

Rijgedrag en verkeersafwikkeling bij werk in uitvoering met versmalde rijstroken

Robert Jan ter Kuile, Technische Universiteit Delft, Faculteit Civiele Techniek,
robertjan.terkuile@gmail.com

Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 2006,

23 en 24 november 2006, Amsterdam

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
1.1	<i>Achtergrond.....</i>	4
1.2	<i>Probleemstelling.....</i>	4
1.3	<i>Onderzoeksvraag</i>	4
2	Theoretisch Kader	5
2.1	<i>Relevante literatuur</i>	5
2.2	<i>Verwachting van het rijgedrag.....</i>	6
3	Gebruikte meetmethoden.....	6
4	Verkeersafwikkeling; effecten op macroniveau.....	7
4.1	<i>Capaciteit</i>	7
4.2	<i>Rijstrookverdeling.....</i>	8
5	Rijgedrag; effecten op microniveau.....	8
5.1	<i>Invloed van verkeer op de naastgelegen rijstrook; extra invloed vrachtverkeer</i>	9
5.2	<i>Beschrijving van de reactie op verkeer op de naastgelegen rijstrook.....</i>	9
6	Mogelijke toepassing bij modellering.....	11
6.1	<i>Mogelijkheden</i>	12
6.2	<i>Mogelijkheden tot uitbreiding.....</i>	12

Samenvatting

Rijgedrag en verkeersafwikkeling bij werk in uitvoering met versmalde rijstroken

Steeds vaker moeten snelwegen tijdelijk versmald worden in verband met werkzaamheden, steeds vaker zorgen deze ingrepen voor grote overlast. Een veel gebruikte oplossing gebruikt een weghelft om al het verkeer af te werken, hierbij worden dan breedtes van de rijstroken verkleind. Hoewel deze praktisch al sinds lange tijd gangbaar is, is er weinig bekend over hoe het rijgedrag in dit soort situaties afwijkt van de normale situaties. Dit komt met name door een gebrek aan voldoende empirische gegevens.

In dit afstudeeronderzoek zijn data verzameld met behulp van drie verschillende methodes. Allereerst is gebruik gemaakt van video opnames vanuit een rijdend voertuig, hiermee is vast komen te staan dat voertuigen op de linkerrijstrook reageren op verkeer op de rechterrijstrook. Daarnaast is gebruik gemaakt van helikopter opnames en data uit de inductielussen die in de weg liggen. Deze laatste data bieden over langere tijd inzicht in het verkeer dat een doorsnede passeert. Hieruit blijkt dat de capaciteit ongeveer 4000 vtg/u lijkt te bedragen ten opzichte van 4300 vtg/u in de normale situaties. Uit dezelfde gegevens blijkt dat dit capaciteitsverlies alleen wordt veroorzaakt door een lagere capaciteit op de linkerrijstrook. Bovendien blijkt dat veel automobilisten die normaal op de linkerrijstrook rijden, bij de versmalde rijstroken bij voorkeur rechts gaan rijden. De verwerkte beelden van de helikoptervlucht geven inzicht in het gedrag van individuele automobilisten. Hierdoor kan bepaald worden op welke wijze automobilisten reageren op hun omgeving. Uit een uitvoerige analyse van deze gegevens blijkt dat het belangrijkste aspect van het rijgedrag op versmalde rijstroken de invloed van de andere rijstrook is. In bestaande voertuig-volgmodellen wordt alleen de invloed van een of meerdere voertuigen op de eigen rijstrook meegenomen. Wanneer in dit type model ook de invloed van verkeer op de andere rijstrook wordt meegenomen, wordt de voorspellende waarde van het model substantieel groter.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

De verkeersdruk op het Nederlandse autosnelwegennet blijft, jaar in jaar uit, gestaag groeien. Onder normale omstandigheden leidt dit al dagelijks tot lange files door het hele land. Deze congestiehinder wordt echter nog versterkt doordat er met grote regelmaat aan de weg wordt gewerkt. Soms moeten hiervoor hele rijstroken of zelfs wegdelen worden afgezet, soms volstaat het om langdurig de rijstroken lokaal te versmallen en op het overgebleven wegdeel te werken. Hoewel bekend is dat dit de capaciteit negatief beïnvloedt, zijn er toch nog veel openstaande vragen met betrekking tot de invloed van deze versmalde rijstroken. Meer inzicht in het rijgedrag bij deze situaties, zou bovendien kunnen helpen bij het inventariseren van de effecten van permanent versmalde rijstroken.

