

1. Rapportnummer

VK 2001.008 - herziene versie

2. ISSN-nummer

0920-0592

3. Titel rapport

CIA-2: Deelonderzoek CAPWEEF Fase 2 - Het bepalen van de Capaciteit van Asymmetrische Weefvakken met Simulatie - Herziene versie

4. Auteur(s)ir T. Dijker
dr ir M.M. Minderhoud**5. Uitvoerend instituut**Technische Universiteit Delft,
Sectie Verkeerskunde**6. Opdrachtgever(s)**Rijkswaterstaat
Adviesdienst Verkeer en Vervoer**7. Onderzoeksthema**

Verkeersafwikkeling

8. Onderzoeksrichting

Capaciteit van autosnelwegen

9. Categorie rapport

Wetenschappelijke publicatie

10. Datum publicatie

september 2002

11. Samenvatting

De Adviesdienst Verkeer en Vervoer van Rijkswaterstaat voert de studie 'Capaciteitswaarden Infrastructuur Autosnelwegen - deel 2' (CIA-2) uit om de capaciteit van verschillende typen wegelementen te bepalen. Eén van de deelstudies van CIA-2, 'CAPWEEF', betreft de capaciteit van asymmetrische weefvakken. Er werden simulaties uitgevoerd met het model FOSIM 4.1 om de capaciteit van tien typen asymmetrische weefvakken te schatten. Capaciteiten werden voor elk van deze typen weefvakken geschat voor vijf weefvaklengtes, vier percentages vrachtverkeer (5, 10, 15 en 20%) en vier percentages wevend verkeer (25, 50, 75 en 100%). Om in te kunnen schatten hoe de uitkomsten samenhangen met enige aannames, is tenslotte een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Het blijkt dat het binnen redelijke marges wijzigen van de invoer slechts beperkte tot verwaarloosbare invloed heeft op de geschatte capaciteiten. Alleen het gebruiken van een ander HB-patroon heeft wel een groot effect op de uitkomsten. Indien andere dan de in deze studie gebruikte HB-patronen in de praktijk van belang zijn, is het dan ook aan te raden aanvullende simulaties voor die situaties uit te voeren.

12. Trefwoorden

Capaciteit, weefvakken, autosnelwegen

13. Bijbehorende rapporten

Minderhoud, M.M., K. Kirwan, 'Validatie van FOSIM voor Asymmetrische Weefvakken - CAPWEEF Fase 1', Delft: Technische Universiteit Delft, 2001

14. Externe contactenRijkswaterstaat
Adviesdienst Verkeer en Vervoer
Rotterdam**15. Aantal pagina's**

49

16. Prijs

€11,-

1. Report number

VK 2001.008 - Revised version

2. ISSN-number

0920-0592

3. Title

CIA-2: CAPWEEF Phase 2 - Estimation of the
Capacity of Asymmetrical Weaving Sections through
Simulation - Revised Version

4. Author(s)

T. Dijker
M.M. Minderhoud

5. Published by

Delft University of Technology,
Transportation Planning and
Traffic Engineering Section

6. Commissioned by

The Transport Research Centre of
the Dutch Ministry of Transport,
Public Works and Water
Management

7. Research theme

Traffic operations

8. Research subject

Capacity of motorways

9. Report category

Scientific report

10. Publication date

September 2002

11. Abstract

The Transport Research Centre of the Dutch Ministry of Transport, Public Works and Water Management is undertaking the research project 'Capacity of Motorway Infrastructure - Part 2' (CIA-2) to determine the capacity of several types of motorway elements. One part of CIA-2, 'CAPWEEF', concerns the capacity of asymmetric weaving sections. The simulation model FOSIM 4.1 was used to estimate the capacity for ten types of asymmetric weaving sections. For each type, the weaving section length and the traffic characteristics were varied: the simulations were run for five weaving section lengths, four truck percentages (5, 10, 15, and 20%), and four OD-patterns. Finally, the dependence of the simulation results was tested for the assumptions made in the input. It was found that the results were robust for these assumptions. Capacity, however, strongly depends on the OD-pattern. Consequently, if the OD-patterns used in this study do not comply with OD-patterns found in practice, further simulations are required.

12. Key words

Capacity, weaving sections, motorways

13. Accompanying reports

Minderhoud, M.M., K. Kirwan, 'Validatie
van FOSIM voor Asymmetrische Weefvakken -
CAPWEEF Fase 1', Delft: Technische
Universiteit Delft, 2001

14. In cooperation with

The Transport Research Centre
of the Dutch Ministry of
Transport, Public Works and
Water Management

15. Number of pages

49

16. Price

€11.-

VOORWOORD

De Adviesdienst Verkeer en Vervoer van Rijkswaterstaat voert de studie Capaciteitswaarden Infrastructuur Autosnelwegen - deel 2 (CIA-2) uit om de capaciteit van verschillende typen wegelementen te bepalen. CIA-2 bestaat uit een aantal deelonderzoeken:

- CAPWEEF: onderzoek naar de capaciteit van asymmetrische weefvakken,
- CAPWERK: onderzoek naar de capaciteit van werkvakken met 3-1 systemen,
- CAPSMAL: onderzoek naar de capaciteit van smalle rijstroken.

Dit rapport betreft een deel van het onderzoek CAPWEEF, namelijk het bepalen van de capaciteitswaarden voor een groot aantal typen weefvakken met het simulatiemodel FOSIM¹. Deze studie heeft plaatsgevonden na de validatie van FOSIM voor asymmetrische weefvakken (Minderhoud & Kirwan, 2001), welke eveneens deel uitmaakte van het CAPWEEF-project.

Het onderzoek is uitgevoerd door het Laboratorium voor Verkeerskunde van de Technische Universiteit Delft in opdracht van de Adviesdienst Verkeer en Vervoer van Rijkswaterstaat. Projectleider van de kant van Rijkswaterstaat was ir H. Schuurman.

De auteurs
Delft, 16 september 2002

Belangrijke opmerking:

Analyse van de resultaten na de oplevering van het oorspronkelijke rapport van Capweef - Fase 2 gaf aan dat bij kleine percentages wevend verkeer de ontstane congestie niet (direct) de gehele rijbaan besloeg. Omdat de intensiteit in de simulaties in de tijd toeneemt, betekende dit nogal eens dat na het bereiken van de capaciteit (dat wil zeggen, er ontstaat congestie) de intensiteit nog kon toenemen. Om het effect hiervan op de uitkomsten te verkleinen is ten opzichte van de oorspronkelijke simulaties de snelheid waarmee de intensiteit toeneemt verlaagd: de intensiteit gaat nu in 90 minuten van de laagste naar de hoogste waarde, in plaats van de oorspronkelijke 30 minuten. Dit rapport bevat in tabellen de nieuwe bijbehorende uitkomsten en daarnaast nu ook, in bijlage 2, een grafische weergave van de resultaten.

¹ Eigendom van de Adviesdienst Verkeer en Vervoer van Rijkswaterstaat en in beheer en ontwikkeling bij de Technische Universiteit Delft.

INHOUDSOPGAVE

SAMENVATTING	i
ABSTRACT	iii
VOORWOORD	v
1 INLEIDING	1
2 SCHEMATISATIE VAN DE WEGVAKKEN EN VAN HET VERKEER	3
2.1 Inleiding	3
2.2 Fysieke vorm wegvakken	3
2.3 Voertuigtypedistributie, intensiteit en HB-matrix	4
2.4 Strookwisselgedrag	7
3 RESULTATEN VAN DE SIMULATIES	9
4 GEVOELIGHEIDSANALYSE	13
4.1 Opzet gevoeligheidsanalyse	13
4.2 Beschrijving gebruikte invoer	14
4.3 Resultaten gevoeligheidsanalyse	16
4.3.1 Overzicht resultaten	16
4.3.2 Invloed strookwisselschema	16
4.3.3 Invloed symmetrie wevend verkeer	19
4.3.4 Invloed verkeersvraag	19
4.3.5 Invloed maximumsnelheid	20
4.4 Conclusies gevoeligheidsanalyse	22
LITERATUUR	23
BIJLAGE 1: LAY-OUT ASYMMETRISCHE WEEFVAKKEN	25
BIJLAGE 2: GRAFISCHE WEERGAVE CAPACITEITEN	37

1 INLEIDING

Om de doelen van het verkeers- en vervoerbeleid te kunnen vertalen naar concrete infrastructurele maatregelen is het noodzakelijk de kenmerken van de verschillende infrastructuurelementen te kennen. Een belangrijk kenmerk is de capaciteit van de infrastructuur. Voor een aantal typen wegelementen is de capaciteit onlangs gebundeld in het handboek CIA (AVV, 1999), één van de resultaten van het project CIA-1, 'Capaciteitswaarden Infrastructuur Autosnelwegen - deel 1'. Sommige typen wegelementen kwamen hierbij echter nog niet aan bod. Om de capaciteit van een aantal van deze nog niet beschouwde wegelementen te bepalen voert de Adviesdienst Verkeer en Vervoer van Rijkswaterstaat de studie CIA-2 uit.

In het project CIA-1 is reeds een capaciteitsanalyse verricht naar symmetrische weefvakken. Kennis over de capaciteit van asymmetrische weefvakken ontbreekt echter nog. Deelonderzoek CAPWEEF uit het CIA-2 project richt zich juist op dit type infrastructuurelementen. Het verschil tussen een symmetrisch en asymmetrisch weefvak is dat bij een asymmetrisch weefvak het aantal stroken per rijbaan op de samenvoeging en op de splitsing niet gelijk zijn.

Binnen het onderzoek CAPWEEF is allereerst het simulatiemodel FOSIM gevalideerd voor asymmetrische weefvakken (CAPWEEF fase 1), zie Minderhoud & Kirwan (2001). Het betrof een vergelijking tussen simulatieresultaten en een praktijkmeting met video en meetlusgegevens. De belangrijkste conclusie van deze analyse is dat FOSIM goed in staat is de capaciteit van het betreffende asymmetrische weefvak te schatten. Om de studie van CAPWEEF fase 2 uit te voeren is de overdraagbaarheid van de validatieresultaten naar andere asymmetrische weefvakconfiguraties aangenomen.

Dit rapport betreft de tweede fase van CAPWEEF waarin:

- capaciteitswaarden worden bepaald met behulp van simulatie voor een aantal geselecteerde asymmetrische weefvak-wegconfiguraties (fase 2a). Hoofdstuk 2 beschrijft de invoer van de uitgevoerde simulaties, waarna hoofdstuk 3 de resultaten presenteert,
- een gevoeligheidsanalyse wordt uitgevoerd voor een aantal invloedsfactoren op de capaciteit (fase 2b). Hoofdstuk 4 doet verslag van deze gevoeligheidsanalyse.

2 SCHEMATISATIE VAN DE WEGVAKKEN EN VAN HET VERKEER

2.1 INLEIDING

In fase 2 van CAPWEEF staat het onderzoek naar de capaciteitswaarden van asymmetrische weefvakken centraal. Er worden 10 verschillende weefvakconfiguraties bekeken. Deze zijn beschreven in paragraaf 2.2. Voor de 10 basisconfiguraties wordt een aantal varianten bekeken. Deze varianten verschillen in:

- de weefvaklengte (5x),
- het vrachtwagenpercentage (5, 10, 15 en 20%),
- het percentage wevend verkeer (25, 50, 75 en 100%).

In totaal gaat het dus om 800 configuraties.

Voor de beschouwde weefvakken is de voertuigtypedistributie, het intensiteitenverloop en de HB-matrix vastgesteld in paragraaf 2.3. Paragraaf 2.4 beschrijft tenslotte het toegepaste strookwisselgedrag.

2.2 FYSIEKE VORM WEGVAKKEN

De belangrijkste vrijheidsgraad bij het aanmaken van de invoerbestanden van de asymmetrische weefvakken betreft de *lengte* van het weefvak. Besloten is uit te gaan van een minimumlengte zoals deze is af te leiden uit de richtlijnen voor de bewegwijzering (SDU, 1993). Eén van de te simuleren weefvakken komt echter niet voor in de richtlijnen, namelijk $2+3 \div 3+2$. Voor dit weefvak is een minimumlengte van 1000 m aangenomen. Niet alleen voor de minimumlengte maar ook voor vier andere lengtes zijn de weefvakken doorgerekend. Het gaat telkens om één lengte kleiner dan het minimum en drie lengtes groter dan het minimum. Figuur 1 geeft een overzicht van de beschouwde weefvakken inclusief de weefvaklengtes.

Voor alle weefvakken is aangenomen dat er nergens snelheidsonderdrukking geldt.

<i>3-strooks:</i>	
	2+1 ÷ 1+2 800, <u>1000</u> , 1100, 1200, 1300
	1+2 ÷ 2+1 600, <u>700</u> , 800, 900, 1000
	2+1 ÷ 2+2 700, <u>800</u> , 900, 1000, 1100
	2+1 ÷ 2+2 (taperuitvoeging) 500, <u>600</u> , 700, 800, 900
	2+2 ÷ 2+1 (taperinvoeging) 650, <u>750</u> , 850, 950, 1050
<i>4-strooks:</i>	
	3+1 ÷ 2+2 800, <u>1000</u> , 1100, 1200, 1300
	2+2 ÷ 3+1 650, <u>750</u> , 850, 950, 1050
<i>5-strooks:</i>	
	3+2 ÷ 4+1 800, <u>1000</u> , 1100, 1200, 1300
	4+1 ÷ 3+2 1100, <u>1300</u> , 1400, 1500, 1600
	2+3 ÷ 3+2 800, <u>1000</u> , 1100, 1200, 1300

Figuur 1: Beschouwde weefvakken, weefvaklengtes (L) in m (minimumlengte onderstreept)

2.3 VOERTUIGTYPEDISTRIBUTIE, INTENSITEIT EN HB-MATRIX

Voor iedere combinatie van het percentage vrachtverkeer (5, 10, 15 en 20 %) en het aantal rijstrooks is de voertuigtypeverdeling vastgelegd. Dit is gebeurd door een aanname te doen voor de maximaal haalbare intensiteit, de bijbehorende voertuigverdeling te berekenen en te controleren of de bronnen de gewenste intensiteit ook daadwerkelijk kunnen halen. Onderstaande tabellen geven de toegepaste voertuigtypedistributies en de maximaal te genereren intensiteiten, q_{\max} (in de bovenste rij staan de gegevens over de linker strook, in de onderste over de rechter strook).

