. Geobserveerd is het rechtdoorgaande autoverkeer op de zuidelijke zijtak, richting centrum. Het langzame verkeer heeft een fietsstrook van rood asfalt, ter plaatse van het kruispunt overgaand in een fietspad. De zijrichting krijgt alleen op aanvraag groen. Er is een verlenglus op 12 m voor de stopstreep (hiaattijd 1 s). De gemiddelde naderingssnelheid van het rechtdoorgaande autoverkeer bedroeg 12,0 m/s (43,2 km/h) met een standaarddeviatie van 4,3 m/s (15,5 km/h). Het aandeel vrachtverkeer in het totaal aantal rechtdoorgaande voertuigen bedraagt 6,8%. De gemiddelde wachttijd was 27,2 s (s.d. 16 s).



Situatieschets L4: Rietgras-Aldlânsdijk.



Beeld zoals opgenomen door 2 camera's locatie L4.



Vrouwenparochie

St. Annaparochie

Stiens

75

Damwoude

Britsum

Wijns

Oudkerk

Streeksterwoude

Zwaagwe

Berikum

Beetgum

Beetgumermolen

Engelum

Jetsum

Miedum

Giekerk

Veenwouden

Zwage

Menaldum

Marssum

Lekum

Rijperkerk

Noord

Twizeler

Dronrijp

Deinum

Goutum

Hempens

Hardegarijp

Bergum

F1

Huizingum

Biessum

Buokst

Swichum

Warstiens

Suawoude

Garrijp

Lions

Hijaard

Beers

Wirdum

Warga

Wartena

Suameer

Baard

Jorwerd

Weidum

Wijtze

Aegum

Eernewoude

Our

Oosterlittens

Mantgum

Oosterwierum

Roordahu

Daard

De Veenhoop

Smalle Ee

Wieuwerd

Rauwerd

Poppingawier

Irnsom

Grouw

De Wigen

Kortehem

Aien

Bozum

Deersum

Terzool

Sijbrandaburen

Nij Beets

Boornberc

Boarnnegoum

Gauw

Goenga

Terhorne

Akkrum

Oldaboorn

Tinje

Otingawier

Sneek

Terkaple

Akmarijp

Vegeinsoord

Haskerdijken

Tjalleberd

Luxwoude

Oppenhuizen

Uitwellingerga

Snikzwaag

Broek

Joure

Lunjeberd

Terpa

Langezwaag

Jutrip

Hummeris

Boornzwaal

Langweer

Haskerhorne

Nijehaska

Oudehaske

Terwisoe

Koufurderga

Troele

Idskenhuzen

Schusterbrug

Ouwsterhaule

Rottum

Nieuweschool

Oudeschool

Langweer

Boornzwaal

Haskerhorne

Ouwsterhaule

St. Johannesga

Rotsterhaule

Mildam

Koufurderga

Troele

Idskenhuzen

Schusterbrug

Ouwsterhaule

Rottum

Nieuweschool

Oudeschool

Langweer

Boornzwaal

Haskerhorne

Ouwsterhaule

St. Johannesga

Rotsterhaule

Mildam

Koufurderga

Troele

Idskenhuzen

Schusterbrug

Ouwsterhaule

Rottum

Nieuweschool

Oudeschool

Koufurderga

Troele

Idskenhuzen

Schusterbrug

Ouwsterhaule

Rottum

Nieuweschool

Oudeschool

F2

DRACHTEN →

Heerenveen

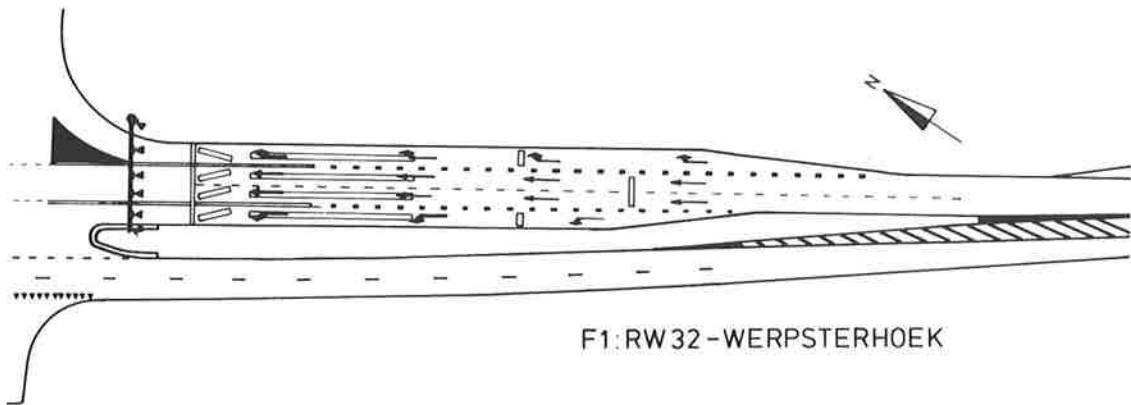
F1: RW32-Werpsterhoek, detectieafstand 80 m

Dit kruispunt buiten de bebouwde kom ligt op het traject Heerenveen-Leeuwarden, een enkelbaans autoweg met enkele plaatselijke rijbaanverdubbelingen. Geobserveerd is de zuidelijke toeleidingstak, bestaande uit afzonderlijke stroken voor rechts en links afslaand verkeer en twee rijstroken voor rechtdoor. Ter plaatse van de kruising geldt officieel een snelheidsbeperking van 70 km/h. De snelheid is niet gemeten, maar de indruk bestaat sterk dat automobilisten zich hieraan weinig gelegen laten liggen. De allure van de onderzochte tak met daarbij na het kruispunt een voortrekking van twee rijstroken geeft hiertoe ook weinig aanleiding.