1.2 Probleemstelling

Het gedrag van automobilisten bij rijstrookversmallingen is op dit moment niet goed voorspelbaar. Diverse studies hebben nog niet tot een eenduidig beeld geleid van het rijgedrag. Door de toenemende drukte op het autosnelwegennet, is het steeds vaker nodig om bij wegwerkzaamheden het profiel van de snelweg te versmallen. Door diezelfde drukte is het ook van groter belang om te weten hoe automobilisten zich gedragen bij deze versmallingen en wat de effecten hiervan zijn op de gehele verkeersstroom. Bovendien is meer kennis over het rijgedrag bij versmallingen nuttig bij het implementeren van permanent versmalde rijstroken.

1.3 Onderzoeksvraag

Doel van de studie is het bepalen van rijgedrag bij versmalde rijstroken. Hieruit volgt de onderzoeksvraag:

“Wat zijn de belangrijkste verschillen tussen rijgedrag bij versmalde rijstroken en normale rijstroken en hoe kunnen deze verschillen kwantitatief beschreven worden?”

Dit onderzoek zal deze vraag alleen beantwoorden voor situaties bij werk in uitvoering. Hieruit volgen wel oplossingsrichtingen die gebruikt kunnen worden bij de algemene

beschrijving van versmalde rijstroken. De vraagstelling houdt in dat gezocht wordt naar de aspecten die belangrijk zijn om het rijgedrag op versmalde stroken te beschrijven en de wijze waarop deze aspecten beschreven kunnen worden. Hiermee valt het statistisch kalibreren van eventuele parameters buiten het kader van deze studie. Wat niet weg neemt dat de beantwoording van de vraag gebaseerd moet worden op empirisch onderzoek.

2 Theoretisch Kader

In dit hoofdstuk wordt uiteengezet binnen welk kader de studie naar het rijgedrag op versmalde stroken wordt geplaatst. Hiertoe wordt eerst de literatuur beschouwd die relevant wordt geacht voor dit onderzoek om daarna een beeld te schetsen van het rijgedrag zoals dat verwacht kan worden op versmalde rijstroken. Deze verwachting volgt uit kennis en vermoedens die in de literatuur beschreven worden.

2.1 Relevante literatuur

De literatuur over dit onderwerp kan in twee categorieën worden ingedeeld. Ten eerste, is er onderzoek gedaan naar het gedrag bij werkzaamheden. Daarnaast is er een reeks rapportages waarin de effecten van permanent versmalde rijstroken worden voorspeld.

Door (Martens en Brookhuis, 1998) is op drie manieren gekeken naar het rijgedrag bij werkzaamheden. Het belangrijkste onderdeel vormt een uitgebreide rijsimulatorstudie, deze is aangevuld met video-observaties en een studie met een geïnstrumenteerd voertuig. Voor het rijden bij versmalde rijstroken is in deze studie aangetoond dat er sprake is van een significant grotere rijbelasting voor de bestuurder. Ook is uit dit onderzoek gebleken dat er veel strookwisselingen plaats hebben in het wegvak voorafgaand aan de werkzaamheden. Automobilisten lijken hier te anticiperen op de andere rijstrookindeling die wordt aangekondigd.