Enkelstrooks rijbaan:

Type 1 [%]	Type 2 [%]	Type 3 [%]	Type 4 [%]	Type 5 [%]	q_{\max} [veh/h]
5% vrachtverkeer					
32.00	32.00	31.00	2.50	2.50	2100
10% vrachtverkeer					
30.00	30.00	30.00	5.00	5.00	1900
15% vrachtverkeer					
29.00	28.00	28.00	7.50	7.50	1700
20% vrachtverkeer					
27.00	27.00	26.00	10.00	10.00	1500

Tweestrooks rijbaan:

Type 1 [%]	Type 2 [%]	Type 3 [%]	Type 4 [%]	Type 5 [%]	q_{\max} [veh/h]
5% vrachtverkeer					
53.00	47.00	0.00	0.00	0.00	2500
0.00	10.00	78.00	6.00	6.00	1700
10% vrachtverkeer					
48.00	48.00	4.00	0.00	0.00	2500
0.00	0.00	74.00	13.00	13.00	1500
15% vrachtverkeer					
44.00	44.00	12.00	0.00	0.00	2400
0.00	0.00	58.00	21.00	21.00	1300
20% vrachtverkeer					
41.00	41.00	18.00	0.00	0.00	2400
0.00	0.00	44.00	28.00	28.00	1300

Driestrooks rijbaan:

Type 1 [%]	Type 2 [%]	Type 3 [%]	Type 4 [%]	Type 5 [%]	q_{\max} [veh/h]
5% vrachtverkeer					
76.00	24.00	0.00	0.00	0.00	2800
0.00	60.00	40.00	0.00	0.00	2400
0.00	0.00	78.00	11.00	11.00	1500
10% vrachtverkeer					
70.00	30.00	0.00	0.00	0.00	2800
0.00	46.00	54.00	0.00	0.00	2400
0.00	0.00	50.00	25.00	25.00	1300

Type 1 [%]	Type 2 [%]	Type 3 [%]	Type 4 [%]	Type 5 [%]	q_{\max} [veh/h]
15% vrachtverkeer					
63.00	37.00	0.00	0.00	0.00	2700
0.00	32.00	68.00	0.00	0.00	2200
0.00	0.00	18.00	41.00	41.00	1100
20% vrachtverkeer					
58.00	42.00	0.00	0.00	0.00	2700
0.00	21.00	75.00	4.00	0.00	2100
0.00	0.00	0.00	46.00	54.00	1100

Vierstrooks rijbaan:

Type 1 [%]	Type 2 [%]	Type 3 [%]	Type 4 [%]	Type 5 [%]	q_{\max} [veh/h]
5% vrachtverkeer					
100.0	0.00	0.00	0.00	0.00	2900
1.00	99.00	0.00	0.00	0.00	2600
0.00	14.00	86.00	0.00	0.00	2600
0.00	0.00	68.00	16.00	16.00	1400
10% vrachtverkeer					
94.00	6.00	0.00	0.00	0.00	2800
0.00	99.00	1.00	0.00	0.00	2500
0.00	0.00	100.0	0.00	0.00	2200
0.00	0.00	32.00	34.00	34.00	1300
15% vrachtverkeer					
85.00	15.00	0.00	0.00	0.00	2800
0.00	78.00	22.00	0.00	0.00	2500
0.00	0.00	92.00	8.00	0.00	2000
0.00	0.00	0.00	43.00	57.00	1100
20% vrachtverkeer					
75.00	25.00	0.00	0.00	0.00	2800
0.00	57.00	43.00	0.00	0.00	2500
0.00	0.00	64.00	36.00	0.00	1600
0.00	0.00	0.00	21.00	79.00	1000

De verhouding tussen de intensiteiten op de twee toeleidende banen is, overeenkomstig CIA-1, gelijk aan de verhouding tussen het aantal stroken. Indien bijvoorbeeld op een enkelstrooks rijbaan maximaal 2100 voertuigen per uur gegenereerd worden, is de maximale intensiteit op een driestrooks rijbaan gelijk aan 6300 voertuigen per uur. De intensiteit per strook wordt voor de driestrooks rijbaan vervolgens zo aangepast dat bovenstaande voertuigverdelingen correct blijven. De simulatie begint bij een lagere intensiteit (circa de helft van de maximale intensiteit), neemt lineair toe en bereikt na 90 minuten de maximaal te genereren intensiteit.

De simulaties zijn uitgevoerd voor vier verschillende percentages wevend verkeer, waarbij het percentage wevend verkeer overeenkomstig CIA-1 gedefinieerd is zodat vergelijking met de uitkomsten van de studie naar symmetrische weefvakken uit CIA-1 mogelijk is. De gebruikte percentages zijn 25, 50, 75 en 100.

2.4 STROOKWISSELGEDRAG

De belangrijkste aannames bij de simulaties betreffen de locaties van gewenst en verplicht strookwisselen. Een belangrijke vraag is bij de asymmetrische weefvakken wanneer bestuurders het nog als een weefvak ervaren en wanneer als een losse samenvoeging en splitsing. Wanneer het als een weefvak gezien wordt, dient hier stroomopwaarts van met behoorlijke druk (verplicht strookwisselen) voorgesorteerd te worden. Indien het niet als een weefvak wordt ervaren, is het redelijker het voorsorteren alleen met gewenst strookwisselen te laten plaatsvinden en alleen tussen de samenvoeging en de splitsing verplicht strookwisselen te laten voorkomen.

Er is voor gekozen de aanwezigheid van bebording als uitgangspunt te nemen voor de schematisatie van het strookwisselen. Wanneer er voorwegwijzers aanwezig zijn, is het voorsorteren sterker (gewenst en verplicht strookwisselen) dan wanneer deze afwezig zijn (alleen gewenst strookwisselen). Op het weefvak zelf begint altijd praktisch onmiddellijk een sectie met verplicht strookwisselen: op het weefvak is namelijk altijd vrijwel aan het begin bebording aanwezig die de weggebruiker duidelijk maakt dat het om een routekeuzemoment gaat. Desondanks is het mogelijk dat bij langere weefvakken bestuurders minder druk ervaren om zowel voor te sorteren als de strookwisseling naar de bestemmingsstrook uit te voeren. Dit is meegenomen door bij weefvakken met grote lengtes de secties met voorsorteren door verplicht strookwisselen korter te maken en het begin en eind van het voorsorteren met gewenst strookwisselen stroomafwaarts mee te verplaatsen. Ook op het weefvak zelf verandert het strookwisselen enigszins, ook al blijft verplicht strookwisselen op (praktisch) het gehele weefvak gelden: omdat de sectie met verplicht strookwisselen langer wordt, neemt het geaccepteerde risico bij het strookwisselen (enigszins) langzamer toe. Met een gevoeligheidsanalyse, beschreven in hoofdstuk 4, is gekeken wat de gevolgen van de hier beschreven aannamen zijn.

In ieder geval dient over voldoende lengte gewenst of verplicht strookwisselen aanwezig te zijn om al het verkeer zijn bestemming te laten halen (dit is steekproefsgewijs gecontroleerd). Bij korte weefvakken (tot 700 m weefvaklengte) is een iets langere sectie met gewenst strookwisselen aangehouden, namelijk van 600 m. Bij langere weefvakken is een 400 m lange sectie gebruikt, omdat anders de totale lengte waarvoor verplicht en gewenst strookwisselen gold erg groot was. Het verschil in de sectielengtes van 400 en 600 m maakt waarschijnlijk niet veel uit voor de uitkomsten (zie hoofdstuk 4), maar op deze manier is er in ieder geval in voorzien dat de opbouw van alle varianten consistent is.²

² Er is een CD beschikbaar met alle in- en uitvoerbestanden.

De bijlage geeft voor ieder van de weefvakken (minimumlengte) een afbeelding inclusief de schematisatie van het strookwisselen. Bovendien staan in de figuren de posities van de detectoren. Detector 1 diende om de capaciteit te meten, detector 2 (en soms ook detector 3) om te bepalen of er congestie ontstond. Met enige simulaties is bepaald of de locaties van de detectoren geschikt waren en bij welke snelheid de simulatie afgekapt moest worden.

3 RESULTATEN VAN DE SIMULATIES

Voor alle in hoofdstuk 2 beschreven situaties zijn 100 simulaties (met verschillende randomgetallen) uitgevoerd met FOSIM 4.2. Indien een detector congestie detecteerde, brak FOSIM één aggregatieperiode later de simulatie af en schreef de hoogste met detector 1 gemeten intensiteit weg als de capaciteit. Er werd een aggregatieperiode van 5 minuten gebruikt. Voor elke combinatie van wegvak en verkeersbelasting werd daarna de mediaan van de capaciteitsverdelingen³ genomen als 'de' capaciteit.

De volgende tabellen geven de capaciteitswaarden weer. In sommige gevallen werd de capaciteit niet in alle simulaties bereikt. Dit is in de tabel als volgt aangegeven:

- Gedurende geen enkele van de simulatieruns trad capaciteit op.
- [] Capaciteit trad bij minder dan 50% van de runs op. De mediaan van de gemeten capaciteit is tussen de haken weergegeven.
- > Capaciteit trad bij 50 tot 80% van de runs op. De mediaan van de meting staat na het '>'-teken.
- getal Capaciteit trad in 80% van de runs of vaker op. In de meeste van deze gevallen trad capaciteit altijd op.

De gevallen waarbij de tabel geen capaciteit weergeeft, blijken juist op te treden bij hogere percentages vrachtverkeer (bij de typen $2+1 \div 2+2$ (taper) en $2+1 \div 2+2$), terwijl men juist zou verwachten dat bij hogere percentages vrachtverkeer eerder de capaciteit optreedt. Dit is te verklaren met het feit dat de generatoren minder voertuigen aanmaken bij hogere percentages vrachtverkeer. Dat de capaciteit niet altijd optreedt, betekent uiteraard niet dat zij onbepaald is, maar dat te verwachten is dat het betreffende weefvak niet het capaciteitsbepalende wegelement zal zijn.

In de tabel komt het nogal eens voor dat de gemeten capaciteitswaarden enigszins onverwacht variëren met de weefvaklengte. In deze gevallen gaat het echter niet om structurele verschillen maar om verschillen die voortkomen uit de stochastische aard van het verkeersproces. Voor gedetailleerde studie van deze verschillen is een CD-Rom verkrijgbaar met de volledige verdelingen van de gemeten capaciteiten.

Bij de uitkomsten dient men zich tenslotte van het volgende bewust te zijn:

- *De waarden zijn berekend voor een gelijk aantal wevende voertuigen per richting (symmetrische belasting).* Zoals uit de gevoeligheidsanalyse blijkt is een afwijkende (asymmetrische) weefverdeling sterk van invloed op de capaciteit. Indien de HB-patronen in de praktijk nogal afwijken van een symmetrische weefbelasting is het noodzakelijk om simulaties op maat uit te voeren,
- De gevonden waarden zijn de modeluitkomsten van een computersimulatie. Men dient zich er voor te hoeden de nauwkeurigheid van de uitkomsten te overschatten. Een uitkomst die tot op het voertuig nauwkeurig gegeven wordt, geeft de orde van grootte van de capaciteit weer en niet de exacte waarde,
- De wegvakken zijn onderzocht als onafhankelijke elementen van het wegenetwerk, waarbij geen rekening is gehouden met stroomopwaartse en stroomafwaartse invloedsfactoren.

³ In sommige gevallen kwamen in de simulatie aanrijdingen voor. Deze betroffen telkens voertuigen die niet op tijd remden voor de staart van de file. In deze gevallen geeft FOSIM een foutmelding in plaats van een capaciteitswaarde. De capaciteiten in de tabel zijn hierdoor soms gebaseerd op iets minder dan 100 simulaties.

	5% vrachtverkeer					10% vrachtverkeer					15% vrachtverkeer					20% vrachtverkeer				
Weefvak type 1 + 2 ÷ 2 + 1																				
Lengte	600	700	800	900	1000	600	700	800	900	1000	600	700	800	900	1000	600	700	800	900	1000
% wevend																				
25	3798	3816	3822	3726	3736	3480	3444	3480	3456	3456	3222	3216	3252	3204	3180	3048	3024	3036	3024	3000
50	3648	3708	3720	3720	3732	3432	3450	3456	3456	3432	3144	3198	3228	3240	3216	2964	3036	3030	3048	2988
75	3564	3564	3654	3636	3708	3264	3270	3312	3360	3378	2994	3102	3096	3120	3144	2844	2880	2904	2916	2982
100	3492	3498	3564	3624	3654	3186	3222	3282	3294	3384	2976	3024	3030	3048	3138	2832	2832	2856	2946	3012
Weefvak type 2 + 1 ÷ 2 + 2 (taperuitvoeging)																				
Lengte	500	600	700	800	900	500	600	700	800	900	500	600	700	800	900	500	600	700	800	900
% wevend																				
25	[6312]	[6480]	-	-	-	[6000]	[5784]	[6144]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	>6228	[6270]	[6240]	[6294]	[6312]	[5700]	[5700]	[5676]	5700	5796	[5064]	[5064]	[4944]	[5106]	5166	[4380]	[4488]	[4476]	[4524]	[4776]
75	5580	5808	5934	6000	6024	5232	5340	>5508	>5580	>5604	>4794	>4968	>4980	[4968]	5028	[4428]	[4332]	[4452]	[4374]	[4476]
100	5010	5148	5292	5538	5538	4692	4824	4956	5208	5256	4284	4530	4638	4728	4776	4128	4188	4260	>4368	>4344
Weefvak type 2 + 1 ÷ 2 + 2																				
Lengte	700	800	900	1000	1100	700	800	900	1000	1100	700	800	900	1000	1100	700	800	900	1000	1100
% wevend																				
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	[5208]	-	-	-	-	-	-	-
50	>6156	>6132	>6192	[6276]	>6204	[5622]	[5658]	[5640]	[5616]	[5664]	[5040]	[5028]	[5040]	[5040]	[5022]	[4428]	[4416]	[4476]	[4452]	[4452]
75	5670	5628	5760	6000	6084	5310	5304	5400	>5454	>5616	>4860	5004	>4908	>5004	[4968]	[4398]	[4404]	[4476]	[4410]	[4416]
100	5040	5184	5376	5580	6012	4716	4794	5124	5364	5448	4404	4542	4752	4944	>4920	4224	4260	>4356	[4386]	[4410]
Weefvak type 2 + 1 ÷ 1 + 2																				
Lengte	800	1000	1100	1200	1300	800	1000	1100	1200	1300	800	1000	1100	1200	1300	800	1000	1100	1200	1300
% wevend																				
25	3768	3744	3756	3750	3762	3444	3408	3462	3480	3480	3192	3204	3216	3204	3222	3012	3012	2988	3042	3054
50	3690	3672	3684	3720	3708	3354	3354	3390	3444	3408	3060	3120	3144	3198	3162	2916	2958	2952	2988	2988
75	3558	3540	3630	3636	3630	3228	3276	3288	3324	3336	3024	3012	3084	3102	3096	2814	2892	2886	2904	2916
100	3396	3522	3528	3492	3540	3186	3180	3204	3228	3264	2940	3000	3006	3048	3036	2778	2796	2832	2856	2856

Alle capaciteiten in veh/h

	5% vrachtverkeer					10% vrachtverkeer					15% vrachtverkeer					20% vrachtverkeer				
Weefvak type 2+2 (taperinvoeging) ÷ 2 + 1																				
Lengte	650	750	850	950	1050	650	750	850	950	1050	650	750	850	950	1050	650	750	850	950	1050
% wevend																				
254992	4662	4776	4818	4836	4836	4344	4398	4452	4416	4506	4032	4068	4128	4152	4134	3876	3900	3924	3930	3918
50	4488	4500	4596	4608	4632	4140	4176	4230	4230	4212	3858	3846	3906	3918	3924	3600	3756	3696	3672	3708
75	4206	4272	4416	4398	4416	3720	3882	4014	4044	4068	3480	3672	3588	3726	3840	3312	3372	3456	3534	3522
100	3594	3666	3840	3876	4332	3330	3420	3456	3552	3762	3156	3246	3258	3345	3516	3024	3018	3096	3198	3360
Weefvak type 2+2 ÷ 3 + 1																				
Lengte	650	750	850	950	1050	650	750	850	950	1050	650	750	850	950	1050	650	750	850	950	1050
% wevend																				
25	4992	5004	5112	5088	5130	4632	4662	4668	4692	4692	4302	4332	4374	4398	4452	4164	4194	4164	4164	4260
50	4878	4884	4932	4950	4956	4416	4476	4554	4530	4608	4164	4170	4248	4308	4296	4020	4008	4020	4080	4140
75	4866	4872	4812	4842	4992	4512	4584	4536	4530	4560	4284	4278	4272	4308	4260	4050	4104	4056	4080	4068
100	4668	4638	4680	4752	4788	4374	4320	4380	4404	4398	4134	4134	4164	4152	4170	4050	4014	3966	3936	3984
Weefvak type 2 + 3 ÷ 3 + 2																				
Lengte	800	1000	1100	1200	1300	800	1000	1100	1200	1300	800	1000	1100	1200	1300	800	1000	1100	1200	1300
% wevend																				
25	8188	8172	8202	8262	8244	7626	7542	7560	7614	7566	7140	7056	7128	7176	7188	6684	6684	6720	6702	6732
50	7698	7854	7902	7908	8004	7164	7230	7248	7374	7368	6744	6774	6804	6834	6894	6324	6432	6450	6456	6462
75	7524	7620	7722	7704	7800	6972	7002	7128	7140	7170	6420	6492	6588	6636	6702	6168	6222	6240	6240	6336
100	7158	7302	7440	7536	7524	6588	6720	6816	6942	7014	6150	6330	6396	6438	6504	5964	5988	6036	6144	6204
Weefvak type 3 + 1 ÷ 2 + 2																				
Lengte	800	1000	1100	1200	1300	800	1000	1100	1200	1300	800	1000	1100	1200	1300	800	1000	1100	1200	1300
% wevend																				
25	6420	6402	6474	6444	6480	5904	5946	6006	5976	6060	5700	5700	5688	5736	5676	5388	5370	5412	5406	5412
50	6324	6324	6342	6336	6414	5880	5886	5922	5928	5940	5436	5574	5586	5574	5622	5184	5256	5268	5328	5304
75	6120	6180	6144	6204	6264	5676	5670	5748	5778	5790	5346	5376	5430	5448	5436	5028	5130	5148	5124	5190
100	5790	6012	5994	6036	6072	5418	5484	5332	5580	5556	5172	5196	5232	5274	5310	4830	4890	4932	4914	4980

