

PLATOS MODELSTELSEL

11 februari 2002

PLATOS MODELSTELSEL

11 februari 2002

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	3
1 Functioneel Kader	5
1.1 Inleiding	5
1.2 Doel: het PLATOS Modelstelsel in een Functioneel Kader	6
1.3 Verkeersmodellen geplaatst in Functioneel Kader	7
1.3.1 Beleidsdoelstellingen en -criteria	7
1.3.2 Beleid, modellen en verplaatsingsgedrag	8
1.3.3 Problemen modellenpraktijk versus Functioneel Kader	10
1.3.4 Oplossingen tot verbetering modellenpraktijk	11
1.4 Koppelingen tussen modellen	12
1.4.1 Definitie veel toegepaste modeltypen	13
1.4.2 Koppeling statisch-dynamisch	14
1.4.3 Ervaringen koppeling statisch-dynamisch	16
1.4.4 Koppeling micro-macro	18
1.4.5 Ervaringen koppeling micro-marco	18
1.5 Conclusies	19
2 Koppeling statisch-dynamisch	21
2.1 Inleiding	21
2.2 Statisch versus dynamisch	21
2.3 Conversie modelgegevens	23
2.3.1 Netwerkgegevens	24
2.3.2 Verkeersgegevens	24
2.3.3 Verkeersregelingen	25
2.4 Verschillen in modeluitkomsten	25
2.5 Ervaringen koppeling statisch-dynamisch	26
2.5.1 Reden voor koppeling	26
2.5.2 Hoe is de koppeling gemaakt	26
2.5.3 Kalibratie/validatie	27
2.5.4 Aanbevelingen voor de toekomst in het kader van het modelstelsel	28
2.6 Case 1: Zandloperstudie	28
2.6.1 Reden van koppeling	28
2.6.2 Hoe is de koppeling gemaakt	29
2.6.3 Kalibratie/validatie	30
2.6.4 Problemen	31
2.7 Case 2: Dynamisch model Utrecht Centrum Project	31
2.7.1 Reden van koppeling	31
2.7.2 Hoe is de koppeling gemaakt	31
2.7.3 Kalibratie/validatie	32
2.7.4 Problemen	33
2.8 Case 3: De Liemers, vergelijking dynamische modellen	33
2.8.1 Reden van koppeling	33
2.8.2 Hoe is de koppeling gemaakt	34
2.8.3 Kalibratie/validatie	34
2.8.4 Problemen	35
2.9 Case 4: Beoordeling rotondes N199	35

2.9.1	Reden van koppeling	35
2.9.2	Hoe is de koppeling gemaakt	37
2.9.3	Kalibratie/validatie	38
2.9.4	Problemen	38
2.10	Case 5: Studie Light Rail Krakau	39
2.10.1	Reden van koppeling	39
2.10.2	Hoe is de koppeling gemaakt	39
2.10.3	Kalibratie/validatie	40
2.10.4	Problemen	41
3	Koppeling micro-macro	42
3.1	Inleiding	42
3.2	Koppeling microscopische en macroscopische modellen	42
3.2.1	Microscopische verkeersafwikkelingsmodellen	42
3.2.2	Macroscopische modellen	43
3.3	Overzicht werkwijze	44
3.4	Motivatie en identificatie noodzaak koppeling	46
3.5	Werkwijze	47
3.5.1	Keuze kandidaat modellen	47
3.5.2	Beschrijving data eisen modellen	48
3.5.3	Type koppeling	48
3.6	Keuze modelkoppel	48
3.7	Modelimplementatie	49
3.7.1	Datastromen, verkeerskundige en statistische randvoorwaarden	49
3.7.2	Technische aspecten koppeling	50
3.8	Resultaten en evaluatie	50
3.9	Case 1: ADVISORS	51
3.9.1	Doelstelling project	51
3.9.2	Methodologie	51
3.9.3	Gebruikte modellen	52
3.9.4	Informatiestromen tussen de modellen	52
3.9.5	Leerpunten	53
3.10	Case 2: Vrachtstroken ruit Rotterdam	54
3.10.1	Introductie	54
3.10.2	Doelstelling project	55
3.10.3	Methodologie	55
3.10.4	Gebruikte modellen	55
3.10.5	Informatiestromen tussen de modellen	55
3.10.6	Leerpunten	55
3.11	Case 3: Smalle rijstroken	56
3.11.1	Doelstelling project	56
3.11.2	Methodologie	56
3.11.3	Gebruikte modellen	56
3.11.4	Informatiestromen tussen de modellen	57
3.11.5	Leerpunten	57
4	Referenties	58

1 Functioneel Kader

1.1 Inleiding

Bij de uitvoering van en het invulling geven aan bepaalde beleidsvoornemens is het vaak zinvol om op voorhand inzicht te krijgen in de effecten van een mogelijk toe te passen maatregel of combinatie van maatregelen. Modellen kunnen daarbij een rol spelen.

In de eerste plaats omdat het vaak duur is om praktijkproeven uit te voeren die bovendien hun invloed hebben op de verkeersafwikkeling. Dit kan maatschappelijk gezien ongewenst zijn; een extreem voorbeeld daarvan is het bewust creëren van incidenten om de effecten van incident management te bepalen. Ook invloed op de taak van de bestuurder en daarmee op de verkeersveiligheid is mogelijk (bijvoorbeeld in-car routeleiding).

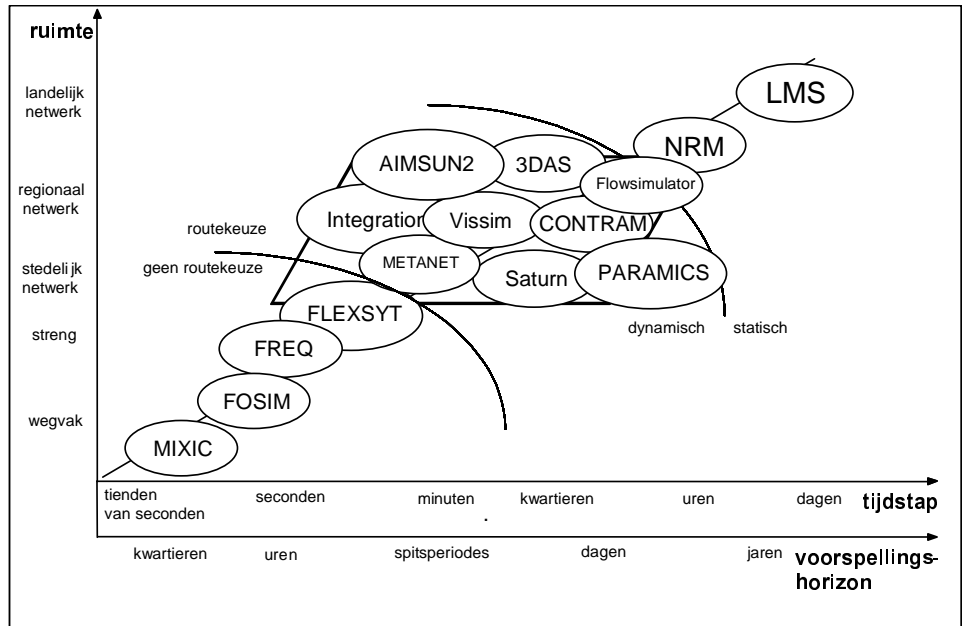
In de tweede plaats kunnen met modellen veel eenvoudiger de effecten van alternatieven worden onderzocht en kan er veel gemakkelijker geëxperimenteerd worden, iets wat in de praktijk niet mogelijk is. Zo'n model kan een rekeninstrument zijn, maar ook bijvoorbeeld een simulator van het gedrag van een (auto)bestuurder.

Ook indien er wel een praktijkproef wordt gehouden, is dat goed voor de modellen. Met de verzamelde gegevens kunnen modellen worden gevalideerd en verbeterd of de gegevens kunnen als invoer dienen. Het is dus wenselijk vragen ten aanzien van de effecten van maatregelen eerst met modellen te beantwoorden alvorens deze maatregelen in de praktijk toe te passen. Vervolgens zijn uiteraard wel effectmetingen "in het veld" (zonder geforceerde proefopstellingen) weer goed bruikbaar om de modellen te valideren en verder te verbeteren.

Vragen die we graag met modellen zouden willen kunnen beantwoorden zijn bijvoorbeeld:

1. Welke sociaal-economische functie heeft het hoofdwegennet c.q. behoort het hoofdwegennet te hebben (het gaat hierbij om het ontwikkelen van een visie)?
2. Wat zijn de kosten en baten van een maatregel (verkeersafwikkeling, veiligheid, milieu en economische effecten) en hoe worden deze gewogen?
3. Wat is het uitstralingseffect van een lokale maatregel op netwerkniveau?
4. Wat is het effect van een combinatie van maatregelen en hoe beïnvloeden ze elkaar?
5. Welk effect heeft een maatregel genomen op het hoofdwegennet op het onderliggend wegennet en vice versa?
6. Welk effect heeft een maatregel op het gedrag van weggebruikers (inclusief aspecten als bestemmingskeuze, vervoerwijzekeuze en keuze vertrektijdstip)?

De modellen moeten in de beantwoording van deze vragen ondersteuning bieden en meewerken aan de analyse van de verkeerskundige problemen. Uiteraard kunnen modellen geen problemen oplossen. Het is vaak zelfs zo dat bepaalde vragen maar moeilijk of met veel 'creativiteit' met modellen te beantwoorden zijn. Het waardeoordeel of de beslissing ligt in laatste instantie bij de vragensteller en zijn doelstelling. In Nederland veel gebruikte modellen zijn weergegeven in figuur 1.



Figuur 1: Modellen in Nederland (aangepaste versie o.b.v. oorspronkelijke bron: Smulders en Middelham)

Deze veel gebruikte modellen dekken samen een deel van de behoefte aan analysemogelijkheden op uiteenlopende schalen van tijd en ruimte. Toch kunnen met de bestaande modellen veel van de bovenstaande vragen niet of moeilijk volledig met één model beantwoord worden. In PLATOS is daarom gekozen om mogelijkheden van koppeling van bestaande modellen te onderzoeken en zo mogelijk deels uit te werken.

Argumenten voor deze keuze zijn:

- er zijn nu reeds veel bruikbare modellen beschikbaar (zie figuur 1);
- de reeds gedane investeringen in de bestaande modellen worden ten volle benut;
- het afbreukrisico om te komen tot een geheel nieuw allesomvattend model is te groot;
- het biedt mogelijkheden voor uitbreidingen met nieuwe of elders reeds in gebruik zijnde modellen.

Hiertoe moeten bestaande ex ante modellen, daar waar relevant, een bepaalde (inhoudelijke en organisatorische) samenhang hebben en een breed toepasbaar systeem van modellen vormen.

1.2 Doel: het PLATOS Modelstelsel in een Functioneel Kader

Het is evident dat voor een systeem van modellen meer nodig is dan een verzameling onafhankelijke modellen. Er dient een beeld te worden gevormd van de wijze waarop van een gereedschapskist met allemaal losse 'tools' kan worden gekomen tot een gereedschapskist waarin de tools een voldoende mate van samenhang hebben.

Dit systeem van modellen, deze gereedschapskist met tools, vormt het Modelstelsel van PLATOS. Het Modelstelsel omvat de individuele modellen en

relaties daartussen, koppelingen van instrumenten die samen een beter antwoord kunnen geven op onderzoeksvragen.

In het Modelstelsel ontbreken instrumenten, namelijk daar waar geen goede mogelijkheden zijn om analyses uit te voeren op passende schaalniveau's. Maar ook zal een dekking van een zeker onderzoeksgebied niet altijd voldoende kwaliteit bezitten om werkelijk bruikbaar te zijn, door het gegeven dat modellen die samen in beginsel wel de dekking bieden onvoldoende op elkaar aan sluiten, in technische of in inhoudelijke zin.

Daar waar tools ontbreken in de gereedschapskist, moeten nieuwe modelontwikkelingen worden ingezet. De gewenste samenhang kan bereikt worden door te definiëren hoe de koppeling tussen de modellen moet worden vormgegeven en gerealiseerd. Dat wil zeggen dat moet worden vastgesteld op welke wijze (tussen)resultaten van het ene model kunnen worden ingebracht in het andere model. Hiervoor is een functioneel kader nodig, een kader dat aangeeft welke typen onderzoeksvragen in de praktijk aan de orde zijn, gespecificeerd naar tijdshorizon en ruimtelijke detaillering.

Het centrale doel van deze studie is het definiëren van een Modelstelsel PLATOS vanuit een Functioneel Kader. Het gaat daarbij om een verkenning van de huidige praktijk van beleidsvragen en beschikbare modellen en modelvormen, een systematische benadering als aanzet om ontbrekende kennis te signaleren en integratie van modelvormen te structureren.

Het eindresultaat is geen compleet Modelstelsel gegeven de vragen vanuit de praktijk, maar wel een indicatie voor de volledigheid en een aanpak voor het verbeteren van de dekking door het op een goede manier combineren van instrumenten.

Een Functioneel Kader, als basis voor een modelstelsel binnen PLATOS, wordt opgebouwd vanuit de belangrijkste toepassingen van modellen: de kwantitatieve evaluatie van projecten op het gebied van verkeer en vervoer. Belangrijk daarbij is dat de relevante effecten op een juiste manier bepaald kunnen worden. Relevant in de zin dat beleidsdoelstellingen ermee getoetst kunnen worden. De juiste manier wordt bepaald door de beschikbaarheid van geschikte mechanismen die de samenhang in het verplaatsingsgedrag beschrijven.

De functies van modellen hebben dus enerzijds betrekking op de doelen van toepassing, veelal beleidsmatig ingegeven, en anderzijds op de werking, de mate waarin het verplaatsingsgedrag is beschreven. Binnen het functionele kader krijgen de modellen een plaats zodat ze beoordeeld kunnen worden op hun geschiktheid voor bepaalde toepassingen, ze onderling vergeleken kunnen worden, en het geheel van beschikbare modellen op volledigheid onderzocht kan worden.

1.3 Verkeersmodellen geplaatst in Functioneel Kader

In onderstaande paragrafen zal de plaats van Verkeer- en Vervoermodellen met betrekking tot een aantal verschillende invalshoeken worden beschreven.

1.3.1 Beleidsdoelstellingen en -criteria

Belangrijke beleidsdoelstellingen en -criteria met een relatie tot verkeer en vervoer hebben betrekking op de volgende aspecten:

- Mobiliteit

- Bereikbaarheid
- Veiligheid
- Milieu
- Economie

Bij de ontwikkeling en uitvoering van overheidsbeleid spelen deze aspecten in wisselende combinaties centrale rollen. Bij de kwantificering van de effecten van beleidsmaatregelen moeten deze aspecten onderzocht kunnen worden door structuur en werking van de verkeersmodellen. De gevolgen van overheidshandelen en economische scenario's op het verplaatsingsgedrag en de kwaliteit van de verkeersafwikkeling en de daaruit voortvloeiende gevolgen voor de omgeving in termen van veiligheid en belasting van het milieu moeten duidelijk te maken zijn, zodat de voordelen van het verkeer en vervoer (sociaal en economisch) op een verantwoorde manier kunnen worden afgezet tegen de nadelen, niet alleen de directe kosten maar ook de indirecte, niet altijd in geld uit te drukken kosten.

De aspecten hebben in de meeste gevallen een groot bereik (zie tabel 1). Zo wordt mobiliteit zowel gestuurd op gemeentelijk niveau als op nationale schaal; de overheid is zowel geïnteresseerd in de modal-split van nieuwe woon- en werklocaties als in de aantallen voertuig- en reizigerskilometers voor Nederland als geheel. Ook bereikbaarheid wordt op meer niveaus benaderd, maar die niveaus liggen veel lager dan die van mobiliteit. Zo kan de verkeersafwikkeling op kruispuntniveau aandacht krijgen, maar ook de reismogelijkheden tussen de centra van de steden en de omliggende regio's. Maar in het algemeen wordt bereikbaarheid op een veel lager schaalniveau onderzocht dan mobiliteit. Bijzonder is daarbij dat ze vaak wel in samenhang met elkaar worden gebruikt in beleidsplannen.

Tabel 1: Beleidsaspecten en werkingsniveaus

Beleidsaspecten	Laagste niveau	Hoogste niveau	Rol binnen model
Mobiliteit	(deel)gemeente	Land	Uitvoer
Bereikbaarheid	Kruispunt	Regio	Uitvoer
Veiligheid	Kruispunt	Land	Nabewerking
Milieu	Wegvak	Land	Nabewerking
Economie	Gemeente	Land	invoer/nabewerking

Ook veiligheid, milieu en economie worden in verkeersbeleid betrokken en spelen een rol op sterk uiteenlopende schaalniveaus. Economie vormt een belangrijke verklarende variabele voor verkeer en vervoer, maar omgekeerd heeft verkeer en vervoer ook sterke gevolgen voor de economie. Veiligheid en milieu worden in het algemeen benaderd als gevolgen van verkeer en vervoer. De gevolgen zijn meestal via eenvoudige nabewerkingen af te leiden uit de resultaten van berekeningen met verkeersmodellen. Of eenvoud in dit geval kenmerk van het ware is mag betwijfeld worden.

1.3.2 Beleid, modellen en verplaatsingsgedrag

De verkeersmodellen worden gebruikt als geschematiseerde beschrijvingen van het verplaatsingsgedrag. Dit gedrag omvat een aantal keuzen die mensen maken ten behoeve van hun mobiliteit. Mensen maken de keuze om op weg te gaan ten behoeve van een activiteit elders (verplaatsingskeuze met zeker motief), kiezen daarvoor meer of minder vrij een bestemming, een vervoerwijze, een reismoment en een daarbij behorende route en tenslotte op welke manier ze zich bewegen gegeven de andere weggebruikers. De verschillende typen modellen voor uiteenlopende schaalniveaus beschrijven een

deel van deze keuzen aanvaardbaar nauwkeurig voor analyses, maar ook voor een deel slechts beperkt of in het geheel niet (zie tabel 2). Bij toepassing van een model moet dus steeds nagegaan worden voor welke aspecten op welke niveaus het model geschikt is en waarvoor niet.