Een ander aspect dat onderzocht is, betreft de capaciteit van de versmalde rijstroken. Zo hebben (Al-Kaisy en Hall, 2003) een duidelijk lagere capaciteit gemeten op versmalde rijstroken. In plaats van de gebruikelijke 2400 pve/u/strook bedroeg deze slechts 2000 pve/u/strook. Daarnaast is van zes factoren de invloed op de capaciteit onderzocht, hieruit bleek dat het percentage vrachtverkeer en het percentage forensen de grootste invloed hebben. De kennis rond rijgedrag op permanent versmalde stroken is zeer beperkt. Het onderzoek ernaar is in 1999 begonnen met een tweedelige studie in het kader van 'Wegen naar de

Toekomst'. Het eerste deel was de literatuurstudie "Inschatting van gedragseffecten van dynamische rijbaanindelingen" (Hogema en Brouwer, 1999), hierin is onderzocht wat er in de literatuur al bekend was over de effecten van strookbreedte op de diverse aspecten van het rijgedrag. De bevindingen uit deze studie zijn gebruikt om een modelstudie uit te voeren (Tampère, 1999). Hiertoe is het bestaande MIXIC model¹ van TNO uitgebreid met het rijgedrag bij smalle stroken zoals dat in de literatuurstudie naar voren was gekomen. Belangrijke onderdeel hierbij is de invloed van verkeer op de naastgelegen rijstrook. Er zijn verschillende scenario's ontwikkeld en met het model doorgerekend om het effect van versmalde rijstroken op veiligheid en doorstroming te voorspellen. Een van de opzienbarende uitkomsten van deze studie is dat de invloed van vrachtverkeer verwaarloosbaar is. De resultaten zijn echter niet betrouwbaar, omdat het model nooit gekalibreerd of gevalideerd is; de berekeningen zijn alleen gebaseerd op waardes uit literatuur en niet op empirisch onderzoek.

2.2 *Verwachting van het rijgedrag*

Op basis van de literatuur kunnen een aantal verwachtingen worden genoemd, die in het vervolg van deze paper verder beschreven zullen worden. Deze verwachtingen kunnen gesplitst worden naar verkeersafwikkeling of macroniveau aan de ene kant en rijgedrag of microniveau aan de andere kant. Op het macroniveau wordt gekeken naar de capaciteit en de verdeling over de rijstroken. Hierbij is de verwachting dat de capaciteit lager is en dat dit wellicht te maken heeft met een ander gebruik van de rijstroken.

Op het microniveau zijn, gezien de grotere rijbelasting, allerlei effecten te verwachten. Uit vooronderzoek blijkt echter dat het belangrijkste effect de invloed van naastgelegen rijstroken betreft (Kuile, 2006). Dit onderdeel wordt dan ook uitgebreid beschreven in deze paper.

3 **Gebruikte meetmethoden**

Om de genoemde verwachtingen te kunnen beschrijven is het van groot belang om over empirische data te beschikken. Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van drie meetmethoden. Ten eerste zijn er video opnames gemaakt vanuit een moving observer voertuig, deze gegevens zijn gebruikt voor een eerste indicatie. Om een beeld te kunnen

¹ MIXIC (MICROscopic Simulation of Intelligent Cruise control) is in de jaren negentig door TNO en AVV ontwikkeld om inzicht te krijgen in het effect van verschillende ITS toepassingen. Dit model simuleert op microniveau het gedrag van autobestuurders op snelwegen, zie (Arem et al., 1997)

krijgen van de afwikkeling op macroniveau is over een periode van tien dagen RESI-data² verzameld. Tenslotte is gebruik gemaakt van helikoptermetingen om een goed beeld van het microgedrag te kunnen vormen. Dit type meting wordt onder andere beschreven in (Ossen et al., 2006), belangrijkste resultaat van deze meting zijn volledige trajectoriedata over een bepaalde tijd. Al deze metingen zijn uitgevoerd op de A15 tussen Sliedrecht en Gorinchem tussen januari en april 2006. In deze periode is hier een 4-0 contraflow systeem ingericht, waarbij voor beide richtingen twee stroken beschikbaar zijn, rechts 3 meter breed, links 2.5 meter breed.