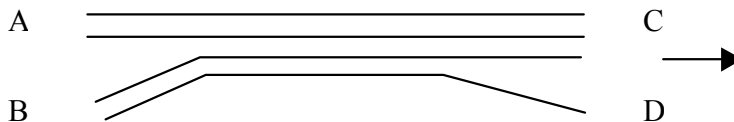
Alle capaciteiten in veh/h

	5% vrachtverkeer					10% vrachtverkeer					15% vrachtverkeer					20% vrachtverkeer				
Weefvak type 3 + 2 ÷ 4 + 1																				
Lengte	800	1000	1100	1200	1300	800	1000	1100	1200	1300	800	1000	1100	1200	1300	800	1000	1100	1200	1300
% wevend																				
25	6396	6444	6444	6468	6588	5916	5970	5940	5988	6024	5526	5634	5592	5598	5628	5232	5370	5358	5310	5304
50	6174	6354	6264	6330	6444	5730	5838	5826	5844	5886	5436	5436	5526	5484	5442	5124	5190	5172	5172	5220
75	6126	6210	6108	6162	6198	5742	5694	5622	5604	5652	5382	5412	5316	5280	5262	5112	5136	5040	5034	4980
100	5796	5952	5964	6036	6114	5406	5508	5526	5598	5658	5124	5118	5178	5280	5328	4920	4896	4956	5010	4962
Weefvak type 4 + 1 ÷ 3 + 2																				
Lengte	1100	1300	1400	1500	1600	1100	1300	1400	1500	1600	1100	1300	1400	1500	1600	1100	1300	1400	1500	1600
% wevend																				
25	9426	9408	9444	9402	9432	8826	8772	8772	8802	8808	8196	8178	8202	8220	8244	[7452]	[7452]	[7482]	[7518]	[7488]
50	9222	9186	9216	9240	9204	8436	8508	8520	8478	8526	7812	7914	7848	7968	7968	>7356	>7350	>7368	>7380	>7404
75	8820	8910	8916	9078	9012	8166	8238	8244	8298	8298	7656	7728	7692	7758	7794	7122	7188	7224	7224	7428
100	8442	8496	8706	8724	8730	7788	7848	7848	7824	8004	7290	7326	7356	7338	7428	6840	6942	6984	6996	6972

Alle capaciteiten in veh/h

4 GEVOELIGHEIDSANALYSE

De gebruikte invoer voor de simulaties berust deels op een aantal aannames. Deze kunnen enige gevolgen hebben voor de uitkomsten van de simulaties. Daarom is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd die duidelijk maakt hoe groot deze gevolgen zijn. Dit is gebeurd voor één van de tien beschouwde typen weefvakken: het $2+2 \div 3+1$ weefvak (zie figuur 2).



Figuur 2: $2+2 \div 3+1$ weefvak

4.1 OPZET GEVOELIGHEIDSANALYSE

De volgende onderdelen van de invoer worden gewijzigd om de consequenties voor de capaciteit te onderzoeken:

- het intensiteitsverloop: normaal wordt in FOSIM de verkeersvraag verhoogd tot een vastgestelde intensiteitswaarde waarbij de capaciteit wordt bereikt. Door de maximale verkeersvraag per rijbaan te wijzigen kan de capaciteit worden beïnvloed (doordat de herkomst-bestemmingstabel wordt gewijzigd),
- een ander percentage wevend verkeer per richting: in de validatiestudie wordt steeds uitgegaan van een gelijk aantal wevende voertuigen per toeleidende rijbaan. De capaciteit van het weefvak is afhankelijk van deze verhouding; verschillende asymmetrische weefpercentages zullen worden bestudeerd,
- de locatie van de strookwisselzones: de ligging van de gewenste strookwisselzones heeft invloed op de plaats waar strookwisselingen worden ingezet, en dit heeft op zijn beurt invloed op de verkeersafwikkeling (capaciteit) op het weefvak. Verschillende rijstrookwisselschema's worden onderzocht,
- de maximumsnelheid: normaal wordt een limiet van 120 km/h aangehouden. Een lagere snelheidslimiet zou invloed kunnen hebben op de capaciteit. Een verlaging naar 100 km/h wordt bestudeerd.

De opzet van de simulatie is samengevat in onderstaande tabel. Er wordt uitgegaan van de minimumweefvaklengte voor het bekeken type weefvak (750 m) en van 10% vrachtverkeer. De resultaten van enkele cases zijn reeds weergegeven in hoofdstuk 3 (namelijk situaties met 25/25, 50/50, 75/75 en 100/100 wevend verkeer, en met normaal strookwisselschema en normale symmetrische verkeersvraag) en dienen ter controle.

Voor alle cases wordt een snelheidslimiet van 120 km/h gebruikt. Voor de case met A-D 25% en B-C 50% zal tevens de verlaagde limiet van 100 km/h worden onderzocht.

De benaming 'gevoeligheidsanalyse' is overigens niet geheel op zijn plaats voor de invloedsfactoren 'intensiteitsverloop' en 'wevend verkeer' aangezien het hier om

een verandering in het vraagpatroon betreft. Voor de invloedsfactor rijstrookwissel-schema's geldt wel dat het om een echte gevoeligheidsanalyse gaat.

Variabele	Selectie	Combinaties
Intensiteitenverloop (maximale verkeersvraag in veh/h)	Rijbaan A: 4000 Rijbaan B: 4000 Rijbaan A: 4000 Rijbaan B: 3000 Rijbaan A: 3000 Rijbaan B: 4000 Rijbaan A: 3000 Rijbaan B: 3000	4
Aandeel wevend verkeer (per rijbaan)	A-D 25% B-C 25% A-D 25% B-C 50% [100 / 120 km/h] A-D 25% B-C 75% A-D 50% B-C 25% A-D 50% B-C 50% A-D 50% B-C 75% A-D 75% B-C 75% A-D 100% B-C 100%	9
Alternatieve rijstrook-wisselschema's	Normale anticipatie Vroege gewenste anticipatie Vroege verplichte anticipatie	3
Weefvaklengte	750 m	1
Vrachtverkeer	10%	1
Totaal aantal combinaties: $4 \times 9 \times 3 = 108$		

Tabel: Opzet gevoeligheidsanalyse

4.2 BESCHRIJVING GEBRUIKTE INVOER

Er worden vier verschillende intensiteitenverlopen bekeken in de analyse. Deze worden aan-geduid met 'Normaal-Normaal', 'Normaal-Laag', 'Laag-Normaal', en 'Laag-Laag', waarbij de variantennamen refereren aan de volume op rijbaan A en B. In onderstaande tabel zijn de kwantitatieve invoerwaarden gegeven. Door de gekozen waarden blijft het percentage vrachtverkeer gelijk in alle varianten.

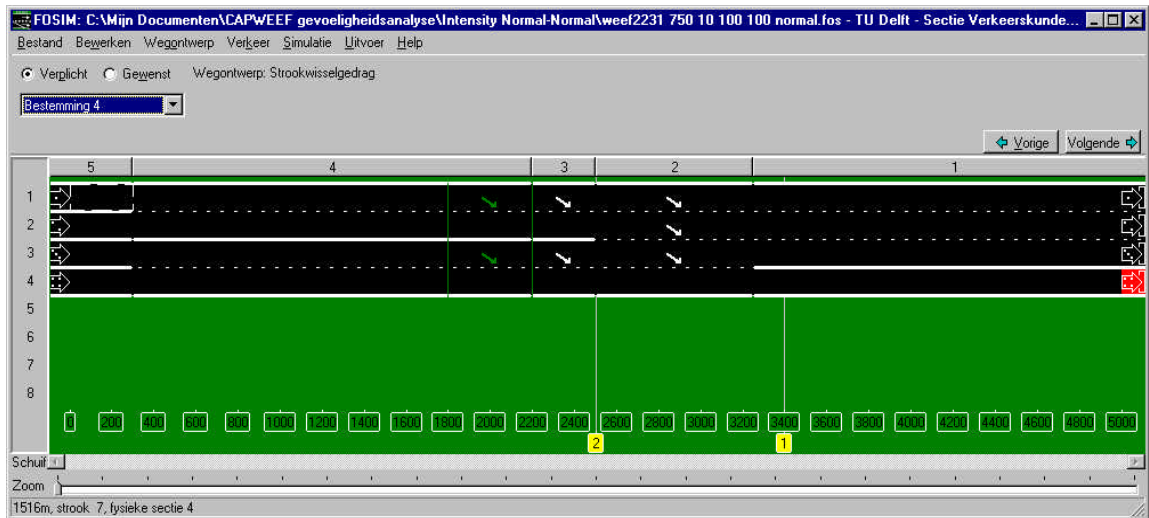
		T=0	T=3600			
Strook	rijbaan		Normaal-Normaal	Normaal-Laag	Laag-Normaal	Laag-Laag
1	A	1250	2500	2500	1875	1875
2		750	1500	1500	1125	1125
3	B	1250	2500	1875	2500	1875
4		750	1500	1125	1500	1125

Tabel: Overzicht intensiteitenverloop voor de 4 varianten (veh/h)

Van T=3600 s tot T=7200 s blijft de intensiteit ongewijzigd. In alle cases wordt een vrachtwagenpercentage van 10% gehanteerd. Vrachtwagens worden gegenereerd op stroken 2 en 4.

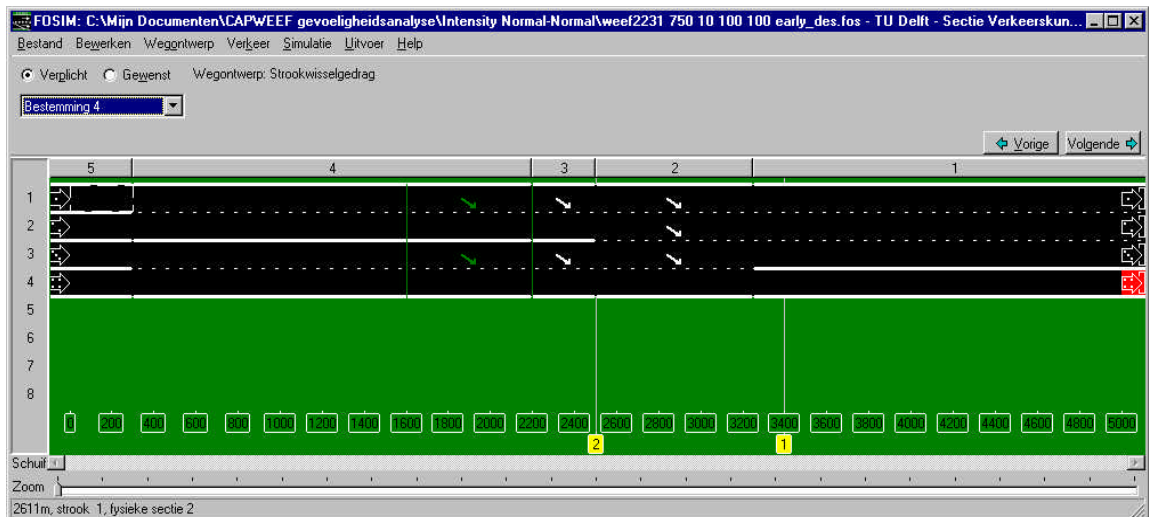
Voor het strookwisselgedrag zijn in de gevoeligheidsanalyse drie varianten gebruikt. Het normale strookwisselgedrag (variant 'normaal') is als volgt gedefinieerd. Van $x=1800$ tot 2200 is over 400 meter sprake van gewenst strookwisselen. Dit wordt

gevolgd door verplicht strookwisselen na $x=2200$. Figuur 3 laat de locatie van de strookwisselzones zien voor bestemming C.



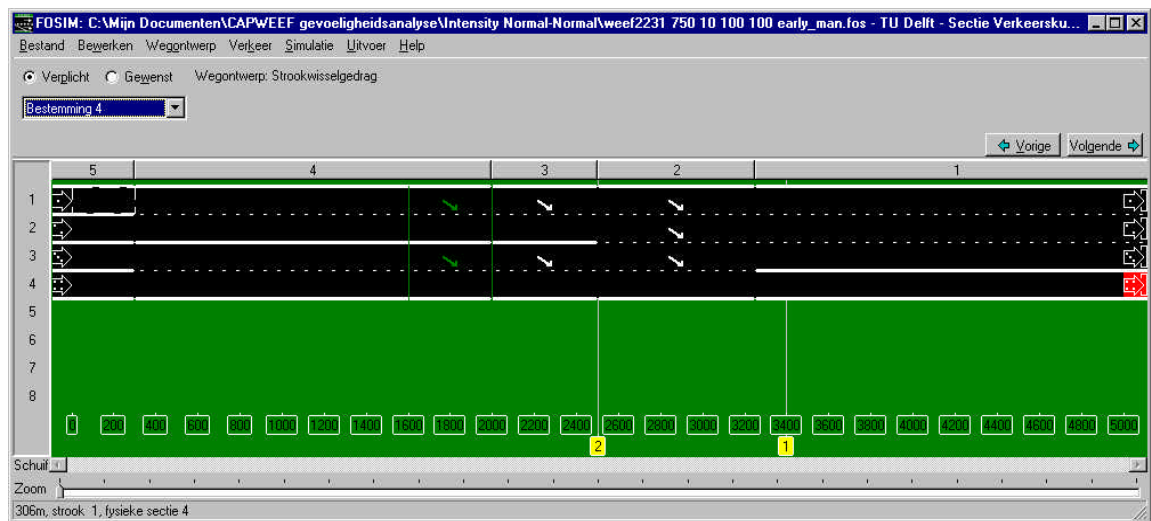
Figuur 3: Variant 'normaal' strookwisselen

De variant 'vroeg gewenst' is als volgt gedefinieerd. In vergelijking met de variant 'normaal' vindt 200 meter eerder gewenst strookwisselen plaats over een toegenomen lengte van 600 meter (van $x=1600$ tot 2200). Dit wordt gevolgd door verplicht strookwisselen na $x=2200$. Figuur 4 illustreert de ligging van de zones.