Er wordt voor het rechtdoorgaande verkeer uitgebreide detectie toegepast. Op 80 m voor de stopstreep ligt over beide rijstroken één lus met een meld- en groenverlengfunctie. Vervolgens is er per rijstrook een 30 m lange lus aanwezig met dezelfde functie. Vlak voor de stopstreep zijn detectoren aangebracht met uitsluitend een meldfunctie. Na het vastgroen (6 s) gaat de 1e verlengfase in waarbij gelet wordt of op de lange lus hiaten optreden groter dan 1 s. Wordt een dergelijk hiaat gedetecteerd, dan wordt vervolgens alleen nog naar hiaten op de detector op 80 m gekeken. Zodra er daar een hiaat geconstateerd wordt groter dan 4 s, dan wordt het groen beëindigd.

In principe kent de regeling een wachtstand rood. Vanwege het totale verkeersaanbod op deze kruising vanuit de vier richtingen komen typische "flits-rood" situaties (zeer kort na begin rood wordt het licht weer groen door een melding op dezelfde richting) slechts zeer zelden voor.

Tijdens de meting 6 mnd NA bleef het licht voor de onderzochte richting enkele malen langdurig op rood staan (> 5 minuten), hetgeen doorrijden van automobilisten door rood tot gevolg had. Installatie is die middag afwisselend in en buiten gebruik geweest.



Situatieschets F1: RW32-Werpsterhoek.

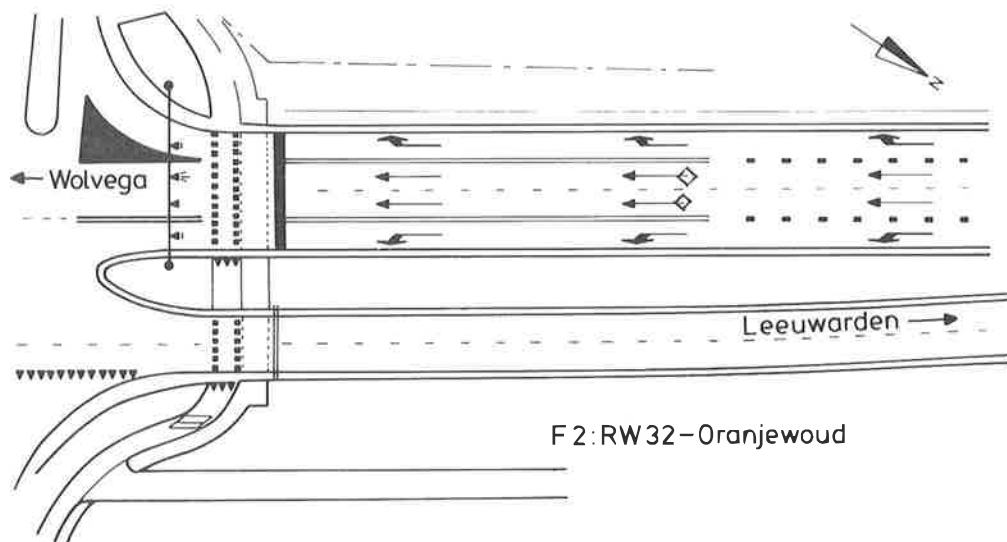


Beeld zoals opgenomen door 2 camera's locatie F1.

F2: RW32-Oranjewoud, detectieafstand 45 m

Dit kruispunt ligt op 4 km afstand ten zuiden van de rotonde Heerenveen. Geobserveerd is de noordelijke tak van de kruising, onderdeel uitmakend van een weg met gesloten verklaring (toegestane snelheid 80 km/h). Er zijn naast aparte stroken voor linksaf en rechtsaf twee rechtdoor stroken.

De regeling kent een vaste volgorde van groen geven aan de verschillende richtingen. Heeft de onderzochte richting groen, dan kan dit na afloop van een periode vastgroen (ingesteld op ca. 12 s) worden verlengd op grond van een hiaatmeting op twee detectoren (voor elke rechtdoor rijstrook één) op 45 m afstand van de stopstreep. De hiaattijd is ingesteld op ca. 3 s. De regelautomaat biedt geen mogelijkheid om tijden erg nauwkeurig in te stellen. De geeltijd in de voorperiode bedroeg daarom ook 4,4 s en in de naperiode 5,4 s. Vlak na de 1e nameting zijn de beide detectoren vervangen. Analyse van de werking van de regelautomaat geeft sterke aanwijzingen dat de oude detectoren slecht hebben gefunctioneerd. De regelautomaat is gedurende de metingen een aantal keren op geel knipperen overgegaan om onduidelijke redenen.



Situatieschets F2: RW32-Oranjewoud.



Beeld zoals opgenomen door 2 camera's locatie F2.