4 Verkeersafwikkeling; effecten op macroniveau

Dit hoofdstuk beschrijft de gevonden effecten op macroniveau, met betrekking tot de eigenschappen die uit de literatuurstudie als meest bepalend naar voren zijn gekomen. De resultaten zijn gebaseerd op metingen door middel van de inductielussen

4.1 Capaciteit

De capaciteit van de snelweg wordt hier op twee manieren geschat. De meest eenvoudige methode schat de capaciteit op de maximale intensiteit gedurende de meetperiode. Wanneer over langere tijd wordt gemeten is dit een betrouwbare schatting. Een andere methode gebruikt de minimale volgtijdverdeling, deze kan bijvoorbeeld bepaald worden met behulp van de methode zoals beschreven in (Hoogendoorn, 2005). Wanneer het verkeer in capaciteitstoestand is rijden alle voertuigen theoretisch gezien met hun minimale volgtijd. Aangezien in de praktijk nooit alle bestuurders met hun minimale volgtijd rijden, is deze theoretische capaciteit over het algemeen hoger dan praktijkwaardes.

Van deze beide schattingen zijn de resultaten terug te vinden in tabel 1. Hierin valt te zien dat de capaciteiten op basis van minimale volgtijd inderdaad hoger uitvallen. De totale capaciteit lijkt ongeveer 8% lager te liggen op de versmalde rijstroken, hierbij moet worden bedacht dat het om schattingen gaat met een onbekende betrouwbaarheid.

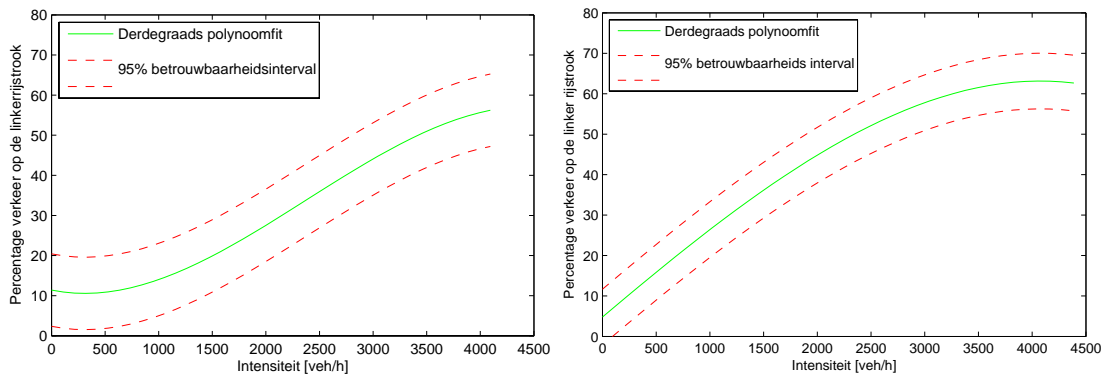
² RESI-data: Gedetailleerde data uit de inductielussen, met van ieder gepasseerd voertuig de lengte, de snelheid en het moment van passage.

Tabel 1 Schattingen voor capaciteiten per rijstrook in vtg/u

	Versmalde rijstroken		
	Maximale Intensiteit	Minimum volgtijd verdeling	Gemiddelde
Capaciteit Linkerstrook	2200	2250	2225
Capaciteit Rechterstrook	1800	1900	1850
Totaal	4000	4150	4075
	Normale rijstroken		
	Maximale Intensiteit	Minimum volgtijd verdeling	Gemiddelde
Capaciteit Linkerstrook	2666	2800	2733
Capaciteit Rechterstrook	1634	1700	1667
Totaal	4300	4500	4400

4.2 Rijstrookverdeling

Uit eerdere metingen is gebleken dat er veel rijstrookwisselingen plaatsvinden voorafgaand aan de werk-in-uitvoeringszone. Dit lijkt er op te duiden dat de rijstroken op een andere wijze worden gebruikt. Dit is deels al terug te zien in de hiervoor berekende rijstrookcapaciteiten.