Figuur 4: Variant 'vroeg gewenst' strookwisselen

De variant 'vroeg verplicht' is als volgt gedefinieerd. Op 200 meter eerder dan in de variant 'normaal' zal gewenst strookwisselen plaatsvinden over de normale lengte van 400 meter (van $x=1600$ tot 2000). Dit wordt gevolgd door verplicht strookwisselen na $x=2000$, dus 200 meter stroomopwaarts in vergelijking met de variant 'normaal'. Figuur 5 laat het strookwisselschema zien.



Figuur 5: Variant 'vroeg verplicht' strookwisselen

4.3 RESULTATEN GEVOELIGHEIDSANALYSE

4.3.1 Overzicht resultaten

De capaciteitswaarden zijn gebaseerd op de mediaan van 100 simulatieruns, waarbij de capaciteit per run wordt bepaald op detector 1 indien bij één van de detectoren een gemiddelde snelheid (over alle rijstroken) onder 60 km/h is vastgesteld. De waarden zijn gebaseerd op 5-minuten intervallen.

De tabel op de volgende bladzijde geeft voor de vier verkeersvraag-varianten de gerealiseerde capaciteitswaarden. Het '>'-teken geeft aan dat er sprake is van een ondergrens, het '-' teken geeft aan dat de mediaan niet kon worden bepaald met voldoende zekerheid (zie de definitie in het vorige hoofdstuk). De waarde tussen '[..]' geeft de capaciteit bij een maximumsnelheid van 100 km/h. Alle andere cases zijn uitgevoerd met voertuigparameters die behoren bij een snelheidslimiet van 120 km/h.

4.3.2 Invloed strookwisselschema

De invloed van de drie strookwisselschema's zijn ook in de figuren 6, 7, 8 en 9 af te lezen. Per verkeersvraagvariant zijn de resultaten afgebeeld. Op de horizontale as zijn de 8 verschillende wevend verkeer percentages aangegeven. Het blijkt dat de invloed van alternatieve strookwisselschema's zeer beperkt is. Vergeleken met de 'normaal' variant vallen de verschillen binnen een marge van +/- 1 %.

Bij de verkeersvraag-varianten 'Laag-Laal' en 'Laag-Normaal' werd de capaciteit niet bereikt voor de situatie met A-D 25% en B-C/ 75% wevend verkeer.

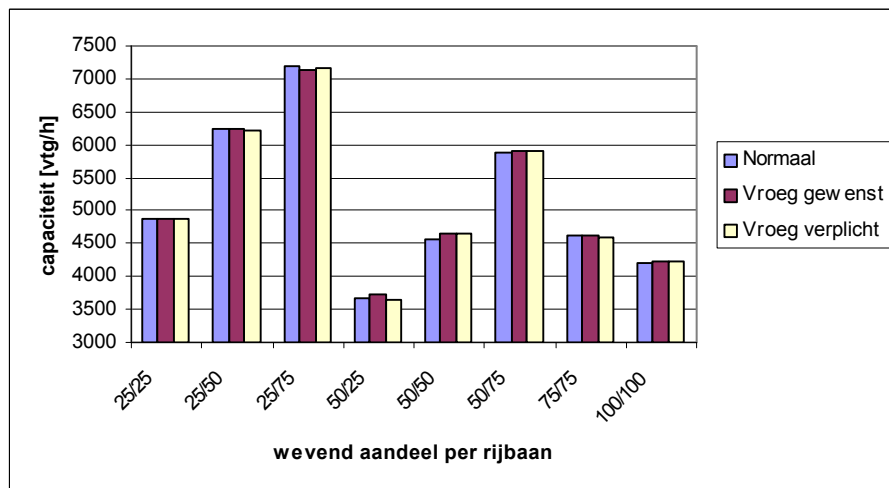
Maximum verkeersvraag 'Normaal-Normaal'			
	<i>Strookwisselgedrag</i>		
Wevend percentage	Normaal	Vroeg gewenst	Vroeg verplicht
25/25	4872	4872	4884
25/50	6252 [6300]	6234 [6306]	6216 [6294]
25/75	>7182	>7140	>7176
50/25	3678	3738	3642
50/50	4572	4656	4644
50/75	5892	5916	5898
75/75	4614	4626	4584
100/100	4188	4230	4242

Maximum verkeersvraag 'Normaal-Laag'			
	<i>Strookwisselgedrag</i>		
Wevend percentage	Normaal	Vroeg gewenst	Vroeg verplicht
25/25	4956	4998	5052
25/50	6432 [6402]	6372 [6432]	6420 [6396]
25/75	>7104	>7176	>7164
50/25	3684	3756	3696
50/50	4464	4536	4572
50/75	5820	5814	5868
75/75	4488	4500	4536
100/100	4146	4200	4080

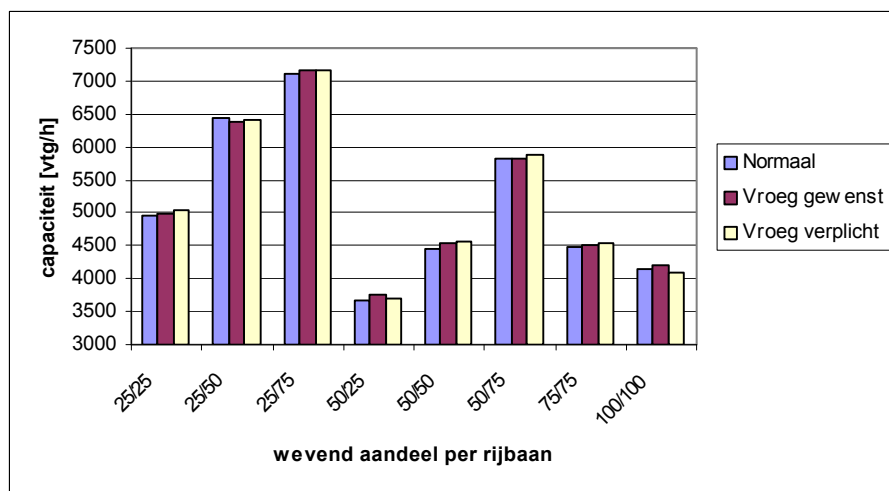
Maximum verkeersvraag 'Laag-Normaal'			
	<i>Strookwisselgedrag</i>		
Wevend percentage	Normaal	Vroeg gewenst	Vroeg verplicht
25/25	4710	4626	4662
25/50	5952 [6018]	6000 [5964]	5904 [6006]
25/75	-	-	-
50/25	3606	3630	3576
50/50	4440	4560	4536
50/75	5784	5814	5862
75/75	4686	4620	4674
100/100	4326	4332	4194

Maximum verkeersvraag 'Laag-Laal'			
	<i>Strookwisselgedrag</i>		
Wevend percentage	Normaal	Vroeg gewenst	Vroeg verplicht
25/25	4662	4698	4704
25/50	5988	5988	5988
25/75	-	-	-
50/25	3576	3648	3600
50/50	4518	4590	4464
50/75	5760	5754	5748
75/75	4530	4524	4530
100/100	4272	4266	>4284

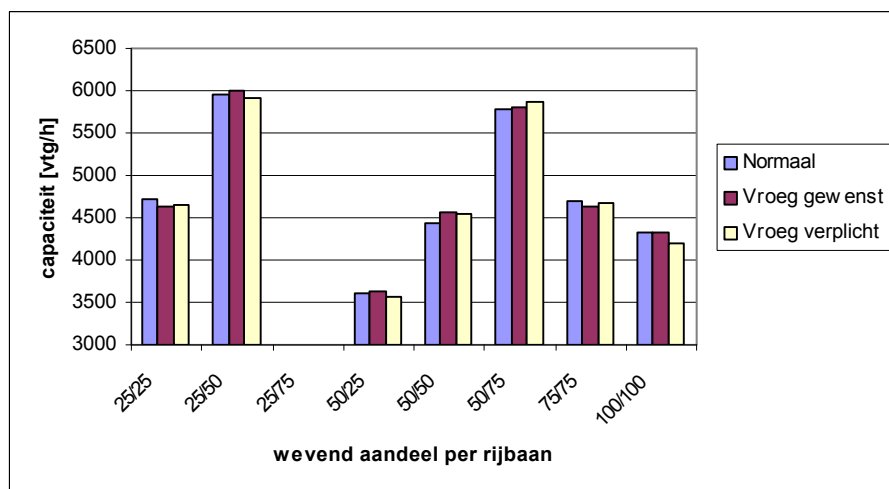
Tabel: Resultaten gevoeligheidsanalyse



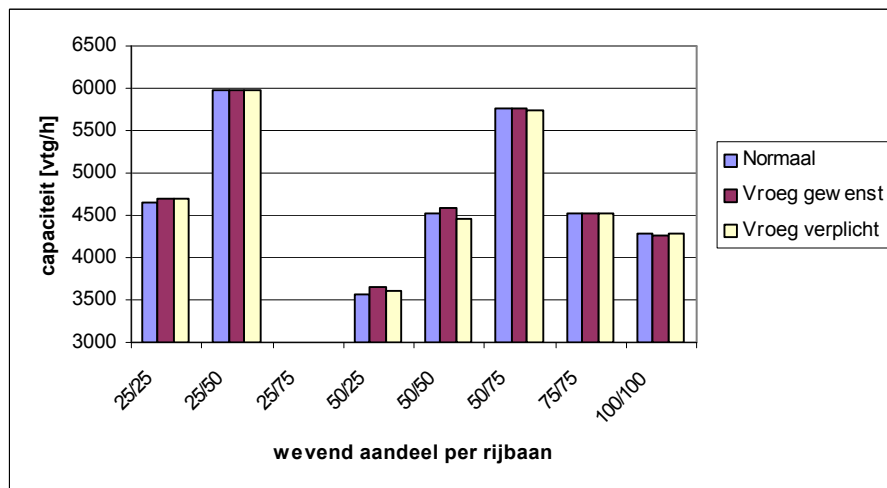
Figuur 6: Variant 'Normaal-Normaal'



Figuur 7: Variant 'Normaal-Laaag'



Figuur 8: Variant 'Laaag-Normaal'



Figuur 9: Variant 'Laag-Laag' (bij 25/75 is het verkeersaanbod te klein om de capaciteit te bereiken)

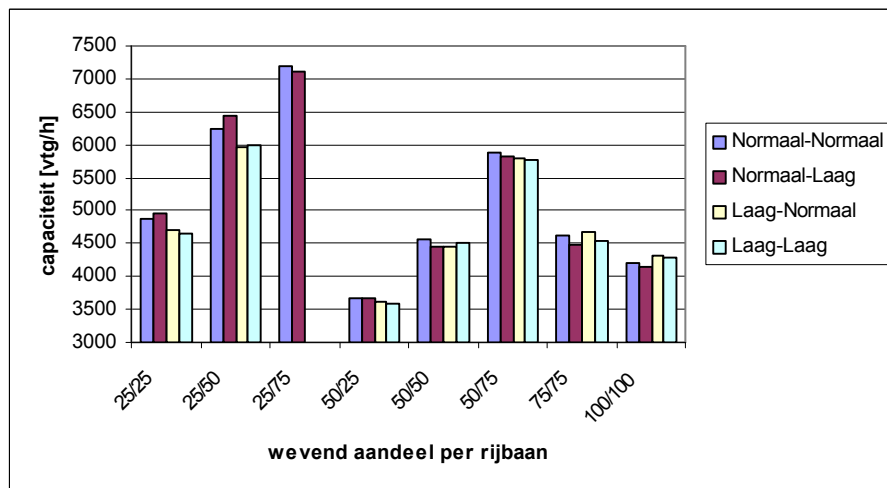
4.3.3 Invloed symmetrie wevend verkeer

Uit figuur 6 tot en met 9 blijkt duidelijk dat het aandeel wevend verkeer per rijbaan een belangrijke factor is voor de capaciteit van het asymmetrische weefvak. De verschillen zijn groot; voor de situatie 50/25 wordt een capaciteit van circa 3700 veh/h gevonden, terwijl bij de situatie 25/75 de capaciteit bijna het dubbele is.

De gevoeligheidsanalyse laat ons zien dat de specificatie van het wevend verkeer per rijbaan een zeer belangrijke factor is voor de capaciteit. In hoeverre deze conclusie overdraagbaar is naar andere asymmetrische weefvakconfiguraties is onduidelijk, maar het lijkt voor de hand te liggen dat dit ook voor andere asymmetrische weefvakconfiguraties een factor van belang is. Het uitvoeren van simulaties kan meer zekerheid hierover bieden.

4.3.4 Invloed verkeersvraag

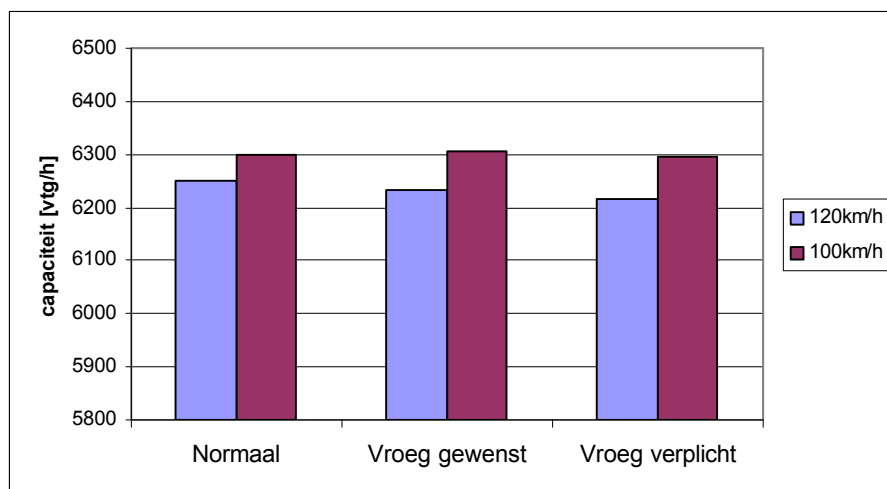
De invloed van de verkeersvraag is in Figuur 10 afgebeeld voor de variant met het normale strookwisselschema. Zoals hieruit kan worden afgelezen is de invloed van de verkeersvraag beperkt, zeker in vergelijking met de invloed van het wevend verkeer. Bij de situaties met 25/25 en 25/50 is een duidelijke terugval van de capaciteit waar te nemen bij een lagere verkeersvraag-variant.