Tabel 2 Modeltypen

Modeltype	Verplaatsingsgedrag						
	rijgedrag	verkeers-afwikkeling	route-keuze	tijdstip-keuze	vervoer-wijzekeuze	bestem-mingskeuze	verplaatsings-keuze
Algemene modellen				X	X	X	X
Landelijke modellen			X	X	X	X	X
Regionale modellen			X	X	X	X	X
Lokale modellen	X	X	X	X			
Detailmodellen	X	X	X				

De verschillende overheidsinstanties op gemeentelijk, provinciaal en landelijk ontwikkelen beleid op uiteenlopende schaalniveaus. De relaties met het verplaatsingsgedrag zijn dan ook sterk uiteenlopend (zie tabel 3).

Op nationale schaal zijn het vooral de meer strategische keuzen die door maatregelen beïnvloed moeten worden (hoeveel verplaatsingen maak ik, op welke momenten en met welke vervoerwijzen), terwijl regionaal ook bestemmingen een rol gaan spelen door ruimtelijke ordeningsaspecten en lokaal ook de operationele keuzen van route en rijgedrag van belang worden.

Op de lagere niveaus worden de aantallen verplaatsingen veel meer als een gegeven beschouwd, met maar beperkt aandacht voor de mogelijkheden om de mobiliteit te sturen. De wegbeheerder zal het aantal voertuigen als de uitdaging beschouwen, waarvoor hij een goed verkeerssysteem moet zien te waarborgen. Op hogere niveaus daarentegen worden slechts globaal de specifieke gevolgen voor de (lokale) bereikbaarheid bekeken en is vooral van belang welke soort maatregelen de massa van de mobiliteit het best in de gewenste richting kan sturen.

Tabel 3 Overheidsbeleid

Overheidsbeleid	Verplaatsingsgedrag					
	verkeers-afwikkeling	routekeuze	tijdstip-keuze	vervoer-wijzekeuze	bestem-mingskeuze	verplaat-singskeuze
Overheid Rijk	algemeen beleid					
V&W	mobiliteitsbeleid					
Provincie	Ruimtelijke inrichting					
Gemeente	Verkeersplanning					
Wegbeheerder	infrabouw en – beheer					

Bij deze indeling van beleidsniveaus is nog een vrij goede aansluiting tussen het overheidsbeleid en de rekeninstrumenten voor kwantitatieve analyse denkbaar. Het bereik van het beleid en het bereik van de verkeersmodellen vertonen goede overeenkomst. Wanneer echter de praktijk van de beleidsontwikkeling en de daaruit voortvloeiende plannen van de diverse overheden nader beschouwd worden dan blijken deze over het algemeen een breder scala aan beleidsrelevante aspecten te omvatten (zie tabel 4).

Tabel 4 Beleidsplannen

	Verplaatsingsgedrag						
	rijgedrag	verkeers-	route-	tijdstip-	vervoer-	bestem-	verplaatsings-

Omschrijving	afwikkeling	keuze	keuze	wijzekeuze	mingskeuze	keuze
NMP				X	X	X
Nota RO			X	X	X	X
NVVP		X	X	X	X	X
PVVP		X	X	X	X	X
GVVP	X	X	X	X		
VSP/VCP	X	X	X	X		
Realisatie	X	X	X			

Idealiter zou zelfs een nog meer integrale benadering van veel plannen wenselijk zijn, gelet op de sterke interacties tussen maatregelen en effecten. Op de meeste schaalniveaus zijn effecten van plannen op meer onderdelen van het verplaatsingsgedrag van invloed dan via verkeersmodellen gekwantificeerd wordt (tabel 5). In de tabel zijn de keuzes die beïnvloed worden aangegeven, met daarbij gearceerd de keuzes die in de praktijk ook werkelijk gekwantificeerd worden; de andere keuzes worden hooguit kwalitatief benoemd. De keuze voor een beperkte evaluatie hangt nauw samen met de reikwijdte van de beschikbare verkeer- en vervoermodellen. Overigens worden ook regelmatig verkeersmodellen op een ander niveau gebruikt dan waarvoor ze gemaakt zijn.

Tabel 5 Voorbeeldprojecten

Omschrijving	Verplaatsingsgedrag						
	rijgedrag	verkeersafwikkeling	routekeuze	tijdstipkeuze	vervoerwijzekeuze	bestemmingskeuze	verplaatsingskeuze
Evaluatie prijsbeleid			X	X	X	X	X
Trajectnota/MER	X	X	X	X	X	X	X
OV-studie			X	X	X	X	X
Veiligheidsstudie	X	X	X	X	X	X	
Parkeerstudie	X	X	X	X	X	X	
Nieuwe wijk	X	X	X		X	X	
Rondweg	X	X	X	X	X	X	

1.3.3 Problemen modellenpraktijk versus Functioneel Kader

Indien het in de vorige paragrafen beschreven functionele kader naast de modellenpraktijk gelegd wordt, dan kunnen de volgende potentiële problemen geconstateerd worden:

- Modellen worden toegepast op niet-passend niveau, als bijvoorbeeld niet goed nagedacht wordt over de onderzoeksvraag, data ontbreekt of niet genoeg kwaliteit heeft of haast van levering zorgvuldigheid in de weg staat (geen of slechte kalibratie);
- Modellen worden gebruikt voor te breed scala aan vragen, het gevolg van onvoldoende tijd om op meer niveaus te modelleren en daardoor aan te sluiten op de diverse vragen op sterk uiteenlopende detailniveaus.

Voorbeelden van deze problemen zijn het gebruik van een NRM om de verkeersafwikkeling op een verkeersknooppunt te analyseren, het gebruik van het LMS voor rijgedrag of het modelleren van vervoerwijzekeuze in een verkeersafwikkelingsmodel. Ontbrekende informatie leidt tot risicovolle pogingen om effecten van tarifiering in beeld te brengen; het instrumentarium daarvoor staat nog in de kinderschoenen. Ook kunnen mengvormen in de doelen van de modelberekeningen optreden, bijvoorbeeld:

-
- Verwaarlozen multi-modale effecten op lokaal niveau;
 - Verwaarlozen interacties vervoerstromen/vervoerwijken;
 - Verwaarlozen effecten verdeling over de tijd;
 - Verwaarlozen verdeling over motieven op detailniveau.

1.3.4 Oplossingen tot verbetering modellenpraktijk

Om genoemde problemen te voorkomen, kunnen twee dingen gezegd worden. Allereerst, dat er een aantal stappen gedaan moeten worden om te komen tot een goede modelstudie. Om tot een goede afweging en keuze van modellering te komen is daarom een zorgvuldig proces van werken noodzakelijk. Een aanzet tot een instrument om tot een goede modellering te komen vormt het procesdocument, dat gebaseerd is op het Handboek Good Modelling Practice (GMP). Dit procesdocument is als bijlage toegevoegd en zal verderop kort worden besproken.

Ten tweede dient goed op het schaalniveau en detailniveau van de gebruikte modellen gelet te worden. Afhankelijk van de schaal van het probleem (lokaal, streng, netwerk) en het niveau van de studie (verkenkend of gericht) zijn diverse modellen in staat om de gezochte effecten te kunnen schatten. Deze modellen worden in de 'Leidraad Modelstudies' beschreven. Hieronder worden een aantal aspecten van de koppeling van modellen verder uitgewerkt. Dat betreft de koppeling tussen statische en dynamische modellen en de koppeling tussen microscopische en macroscopische modellen.

Procesdocument GMP

Om te stimuleren dat op een juiste wijze wordt omgegaan met modellen, is het procesdocument "Functioneel Kader Modelstelsel, procesdocument" ontwikkeld. In feite beoogt dit document niet meer dan dat de consultant en gebruiker zich bewust worden van iedere stap in modelprojecten en aandacht schenken aan de keuzes die impliciet of expliciet gemaakt worden. Door het bieden van een raamwerk aan richtlijnen blijft voor iedere betrokkene de vrijheid bestaan op eigen wijze het traject te doorlopen. Maar wel wordt hij geacht zijn keuzes duidelijk aan te geven en er de argumenten bij te geven. Tegelijk wordt een begin gemaakt om naar een door alle betrokken partijen gedragen raamwerk van richtlijnen toe te werken.

Het document is nadrukkelijk niet bedoeld als een dwingend keurslijf voor modelleur en opdrachtgever, maar het moet gezien worden als een hulpmiddel, waarmee ook voor eigen gebruik voordeel valt te behalen. Het biedt ondersteuning omdat alle belangrijke stappen in een modeltraject aan de orde komen. Wanneer het doorlopen van de checklist wordt vastgelegd ontstaat een logboek waarmee het modeltraject reproduceerbaar en overdraagbaar wordt.

Samenvattend kan het doel van dit procesdocument als volgt worden geformuleerd:

- Het geeft een aanzet voor richtlijnen ten aanzien van modelgebruik, de kwaliteit van de invoergegevens en de kwaliteit van de uitvoer.
- Ook beoogt het om procesafspraken tijdens de rit transparant te maken en helder vast te leggen. Als zodanig is het ook een eerste stap naar het kweken van een breed draagvlak onder betrokkenen.
- Dit document pretendeert bij te dragen aan een zorgvuldiger gebruik van gegevens, modellen en uitkomsten.
- Ook wordt beoogd om de reproduceerbaarheid en overdraagbaarheid van modelstudies te verbeteren.

In het modeltraject worden de volgende stappen onderscheiden:

1. Begin een logboek.
2. Zet het modelproject op.
3. Zet het model op.
4. Analyseer het model.
5. Gebruik het model.
6. Interpreteer de resultaten.
7. Rapporteer en archiveer.

Het modelleerproces kent veel terugkoppelingen op momenten dat een stap in het proces wijst op onvolkomenheden in voorgaande stappen. Deze terugkoppelingen maken het modelleerproces tot een iteratief geheel. Per stap of activiteit komen hierbij in het algemeen de volgende zaken aan de orde:

- Wat is het.
- Wie doet het.
- Waarom wordt het gedaan (doel).
- Wat zijn de producten.
- Wie gebruikt de producten.
- Welke methoden zijn gevolgd (standaard/anders).
- Waar is alles beschreven en opgeslagen.

In de onderstaande tabel is aangegeven aan wie in eerste instantie moet worden gedacht bij de invulling van de verschillende stappen binnen het proces. Uiteraard kan dat per modelproject verschillen en bestaat de vrijheid om andere binnen het project met de registratie van modelstappen te belasten.

Stap	Omschrijving	Uit te voeren door:
1	Zet een logboek op	Modelspecialist
2	Zet het modelproject op	Beleidsmedewerker en modelspecialist
3	Zet het model op	Modelspecialist
4	Analyseer het model	Beleidsmedewerker, consultant
5	Gebruik het model	Consultant
6	Interpretatie resultaten en evaluatie	Consultant, modelspecialist en beleidsmedewerker
7	Rapporteer en Archiveer het project	Modelspecialist

Overigens zijn niet altijd alle stappen even relevant. Voor sommige toepassingen kan snel over bepaalde delen van het schema heengestapt worden. Ook als altijd op dezelfde manier gewerkt wordt (volgens een protocol) kan hiernaar verwezen worden, zodat het vastleggen van alle activiteiten in de praktijk niet al te veel werk hoeft te kosten. Het opzetten van een logboek is in feite het startpunt en dus bij alle verdere werkzaamheden van belang. De stappen 2 en 3 zijn van wezenlijk belang bij elk model. Het analyseren en gebruiken van het model is van belang bij daadwerkelijke simulatieruns en de beide laatste stappen zijn van belang om een model traject goed af te ronden. Het resultaat is een beschrijving van alles wat in het modelproject is gedaan en wat daarmee is bereikt.

1.4 Koppelingen tussen modellen

Koppelingen tussen modellen zijn nodig wanneer verschillende schaalniveaus

een rol spelen en/of wanneer maatregelen invloed hebben op verschillende aspecten van het verplaatsingsgedrag. Deze koppelingen combineren dan de voordelen van de betrokken modellen, bijvoorbeeld verschillende keuze-elementen in het verplaatsingsgedrag of betrouwbaarheid op verschillende schaalniveau's.

Elk van de te koppelen modellen op zich zijn onvoldoende in staat om een betrouwbaar beeld te geven van alle veranderingen in het verplaatsingsgedrag op alle gewenste schaalniveau's. Pas door ze te combineren ontstaat een instrumentarium dat een evenwichtig totaalbeeld van de te onderzoeken situaties geeft.

Ten behoeve van de ontwikkeling van een functioneel kader zijn twee koppelingen nader uitgewerkt, namelijk die tussen statische en dynamische modellen en die tussen macroscopische en microscopische modellen. In de Leidraad Modelstudies worden meer voorbeelden genoemd. Een veel voorkomende koppeling is ook die van twee gelijksoortige modellen op verschillende schaalniveau's; voorbeelden daarvan zijn analyses met de combinatie van LMS en NRM dan wel van een NRM met een stedelijk model. Deze koppeling is hier niet uitgewerkt.

1.4.1 Definitie vaak toegepaste modeltypen

De hier beschouwde modellen beschrijven met name het verplaatsingsgedrag van verkeersdeelnemers. Daarbij bestaan in de praktijk twee belangrijke onderscheiden in benadering:

- het al dan niet werken met fluctuaties in de tijd
- het al dan niet rekenschap geven van fluctuaties in rijgedrag

Worden fluctuaties in de tijd, zoals spreidingen van vertrekken en het verloop van ritten over de modelperiode, verwaarloosd door van totalen dan wel gemiddelden uit te gaan dan spreken we van *statische* modellen. Deze kennen in het algemeen een vaste, ongedeelde modelperiode. Wordt wel rekening gehouden met verdelingen van vertrektijdstoppen en met de toekenning van ritten aan een berekend deel van de modelperiode dan is het model *dynamisch*. Dit houdt in de praktijk onder meer in dat deze modellen onderscheiden in deelperioden kennen met een lengte van 5 tot 15 minuten.

Het rijgedrag wordt beschreven in termen van snelheden en volgggedrag. In de modellen kunnen deze grootheden als gemiddelde gedefinieerd worden, gemiddeld over weggebruikers en gemiddeld over de model(deel)periode, hetgeen wordt aangeduid met de kwalificatie *macroscopisch*. De snelheden worden daarbij wel beïnvloed door de intensiteit, maar dan als een afname van het gemiddelde. Het volgggedrag wordt gedefinieerd als een gemiddelde volgafstand, resulterend in een gemiddelde dichtheid c.q. capaciteit.

Wordt de fluctuatie in het rijgedrag beschreven door weggebruikers met variabele eigenschappen aan het netwerk toe te kennen dan is een dergelijk model *microscopisch*. Gemiddelde snelheden en capaciteiten zijn daar de expliciete resultante van het gedrag van individuele automobilisten.

Er zijn modellen die meer of minder kleine groepen voertuigen onderscheiden en als geheel behandelen in het rekenproces. Deze modellen worden logischerwijs als *mesoscopisch* aangeduid.

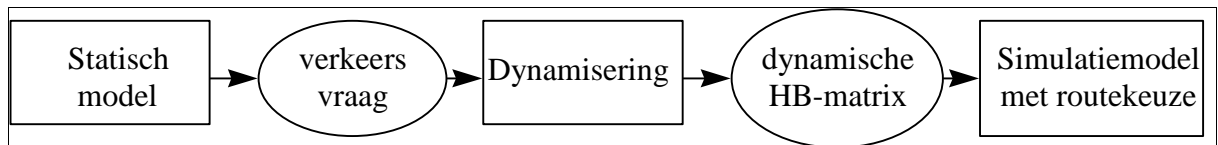
Elk van de typen hebben hun eigen aanpak en de daarmee samenhangende databehoeftes. Bij de keuze voor een type is dus zowel de te onderzoeken

problematiek als de beschikbare data van belang.

De onderscheiden statisch/dynamisch en microscopisch/macroscopisch zijn onafhankelijke dimensies. Statisch hoeft niet automatisch macroscopisch in te houden, net zo min als dynamisch modelleren per definitie microscopisch is. Toch worden in de praktijk vooral macroscopisch statische en microscopisch dynamische modellen ontwikkeld. Deze twee typen vormen de grootste groep van bestaande modellen. Daarnaast zijn er voorbeelden van macroscopisch dynamische modellen, statische modellen waarin bepaalde tijdsfluctuaties zijn ingebouwd zoals een wisselend aanbod van voertuigen en toedelingen in de tijd/ruimte (3D).

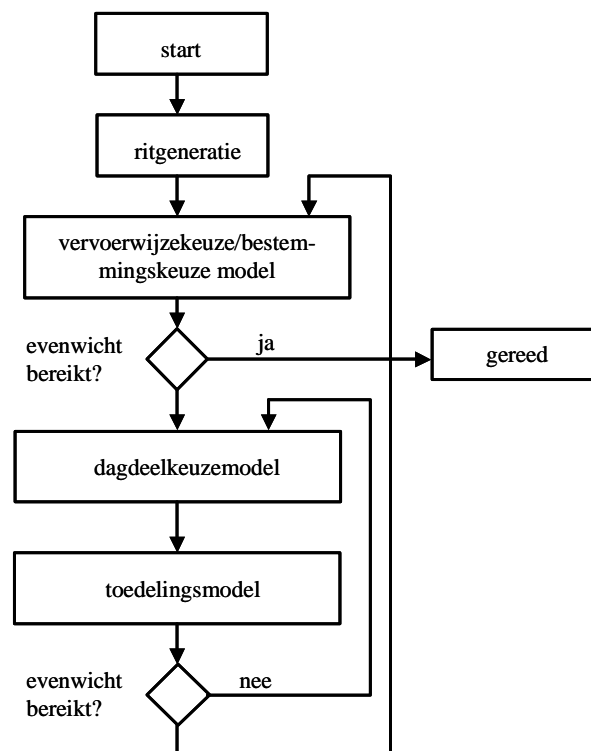
1.4.2 Koppeling statisch-dynamisch

Een in de praktijk veel gebruikte koppeling is die tussen statische modellen op strategisch niveau en dynamische modellen op operationeel niveau:



Figuur 2 Koppeling statisch en dynamisch model

Nadeel van deze aanpak is dat op geen enkele wijze een terugkoppeling plaatsvindt van het simulatiemodel naar de dynamisering of het statische model. Dat is wel gewenst aangezien de uitkomsten van de simulaties wel degelijk invloed kunnen hebben (afhankelijk van de probleemstelling) op de HB-matrix (waaronder ook vertrektijdstipkeuze) en de verkeersvraag (vervoerwijzekeuze, bestemmingskeuze en verplaatsingskeuze). In figuur 3 is een dergelijke koppeling binnen het NRM weergegeven.