Figuur 1 Rijstrookverdeling afhankelijk van intensiteit op versmalde stroken (links) en normale stroken (rechts)

In figuur 1 is te zien dat het gebruik van de linkerrijstrook vermeden wordt bij versmalde rijstroken. Alleen bij hoge intensiteiten, wanneer de capaciteit van de rechterrijstrook benut wordt, wordt ook van de linkerrijstrook gebruik gemaakt. Dit valt te verklaren uit de hoger rijbelasting die door (Martens en Brookhuis, 1998) is vastgesteld. Dit betekent dat de populatie op de linkerrijstrook, in vorm en omvang anders is bij versmalde rijstroken. Hiermee dient rekening te worden gehouden bij eventuele modelleringen.

5 Rijgedrag; effecten op microniveau

In dit hoofdstuk worden de effecten van rijstrookversmallingen op het rijgedrag beschreven. De eerste paragraaf beschrijft het toetsen van de verwachte invloed. Hierbij wordt ook

onderzocht of vrachtverkeer al dan niet een specifieke rol heeft. De tweede paragraaf beschrijft een mogelijkheid om het gedrag te beschrijven door middel van een aangepast volgmodel.

5.1 Invloed van verkeer op de naastgelegen rijstrook; extra invloed vrachtverkeer

De invloed van verkeer op de naastgelegen rijstrook is, naar verwachting, het belangrijkste onderscheidende aspect van het rijgedrag op versmalde rijstroken. Dit is in de literatuur beschreven en kan op basis van praktijkervaring worden onderschreven. De hypothese dat deze invloed bestaat, wordt op twee manieren getoetst. Allereerst wordt gebruik gemaakt van de videobeelden uit het moving-observer voertuig, hiermee kan worden bepaald welk aandeel van de voertuigen remt voor een voertuig op de naastgelegen rijstrook. Daarnaast wordt gebruik gemaakt van de helikopterdata. Uit deze gegevens wordt opgemaakt of automobilisten hun passeerbeweging afbreken. Hierbij wordt ook onderscheidt gemaakt tussen het passeren van normale voertuigen en vrachtvoertuigen.

De resultaten van deze berekeningen zijn als volgt. Uit de moving-observer gegevens blijkt dat 15% van het verkeer op versmalde rijstroken reageert op verkeer op de naastgelegen strook tegen 0% op normale rijstroken. Uit de helikopterdata volgen iets andere verhoudingen. Bij het passeren van normale voertuigen is op versmalde rijstroken bij 8% van het verkeer een reactie waargenomen tegen 2,5% op normale rijstroken. Voor het passeren van vrachtvoertuigen geldt respectievelijk 12% en 3%. Deze waarden zijn door middel van Chi-kwadraat toetsen vergeleken, hieruit blijkt dat met meer dan 95% zekerheid kan worden gesteld dat er sprake is van de genoemde invloed op versmalde rijstroken en dat vrachtverkeer een grotere invloed heeft dan normaal verkeer.

5.2 Beschrijving van de reactie op verkeer op de naastgelegen rijstrook

Nu met grote zekerheid vaststaat dat voertuigen reageren op verkeer op een naastgelegen rijstrook, is het relevant deze invloed te beschrijven. Uit kwalitatieve waarnemingen van de videobeelden lijken voertuigen volggedrag te vertonen ten opzichte van een voertuig op de naastgelegen rijstrook. Er wordt daarom voorgesteld gebruik te maken van de vorm van een volgmodel. Hiertoe is als basis een eenvoudig model gekozen, het zogenaamde Bexelius model, hierbij is de versnelling van een voertuig afhankelijk van het snelheidsverschil met zijn voorganger (Brackstone en McDonald, 1999). In een onderzoek naar volgmodellen met

meerdere leiders bleek dit model goed uitbreidbaar te zijn en goede resultaten op te leveren (Hoogendoorn et al., 2006). Op een zelfde wijze worden hier twee vormen van een uitgebreid Bexelius model voorgesteld, waarbij rekening wordt gehouden met een leider op de eigen rijstrook en een leider op de naastgelegen rijstrook:

Een minimum model: $a_F(t) = \min\{\alpha_{L1}\Delta v_F^{(L1)}(t-r), \alpha_{L2}\Delta v_F^{(L2)}(t-r)\}$

Een additie model: $a_F(t) = \alpha_{L1}\Delta v_F^{(L1)}(t-r) + \alpha_{L2}\Delta v_F^{(L2)}(t-r)$

Beide met:

F volger

L₁ leider op de eigen strook

L₂ leider op de andere strook

a versnelling [m/s²]

$\Delta v_i^{(i)}$ verschil in snelheid tussen voertuig i en j [m/s]

t tijd [s]

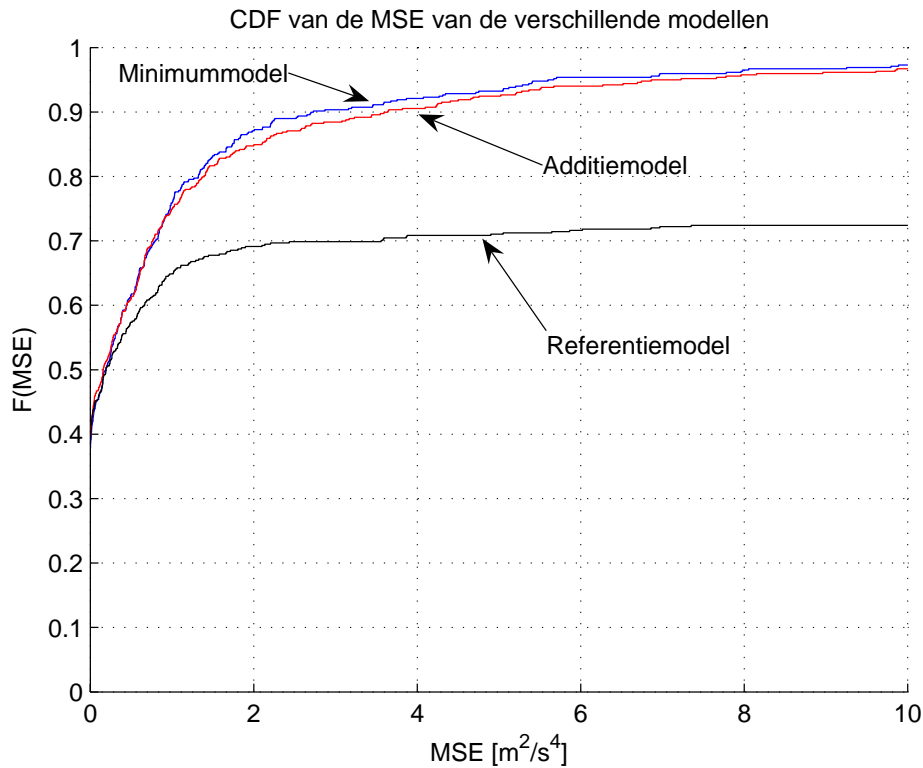
r reactietijd [s]

α_j gevoeligheid ten opzichte van leider j [s⁻¹]

Deze twee modellen worden vergeleken met een referentiemodel, dit model neemt de invloed van de naastgelegen rijstrook niet mee. Deze vergelijking geeft aan hoe waardevol het is de extra invloed en bijbehorende parameter, mee te nemen.

Van alle voertuigen die een passeermanoeuvre uitvoeren, worden de gemeten versnellingen vergeleken met het door het model voorspelde waardes. Voor ieder voertuig kan dan een mean squared error (MSE) van de versnelling worden berekend, een lage MSE betekent dan dat het model een goede voorspellende waarde heeft. Bij deze berekening worden voor ieder voertuig de parameters zo gekozen dat de MSE minimaal is.