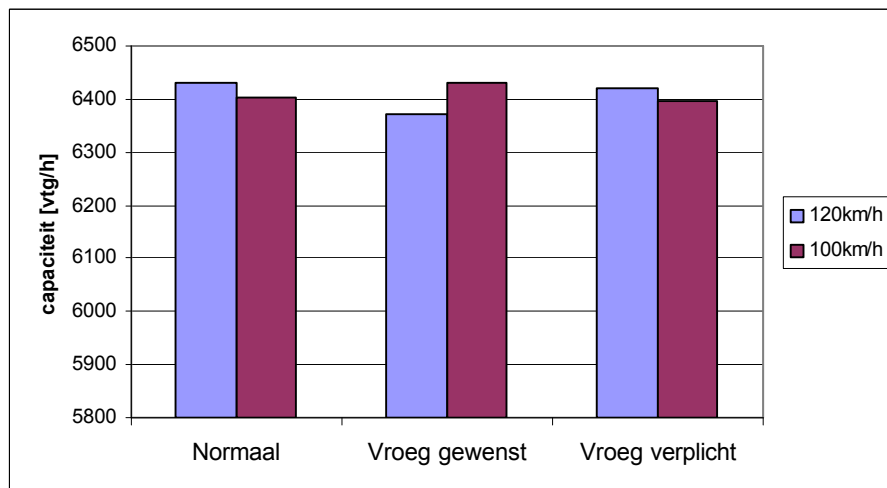
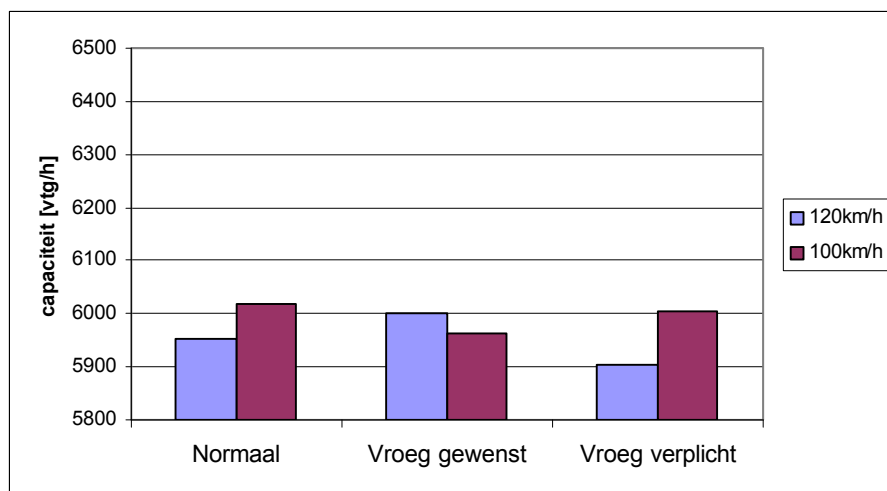
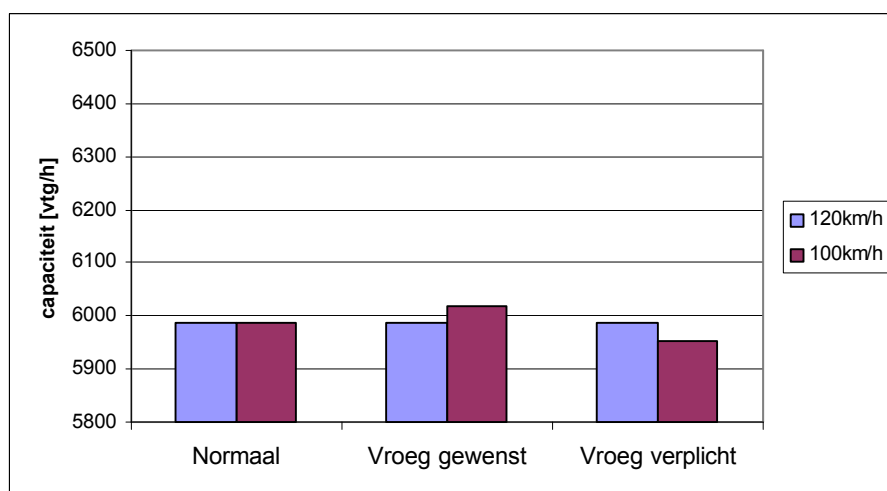
Figuur 10: Invloed verkeersvraag (normaal strookwisselschema)

4.3.5 Invloed maximumsnelheid

De maximumsnelheid is alleen in de situatie met 25/50 verlaagd naar 100 km/h. De effecten zijn af te lezen in figuur 11 tot en met 14 voor de vier verkeersvraag-varianten. Op de horizontale as de drie strookwisselschema's. Het blijkt dat de invloed van de maximumsnelheid beperkt is. De verschillen liggen in een marge van +/- 1.5 %.



Figuur 11: Variant 'Normaal-Normaal'

**Figuur 12:** Variant 'Normaal-Laag'**Figuur 13:** Variant 'Laag-Normaal'**Figuur 14:** Variant 'Laag-Laal'

4.4 CONCLUSIES GEVOELIGHEIDSANALYSE

Uit de gevoeligheidsanalyse van een $2+2 \div 3+1$ asymmetrisch weefvak blijkt dat het aandeel wevend verkeer per rijbaan van zeer grote invloed is op de weefvakcapaciteit. In CAPWEEF fase 2a is bij het samenstellen van de capaciteitstabel alleen rekening gehouden met een symmetrische weefbelasting (dus 25/25 of 50/50). Uit de analyse blijkt nu dat die aanpak wellicht te beperkt is. Of deze invloed ook geldt voor andere asymmetrische weefvakken is hier niet onderzocht maar lijkt wel aannemelijk.

De andere invloedsfactoren zijn minder van invloed op de capaciteit. De onderzochte alternatieve strookwisselschema's geven vrijwel dezelfde capaciteitswaarden als het standaard schema. Verlaging van de snelheidslimiet van 120 km/h naar 100 km/h door wijziging van de voertuigparameters geeft ook een bijna verwaarloosbare verandering van de weefvakcapaciteit te zien. De maximale verkeersvraag per rijbaan heeft wel enig effect op de gerealiseerde capaciteiten. Bij lagere intensiteiten daalt de capaciteit in sommige gevallen. De invloed is echter beperkt in vergelijking met de invloed van het aandeel wevend verkeer.

Op basis van de gevonden resultaten is het aan te raden te kijken welke HB-patronen voor de praktijk het meest relevant zijn en te controleren of de resultaten van deze simulatiestudie voldoende geschikt zijn voor die HB-patronen. Indien dit niet het geval is, kunnen het beste aanvullende simulaties uitgevoerd worden. Met de beschikbare wegvakconfiguraties van deze studie hoeven dergelijke aanvullende simulaties niet veel inspanning te kosten.

LITERATUUR

Boekholt, B.J., *Verkeersgedrag bij Taper-uitvoegingen*, Delft: Technische Universiteit Delft, 1996

Capaciteitswaarden Infrastructuur Autosnelwegen - Handboek, Rotterdam: Rijkswaterstaat Adviesdienst Verkeer en Vervoer (AVV), 1999

Minderhoud, M.M., K. Kirwan, *Validatie van FOSIM voor Asymmetrische Weefvakken - CAPWEEF Fase 1*, Delft: Technische Universiteit Delft, 2001

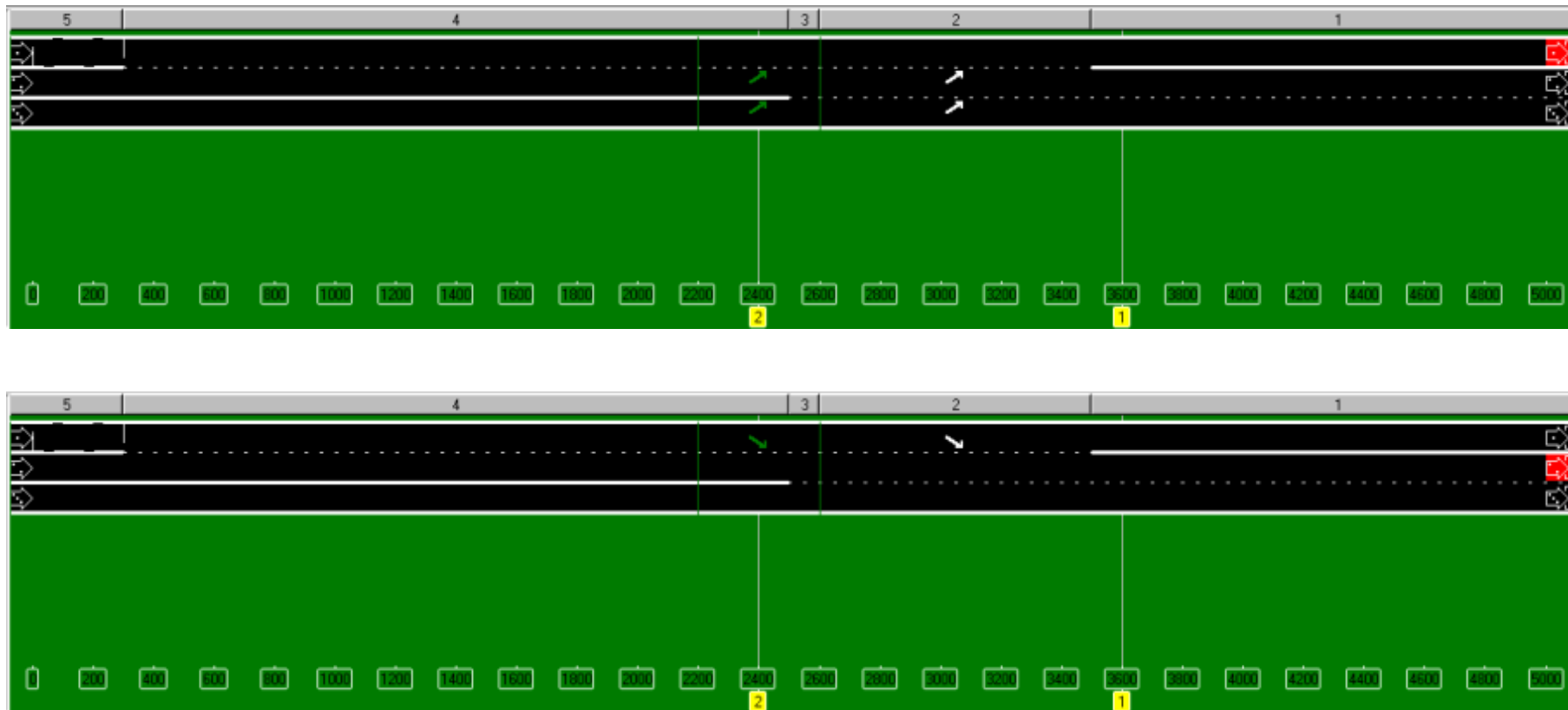
Richtlijnen Bewegwijzering - Deel 1: Autosnelwegen, 's-Gravenhage: SDU Uitgeverij, 1993

Vermijs, R.G.G.M., *Capaciteitswaarden Infrastructuur Autosnelwegen - Deelrapport 3: Weefvakken*, Delft: Technische Universiteit Delft, 1998

BIJLAGE 1: LAY-OUT ASYMMETRISCHE WEEFVAKKEN

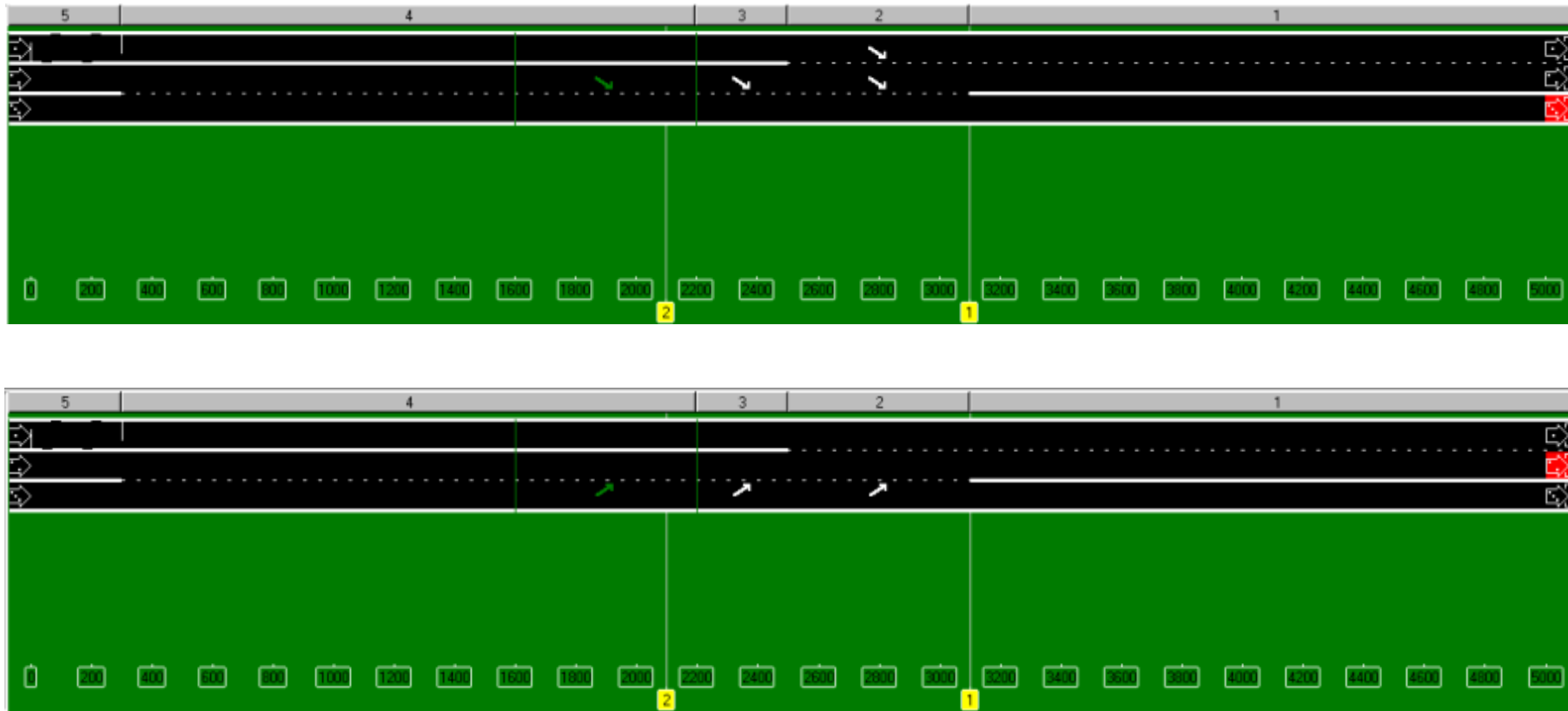
In de onderstaande figuren zijn screenshots van de basisconfiguraties weergegeven. Witte pijlen in een wegsectie geven verplicht strookwisselen aan. De grijze pijlen staan voor gewenst strookwisselen.