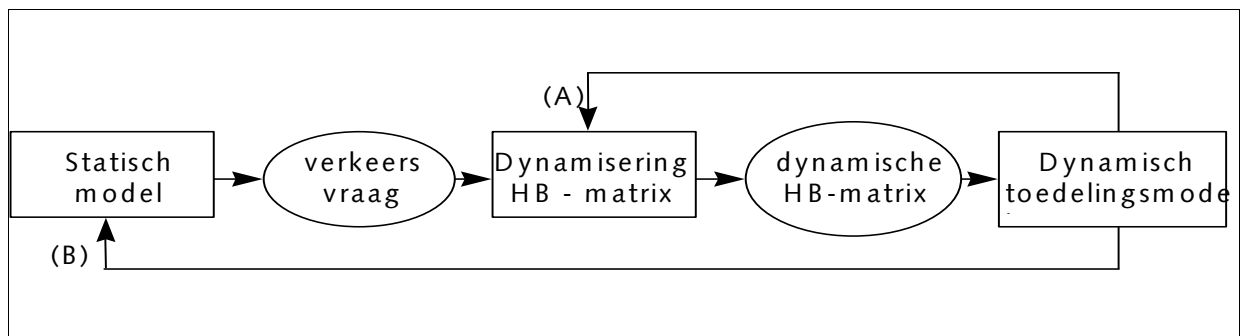


Figuur 3 De iteratieve werking van de Groeifactor module in het NRM

Een ander nadeel is dat de huidige simulatiemodellen die gebruikt worden geen evenwichtstoedeling hebben. Bij de routekeuze wordt uitgegaan van de instantane reistijd (bij knopen kiezen voertuigen hun routes op basis van de dan geldende reistijd), in plaats van de ondervonden reistijd gedurende het afleggen van de rit door het netwerk (leereffect). Met name bij de koppeling met een strategisch model waarbij vaak met toekomstscenario's wordt gewerkt en de effecten van maatregelen op de lange termijn worden bekeken, is dat wel nodig.

In bovenstaand proces wordt niet alleen een stap gezet van statisch naar dynamisch, maar vaak ook nog van macroscopisch naar microscopisch. Dat wil zeggen dat op strategisch niveau het verkeer als stroom wordt beschreven, terwijl een dynamisch model vaak individuele voertuigen simuleert. Het is goed aandacht te besteden aan mogelijke consequenties van deze gecombineerde overgang.

Een betere koppeling zou verkregen kunnen worden op de manier zoals in onderstaande figuur is afgebeeld.



Figuur 4 Terugkoppeling resultaten dynamisch model naar statisch model

De resultaten van het dynamisch toedelingmodel worden teruggekoppeld naar het "dynamiseren HB matrix" (A), zodat een aangepaste dynamische HB-matrix bepaald kan worden. Het resultaat daarvan wordt opnieuw toegeedeeld. Ook vindt een terugkoppeling plaats naar het strategische, statische model om de verkeersvraag opnieuw te berekenen afhankelijk van de resultaten van het toedelingmodel (B). Het in de statische berekening betrekken van weerstanden uit het dynamische model moet helpen om een betrouwbaarder verkeersvraag te schatten. Feitelijk wordt dus de toedeling in een statisch model vervangen door een dynamisatie van de matrix en een dynamisch toedelingmodel.

De hierboven geschetste koppeling ondervangt het probleem van een te optimistisch statisch model dat een te grote verkeersvraag genereert voor toekomstige jaren. Wel moet nog gekeken worden naar het probleem dat een statisch model bedoeld is voor grotere netwerken dan nu bestudeerd worden. Vaak wordt een uitsnede gemaakt. Een mogelijke oplossing is om die uitsnede te maken uit het dynamische model als de run gereed is. Dat vraagt wel dat een hele regio (of heel Nederland) in het dynamische model wordt ingevoerd. Dat is overigens wel eens geprobeerd met CONTRAM en het LMS en dat was redelijk succesvol.

Echter de (voor de dynamische uitsnede) van buiten komende ritten zijn dan

bijvoorbeeld langer, en het werkelijke vertrektijdstip ligt dan nog vroeger. Voor deze ritten zal ook de route kunnen wijzigen tot een route buiten het dynamische model. Het bovenstaande schema wordt dan ontoereikend.

In het algemeen zijn ontwikkelingen nodig waarbij ofwel een statisch model wordt uitgerust met een verbeterd toedelingsmodel, bijvoorbeeld macroscopisch dynamisch, ofwel aan een dynamisch model ook distributie/vervoerwijzekeuzemodel wordt gekoppeld.

1.4.3 Ervaringen koppeling statisch-dynamisch

In de paragrafen 2.6 t/m 2.10 van dit rapport is een beschrijving gegeven van een aantal projecten waarbij de koppeling statisch-dynamisch is uitgevoerd. Bekeken is hoe tot nu toe is omgegaan met gekoppelde modellen, welke aspecten min of meer reeds gestandaardiseerd zijn en welke aspecten nadere uitwerking behoeven.

Er zijn vijf voorbeelden behandeld, te weten:

- Zandloperstudie (A2/12/A27)
- Utrecht Centrum Project (UCP)
- De Liemers, vergelijking dynamische modellen
- Beoordeling rotondes N199 (Bunschoterstraat)
- Studie Light Rail Krakau

In de beschrijvingen is gekeken naar de volgende aspecten:

- Reden van koppeling
- Hoe is de koppeling tot stand gekomen
- Hoe is de kalibratie/validatie uitgevoerd
- Wat waren de grootste problemen

Opgemerkt wordt dat bij de koppeling statisch-dynamisch in deze gevallen ook de stap van macro naar micro wordt gemaakt.

Onderstaand zijn van de vijf projecten voor de genoemde aspecten de belangrijkste algemene bevindingen weergegeven.

Reden voor koppeling

In alle gevallen kon de onderzoeksvraag niet op goede wijze met één modeltype bepaald worden.

Statische modellen zijn gebruikt om de verkeersvraag te bepalen nu en in de toekomst. Deze modellen zijn echter niet geschikt om de verkeersafwikkeling goed weer te geven in congestiesituaties en op gedetailleerd niveau (kruispunt) met alle specifieke processen die daarbij een rol spelen (file-opbouw, routekeuze, blokkade-effecten, etc.) en DVM-maatregelen goed te modelleren. Daarvoor zijn de dynamische modellen wel bij uitstek geschikt. Aangezien beide elementen een rol speelden in deze studies is gekozen voor een koppeling.

Voor wat betreft het studiegebied en tijdshorizon zijn er behoorlijke verschillen. Een groot studiegebied heeft als nadeel dat het dynamisch model complex wordt. Bij een klein studiegebied is het statische model veelal te grof. Het nadeel van een verre tijdshorizon is, dat de verkeersvraag en het infrastructuraanbod minder in overeenstemming zijn, zodat de vraag is of het aanbod wel betrouwbaar/realistisch is, dan wel de infrastructuur gewoon te beperkt is.

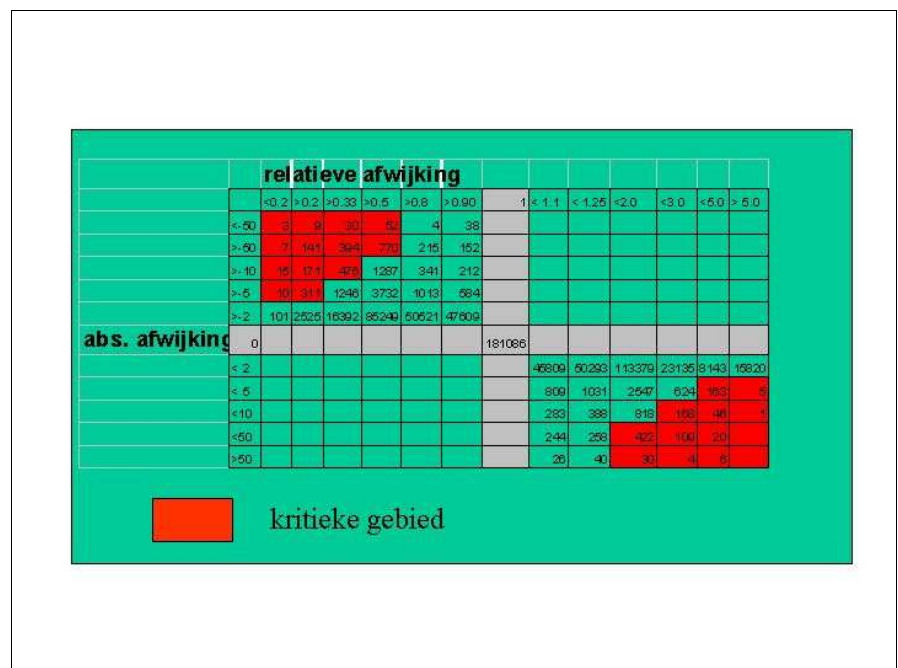
Hoe is de koppeling gemaakt

In de voorbeelden wordt zowel het netwerk als de matrix gekoppeld. Voor het netwerk is de methodiek veelal hetzelfde. Het statisch model dient als basis en daarna worden extra kenmerken toegevoegd (via conversie) om een netwerk voor het dynamisch model te creëren. Een goede check is daarbij noodzakelijk. DVM-maatregelen zijn zo specifiek dat ze met de hand worden ingevoerd. Een consistentiecheck (totale lengte/aantal wegvakken) vindt niet expliciet plaats.

Voor de matrix liggen de procedures minder vast. Er wordt geïnventariseerd wat beschikbaar is qua statisch model en meestal is dat net niet wat er nodig is. Zo goed mogelijk wordt vervolgens een en ander aangepast. Dit houdt in uitsnedes, verfijningen etc. Dit statische model wordt vervolgens goed gekalibreerd, waarna het dynamiseren plaatsvindt.

In deze stap wordt de hoeveelheid verkeer niet meer gewijzigd. Wel vindt in een aantal gevallen een verfijningslag plaats. Tevens wordt het spitsverloop aangebracht. Ook hiervoor geldt dat het vaak roeien met de riemen die je hebt. Meestal worden visuele tellingen, MARE-data en/of OVG-cijfers gebruikt.

Een check vindt meestal plaats op de totale hoeveelheid verkeer in het statisch en dynamisch model en op een aantal screenlines. Uitgebreide controles op de structuur van de matrix (ritlengteverdeling, motiefverdeling etc.) vindt niet plaats. De mate van verkrikking wordt meestal niet expliciet vastgelegd, maar tijdens het proces besproken. Een mogelijke manier om dit vast te leggen is gebruik te maken van een "verschilmatrix" zoals ook gehanteerd wordt bij de BASMAT methodiek (zie onderstaande figuur).



Figuur 5 Voorbeeld indicator BASMAT methodiek

Kalibratie/validatie

Ook hiervoor gelden geen standaard procedures. Het statisch model wordt meestal uitgebreid gekalibreerd op tellingen op doorsnedes en screenlines. De kwaliteit wordt gekwantificeerd in een afwijkingpercentage van de werkelijkheid.

Voor het dynamische deel zijn er veel meer aspecten waarop gekalibreerd dient te worden (files, intensiteiten, reistijden). Het is moeilijk om die te kwantificeren

omdat het aspect tijd een rol speelt en aspecten vaak afhankelijk van elkaar zijn. Vooralsnog gelden hiervoor geen harde eisen, maar wordt er op basis van het beeld besloten of de kwaliteit van het model al dan niet voldoende is. Met name bij grote modellen is dit een lastige klus.

De sleutelvolgorde ligt niet vast, maar meestal wordt impliciet een bepaalde volgorde doorlopen (matrix-infrastructuur-DVM).

Aanbevelingen voor de toekomst

De witte vlekken die naar voren komen bij de koppeling statisch-dynamisch hebben voornamelijk betrekking op:

- constructie van de dynamische HB-matrix
- kalibratie (methode, eisen)
- terugkoppeling resultaten dynamisch model naar statisch model en daarbij
- hoe om te gaan met mismatch die ontstaat bij modellen voor de verre toekomst tussen verkeersvraag en infrastructuraanbod; hoe wordt daartussen een realistisch evenwicht bereikt en welke verkeersafwikkeling hoort daar bij (iteratief aan de slag, dynamische kenmerken toevoegen aan statische modellen of andersom, nieuw type model).

1.4.4 Koppeling micro-macro

In hoofdstuk 3 is de koppeling tussen microscopische en macroscopische verkeersafwikkelingsmodellen nader beschouwd. Dit type koppeling is met name relevant voor studies waarbij de interesse uitgaat naar *effecten op netwerkniveau* als gevolg van veranderingen die typisch microscopisch van aard zijn, met andere woorden, die *aangrijpen op het individuele rijgedrag*.

Voorbeelden hiervan zijn de netwerkeffecten van de vormgeving van een vrachtwagenstrook en van een herindeling van het dwarsprofiel.

Hiertoe zijn algemene richtlijnen en aandachtspunten geformuleerd voor het tot stand brengen van een micro-macro koppeling. Deze richtlijnen zijn in overeenstemming met het stappenplan in het procesdocument en behelzen met name de vragen aangaande het nut en de noodzaak van het maken van een dergelijke koppeling, het type koppeling, welke modellen moeten worden gekoppeld en de statistische, technische en verkeerskundige eisen die aan een koppeling worden gesteld.

1.4.5 Ervaringen koppeling micro-macro

Tot slot zijn een drietal case-studies waarbij sprake is van een koppeling tussen microscopische en macroscopische verkeersafwikkelingsmodellen bestudeerd. Het betreft hier ADVISORS (*netwerkeffecten bestuurdersondersteunende systemen*), het project "vrachstroken ruit Rotterdam" en tot slot het "smalle rijstroken" project. Voor deze projecten is met name gekeken naar de procesgang, de gevolgde methodologie en de informatiestromen tussen de gekoppelde modellen. De case-studies betroffen off-line koppelingen. Het blijkt dat de realisatie van deze koppeling in het algemeen weinig problemen oplevert. Voorwaarde is wel dat zorg wordt gedragen voor een gedegen datastructuur voor invoer en uitvoer. Daarbij is het van belang dat duidelijke afspraken worden gemaakt betreffende de *definitie en berekeningswijze* van de relevante grootheden (b.v. gemiddelde snelheid, capaciteit, etc.), evenals de gebruikte schattingsmethoden voor het bepalen van deze grootheden (indien relevant). Tot slot is een goede beschrijving van de te bestuderen situaties (t.a.v. verkeercondities, geometrie van de weg, etc.) bepalend voor het succes van het onderzoek.

1.5 Samenvatting en conclusies

In dit onderzoek is gekeken naar de mogelijkheden voor het koppelen van modellen. Deze koppeling is nodig om belangrijke beleidsvragen te kunnen beantwoorden, waarbij niet of bijna niet de mogelijkheid bestaat om de vragen te kunnen beantwoorden met toepassing van slechts één model.

Hiertoe is eerst een Functioneel Kader beschreven, waarin de relatie tussen beleid, verplaatsingsgedrag en modellen is uitgewerkt. Vervolgens zijn twee typen koppelingen nader beschouwd, te weten de koppeling tussen statische en dynamische modellen en tussen microscopische en macroscopische modellen. In de hoofdstukken 2 en 3 worden deze koppeling uitgebreid beschreven en toegelicht aan de hand van een aantal praktijkvoorbeelden.

Geconcludeerd kan worden dat er nog de nodige witte vlekken zijn, maar ook dat er dankzij beproefde koppelingen belangrijke delen van het onderzoeksgebied (Functioneel Kader) goed gedekt zijn. Het aanbrengen van een terugkoppeling van de dynamische naar de statische modellen kan nog verbeteringen opleveren. Ook het dynamiseren van het verkeersmodel binnen een statisch model, zal naar verwachting helpen om de kloof tussen statische en dynamische modellen te overbruggen.

Tenslotte moet geconcludeerd worden dat het samenwerken van overheid en bedrijfsleven goede resultaten op kan leveren en dat dit product de basis kan vormen voor een betere afstemming en een gerichte modelontwikkeling c.q. modelverbetering, al dan niet in samenwerking.

2 Koppeling statisch-dynamisch

2.1 Inleiding

Wanneer duidelijk is dat een verkeersmodel het juiste tool is om het probleem mee op te lossen, gaat de voorkeur uit naar één enkel model dat zowel qua tijdschaal als qua ruimelijke schaal geschikt is. In de praktijk komt het er echter veelvuldig op neer, dat maatregelen die met een model doorgerekend moeten worden, invloed hebben op bijvoorbeeld vervoerwijzekeuze, locatiekeuze en routekeuze in een betrekkelijk groot gebied en dat de consequenties hiervan op detailniveau verder dienen te worden geanalyseerd.

In dit proces zijn ritproductie (berekenen aankomsten en vertrekken), distributie (genereren ritten) en modal split (keuze vervoerwijze) het exclusieve terrein van een statische model. Het toedelen van het verkeer aan het netwerk kan vervolgens zowel met een statisch model (gemiddelde voertuigstromen) als met een dynamische model (individuele voertuigen).

Dynamische modellen worden voornamelijk gebruikt om wegontwerpen, verkeersregelingen en andere DVM-maatregelen te toetsen. Daarbij gaat het om situaties waarin congestie en wachtrijvorming een belangrijke rol spelen. De kwaliteit van de toedeling in een statisch model schiet voor deze toepassingen tekort.

Centraal staan hierbij de mogelijkheden om effecten van afzonderlijke maatregelen, maar vooral ook de interactie tussen de maatregelen in beeld te brengen. Belangrijke indicatoren zijn de resulterende reistijden, wachttijden, filelengtes, etc. Dynamische modellen worden daarbij niet alleen in vergelijkende zin gebruikt, om varianten ten opzichte van elkaar te kunnen beoordelen, maar vaak ook in absolute termen, omdat het wegontwerp, de verkeersregelingen, de verkeersmaatregelen en het verkeersaanbod conform de werkelijkheid kunnen worden ingebracht. Resultaten uit statische modellen daarentegen worden veelal uitsluitend relatief uitgedrukt om modelvarianten onderling te vergelijken, dan wel om te beslissen bij grote(re) verschillen, zoals het al dan niet aanleggen van een extra rijstrook.