In figuur 2 staan de verdelingen van de MSE's voor de verschillende modellen als cumulatieve distributie plot weergegeven.



Figuur 2 Verdeling van de Mean squared errors van de verschillende modellen

Uit de figuur valt op te maken dat de resultaten van de twee uitgebreide modellen weinig verschillen. Wel is de voorspellende waarde van beide modellen groter dan die van het referentiemodel. Op basis hiervan kan worden aangenomen dat het rijgedrag op versmalde rijstroken beter te beschrijven is wanneer gebruik gemaakt wordt van een uitgebreide volgmodel.

6 Mogelijke toepassing bij modellering

In dit hoofdstuk wordt een analyse gemaakt van de mogelijkheden die het voorgaande bieden voor toekomstige modellering. Het gaat hierbij dan om een microscopisch verkeersmodel. Deze analyse wordt in drie onderdelen uitgevoerd. Eerst wordt beschreven wat de mogelijkheden zijn van de beschikbare gegevens en resultaten. Daarna wordt beschreven wat nu nog ontbreekt; waar dus nog mogelijkheden zijn om uit te breiden. Tenslotte wordt ingeschat welke problemen inherent zijn aan het model en dus niet opgelost kunnen worden.

6.1 Mogelijkheden

De mogelijkheden die deze studie bieden aan toekomstige modelmakers, bestaan uit twee delen. Ten eerste is er de data, die biedt de mogelijkheid om te controleren of gemodelleerd gedrag overeen komt met de werkelijkheid. Dit is al een belangrijke stap vooruit, want zonder data kunnen eventuele modellen niet gekalibreerd en gevalideerd worden. Zonder deze stappen kan onmogelijk een bruikbaar model worden ontwikkeld.

De tweede mogelijkheid die deze studie biedt, bestaat uit de conclusies over het rijgedrag die op de data zijn gebaseerd. Een belangrijke waarneming hierbij is de rijstrook keuze. Dit aspect doet zich voorafgaand aan de versmalde rijstroken voor, er is duidelijk waargenomen dat veel voertuigen van de linker rijstrook naar de rechter wisselen, met duidelijke effecten voor de rijstrook populaties. Het is erg belangrijk dat dit effect wordt meegenomen in een modellering.

De invloed van de andere rijstrook is besproken en heeft geleid tot een mogelijkheid om dit aspect van het rijgedrag te modelleren. Door voertuigen op een andere rijstrook als tweede leider te beschouwen, kan het rijgedrag duidelijk beter worden beschreven. Meer nog dan het specifieke model dat in deze studie is uitgewerkt, is het dit concept wat houvast kan bieden voor toekomstige modellen.

In principe zou het zelfs mogelijk zijn om het ontwikkelde model te implementeren. Hierbij zouden aannames moeten worden gedaan over de verschillende parameters, het is echter de vraag of dit een betrouwbaar resultaat geeft. Beter zou het zijn een aantal ontbrekende aspecten aan te vullen, zoals wordt beschreven in de volgende paragraaf.

6.2 Mogelijkheden tot uitbreiding

Een belangrijke tekortkoming van de huidige data, is dat zij op slechts één lokatie zijn gemeten. Dit betekent, dat ook van de resultaten niet met zekerheid gezegd kan worden dat ze generiek toepasbaar zijn. In principe mag verwacht worden dat op een andere vergelijkbare lokatie, hetzelfde gedrag plaats zal hebben. Een vergelijkbare lokatie zou dan dezelfde wegprofielen hebben en ook bereiden worden door bestuurders die de situatie kennen.

Daarnaast zou het interessant zijn om verschillende wegprofielen te kunnen modelleren. De breedte van de verschillende wegstroken zal een duidelijke invloed hebben op de gevoeligheid voor het verkeer op naastgelegen rijstroken. Om dus in staat te zijn meerdere

strookconfiguraties te modelleren, zal de parameter voor deze gevoeligheid (α_{L2}) gekalibreerd moeten worden voor allerlei verschillende lokaties.