2+1 ÷ 1+2



Geen voorwegwijzer
 Simulaties afbreken bij overschrijden 50 km/h

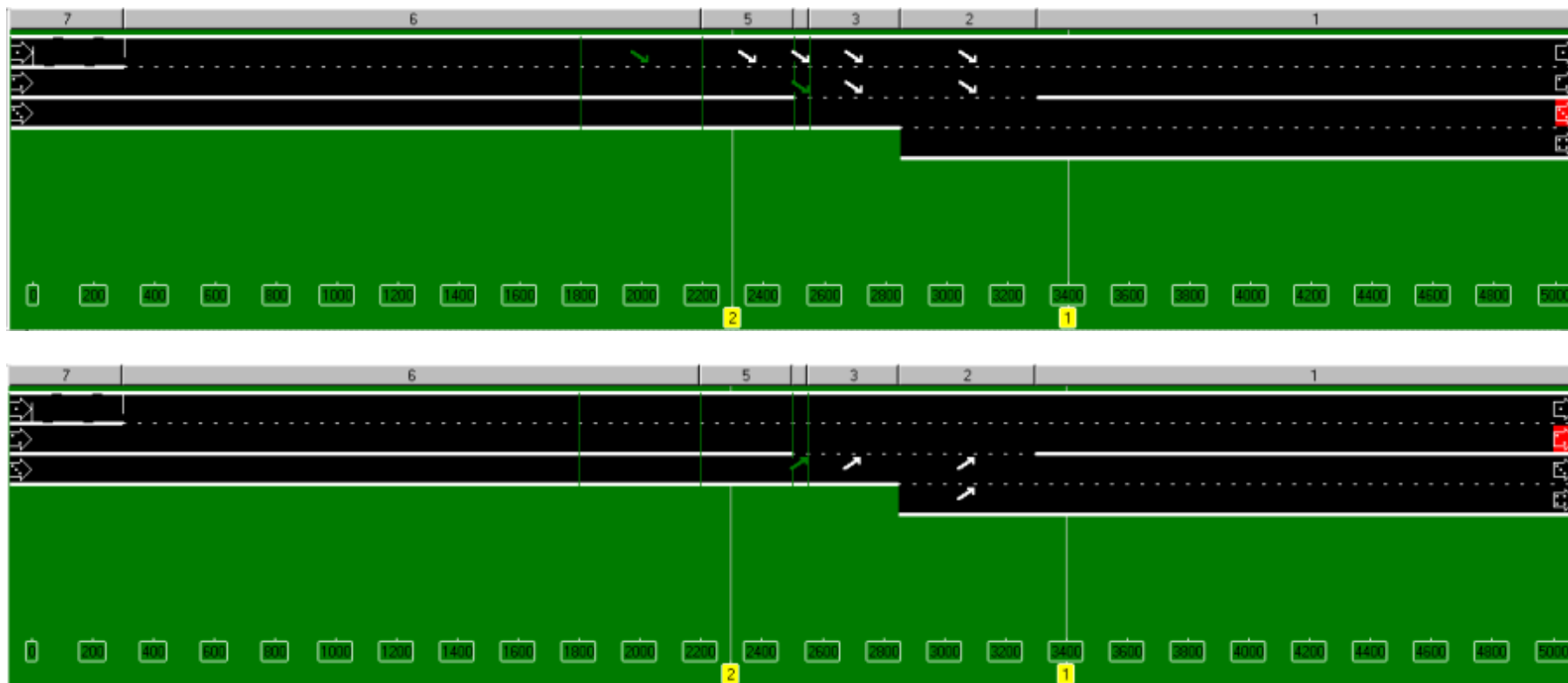
1+2 ÷ 2+1



Voorwegwijzer

Simulaties afbreken bij onderschrijden 65 km/h (congestie verspreidt zich niet direct over de hele rijbaan)

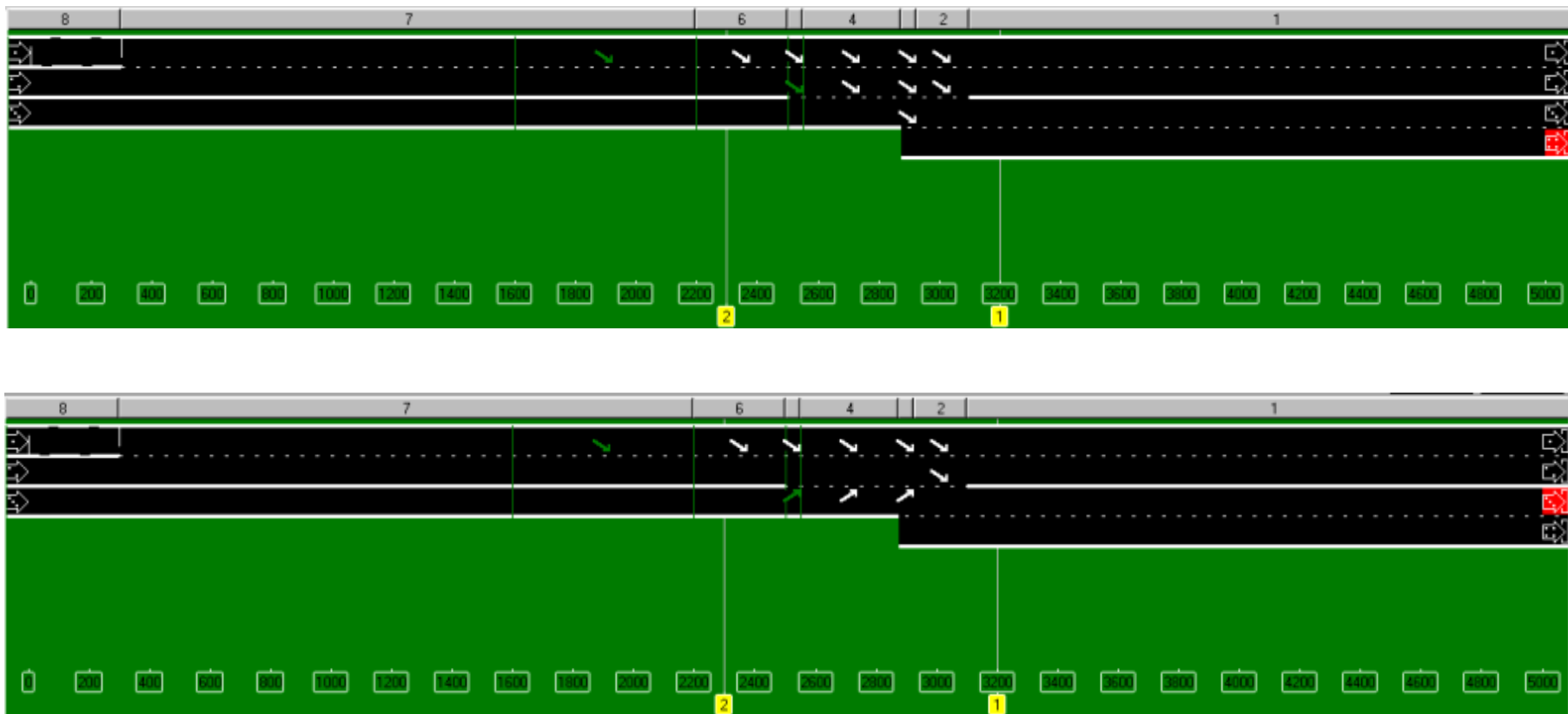
2+1 ÷ 2+2



Voorwegwijzer

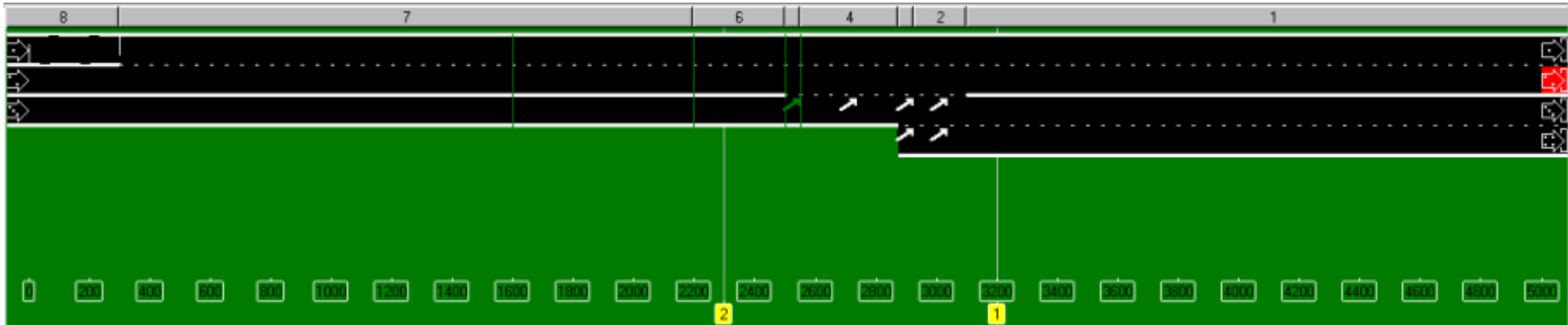
Locatie begin rijstrook 4 geschat uit de Richtlijnen Bewegwijzering (SDU, 1993)

Simulaties afbreken bij onderschrijden 50 km/h

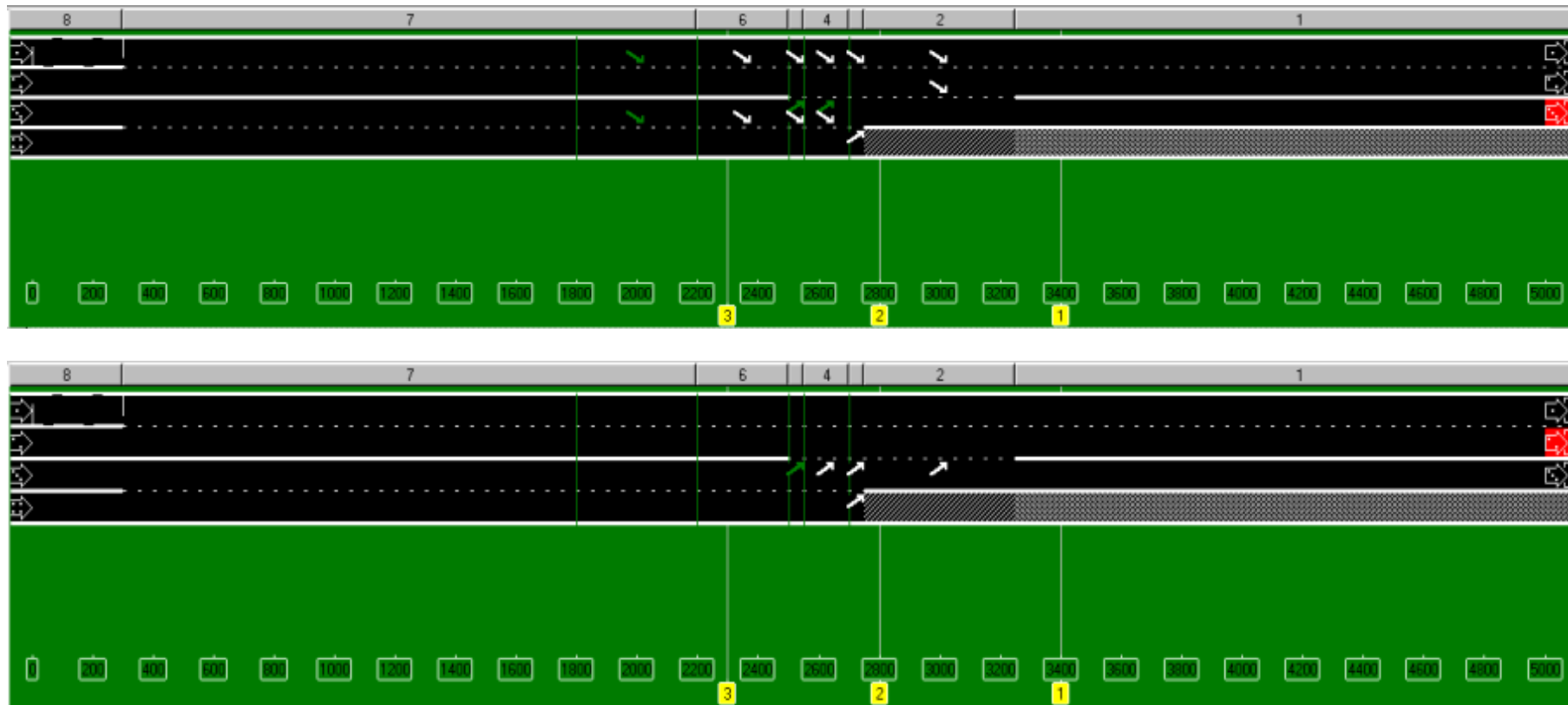
2+1 ÷ 2+2 (taperuitvoeging)**Voorwegwijzer**

Strookwisselen voor bestemming 3 en 4 verschilt, zodat opgegeven kan worden hoeveel verkeer de taper wil gebruiken. Er is voor gekozen 30% (afgeleid uit Boekholt (1996)) van de bestuurders van herkomst 1 en 2 de taper te laten gebruiken.

Simulaties afbreken bij onderschrijden 60 km/h



2+2 (taperinvoeging) ÷ 2+1

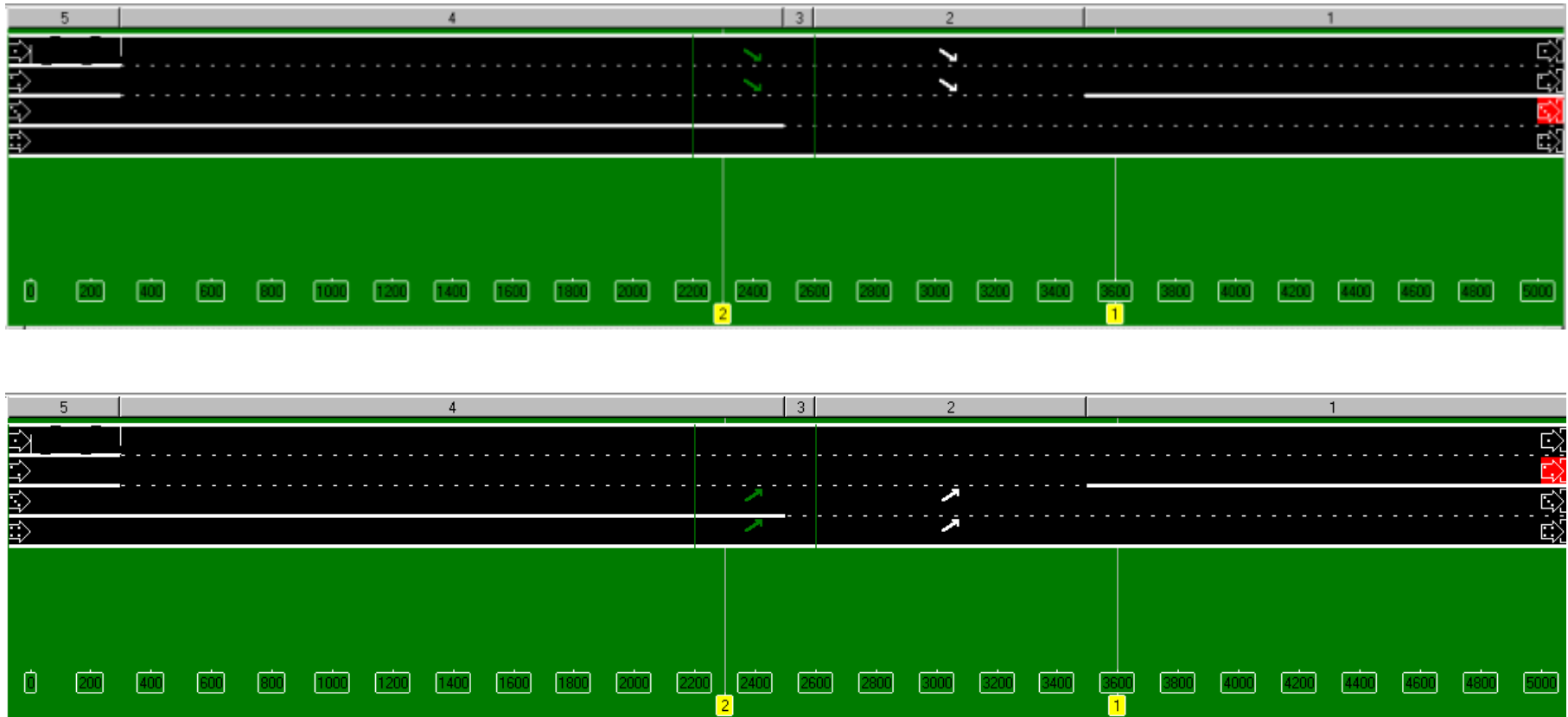


Voorwegwijzer

Gewenst naar rechts voor bestemming 2 (en lager) op strook 3 van sectie 4 is niet mogelijk, omdat op deze plek al gewenst strookwisselen naar links voor bestemming 3 (en lager) is opgegeven.