2.2 Statisch versus dynamisch

Een statisch en dynamisch model hebben de nodige informatie gemeen, te weten:

- Een gebiedsindeling met herkomsten en bestemmingen van verkeer en een beschrijving van verkeersrelaties in de vorm van hb-matrices per voertuigtype;
- Een wegenstructuur met wegvakken en kruispunten, waarlangs verkeer zich afwikkelt; vrije snelheden en capaciteiten op de wegvakken en het type kruispunt en de toegestane bewegingen op de kruispunten dienen overeen te komen;

Een belangrijk verschil tussen statische en dynamische modellen wordt gevormd door de omvang van het onderzoeksgebied en het detailniveau dat vereist is.

Een statisch model beschrijft in het algemeen een veel groter gebied; een dynamisch model omvat veelal een uitsnede uit dit gebied. Hierdoor zijn herkomsten en bestemmingen in een dynamisch model met name aan de rand van het onderzoeksgebied toegangen tot dit gebied en niet of nauwelijks de eigenlijke uiteinden.

Verder omvat een dynamisch model in vergelijking met een statisch model een aantal aanvullende details:

- Op wegvakken en kruispunten worden detailgegevens opgenomen, zoals opstelstroken, in- en uitvoegstroken en al dan niet met dynamische verkeersregelingen, DVM-maatregelen, etc;
- Het verkeersaanbod is dynamisch, dit houdt in dat de verkeersvraag varieert per tijdsperiode van meestal een kwartier. Hierdoor kan het spitsverloop per voertuigtype op een realistische manier worden gesimuleerd; vooral in gebieden met congestie wordt dan ook voor een langere modelperiode (3-4 uur) gekozen;
- De verkeersafwikkeling is gebaseerd op de eigenlijke interactie tussen voertuigen (individueel of pakketten) met eigen kenmerken en vertrekmomenten en met spreidingen in snelheden en volgafstanden; hierdoor is het mogelijk om een meer accurate beschrijving te geven van de reis- en verliestijden van de voertuigen onder wisselende verkeersomstandigheden.

Voertuigstromen ontstaan in beide modeltypen door het toedelen van de voertuigen uit de hb-matrices aan de routes die berekend worden tussen herkomsten en bestemmingen. Daarbij zijn de gevolgen van toenemende verkeersdruk op de verkeersafwikkeling, de rijnsnelheden en verliestijden redelijk vergelijkbaar, tot aan het moment dat de capaciteit is bereikt. In een traditioneel statisch model maken alle toegedeelde voertuigen binnen de modelperiode de volledige rit af, ook al heeft dit zware overbelasting ($I/C > 1$) tot gevolg.

Door de mindere kwaliteit van de toedeling in congestiesituaties wordt niet alleen blocking-back en de doserende werking niet goed bepaald, maar met name ook de reistijden. Dit heeft weer gevolg voor de routekeuze van verkeer, dat dus feitelijk gebeurt op basis van minder goede reistijden. Ook wordt de oorspronkelijke distributie-modal split berekening in het statische model -in de meeste gevallen- met te lage reisweerstand uitgevoerd, waardoor er relatief gezien teveel autoverkeer over te lange afstanden wordt gegenereerd.

In een dynamisch model wordt het verkeer dat niet kan worden verwerkt vastgehouden in het netwerk tot er weer voldoende capaciteit beschikbaar is. In dit model zijn dus de reisweerstand beter, zij het in het algemeen slechts voor een deel van de verplaatsingen.

Een statisch model kan in het algemeen minder goed gekalibreerd worden in gecongesteerde gebieden, waardoor op die plaatsen niet of slechts benaderend de omvang van de verkeersstromen wordt bewaakt. Deze factor vormt in de praktijk een belangrijk struikelblok.

Er zijn inmiddels overigens ontwikkelingen in statische verkeersmodellen met blocking back, die de terugslag van een knelpunt op voorliggende wegvakken in beeld brengt. Ook zijn er statische modellen met 3D-toedelingen ($3D = \text{ruimte} \cdot \text{tijd}$), waarbij voertuigen door het net heen gevolgd worden en per tijdvak (time slice) een deel van de rit afleggen; hiermee is het statische model gedeeltelijk dynamisch geworden, alleen de fluctuatie van het verkeersaanbod in de tijd ontbreekt nog. Beide aanpakken leiden tot een verbetering van de beschrijving van de verkeersstromen en daarmee tot een beter resultaat bij kalibratie in congestiegebieden.

Hoe meer detail, hoe groter de omvang van de benodigde en gegenereerde informatie en hoe meer rekentijd een model vergt. Een meer gedetailleerde benadering zoals in de dynamische modellen maken een grotere

betrouwbaarheid van de modelresultaten mogelijk; daar staat weer tegenover dat statische modellen zeer grote studiegebieden mogelijk maken. Afhankelijk van de vraagstelling wordt een model gekozen. Wanneer deze vraagstelling onder meer bepaald wordt door algemene economische uitgangspunten en/of integraal verkeers- en vervoersbeleid zullen bij de huidige stand van de techniek toch altijd eerst met een statisch model de hoofdlijnen van het verkeer geschat worden, waarna detailanalyses met dynamische modellen de basis voor ontwerp vormen.

2.3 Conversie modelgegevens

De modelgegevens voor een dynamische model van enige omvang worden meestal verkregen vanuit een statisch model. Het statische model betreft veelal een regionaal model waarin in zekere mate heel Nederland en eventueel het aansluitende deel van België is opgenomen, waaruit ten behoeve van het dynamische model een uitsnede gemaakt wordt. Binnen het geselecteerde gebied worden het volledige netwerk en de voedingszones overgenomen; de doorsneden wegvakken op de rand van de selectie vormen de toegangen tot het gebied. Het verkeer op deze toegangswegen wordt gegenereerd cq. aangetrokken door nieuwe voedingszones die bij de selectie op de randen worden aangemaakt. De verkeersrelaties van, naar en binnen het geselecteerde gebied worden per voertuigtype vastgelegd in hb-matrices voor dezelfde periode als waarop het statische model betrekking heeft.

Welke modelgegevens van het geselecteerde gebied worden geconverteerd naar het dynamische model hangt af van de mate van detail die in het statische model aanwezig is en de mate van detail die in het dynamische model vereist is. Regelmatig komt het overigens voor dat voorafgaand aan de conversie het wegennetwerk en de zone-indeling van het volledige statische model of van de uitsnede wordt verfijnd. Afhankelijk van de impact van de ingrepen dienen vervolgens één of meerdere stappen met het dynamische model opnieuw te worden uitgevoerd.

Het moment waarop de conversie van gegevens vanuit het statische naar het dynamische model wordt uitgevoerd, dient weloverwogen te worden gekozen, want als de conversie eenmaal is gemaakt, dan wordt in het dynamische model in de regel zoveel toegevoegd en verfijnd, dat er geen weg terug meer is. De weg terug, het afleiden van een statisch modelnetwerk vanuit een dynamische modelbeschrijving van een wegennet, kan in het algemeen slechts waarde hebben voor een beperkt deel van het (statisch) netwerk. Dit zou dan betekenen dat uitsluitend in dit deel de meer gedetailleerde informatie vanuit het dynamische model beschikbaar is. Vanuit consistentie overwegingen is dit meestal niet wenselijk. Wel is het denkbaar dat bij een dynamisch model zonder statische basis, er een statisch netwerk wordt afgeleid voor analyses, kalibratie en presentatie.

Zoals reeds is aangegeven bevatten de netwerken, verkeersgegevens en verkeersregelingen in een statisch model minder detailniveau dan noodzakelijk is in een dynamisch model. De modelgegevens die specifiek zijn voor een dynamisch model dienen dan ook te worden toegevoegd via de interface waarmee de conversie van statisch naar dynamisch wordt uitgevoerd, ofwel handmatig na de conversie in het dynamische model. Voor dit laatste is in de meeste dynamische modellen een grafische netwerk editor beschikbaar, waarmee via het beeldscherm de exacte vormgeving vanaf digitale ondergronden kan worden ingetekend.

Bij het omzetten van de kenmerken van het statische naar het dynamische model met behulp van de interface wordt als volgt te werk gegaan; tevens is aangegeven welke gegevens tenslotte handmatig worden ingevoerd.

2.3.1 Netwerkgegevens

Netwerkgegevens zijn deels eenvoudig over te zetten van een statisch naar een dynamisch model, want op eenzelfde manier gedefinieerd in beide typen modellen aanwezig, en deels niet over te zetten, daar het een gegeven betreft dat slechts in een van de modellen beschikbaar is.

Wat gemakkelijk gaat en wat minder, verschilt van pakket tot pakket c.q. combinaties daarvan. Een karakteristiek beeld volgt hieronder.

Kenmerken die rechtstreeks kunnen worden omgezet:

- Wegvakken: lengte (evt. via plotcoördinaten), vrije snelheid, capaciteit, rijrichting, toegang voor doelgroepen en lijnvoering openbaar vervoer;
- Kruispunten: type kruispunt (geregeld, ongeregeld, rotonde), voorrangregelingen en toegestane bewegingen op het kruispunt;
- Voedingszones: locatie en aansluitingen.

Kenmerken die indirect worden omgezet:

- Aantal rijstroken, obv. capaciteit, snelheid en wegtype;
- Lengte, aantal en locatie opstelstroken en grootte kruisingsvlak, obv. kruispuntstromen.

Kenmerken die via een interface/handmatig worden toegevoegd:

- Rijstrookbreedte, lengte in- en uitvoegstroken, etc.
- Toevoegingen waar onvoldoende detailniveau is aangebracht en waar essentiële verbindingen ontbreken;
- Correcties waar in het statische model afwijkende snelheden, capaciteiten, etc. zijn gehanteerd, bijvoorbeeld ten behoeve van de kalibratie;
- Correcties als de default invoergegevens (via interface) op betreffende locatie niet juist zijn;
- Aanpassingen ter plaatse van complexe kruispunten, rotondes, etc;
- Toevoeging van detectoren en overige benodigdheden voor dynamische regelingen en maatregelen.

2.3.2 Verkeersgegevens

Ook hier wordt een karakteristiek beeld gegeven, dat niet voor alle programmatuur gelijk hoeft te zijn.

Gegevens die rechtstreeks kunnen worden omgezet:

- HB-matrices per voertuigtype met relatiepatroon en aantallen voertuigen per relatie van het volledige statische model of een uitsnede hieruit;
- Dienstregeling openbaar vervoer.

Gegevens die via een interface worden toegevoegd:

- Onderverdeling gemiddelde uurmatrices naar matrices per deelperiode of tijdsintervallen (varierend van 5 tot 15 minuten);
- Inbrengen gemiddeld spitsverloop voor de gehele matrices of gedifferentieerd per voedingszone of categorie van zones (woongebied, werkgebied, snelweg, etc.);
- Aanvulling van de hb-matrices met tijdvakken voor en na de spitsperiode volgens het statische model (ingevoerd door verbreding van het spitsverloop);
- Onderverdeling vrachtauto's naar categorie (licht, middelzwaar, zwaar);

-
- Gedifferentieerde kenmerken per voertuigtype.

Gegevens die handmatig worden ingevoerd:

- Correcties ten behoeve van de kalibratie;
- Introductie van eventueel aanwezige spitsverbreding in toekomstige situaties;
- Toevoeging van verkeersgegevens van verkeerssoorten of voertuigtypen die niet in het statisch model beschikbaar zijn.

2.3.3 Verkeersregelingen

Ook deze informatie wordt afhankelijk van de pakketten meer of minder gemakkelijk omgezet. Hieronder volgt weer een voorbeeld.

Informatie die rechtstreeks wordt omgezet:

- Kruispunttype: geregeld/ongeregeld.

Informatie die indirect wordt omgezet:

- Lengte, aantal en locatie opstelstroken en grootte kruisingsvlak, obv. kruispuntstromen.

Gegevens die via een interface worden toegevoegd:

- Parameterinstellingen van de (starre) verkeersregelingen.

Gegevens die handmatig worden ingevoerd:

- Alle kruispuntregelingen die niet op een eenvoudige wijze te genereren zijn;
- Alle dynamische verkeersmanagement maatregelen;

2.4 Verschillen in modeluitkomsten

De zojuist genoemde wijzigingen en/of aanvullingen van modelgegevens in het dynamische model leiden onmiskenbaar tot verschillen met de resultaten die uit het oorspronkelijke statische model naar voren kwamen. Daarnaast treden er verschillen op als gevolg van verschillende modeleigenschappen in statische en dynamische modellen.

De verschillen tussen beide typen modellen moeten beoordeeld worden tegen het licht van de doelen van de modellen en de betrouwbaarheden van de details. Een statisch model is vooral bedoeld voor het schatten van de omvang van verkeersrelaties en de grote lijn van de belasting van de hoofdinfrastructuur. Een dynamisch model geeft een veel beter zicht op routes, wachtrijen en verliestijden.

Dit betekent dat de volgende discrepanties op kunnen treden:

- Routevorming: doordat in statische modellen minder detail aanwezig is, zullen reisweerstand en daaruit berekende routes minder accuraat worden bepaald;
- Knelpuntdetectie: het doorlaten van een teveel aan verkeer ($I/C > 1$) in een statisch model geeft onduidelijkheid over het betreffende knelpunt in vergelijking met andere. Zou het teveel aan verkeer eigenlijk naar andere routes moeten gaan, waardoor ook daar knelpunten kunnen ontstaan. Of wijkt dit verkeer uit naar andere bestemmingen (distributie), vervoerwijzen (modal split) en/of andere reistijdstoppen (spitsverbreding), waardoor de problemen ook op andere locaties uiteindelijk minder groot zullen zijn dan aangegeven door het statische model.
- Effect wachtrijlengte: daar in een traditioneel statisch model alleen de flessenhals in het verkeer als probleem aangemerkt wordt, blijft het uitstralingseffect naar wegvakken stroomopwaarts gelegen wegvakken.

2.5 Ervaringen koppeling statisch-dynamisch

In de paragrafen 2.6 t/m 2.10 van dit hoofdstuk is een beschrijving gegeven van een aantal projecten waarbij de koppeling statisch-dynamisch is uitgevoerd. Bekeken is hoe tot nu toe is omgegaan met gekoppelde modellen, welke aspecten min of meer reeds gestandaardiseerd zijn en welke aspecten nadere uitwerking behoeven.

Er zijn vijf voorbeelden behandeld, te weten:

- Zandloperstudie (A2/12/A27)
- Utrecht Centrum Project (UCP)
- De Liemers, vergelijking dynamische modellen
- Beoordeling rotondes N199 (Bunschoterstraat)
- Studie Light Rail Krakau

In de beschrijvingen is gekeken naar de volgende aspecten:

- Reden van koppeling
- Hoe is de koppeling tot stand gekomen
- Hoe is de kalibratie/validatie uitgevoerd
- Wat waren de grootste problemen

Opgemerkt wordt dat bij de koppeling statisch-dynamisch in deze gevallen ook de stap van macro naar micro wordt gemaakt.

Onderstaand zijn van de vijf projecten voor de genoemde aspecten de belangrijkste algemene bevindingen weergegeven.

2.5.1 Reden voor koppeling

In alle gevallen kon de onderzoeksvraag niet op goede wijze met één modeltype bepaald worden.

Statische modellen zijn gebruikt om de verkeersvraag te bepalen nu en in de toekomst. Deze modellen zijn echter niet geschikt om de verkeersafwikkeling goed weer te geven in congestiesituaties en op gedetailleerd niveau (kruispunt) met alle specifieke processen die daarbij een rol spelen (file-opbouw, routekeuze, blokkade-effecten, etc.) en DVM-maatregelen goed te modelleren. Daarvoor zijn de dynamische modellen wel bij uitstek geschikt. Aangezien beide elementen een rol speelden in deze studies is gekozen voor een koppeling.

Voor wat betreft het studiegebied en tijdshorizon zijn er behoorlijke verschillen. Een groot studiegebied heeft als nadeel dat het dynamisch model complex wordt. Bij een klein studiegebied is het statische model veelal te grof. Het nadeel van een verre tijdshorizon is, dat de verkeersvraag en het infrastructuraanbod minder in overeenstemming zijn, zodat de vraag is of het aanbod wel betrouwbaar/realistisch is, dan wel de infrastructuur gewoon te beperkt is.

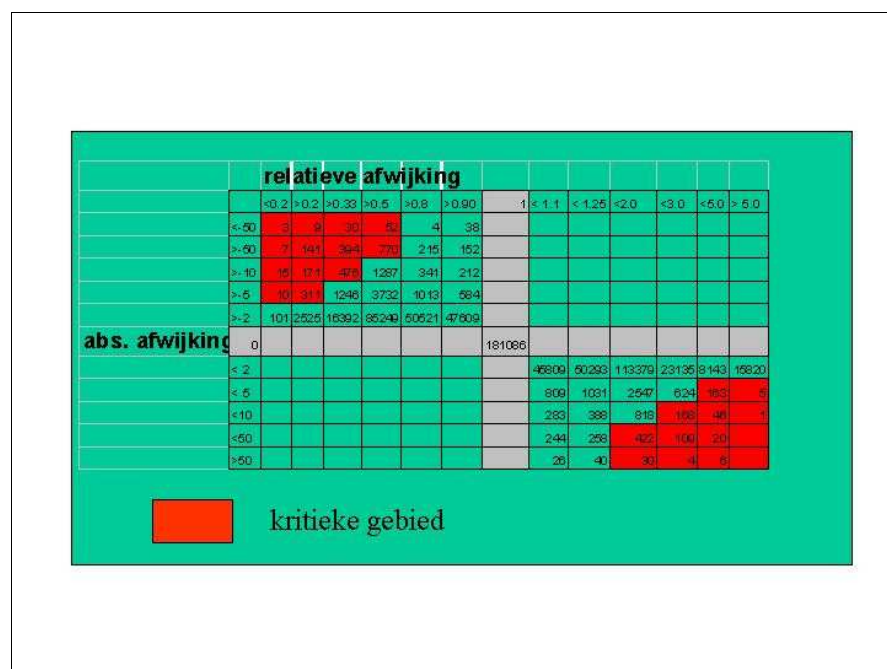
2.5.2 Hoe is de koppeling gemaakt

In de voorbeelden wordt zowel het netwerk als de matrix gekoppeld. Voor het netwerk is de methodiek veelal hetzelfde. Het statisch model dient als basis en daarna worden extra kenmerken toegevoegd (via conversie) om een netwerk voor het dynamisch model te creëren. Een goede check is daarbij noodzakelijk. DVM-maatregelen zijn zo specifiek dat ze met de hand worden ingevoerd. Een consistentiecheck (totale lengte/aantal wegvakken) vindt niet expliciet plaats.