Een belangrijk element in de voorgestelde modellen, is de parameter α_{L2} , de gevoeligheid van een voertuig voor verkeer op de andere rijstrook. Voor een goed model zal deze parameter ook goed moeten worden vastgesteld. Niet alleen om het rijgedrag van beïnvloede voertuigen goed te modelleren, maar ook om te bepalen hoe groot het percentage beïnvloede voertuigen is. Met de huidige data is het moeilijk om een uitspraak te doen over de waarde van α_{L2} .

Dit betekent dat voor het bepalen van de waarde van α_{L2} ander onderzoek nodig is, dit zou dan gericht op de verklarende factoren van α_{L2} . Er zijn een aantal mogelijk factoren hiervoor aan te wijzen:

- Het voertuig dat gepasseerd wordt. Uit dit onderzoek is duidelijk gebleken dat het passeren van vrachtwagens een groter effect op het rijgedrag heeft dan het passeren van normale voertuigen.
- Eigenschappen van de bestuurder. Elke bestuurder heeft zijn eigen gevoeligheid voor verkeer op de andere rijstrook. Wanneer het discomfort van het rijden op een versmalde strook heel groot is, zal de bestuurder daar überhaupt niet gaan rijden.
- De breedte van de rijstrook. Het is duidelijk dat α_{L2} dicht bij nul komt wanneer de rijstroken normale breedte hebben, er is immers aangetoond dat voertuigen op normale rijstroken niet beïnvloed worden door verkeer op de andere rijstrook. Dit betekent dat er een verband is tussen de rijstrookbreedte en α_{L2} , zoals hiervoor is beschreven.

Andere factoren, zoals de breedte van het eigen voertuig kunnen ook nog een effect hebben. Wat echter vermeden moet worden, is dat er te veel factoren bij betrokken worden waarvan de bijdrage aan het model twijfelachtig is. Het is juist de eenvoud van het huidige model die het zo interessant maakt.

Literatuur

A.F. Al-Kaisy en F.L. Hall. "*Guidelines for Estimating Capacity at Freeway Reconstruction Zones.*" **Journal of Transportation Engineering**. 129. 5, pp 572-577, 2003

B. van Arem, A.P. de Vos en M.J.W.A. Vanderschuren, "*The microscopic traffic simulation model MIXIC 1.3*" (INRO-VVG 1997-02b), Delft: TNO INRO, 1997

M. Brackstone en M. McDonald. "*Car-following: a historical review.*" **Transportation Research Part F 2**. pp 181-196, 1999

J. A. Hogema en R.F.T. Brouwer, "*Inschatting van gedragseffecten van dynamische rijbaanindelingen*" (TM-99-C008), Soesterberg: TNO Technische Menskunde, 1999

S. P. Hoogendoorn, "*Vehicle-type and Lane-Specific Free Speed Distributions on Motorways*", Transportation Research Board Annual Meeting 2005, Washington D.C., 2005

S.P. Hoogendoorn, S. Ossen en M. Schreuder, "*Empirics of Multi-Anticipative Car-Following Behavior*", Transportation Research Board 85th Annual Meeting, Washington, 2006

R.J. ter Kuile, "*Rijgedrag en verkeersafwikkeling bij werk in uitvoering met versmalde stroken*" Delft: Technische Universiteit Delft, 2006

M.H. Martens en K.A. Brookhuis, "*4-0 en 3-1 contraflow-systemen; effecten op rijgedrag*" (TM-98-C049), Soesterberg: TNO Technische Menskunde, 1998

S.J.L. Ossen, S. P. Hoogendoorn, A. van Loon en M. Schreuder. "*Helikopter blik op verkeer.*" **Verkeerskunde**. 1, 2006

C.M.J. Tampère, "*Dynamisch Dwarsprofiel: een verkenning van de verkeersafwikkeling op smalle stroken*" (Inro/VK1999-03), Delft: TNO INRO, 1999