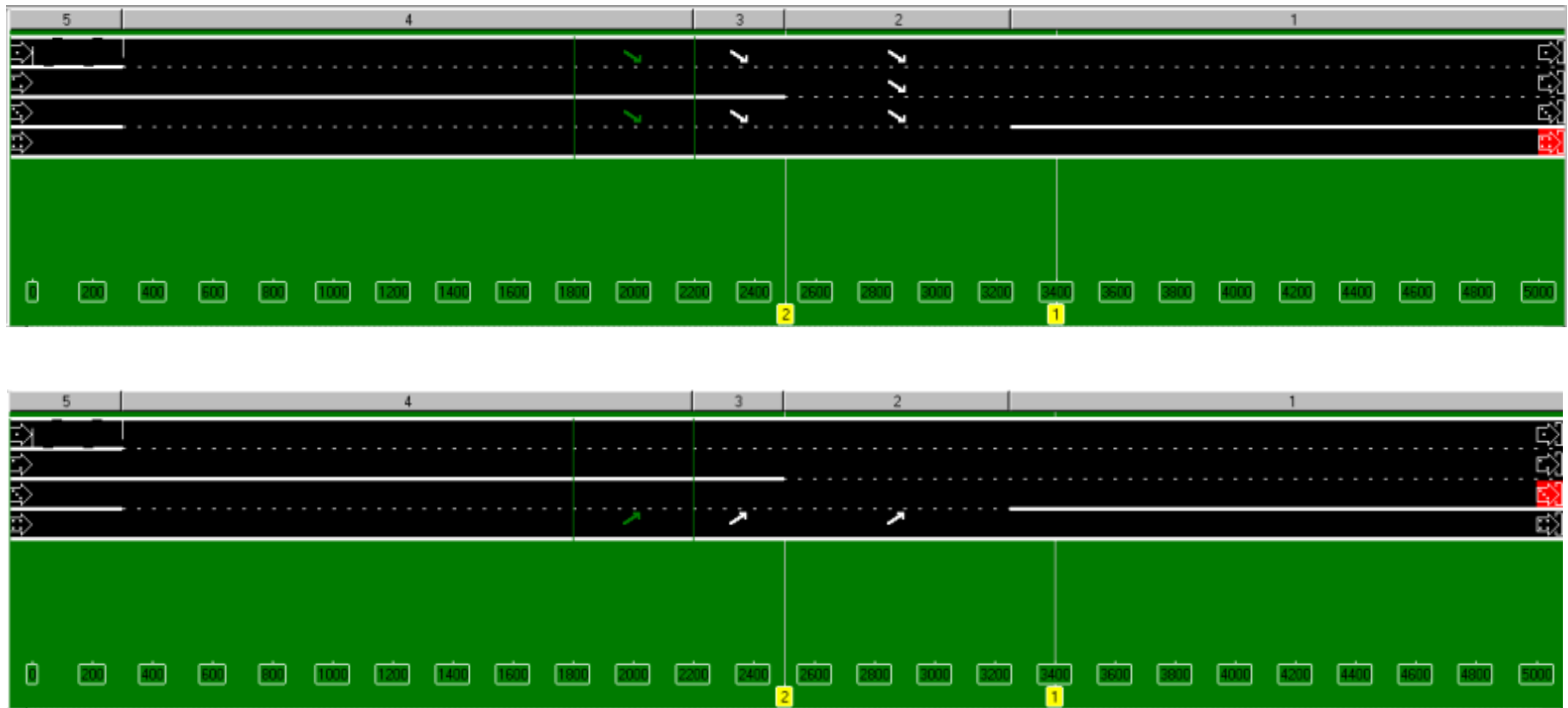
Simulaties afbreken bij onderschrijden 60 km/h

3+1 ÷ 2+2



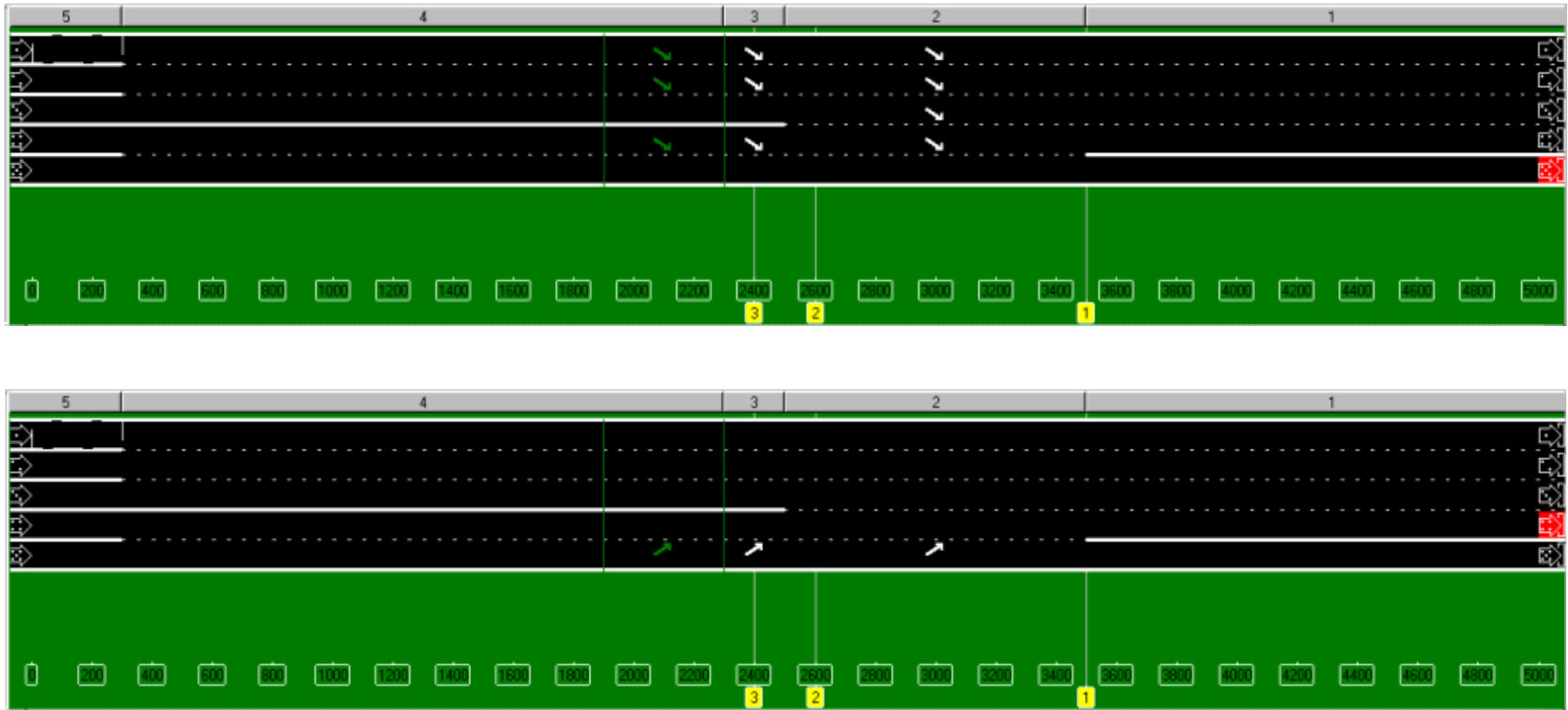
Geen voorwegwijzer
Simulaties afbreken bij onderschrijden 60 km/h

2+2 ÷ 3+1



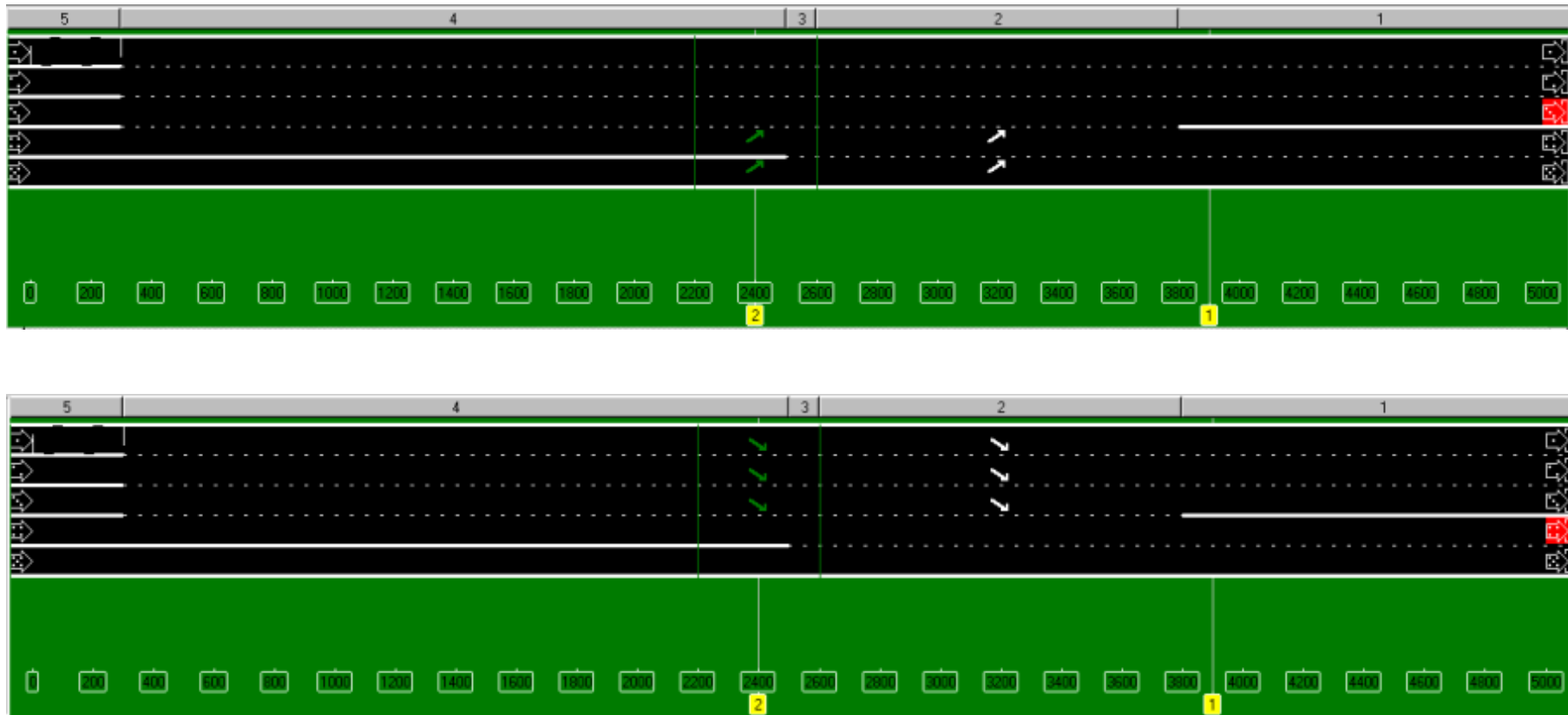
Voorwegwijzer
Simulaties afbreken bij onderschrijden 60 km/h

3+2 ÷ 4+1



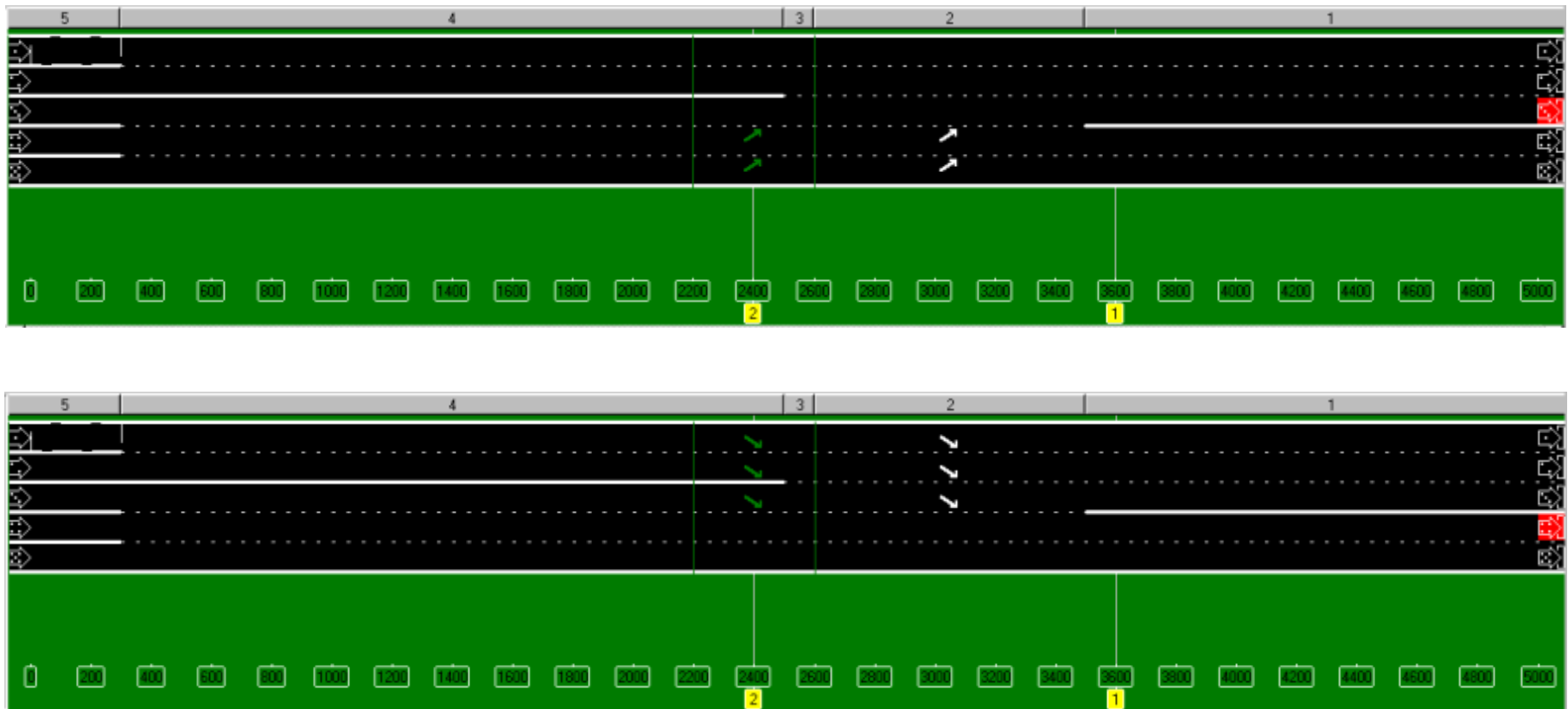
Voorwegwijzer
Simulaties afbreken bij onderschrijden 60 km/h

4+1 ÷ 3+2



Geen voorwegwijzer
Simulaties afbreken bij overschrijden 60 km/h

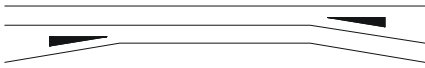
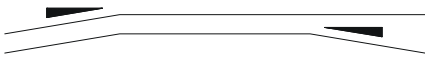
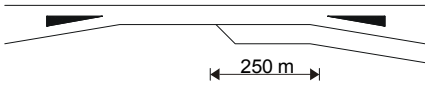
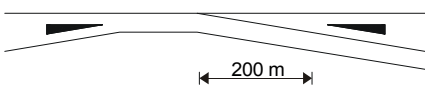
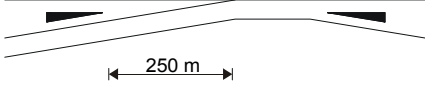
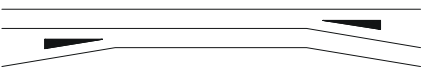
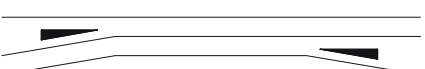
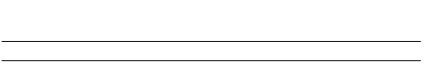