Voor de matrix liggen de procedures minder vast. Er wordt geïnventariseerd wat beschikbaar is qua statisch model en meestal is dat net niet wat er nodig is. Zo goed mogelijk wordt vervolgens een en ander aangepast. Dit houdt in uitsnedes, verfijningen etc. Dit statische model wordt vervolgens goed gekalibreerd, waarna het dynamiseren plaatsvindt.

In deze stap wordt de hoeveelheid verkeer niet meer gewijzigd. Wel vindt in een aantal gevallen een verfijningslag plaats. Tevens wordt het spitsverloop aangebracht. Ook hiervoor geldt dat het vaak roeien met de riemen die je hebt. Meestal worden visuele tellingen, MARE-data en/of OVG-cijfers gebruikt.

Een check vindt meestal plaats op de totale hoeveelheid verkeer in het statisch en dynamisch model en op een aantal screenlines. Uitgebreide controles op de structuur van de matrix (ritlengteverdeling, motiefverdeling etc.) vindt niet plaats. De mate van verkrikking wordt meestal niet expliciet vastgelegd, maar tijdens het proces besproken. Een mogelijke manier om dit vast te leggen is gebruik te maken van een "verschilmatrix" zoals ook gehanteerd wordt bij de BASMAT methodiek (zie onderstaande figuur).



Figuur 6 Voorbeeld indicator BASMAT methodiek

2.5.3 Kalibratie/validatie

Ook hiervoor gelden geen standaard procedures. Het statisch model wordt meestal uitgebreid gekalibreerd op tellingen op doorsnedes en screenlines. De kwaliteit wordt gekwantificeerd in een afwijkingpercentage van de werkelijkheid.

Voor het dynamische deel zijn er veel meer aspecten waarop gekalibreerd dient te worden (files, intensiteiten, reistijden). Het is moeilijk om die te kwantificeren omdat het aspect tijd een rol speelt en aspecten vaak afhankelijk van elkaar zijn. Vooralsnog gelden hiervoor geen harde eisen, maar wordt er op basis van het beeld besloten of de kwaliteit van het model al dan niet voldoende is. Met name bij grote modellen is dit een lastige klus.

De sleutelvolgorde ligt niet vast, maar meestal wordt impliciet een bepaalde volgorde doorlopen (matrix-infrastructuur-DVM).

2.5.4 Aanbevelingen voor de toekomst in het kader van het modelstelsel

De witte vlekken die naar voren komen bij de koppeling statisch-dynamisch hebben voornamelijk betrekking op:

- constructie van de dynamische HB-matrix
- kalibratie (methode, eisen)
- hoe om te gaan met mismatch die ontstaat bij modellen voor de verre toekomst tussen verkeersvraag en infrastructuraanbod; hoe wordt daartussen een realistisch evenwicht bereikt en welke verkeersafwikkeling hoort daar bij (iteratief aan de slag, dynamische kenmerken toevoegen aan statische modellen of andersom, nieuw type model).

2.6 Case 1: Zandloperstudie

2.6.1 Reden van koppeling

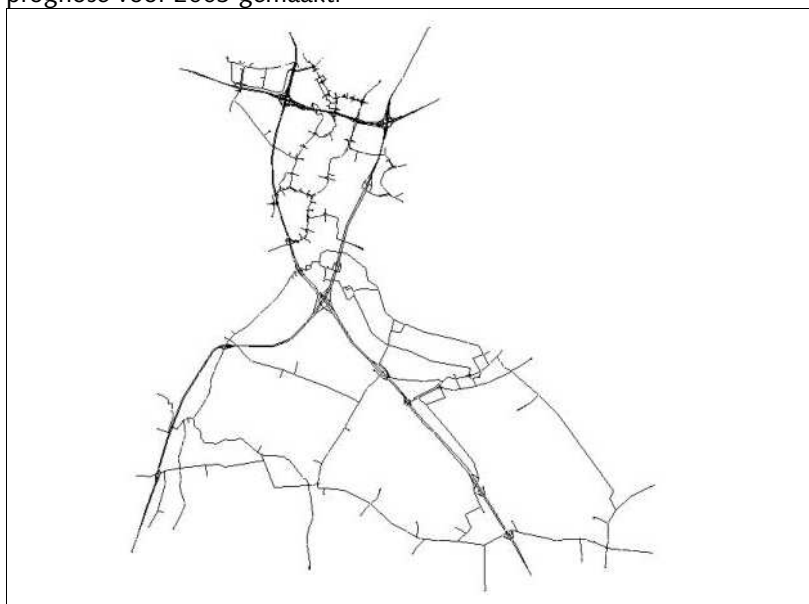
Onderzoeksvraag

De onderzoeksvraag in deze studie was tweeledig;

- welke situatie is er op de weg te verwachten in 2003
- wat is het effect van een pakket aan DVM-maatregelen op de verkeersafwikkeling

Studiegebied, onderzoeksperiode en tijdshorizon

In onderstaande figuur is het studiegebied weergegeven. Het betreft een regionaal netwerk ten zuiden van Utrecht, bestaande uit de hoofdwegenstructuur (A2/A12/A27) met het belangrijkste onderliggende wegennet (Nieuwegein, Vianen, Everdingen). Zowel de ochtendspits (6-10) als de avondspits (16-18) is gemodelleerd. Het basisjaar was 1997 en er is een prognose voor 2003 gemaakt.



Figuur 7 Studiegebied Zandloperstudie

Te modelleren verkeersprocessen/maatregelen

Zowel de verkeersafwikkeling op het hoofdwegennet als het onderliggende wegennet speelde een belangrijke rol in deze studie. Essentiële onderdelen waren het beschrijven van congestie, routekeuze-effecten en reistijden op deze twee wegennetten. Daarbij was het goed modelleren van DVM-maatregelen als

TDI, buffer, plusstrook etc. van groot belang. Dit speelt zowel in het basisjaar als in de toekomstige situatie met de toekomstige verkeersvraag.

2.6.2 Hoe is de koppeling gemaakt

Netwerk

Als basis voor het netwerk diende een bestaand statisch model van het gebied. Hiermee is de locatie, lengte en het type weg gegeven. Voor het dynamisch model (INTEGRATION) is hieraan extra informatie toegevoegd. Grotendeels is dit gedaan door middel van een conversieslag. Op basis van het type weg is aan het wegvak een speedflowcurve gekoppeld. Hiervoor zijn de volgende invoerwaarden nodig:

- capaciteit per rijstrook
- snelheid bij capaciteit
- stremmingsdichtheid
- freeflow snelheid

Tevens is aan de typering het aantal rijstroken toegevoegd. Het netwerk is uitgebreid gecheckt op basis van tekeningen en praktijkwaarnemingen.

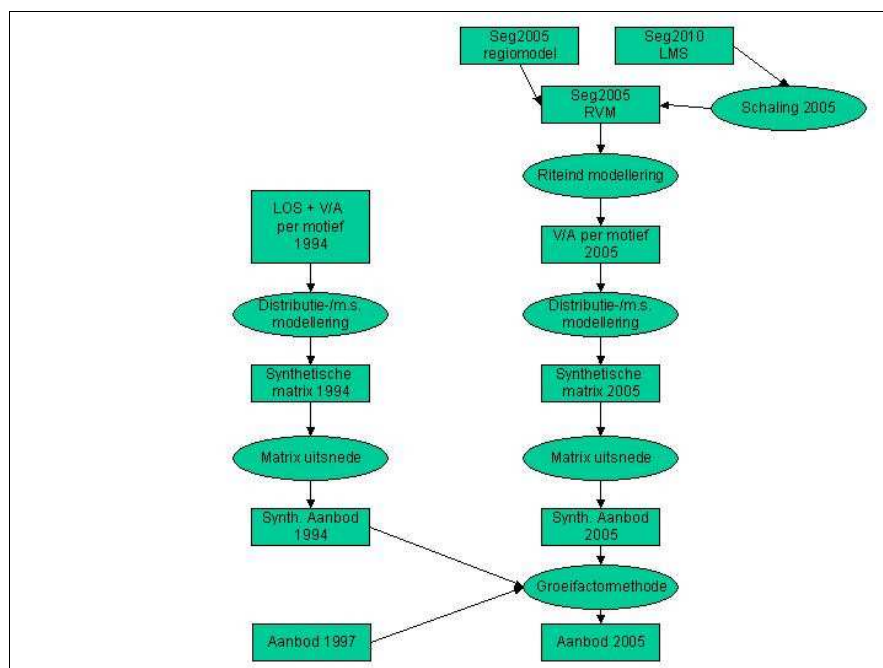
Verder is aandacht besteed aan de kruispunten, waarbij de voorrangregeling moet worden ingevoerd. Dit gebeurt ook via een conversieslag van type naar modelinvoer. Gelijkwaardige kruising, voorrangsbord, stopbord, rotonde dan wel VRI behoren tot de mogelijkheden. Voor de VRI's zijn de beschikbare gegevens gebruikt (starre spitsregeling) of is een nieuwe regeling doorgerekend. Deze zijn handmatig ingevoerd in een database, waarna deze zijn geconverteerd naar modelinvoer.

DVM-maatregelen (TDI, inhaalverbod vrachtverkeer, plusstrook) zijn met de hand ingevoerd.

Matrix

De verkeersvraag is afkomstig uit het Ranstadbreed Verkeersmodel 1994. Binnen OMNITRANS is een uitsnede gemaakt conform het studiegebied. Dit leverde een statische matrix op voor de ochtendspits 7-9 met een onderscheid naar motieven. Deze matrix is vervolgens gedynamiseerd door op de randen van de snelwegen een spitsverdeling conform MARE-data aan te brengen en in het studiegebied een spitsprofiel op basis van de motief-verdeling per herkomst. Hiervoor is het OVG gebruikt.

De toekomstmatrix is een groeifactormethode gebruikt en is gebruikgemaakt van SEG's uit het LMS en het regiomodel Utrecht. Het gehele proces is weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 8 Groeifactormethode Zandloperstudie

De vertrekprofielen voor de toekomst zijn enigszins gewijzigd voor het motief woon-werk, gezien de verwachte spitsvervlakking.

Uiteindelijk leverde de bewerkingen een dynamische HB-matrix op met per kwartier een afzonderlijke verkeersvraag. Onderscheid is gemaakt in personenverkeer, vrachtverkeer en openbaar vervoer.

2.6.3 Kalibratie/validatie

De statische matrix is voordat het gedynamiseerd is, uitgebreid gekalibreerd op beschikbare tellingen. Na het dynamiseren is er nauwelijks nog aan gesleuteld. Wel heeft er op enkele plekken nog een verfijning plaatsgevonden, waarbij zones zijn opgedeeld in meerdere zones om het verkeer meer conform de werkelijkheid te verdelen binnen een zone.

Binnen het dynamische model heeft ook een kalibratieslag plaatsgevonden. Daarbij zijn aanpassingen doorgevoerd aan:

- Speed-flowcurves
- Routekeuze-parameters
- VRI-instellingen

Vanzelfsprekend is ook gecheckt of de hoeveelheid verkeer in het statische model en dynamische model overeenkomen.

Gegevens waaraan het model is getoetst:

- initiële kortste routes
- filelocaties en lengtes
- kwartierintensiteiten
- rijtijden op relaties

In de kalibratiefase zijn geen kwantitatieve eisen gesteld waaraan het model diende te voldoen. Het is meer een kwestie van 'vertrouwen' van de betrokkenen bij vergelijking van de modelresultaten met de praktijk.

2.6.4 Problemen

De belangrijkste problemen die zijn tegengekomen tijdens het onderzoek hebben een relatie met de omvang van het studiegebied. Het kost veel tijd om van zo'n groot gebied de benodigde detailinfo te verkrijgen. Verder bedroeg de rekentijd van het model rond de 10 uur, hetgeen vrij tijdrovend is in het kalibratieproces. Er is gedegen ervaring nodig met dynamische modellen om afwijkingen in modelresultaten versus praktijkgegevens in een dergelijk groot model te herleiden tot de werkelijke oorzaak. Is het een gevolg van problemen met de statische matrix, speed-flowcurve, vri, routekeuze, etc.?

2.7 Case 2: Dynamisch model Utrecht Centrum Project

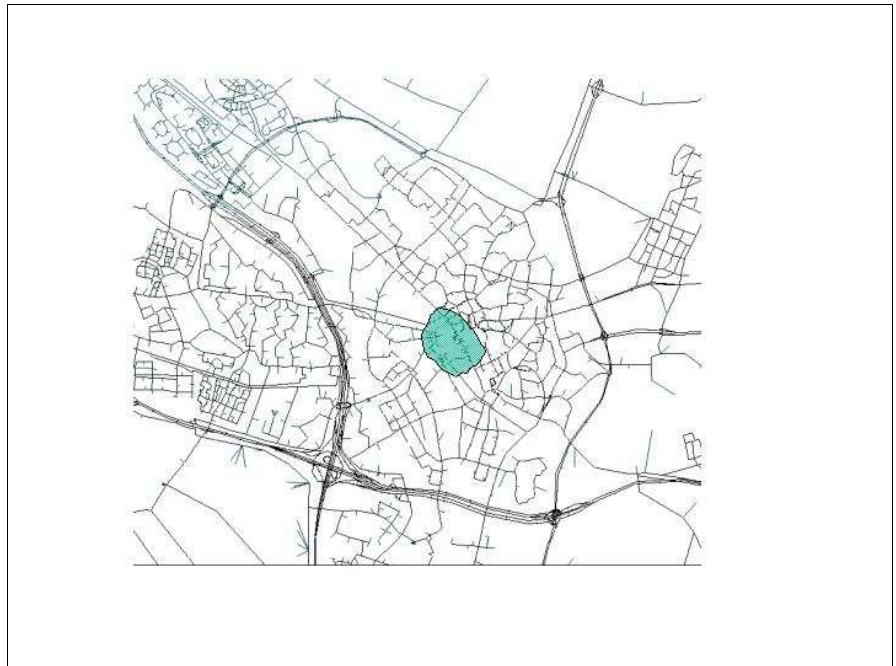
2.7.1 Reden van koppeling

Onderzoeksvraag

In het centrum van Utrecht wordt door de UCP partners flink geïnvesteerd in voorzieningen. De vraag was in hoeverre dit centrum nog goed te bereiken blijft per auto en in hoeverre het bestemmingsverkeer daarbij wordt gehinderd door het doorgaande verkeer.

Studiegebied, onderzoeksperiode en tijdshorizon

In onderstaande figuur is het studiegebied en modelomvang weergegeven. Het gaat om het grijze gedeelte in het centrum. Alleen de ochtendspits is geanalyseerd. Het basisjaar was 1997. Er is een prognose gemaakt van 2010.



Figuur 9 Studiegebied Utrecht Centrum Project

Te modelleren verkeersprocessen/maatregelen

In dit project betrof het alleen de verkeersafwikkeling op het onderliggende wegennet. Bereikbaarheid en rijtijd waren de centrale items, alsmede het effect van verschillende hoeveelheden doorgaand verkeer daarop. Belangrijke stedelijke elementen als VRI's en parkeergelegenheden speelden daarin een essentiële rol.

2.7.2 Hoe is de koppeling gemaakt

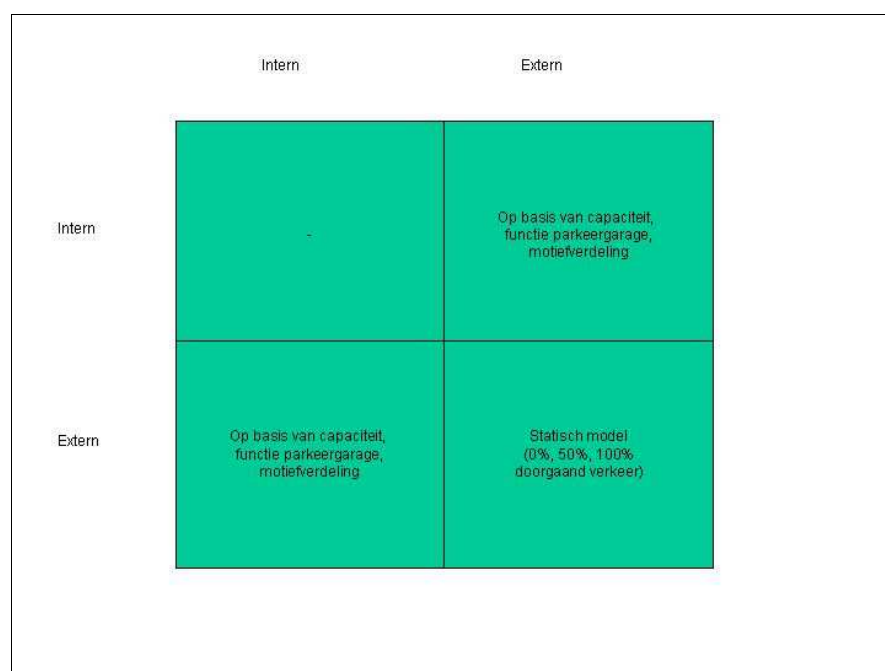
Netwerk

Als basis diende het statische model van de stad Utrecht. Evenals bij de Zandloperstudie zijn hieraan de extra kenmerken toegevoegd. Op basis van beschikbare tekeningen is dit uitgevoerd. De zones zijn vervolgens dusdanig aangebracht dat ze overeenkomen met de in- en uitgangen van parkeervoorzieningen.

Matrix

Er is onderscheid gemaakt in doorgaand verkeer en bestemmingsverkeer. Het doorgaand verkeer is herleid uit het statisch model voor de gehele stad Utrecht.

Het bestemmingsverkeer specifiek voor het centrumgebied bleek te grof in het statisch model te zitten. Hiervoor is een andere aanpak gekozen. Op basis van de beschikbare parkeervoorzieningen is vastgesteld hoeveel verkeer het gebied aantrekt. Hierbij is rekening gehouden met locatie/capaciteit en type parkeerplaats. In onderstaande figuur is dit schematisch weergegeven.



Figuur 10 Schema opbouw dynamische matrix

Het OV is afzonderlijk toegevoegd aan de matrix.

Voor het dynamiseren is gebruik gemaakt van de motiefverdeling en type parkeervoorzieningen.

Uiteindelijk is een matrix gecreëerd met een spitsverloop per kwartier. Onderscheid is gemaakt in vrachtverkeer, personenverkeer en OV.

Voor het toekomstmodel is dezelfde aanpak gebruikt. Er is een aantal varianten gedraaid, waarbij er met een verschillend aandeel doorgaand verkeer uit het statisch model is gerekend. Dit aandeel is in het dynamisch model gesimuleerd.

2.7.3 Kalibratie/validatie

De statische matrix is dusdanig opgesteld dat het in overeenstemming is met de parkeervoorzieningen in het centrum. Verder zijn enkele VRI's aangepast. Het model is nog gekalibreerd op basis van telcijfers (telrapporten) en het filebeeld. Er zijn geen harde criteria gebruikt.

2.7.4 Problemen

De statische matrix bleek te grof voor het centrumgebied. Daarvoor is een andere aanpak gebruikt. Verder bleek de benodigde detailinfo voor het toekomstmodel vrij lastig te verkrijgen.

2.8 Case 3: De Liemers, vergelijking dynamische modellen

2.8.1 Reden van koppeling

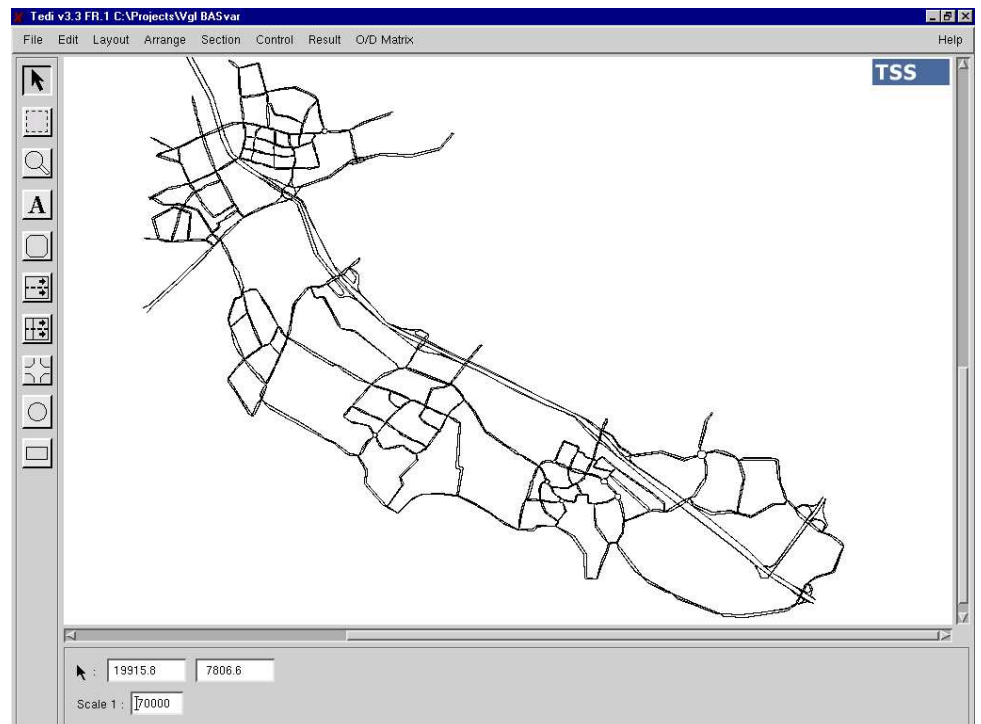
Onderzoeksvraag

Doel van de studie was tweeledig.

1. Het vergelijken en het beoordelen op de geschiktheid voor het simuleren van verkeersbeheersingsmaatregelen op netwerkniveau van verschillende dynamische modellen.
2. Het in stand houden van de RWS-kennis op het gebied van simulatiemodellen verkeersbeheersing.

Studiegebied, onderzoeksperiode en tijdshorizon

De studie had betrekking op het gebied 'De Liemers' ten zuidoosten van Arnhem. Het wegennet van de studie is aangegeven in onderstaande figuur.



Figuur 11 Wegennet "de Liemers"

De simulaties zijn uitgevoerd voor de ochtendspitsperiode van 7.00 tot 10.30 uur. De Basisvariant heeft als basisjaar 1994; de Referentievariant en de Doseervariant zijn uitgevoerd voor 1994+, hetgeen ongeveer overeenkomt met 1997.

Te modelleren verkeersprocessen/maatregelen

De verkeersbeheersingsmaatregel die diende te worden gesimuleerd was toeritdosering op een tweetal toeritten naar de A12. Met behulp van de

doseringen diende de doorstroming op deze weg te verbeteren, zonder de doorstroming op het onderliggende wegennet in De Liemers al te zeer te verstoren.

Dezelfde studie is met vier andere dynamische simulatiepakketten uitgevoerd; aan de hand van de resultaten en conclusies van de studie zijn de simulatiepakketten op tal van aspecten met elkaar vergeleken.

2.8.2 Hoe is de koppeling gemaakt

Netwerk

Het dynamisch model is voornamelijk ontwikkeld door middel van conversie van de data-bestanden van het Contram-model. Voor de conversie is gebruik gemaakt van de interface voor de conversie van gegevensbestanden van Questor naar Aimsun.

Kenmerk van Aimsun is, dat de simulaties worden uitgevoerd op basis van een wegennet, dat zo realistisch mogelijk in het model wordt ingevoerd. Dit is van essentieel belang, omdat dit mede bepalend is voor het gedrag van de voertuigen en voor de afwikkeling van het verkeer op het te onderzoeken wegennet. Zo worden de lengtes van de wegvakken en daarmee de afstanden die de voertuigen afleggen bepaald aan de hand van de geometrie van het wegennet en wel op basis van de coördinaten. Vastgesteld is, dat de lengtes van de wegvakken in het Contram-database op veel plaatsen niet overeen komen met de lengtes volgens de plotcoördinaten, maar ook niet met de werkelijkheid. Ook wanneer de knooppunten van de aansluitingen op RW12 (de locaties waar de grootste afwijkingen voorkomen) naar de juiste plaats worden geschoven, blijft deze discrepantie bestaan. In tegenstelling tot de andere dynamische modellen (Integration, Dyndart, Contram en Trips Dynamisch) is het in Aimsun niet mogelijk om de afstand als waarde bij elk wegvak in te vullen. Besloten is om uit te gaan van de lengtes op basis van de plotcoördinaten. Verder is het aantal rijstroken in het wegennet afgeleid van de wegvakcapaciteiten.

Op de wegvakken waar in het Contram-model voor de personenauto's en de vrachtauto's verschillende snelheden zijn aangegeven, zijn de snelheden van de personenauto's ingevoerd. De differentiatie in snelheid tussen de verschillende voertuigtypen wordt in Aimsun middels de voertuigkenmerken (wenssnelheid en snelheidsacceptatie) ingebracht.

Verkeersgegevens

De hb-matrices personenauto's en vrachtauto's per kwartierperiode voor het basisjaar en de (gedifferentieerde) groei van het verkeer in het toekomstjaar zijn rechtstreeks geconverteerd vanuit het Contram-model.

Verkeersregelingen

De VRI-plannen zijn uit de Contram-data afgeleid; op basis van de grafische weergave zijn de afzonderlijke regelingen handmatig ingevoerd op de kruispunten in het Aimsun-model. Tijdens deze bewerking bleek, dat in verscheidene regelingen de fase-indeling niet logisch was en dat in enkele gevallen de fasen niet compleet waren. Op basis van kennis en ervaring op het gebied van verkeersregelingen en met de omgeving zijn de regelingen aangepast en compleet gemaakt.

2.8.3 Kalibratie/validatie

De toetsing aan de basissituatie 1994 had betrekking op intensiteiten op screenlines en op de verkeersafwikkeling op de A12, met als indicatoren de snelheid en de filevorming op de A12.

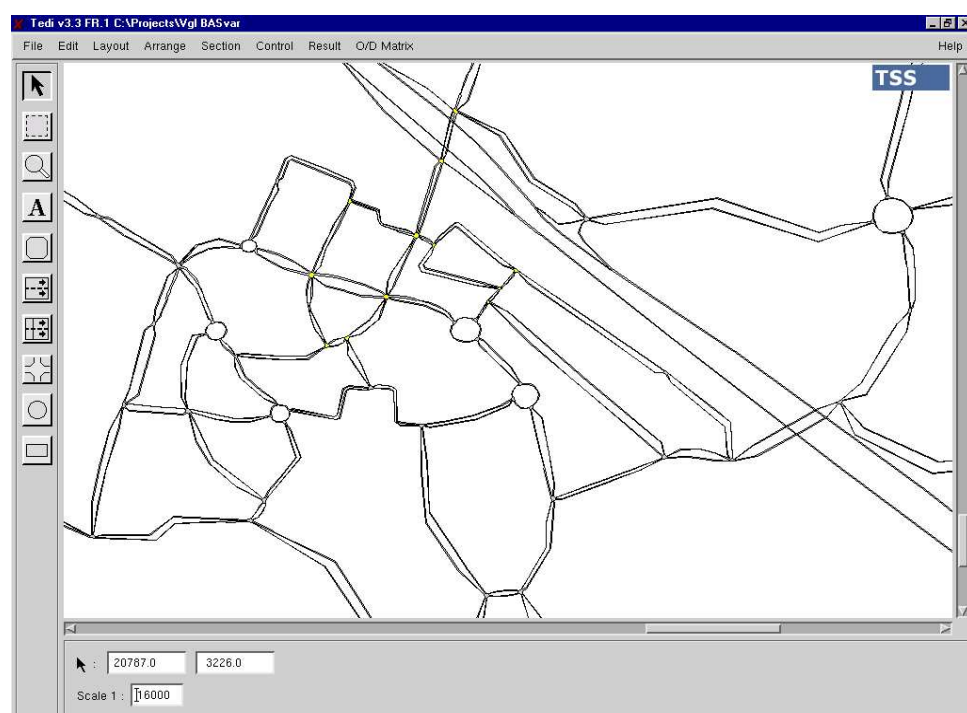
In de eerste simulatieberekeningen bleken tal van verkeerslichtenregelingen onvoldoende capaciteit te hebben om de optredende verkeersstromen te kunnen verwerken. Dit leidde tot aanzienlijke wachtrijen en als gevolg hiervan sterk toenemende reistijden via bepaalde routes in het netwerk en tenslotte tot ongewenste routekeuzen. In de meeste gevallen werd dit veroorzaakt doordat de groentijd per fase niet in overeenstemming was met het verkeersaanbod. Evenals in het vorige punt zijn de regelingen aangepast cq. geoptimaliseerd.

Bij de test op consistentie tussen de aangeleverde hb-matrices en de aantallen voertuigen op (gesommeerde) screenlines (bijv. de IJsselbruggen) bleken op tal van plaatsen verschillen voor te komen. Besloten is om de voertuigaantallen op de screenlines te corrigeren.

Met deze aanpassingen voldeed het resultaat van de simulatie van de basissituatie aan de vooraf gestelde criteria: op 82% van de screenlines was de afwijking kleiner dan 15% en geen afwijkingen groter dan 30%.

2.8.4 Problemen

In het algemeen kan gesteld worden, dat de conversie moeizaam is verlopen. Enkele oorzaken zijn al genoemd; daar komt nog bij dat de layout van het wegennet in het Contram-model afwijkt van de werkelijke situatie. Zo zijn bijvoorbeeld de uitvoegstroken voor kruispunten en de heen- en terugrichting van wegen fysiek gescheiden door middel van steeds drie tussengelegen Contram-vormpunten (zie onderstaande afbeelding).



Figuur 12 Detail aansluiting Zevenaar

2.9 Case 4: Beoordeling rotondes N199

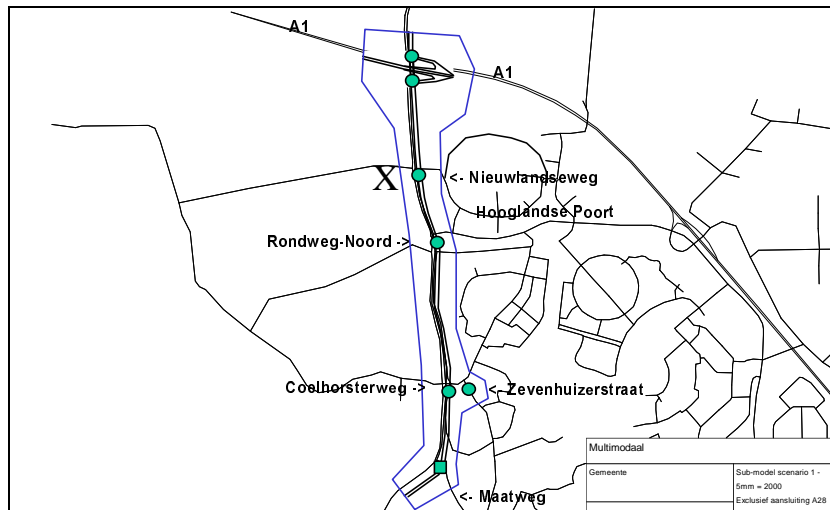
2.9.1 Reden van koppeling

Onderzoeksvraag

De provincie wilde het ontwerp van de N199 (Bunschoterstraat) met dubbelstrooks rotondes actualiseren. Deze actualisatie hield in dat de streng opnieuw diende te worden getoetst aan de vraag: geeft het huidige ontwerp van de streng met rotondes een stagnatievrije afwikkeling/doorstroming voor auto en openbaar vervoer voor de jaren 2000 en 2010 als de aansluiting Zevenhuizerstraat wordt uitgevoerd als een rotonde?

Studiegebied, onderzoeksperiode en tijdshorizon

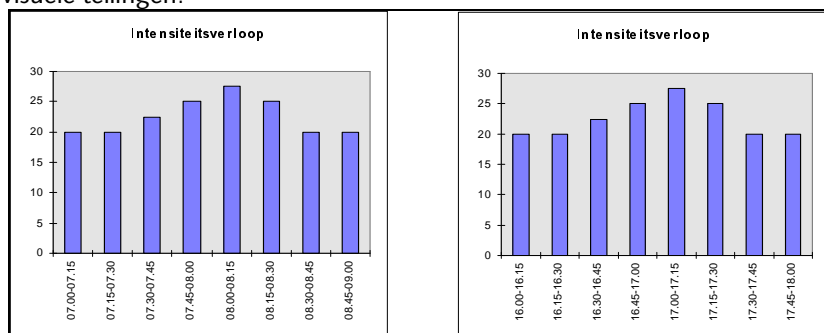
Het studiegebied beslaat de Bunschoterstraat tussen de Maatweg en de A1, zoals te zien is in onderstaande figuur.



Figuur 13 Studiegebied simulatiemodel N199 (Bunschoterstraat)

De simulaties zijn uitgevoerd voor de ochtendspitsperiode van 07.00-09.00 uur en de avondspitsperiode van 16.00-18.00 uur voor de huidige situatie (2000) en de situatie in planjaar 2010. Uitgangspunt bij de keuze van de simulatieperiode is geweest, dat bij aanvang van de simulaties nog geen sprake is van congestie en dat het verkeer aan het einde van de simulatie weer onbelemmerd kan doorstromen.

In onderstaande figuur is het intensiteitsverloop gedurende beide spitsperiodes weergegeven; de waarden zijn verkregen aan de hand van mechanische en visuele tellingen.



Figuur 14 Intensiteitsverloop ochtend- en avondspits

Te modelleren verkeersprocessen/maatregelen

Met het dynamische model is voor de jaren 2000 en 2010 de verkeersafwikkeling voor auto en openbaar vervoer bekeken voor de streng met rotondes en op enkele aansluitende wegen ook voor het fietsverkeer.

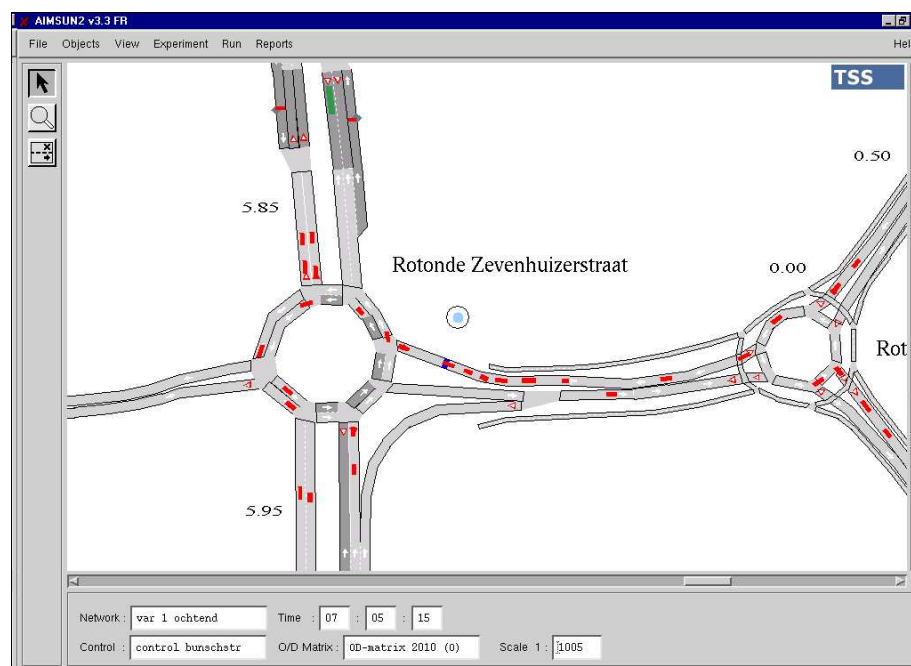
Zowel met de rekenmethodiek "Bovy" als uit de microsimulaties is gebleken dat de verkeersafwikkeling voor de planjaren 2000 en 2010 op de geplande rotonde op de Zevenhuizerstraat met de Bunschoterstraat problematisch wordt.

Als alternatief op de rotonde Zevenhuizerstraat is vervolgens een met verkeerslichten geregeld kruispunt ontworpen. Bij uitbreiding van het aantal rijstroken op de Zevenhuizerstraat en de Coelhorsterweg kan het verkeer op dit kruispunt goed worden verwerkt. Dit alternatief heeft geen gevolgen voor de verkeersafwikkeling op de rotondes.