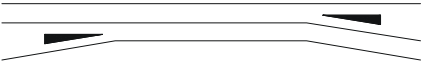
2+3 ÷ 3+2



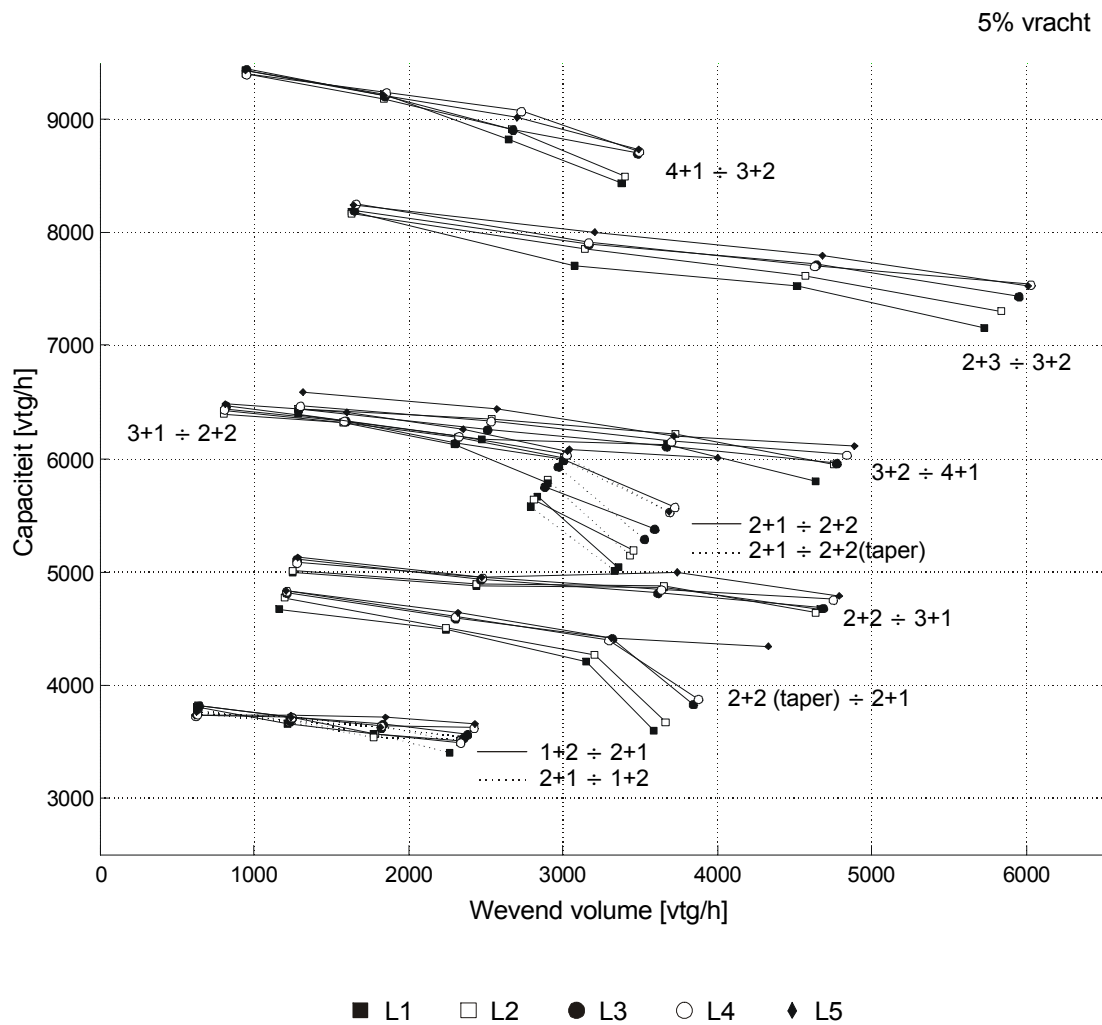
Niet beschreven in Richtlijnen Bewegwijzering (SDU, 1993)
Simulaties afbreken bij onderschrijden 60 km/h

BIJLAGE 2: GRAFISCHE WEERGAVE CAPACITEITEN

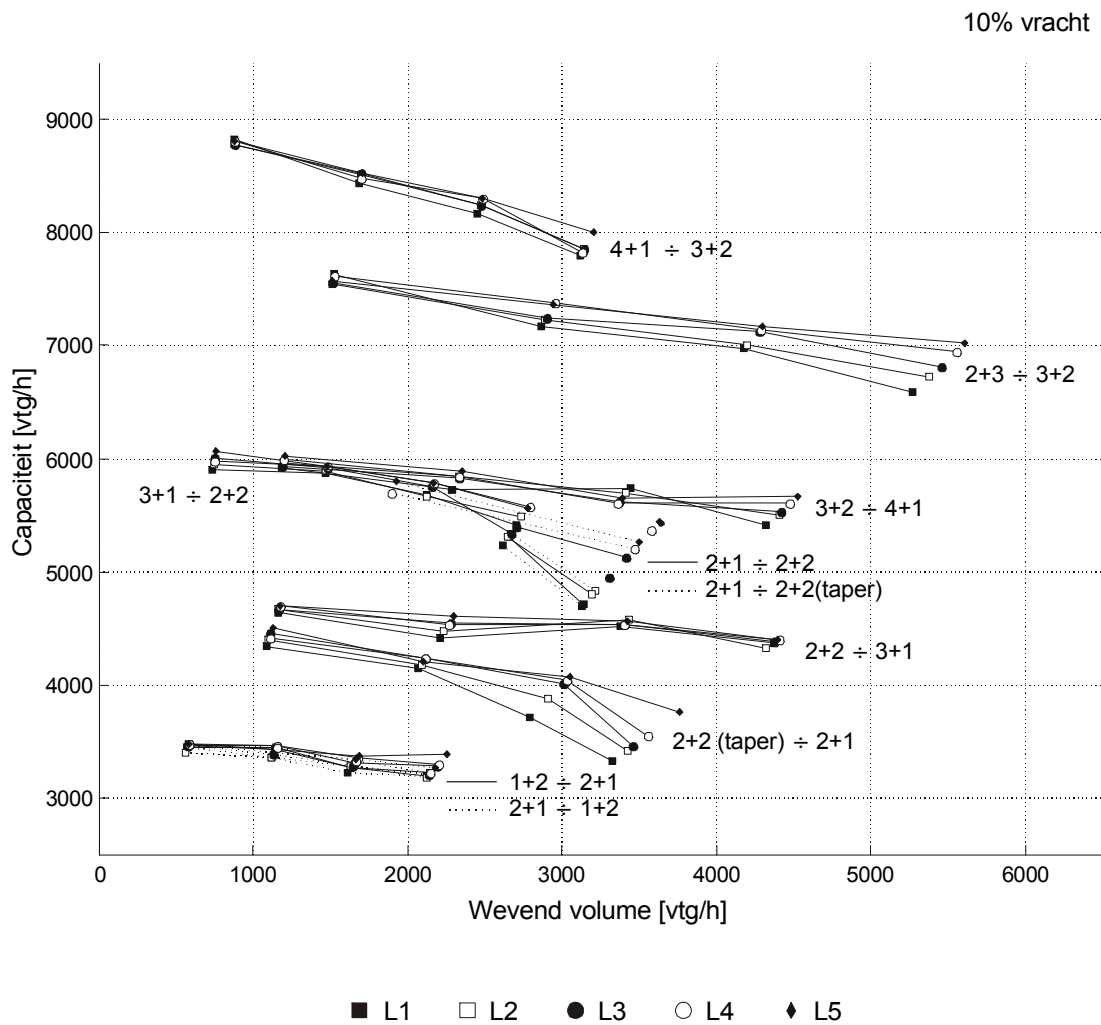
De variabelen L1 tot en met L5 in de legenda's van de verzameldiagrammen op de volgende pagina's verwijzen naar de weefvaklengtes in onderstaand figuur.

Weefvaktype	Lengte				
	L1	L2	L3	L4	L5
 2+1 → 1+2	800	<u>1000</u>	1100	1200	1300
 1+2 → 2+1	600	<u>700</u>	800	900	1000
 2+1 → 2+2 250 m	700	<u>800</u>	900	1000	1100
 2+1 → 2+2 (taper) 200 m	500	<u>600</u>	700	800	900
 2+2 (taper) → 2+1 250 m	650	<u>750</u>	850	950	1050
 3+1 → 2+2	800	<u>1000</u>	1100	1200	1300
 2+2 → 3+1	650	<u>750</u>	850	950	1050
 3+2 → 4+1	800	<u>1000</u>	1100	1200	1300
 4+1 → 3+2	1100	<u>1300</u>	1400	1500	1600
 2+3 → 3+2	800	<u>1000</u>	1100	1200	1300

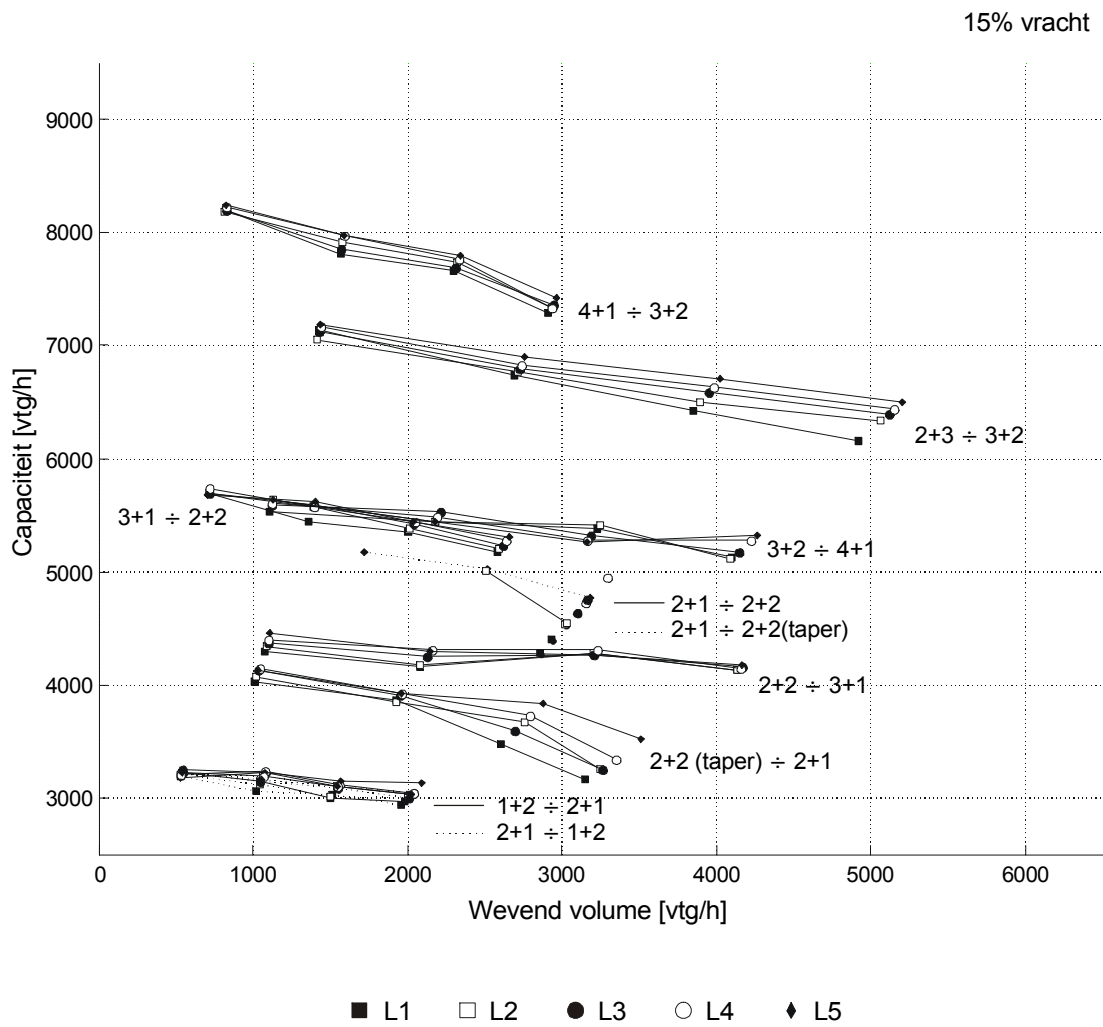
Figuur 36: Overzicht beschouwde weefvakken (L2 is de minimaal toegestane weefvaklengte)



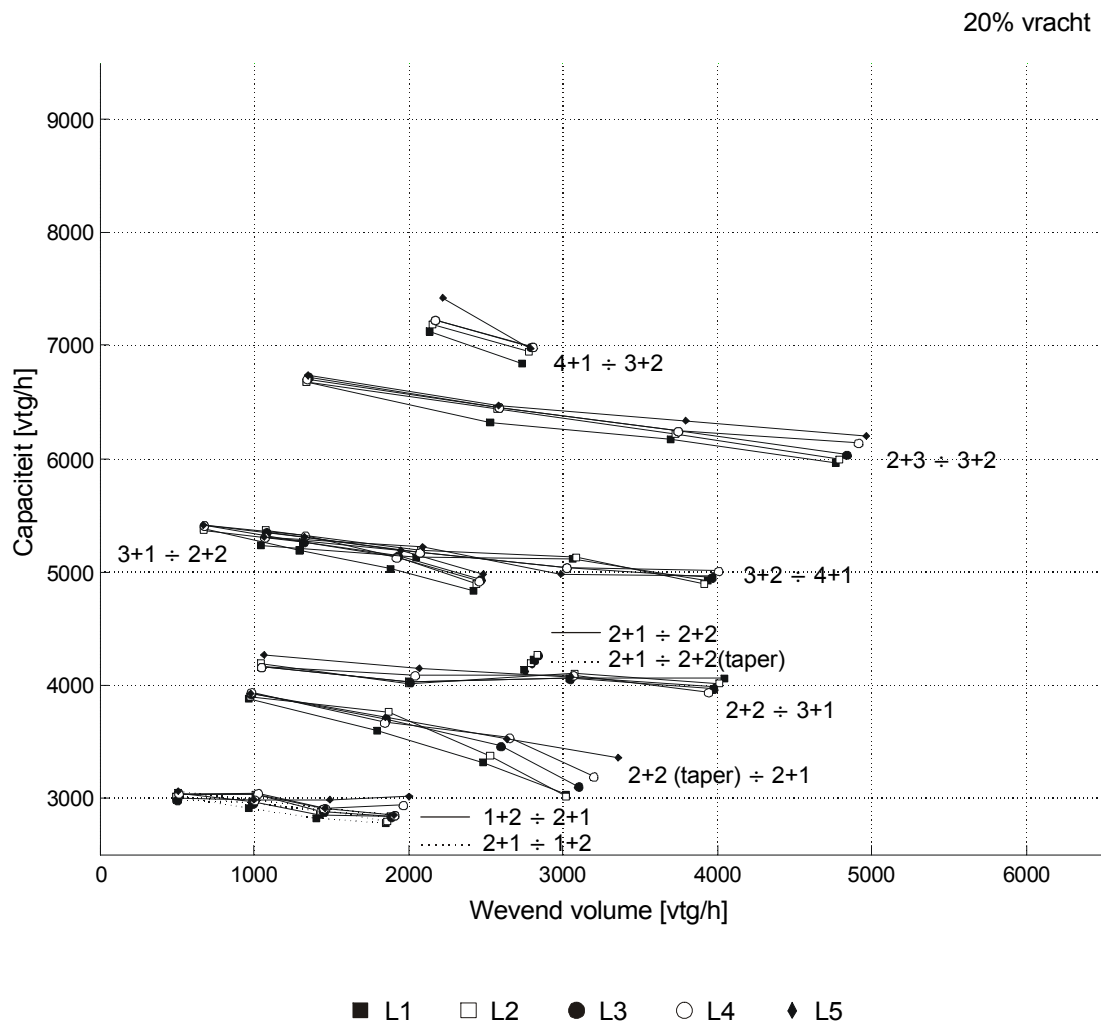
Figuur 37: Verzameldiagram capaciteiten asymmetrische weefvakken bij 5% vrachtverkeer



Figuur 38: Verzameldiagram capaciteiten asymmetrische weefvakken bij 10% vrachtverkeer



Figuur 39: Verzameldiagram capaciteiten asymmetrische weefvakken bij 15% vrachtverkeer



Figuur 40: Verzameldiagram capaciteiten asymmetrische weefvakken bij 20% vrachtverkeer