2.9.2 Hoe is de koppeling gemaakt

Netwerk

Vanwege het hoge detailniveau voor de simulaties (zie onderstaand figuur) is het netwerk volledig handmatig ingevoerd, met behulp van de grafische netwerk editor.



Figuur 15 Vormgeving Zevenhuizerstraat - Bunschoterstraat

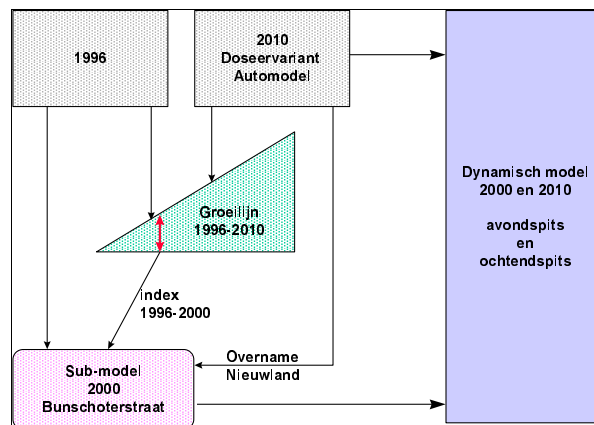
In de simulatie is het van belang dat de geometrie van het wegennet realistisch wordt ingevoerd, omdat hieruit bestuursgedrag, zoals de initiële voertuignelheden en als afgeleide hiervan de wegcapaciteit wordt bepaald. Om de geometrie goed te kunnen inbrengen is gebruik gemaakt van een digitale ondergrond (DXF-bestand) van het onderzoeksgebied die door de provincie Utrecht beschikbaar is gesteld.

Verkeersgegevens

Op basis van het multimodale statische prognosemodel Midden Nederland zijn de intensiteitsgegevens voor het te onderzoeken gebied bepaald. Hierbij is ook rekening gehouden met het verkeers- en vervoersplan Amersfoort. Voor het studiegebied zijn uitsneden gemaakt van de modellen voor 1996 en 2010. Voor 1996 betrof dit het automodel dat heel Nederland beslaat; voor 2010 is gebruik gemaakt van het automodel dat uit scenario 2 voor de omgeving van Amersfoort is uitgesneden.

Werkwijze tbv. dynamisch model 2000

Middels interpolatie is een tussenmodel 2000 gemaakt volgens de werkwijze zoals aangegeven in onderstaand figuur.



Figuur 16 Schema ontwikkeling dynamisch model 2000

Vervolgens heeft op detail-niveau (stromen op kruispunten) nog een controle plaatsgevonden, en is een beperkte bijstelling op enkele relaties uitgevoerd. Dit betrof met name de ten opzichte van de Bunschoterstraat doorgaande relatie A1 - de Isselt. Daarnaast bleek de verkeersintensiteit op de Zevenhuizerstraat tussen 1996 en 2010 in het statische model zeer sterk te gaan toenemen. Hoewel binnen de gemeente Amersfoort nog geen zicht is op verdergaande regulerende maatregelen, is toch in overleg met de ambtelijke dienst vastgesteld dat van een zeer proportionele verkeerstoename op de Zevenhuizerstraat geen sprake zal kunnen zijn. De intensiteit is 'bevrozen' op het niveau van 2000. Het 'surplus' is overgeheveld naar de route via de Rondweg en de Bunschoterstraat.

In het simulatieproces is onderscheid gemaakt naar personenauto's, vrachtauto's, bussen en fietsers, elk met hun eigen specifieke karakteristieken.

Verkeersregelingen

Voor de toekomstige situatie is een voertuigafhankelijke verkeersregeling ontworpen, die vervolgens gekoppeld is met het simulatiemodel.

2.9.3 Kalibratie/validatie

Na omzetting van de gegevens uit het statisch model is het dynamische model getoetst op:

Kwantitatief:

- Intensiteiten en snelheden op doorsneden en trajectsnelheden op de streng, gedifferentieerd naar voertuigtype.

Kwalitatief:

- Verkeersafwikkeling, filebeelden, etc..

Vooraf waren geen toetsingscriteria vastgesteld; met de aanpassingen in de matrix zoals beschreven in de vorige paragraaf, kwamen de modelresultaten goed overeen met de waarnemingen.

2.9.4 Problemen

Het maken van een uitsnede uit de beschikbare statische modellen en het omzetten van deze modelgegevens hebben geen problemen veroorzaakt. Het

interpreteren van de voertuigaantallen voor 2010 heeft wel de nodige discussies opgeleverd.

2.10 Case 5: Studie Light Rail Krakau

2.10.1 Reden van koppeling

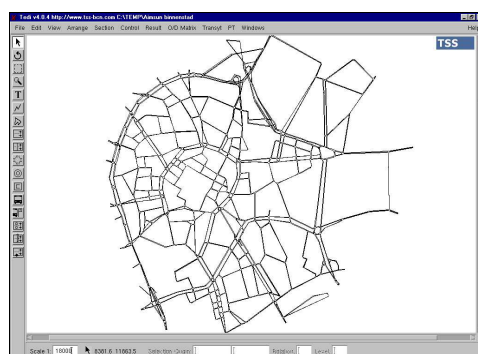
Onderzoeksvraag

Het project maakt deel uit van een bredere verkeersstudie en bestaat uit drie hoofdonderwerpen:

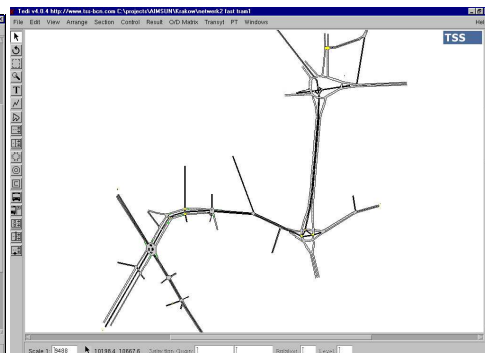
1. Ontwikkelen en doorrekenen verkeersmanagement strategieën centrum Krakau;
2. Onderzoek consequenties voorrang Light Rail verbinding;
3. Opstellen functionele specificaties vri's op en langs het Light Rail traject.

Studiegebied, onderzoeksperiode en tijdshorizon

In onderstaande figuren is het studiegebied van het eerste gedeelte (centrum Krakau) en het tweede gedeelte van de studie (tracé Light Rail) in beeld gebracht. De simulaties zijn uitgevoerd voor de avondspits (15.00-19.00), zowel voor het basisjaar als voor de situatie in 2010.



Figuur 17 Centrum Krakau



Figuur 18 Tracé Light Rail

Te modelleren verkeersprocessen/maatregelen

Om de verkeerssituatie in het stadscentrum van Krakau te verbeteren zijn verkeersmanagementstrategieën ontwikkeld, waarbij de nadruk ligt op verdere scheiding van openbaar vervoer en autoverkeer, inclusief een herinrichting van de verkeersregelinstallaties op de voornaamste radiale wegen. Het doel is het openbaar vervoer te bevorderen en autostromen op de toeleidende wegen te doseren en zelfs op locaties meer stroomopwaarts. De meest kansrijke strategie is doorgerekend met behulp van het dynamische model. De resultaten richten zich vooral op reistijden en filelengtes.

De nieuwe Light Rail loopt van het zuidelijke deel van Krakau naar het Centraal Station in het centrum. Het doel van het tweede deel van de studie is de prioriteit van deze tramlijn te verbeteren door op 20 kruispunten meer voorrang te verlenen. Na het bestuderen van de huidige kruisingen op het tracé, inclusief enkele verwachte infrastructurele verbeteringen, zijn met het dynamische simulatiemodel de benodigde specificaties van de verkeersregelinstallaties en bijkomende maatregelen gedemonstreerd.

2.10.2 Hoe is de koppeling gemaakt

Netwerk

Voor het doorrekenen van de verkeersmanagementstrategieën op hoofdlijnen is ten behoeve van het dynamisch model een netwerk gebouwd voor het centrum van de stad; hiervoor was slechts een beperkt detailniveau vereist.

Om dit netwerk te verkrijgen, is eerst het beschikbare regionale statische Saturn-model van stad Krakau en omgeving omgezet naar het eveneens statische Questor-model.

Ten behoeve van het dynamisch model waren op enkele plaatsen in het stadscentrum verfijningen in het wegennet en de zone-indeling van het statische model noodzakelijk. Aangezien de beperkte ingrepen nauwelijks invloed hebben op de distributie en modal split, is hierna met het statisch model uitsluitend een hertoedeling uitgevoerd.

In Questor is vervolgens een uitsnede van de binnenstad gemaakt, die daarna met de conversiemodule is omgezet naar Aimsun.

In de conversie worden de wegvakken met hun kenmerken (snelheid, capaciteit) rechtstreeks omgezet, het aantal rijstroken hieruit afgeleid (capaciteit, wegtype) en de overige wegkenmerken (in- en uitvoegstroken) via aanvullende gegevens ingevoerd. Ook de kruispunten worden deels direct (type, voorrang, afslagbewegingen) en deels indirect (grootte, opstelstroken) bepaald uit het statische model. De verkeersstromen op de kruispunten vormen de basis voor de kruispuntconfiguratie en eenvoudige verkeersregelingen.

Voor het simuleren van de consequenties van voorrang voor de Light Rail verbinding was een aanzienlijk hoger detailniveau vereist. Door het ontbreken van digitale ondergronden is het netwerk verkregen door van betreffende streng een uitsnede te maken uit het Questor-model. Ten behoeve van de simulaties van de verschillende varianten zijn de kruispunten in het geconverteerde netwerk verder verfijnd aan de hand van gescande detailkaarten.

Matrix

Bij de uitsneden uit het statische regionale model ontstaan in Questor per voertuigtype hb-matrices die behoren bij de geselecteerde gebieden. Uitgaande van de gemiddelde uurmatrices uit het statisch model is in de conversiemodule het intensiteitsverloop en de verbreding van de spits ingebracht op basis van beschikbare tellingen en waarnemingen.

Verkeersmanagement maatregelen

De verkeersmanagement maatregelen, zoals verkeersregelingen en doelgroepstroken, zijn alle handmatig ingevoerd.

2.10.3 Kalibratie/validatie

Na omzetting van de gegevens uit het statisch model is het dynamische model getoetst op:

Kwantitatief:

- Intensiteiten en snelheden op doorsneden;
- Trajectnelheden op radiale wegen en op het tracé van de Light Rail.

Kwalitatief:

- Verkeersafwikkeling, routekeuze, filebeelden, etc. (bekendheid lokale situatie vereist).

Doel van de kalibratie is om de simulatieresultaten zo goed mogelijk te laten aansluiten bij de waarnemingen. In de werkwijze die bij de kalibratie is gevolgd, is het niet mogelijk om na afloop een eenduidig overzicht te geven van de

kalibratiecorrecties (mate van verkrikken), omdat een eenduidige referentiesituatie ontbreekt. Tijdens het modelproces vindt gewoonlijk meerdere malen een terugkoppeling plaats, zowel binnen het statische model als vanuit het statische model naar (de uitsnede van) het statische model.

Werkwijze in het statisch model:

1. Ritproductie => aankomsten en vertrekken per verkeerszone, per motief, etc.;
2. Opbouw netwerken => afstanden, rij snelheden, reisweerstand, etc. per vervoerwijze;
3. Distributie/modal-split berekening => synthetisch hb-matrices per motief, vervoerwijze, etc.;
4. Toedeling => belaste netwerken;
5. Kalibratie => vergelijking modelresultaten met waarnemingen.

Gezien de kwaliteit van het oorspronkelijke Saturn-model is deze cyclus enkele malen (gedeeltelijk) herhaald. Dit resulteerde uiteindelijk in toedelingsmatrices per voertuigtype die na toedeling goed aansloten bij de waarnemingen.

De gemiddelde uurmatrices die bij de kalibratie van het statisch model zijn verkregen, zijn geconverteerd naar het dynamisch model. Tijdens deze conversie zijn de matrices verbreed naar 4 uur en verdeeld over kwartierintervallen. Dit dynamiseren van de matrices geschiedt op basis van gedifferentieerde verkeersstellingen en –waarnemingen.

Op enkele plaatsen in het dynamische model werden op doorsneden verschillen ten opzichte van de tellingen waargenomen. Deze verschillen zijn sterk gereduceerd door het aantal voertuigen op enkele doorgaande relaties te verhogen cq. te verlagen en door de routekeuze meer in overeenstemming te brengen met de werkelijkheid.

Hoewel er in deze studie niet voor gekozen is, zou in (de uitsnede van) het statische model het effect van de doorgevoerde aanpassingen op distributie, vervoerwijzekeuze en routekeuze moeten worden bepaald, waarna mogelijk ook de conversie opnieuw zou moeten worden uitgevoerd.

Tenslotte is bij het dynamiseren van de matrices van 2010 een bredere spits toegepast dan in de huidige situatie, gedifferentieerd per categorie verkeerszones.

2.10.4 Problemen

Het oorspronkelijke statische Saturn-model was niet opgezet tbv. simulatieberekeningen en bevatte mede daardoor ter plaatse van de selecties een beperkt detailniveau. Bovendien waren bepaalde netwerkgegevens niet beschikbaar of niet geschikt om 1 op 1 te worden omgezet naar het dynamisch model, omdat deze in een statisch model niet relevant zijn (aantal en lengte opstelstroken, in- en uitvoegstroken, etc) of ten behoeve van de kalibratie zijn aangepast (snelheden en capaciteiten op wegvakken).

3 Koppeling micro-macro

3.1 Inleiding

Dit onderdeel beschrijft de koppeling tussen microscopische en macroscopische verkeersafwikkelingsmodellen. In onderliggende tekst wordt hiertoe eerst beknopt de beginselen van beide modeltypen beschreven.

Vervolgens worden richtlijnen met betrekking tot de werkwijze gegeven. Deze richtlijnen sluiten in beginsel aan bij de werkwijze beschreven in het procesdocument. Verschillen behelzen met name stap 3; deze stap is voor de micro-macro koppeling expliciet in dit document beschreven.

Belangrijke stappen die een onderdeel vormen van de werkwijze zijn de beslissing om al dan niet te kiezen voor een modelkoppel om de onderzoeksvraag te beantwoorden, richtlijnen voor het tot stand brengen van de koppeling (keuze kandidaat modellen, type koppeling, eisen aan data en datastromen, modelimplementatie, etc.). Ook worden een aantal statistische en verkeerskundige randvoorwaarden besproken die bij een micro-macro koppeling van belang zijn. Tot slot worden een tweetal cases besproken waarbij er sprake is van een micro-macro koppeling.

3.2 Koppeling microscopische en macroscopische modellen

Wanneer er binnen een project is besloten dat de onderzoeksvraag kan worden beantwoord met een verkeersafwikkelingsmodel, is het niet ondenkbaar dat er geen modellen beschikbaar zijn (of kunnen worden ontwikkeld) die voldoen aan de binnen de onderzoeksdoelstelling gestelde eisen. In sommige gevallen kan het koppelen van verschillende afwikkelingsmodellen, met name microscopische en macroscopische modellen, dan soelaas bieden. Bij een dergelijke koppeling dienen we echter de nodige omzichtigheid te betrachten. Deze notitie beoogt een leidraad te zijn voor het uitvoeren van studies waarbij sprake is van een koppeling tussen macroscopische en microscopische afwikkelingsmodellen door de volgende vragen te beantwoorden:

1. Wanneer is een koppeling tussen microscopische simulatiemodellen en macroscopische modellen noodzakelijk en gerechtvaardigd?
2. Welk type koppeling moet worden gemaakt? Is een fysieke (on-line) koppeling tussen modellen noodzakelijk?
3. Wat zijn de statistische en technische eisen die aan een koppeling worden gesteld? Zijn er voorschriften voor het dataformaat?

3.2.1 Microscopische verkeersafwikkelingsmodellen

Microscopische modellen beschrijven de karakteristieken van de verkeersdeelnemers en de verkeersstroom door op gedetailleerde wijze het tijd-weg gedrag van de bestuurder-voertuig combinaties te beschrijven. In veel gevallen liggen hieraan gedragshypothesen ten grondslag, waar van uit snelheidskeuze, volggedrag en strookwisselgedrag wordt beschreven. Binnen de microscopische simulatiemodellen zijn ook een groot aantal detailniveaus te onderscheiden. Sommige modellen zijn in feite black-box, en beogen slechts een beschrijving te geven van waargenomen gedrag. Andere zijn meer gestoeld op al dan niet gevalideerde gedragsprincipes (normatieve modellen). Veel modellen beschrijven de bestuurder-voertuig combinatie als één geheel, zonder expliciet de interactie tussen bestuurder en voertuig mee te nemen. Submicroscopische modellen, zoals PELOPS en SIMONE, maken dit onderscheid in beginsel wel; SIMONE beschrijft de interactie tussen de bestuurder en bestuurdersondersteunende systemen; PELOPS beschrijft op zeer

gedetailleerde wijze de interactie tussen de bestuurder en het voertuig (indrukken gaspedaal, schakelen, etc.).

3.2.2 Macroscopische modellen

De term *macroscopische verkeersmodel* is niet eenduidig gedefinieerd. Kenmerkend voor alle macroscopische modellen is dat geen onderscheid wordt gemaakt tussen de verschillende bestuurders, maar dat de verkeersstroom als zodanig wordt beschreven. *Macroscopische verkeersstroommodellen* beschrijven de verkeersstroom doorgaans als een continuüm, veelal door gebruik te maken van partiele differentiaalvergelijkingen vergelijkbaar met de modellen die in de fysica gebruikt worden voor het beschrijven van een vloeistof of een gas. De belangrijkste vergelijking is de wet van behoud van voertuigen, die de dynamica van de dichtheid ρ beschrijft als functie van de ruimtelijke veranderingen in de intensiteit q

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = r(t, x) - s(t, x)$$

Voor praktische toepassingen worden deze modellen gediscretiseerd, d.w.z. het beschouwde wegdeel dient te worden gepartitioneerd in een eindig aantal segmenten of *cellen* met lengte L^1 (zie Figuur 19). Dit geldt eveneens voor de tijddimensie (tijdstap T). Uiteindelijk wordt de dynamica van het verkeer beschreven door middel van differentievergelijkingen. Ter illustratie: de modelvergelijkingen die gebruikt worden door METANET zijn:

Voertuigbehoudswet:

$$\rho_i(k+1) = \rho_i(k) + \frac{T}{\lambda L} (q_{i-1}(k) - q_i(k))$$

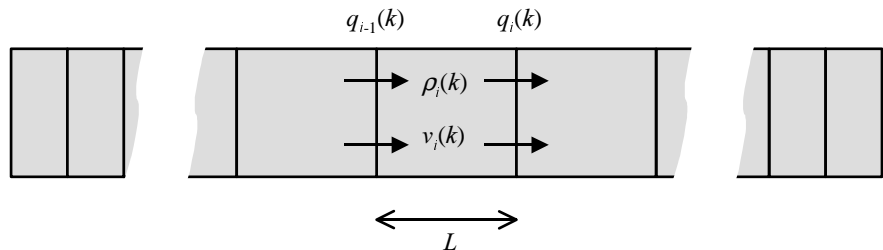
waar λ het aantal stroken op het betreffende wegdeel beschrijft en waar de (uitstroom-) intensiteit is gedefinieerd volgens

$$q_i(k) = \lambda \rho_i(k) v_i(k)$$

De dynamische vergelijking voor de snelheid

$$v_i(k+1) = v_i(k) + T \frac{V(\rho_i(k)) - v_i(k)}{\tau} + \frac{T}{L} v_i(k) (v_{i-1}(k) - v_i(k)) - \frac{vT(\rho_{i+1}(k) - \rho_i(k))}{\tau L(\rho_i(k) + \kappa)} \quad (4)$$

τ (*tau*), η (*nue*), κ (*kappa*) zijn globale parameters die door de gebruiker van METANET worden bepaald.



Figuur 19 Partitie van wegdeel in cellen met lengte L .

¹ De lengte van de cellen kan in beginsel per cel verschillen. Voor het gemak nemen we hier aan dat alle cellen dezelfde lengte hebben.

De meeste macroscopische stroommodellen maken geen onderscheid tussen rijstroken en voertuigklassen.

3.3 Overzicht werkwijze

Dit hoofdstuk beschrijft kort de verschillende relevante stappen bij het tot stand brengen van een koppeling tussen microscopische en macroscopische modellen. Hierbij is aansluiting gezocht bij het stappenplan zoals beschreven in het procesdocument. Met name stap 3 van de in het handboek beschreven werkwijze is niet direct toepasbaar indien er van een koppeling sprake is. In het vervolg van dit hoofdstuk is derhalve de aangepaste derde stap van de procedure beschreven. Figuur 20 geeft een overzicht.

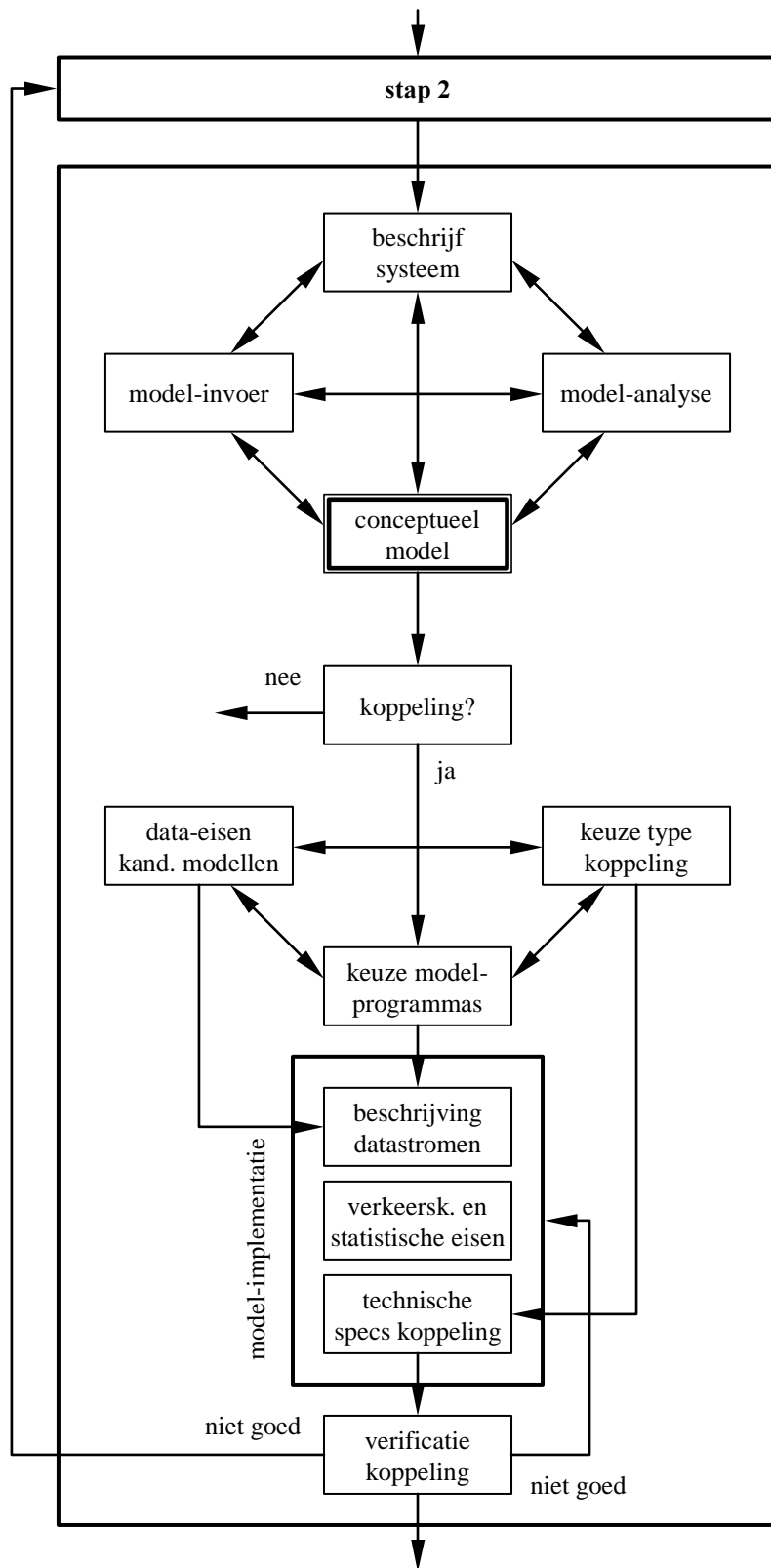
Stap 2:

- a. Beschrijven van het probleem, de doelstelling; het formuleren van randvoorwaarden, uitgangspunten en eisen, beschrijven van de context, etc. .

Stap 3:

- a. Beschrijven van het conceptueel model; opstellen van de verwachte en noodzakelijke uitvoer van de (gekoppelde) modellen, beschrijving van de beschikbare invoer.
- b. Identificatie van de noodzaak koppeling door matching conceptueel model en beschikbare modelprogramma's (hoofdstuk 3.4 van deze tekst); het maken van een voorlopige keuze van geschikte modelprogramma's (eerste schifting); het maken van een overzicht van de data-eisen van de kandidaat modelprogramma's (zie 3.5.1 en 3.5.2).
- c. Identificatie van het type koppeling (on-line / dynamisch of off-line / statisch; zie 3.5.3) en het specificeren van de datastromen per combinatie kandidaat modellen; identificatie van geschikte combinaties micro-macro modellen.
- d. Het maken van de definitieve keuze voor de toe te passen modelprogramma's op basis van 1) geschiktheid individuele modellen en 2) koppelingsmogelijkheden (zie 3.6); terugkoppeling naar stap (b).
- e. Na definitieve keuze modelprogramma's, per modelprogramma / voor modelkoppel (hoofdstuk 3.7):
 - Het opstellen van een gedetailleerde beschrijving van de datastromen tussen de modelprogramma's; het opstellen van een geschikte datastructuur (zie 3.7.1).
 - Het technisch uitwerken van de koppeling (hardware, software, architectuur zie 3.7.2).
 - Identificatie verkeerskundige / statistische aspecten koppeling (zie 3.7.1).
- f. Verificatie gekoppeld modelsysteem.

Stap 4-7 (zie handleiding GMP).

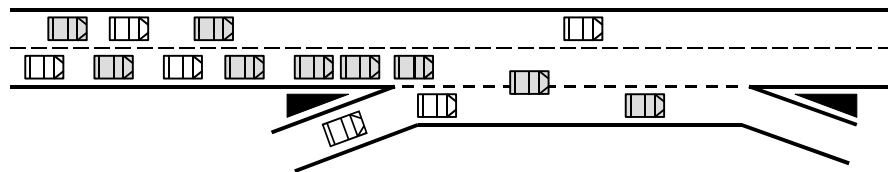


Figuur 20 Schema proces (stap 3 schema GMP)

3.4 Motivatie en identificatie noodzaak koppeling

Indien wordt verondersteld dat een modelstudie noodzakelijk is om een onderzoeksvraag te beantwoorden, kan het in bepaalde situaties voorkomen dat de beschikbare modellen niet in de modellerbehoefte voldoen. In deze gevallen zou een 'koppeling' tussen beschikbare modellen soelaas kunnen bieden. Inzake de hier beschreven koppeling microscopische en macroscopische verkeersafwikkelingsmodellen, geven de volgende situaties aanleiding tot een modelkoppeling:

1. Binnen de gegeven onderzoeksvraag is het van belang om dynamische netwerkeffecten in kaart te brengen, d.w.z. gevolgen van veranderingen in de capaciteit van een bottleneck als gevolg van een verandering in de karakteristieken van het gedrag van de bestuurder-voertuig combinatie, geometrie bottleneck, voertuigcompositie, dwarsdoorsnede, etc. Indien de vraagstelling geen 'netwerkeffecten' betreft, is een koppeling veelal niet aan de orde. Ondanks de ontwikkelingen op het gebied van hardware is microsimulatie nog steeds dermate rekenintensief dat de verkeersafwikkeling in grote netwerken niet met micromodellen kan worden voorspeld. Dit geldt met name voor microscopische en submicroscopische afwikkelingsmodellen waarin het bestuurdersgedrag en de voertuigkarakteristieken zeer gedetailleerd zijn beschreven. Bovendien zijn van tal van microsimulatiemodellen geen netwerkmodellen beschikbaar (denk aan FOSIM, SIMONE, MIXIC, PELOPS). Derhalve ligt het voor de hand om de verschillende modeltypen te koppelen en slechts die processen microscopisch te beschrijven, waarvan verwacht wordt dat individueel gedrag van bestuurders en de hieruit volgende microscopische aspecten een belangrijke rol speelt. Op niet-kritische delen van het netwerk wordt een macroscopische aanpak gekozen.
2. Indien er sprake is van netwerkeffecten, is de noodzaak tot het maken van een koppeling sterk afhankelijk van de kennis die bestaat aangaande lokale effecten. Zijn er binnen de gestelde onderzoeksvraag processen relevant welke slechts met microscopische verkeerssimulatie kunnen worden beschreven en voorspeld en waar macroscopische verkeersstroomodellen derhalve niet volstaan (bijvoorbeeld omdat laatstgenoemde geen onderscheid maken tussen rijstroken en verschillende type bestuurders en voertuigen)? Voorbeelden zijn ondergenoemde situaties
 - Er zijn gebieden in het netwerk waar het strookwisselgedrag, dan wel het strookgebruik van voertuigen met een bepaalde bestemming een grote invloed heeft op macroscopische grootheden (capaciteit) waar geen empirische gegevens voor beschikbaar zijn.



Figuur 21 Situatie waarin capaciteit voldoende is om de verkeersvraag (per bestemming, i.e. voor de uitvoegende en doorgaande verkeersstroom) te verwerken, maar 'inefficiënt gebruik' van de rijstroken (a.g.v. voorsorteren) leidt tot congestie.

- Systemen die het individuele rijgedrag van de bestuurders beïnvloeden (zoals bestuurdersondersteunende systemen, zoals *Autonomous Cruise Control* en *Intelligent Speed Adaptation*, maar ook systemen als ABS of remondersteuning).

-
- Samenstelling van de voertuigstroom een belangrijke rol speelt bij microscopische processen / rijstrookgebruik.
3. Betreft vraagstelling gedrag individuele bestuurder? Macromodellen beschrijven het verkeer in overeenstemming met de karakteristieken van een vloeistof en kijken - enkele uitzonderingen daargelaten - niet naar individuele bestuurders en hun gedrag. Voor sommige vraagstellingen is juist dit individuele gedrag (of veranderingen in dit gedrag) van groot belang voor het onderzoeken van effecten.
 4. Zijn voldoende gegevens beschikbaar voor modelleren op macro (capaciteiten, relatie snelheid – dichtheid), micro (volggedrag, strookwisselgedrag, gedrag bij discontinuïteiten) aanwezig? *Met andere woorden, datgene dat je beschrijven wilt moet in het model zitten (voorbeeld: rijgedrag bij versmald dwarsprofiel, b.v. plusstroken, effect ADA systeem op capaciteit).*

Een koppeling maakt het mogelijk op een minder rekenintensieve wijze (vergelijkbaar met die van zuiver macroscopische modellen) grote wegennetten te modelleren. *NOTA BENE:* ook de koppeling tussen *high-end* en *low-end* modellen zijn mogelijk een oplossing voor het eerder beschreven probleem (koppeling CA model en gedetailleerd micromodel).

Tot slot merken we het belang van de synchronisatie van het detailniveau van de afzonderlijke modellen en de beschikbare modelgegevens op. Het heeft geen zin om bij een grove prognose voor het jaar 2020 veel waarde te hechten aan microscopische ex-ante resultaten. Derhalve zijn dergelijke modelstudies alleen relevant voor studies met een focus op korte of middellange termijn. Kortom: er moet een balans zijn tussen de nauwkeurigheid van het gebruikte model en de overige (relevante) processen en de vraagstelling. Derhalve wordt met name gedacht aan de volgende toepassingen:

1. effecten ITS maatregelen / beheersing
2. effecten ontwerp (vormgeving, geometrie) op verkeersafwikkeling netwerk

3.5 Werkwijze

Deze sectie beschrijft de werkwijze die is gevolgd bij het tot stand brengen van de koppeling tussen micro- en macromodellen. In beginsel kunnen we onderscheid maken tussen de volgende samenhangende fasen (zie procesdocument Functioneel Kader modelstelsel):

- Keuze kandidaat modellen en uiteindelijke keuze modelkoppel.
- Beschrijving data eisen modellen.
- Identificatie type koppeling.

De uiteindelijke keuze voor de gebruikte modellen zal op iteratieve wijze tot stand komen. Uiteindelijk zal de onderzoeker de modellen en de noodzakelijke koppeling kiezen en specificeren. Vervolgens dient de onderzoeker de statistische en dynamische datastromen tussen het micro- en macromodel in kaart te brengen en dient de datastructuur vastgesteld te worden. Ook gelden er tal van technische, statistische en verkeerskundige randvoorwaarden waaraan de koppeling moet voldoen.

3.5.1 Keuze kandidaat modellen

In deze fase worden verzamelingen modellen geïdentificeerd die in beginsel de onderzoeksvraag beantwoorden. Om tot een initiële keuze te komen, zal de onderzoeker primair naar de functionaliteit van de modellen kijken en zich afvragen of het simultaan inzetten van twee (of meer) macromodellen de onderzoeksvraag in beginsel kan beantwoorden.

De resultante van deze fase bestaat uit een lijst met modelcombinaties, waaruit in een latere fase een uiteindelijk modelkoppel zal worden gekozen.

3.5.2 Beschrijving data eisen modellen

Voor alle modellen die zijn geïdentificeerd wordt een overzicht gemaakt van de benodigde statische en dynamische in- en uitvoer. Uitgaande hiervan wordt besloten of de voorgestelde modelkoppels haalbaar zijn, dan wel wordt een inschatting gemaakt van de inspanning om de koppeling te bewerkstelligen. Het resultaat van deze fase bestaat uit een lijst met mogelijke modelkoppels en een indicatie van de benodigde inspanning om de gegevensuitwisseling tussen de modellen mogelijk te maken.

3.5.3 Type koppeling

In beginsel kunnen twee typen koppeling worden onderscheiden:

1. On-line / dynamische koppeling micro- en macroscopische modellen (Lerner e.a.,1998).
2. Off-line / statische micro- en macroscopische modellen (Yannis e.a.,2001), (Transpute,1996).

De motivatie om voor één van deze koppelingen te kiezen wordt bepaald door de vraag of er sprake is van *datastromen in één of in twee richtingen*. Met andere woorden, is er sprake van een feedback mechanisme (op willekeurig niveau) tussen het microscopische en macroscopische model? Of is er geen sprake van een dergelijk mechanisme, of kan het verwaarlozen van indirecte effecten worden gerechtvaardigd, bijvoorbeeld omdat met slechts geïnteresseerd is in korte-termijn veranderingen.

Het is belangrijk dat de onderzoeker een goede afweging maakt bij deze beslissing, daar in beginsel vrijwel altijd sprake zal zijn van een terugkoppeling: veranderingen in de afwikkeling op lokaal / bottleneck niveau, die leiden tot netwerkeffecten (verandering ernst en duur congestie, terugslag congestie, etc.), leiden veelal tot veranderingen in routekeuze, vertrektijdkeuze. In beginsel beïnvloeden dergelijke keuzeprocessen ook de microscopische kenmerken, zoals voertuigcompositie en daarmee de capaciteit zoals door een microscopisch model is voorspeld.

On-line koppeling

In het eerste geval zullen beide modellen met de juiste hard- en software aan elkaar worden gekoppeld en simultaan worden toegepast. In beginsel moeten twee verschillende koppelingen worden gefaciliteerd: van macro naar micro en van micro naar macro; zie Figuur 22. Dit stelt eisen aan onder andere:

1. Technische specificatie hardware architectuur / communicatie;
2. Specificatie communicatie protocol / dataformaat
3. Verkeerskundige aspecten conversie van micro naar macro en andersom.

Off-line koppeling

In het ADVISORS (Yannis e.a.,2001) project is uitvoer van verschillende microscopische simulatiemodellen (SIMONE, HUTSIM, SYSTM) gebruikt als invoer voor SATURN (capaciteiten en 'saturation flows' bij verschillende ADAS penetratieniveaus); in het project 'Vrachtwagenstrook' (Transpute,1996) zijn capaciteitsschattingen gemaakt FOSIM in een wachttijdmodel van Transpute gestopt.

3.6 Keuze modelkoppel

De uiteindelijke keuze voor een modelkoppel komt tot stand op basis van een aantal criteria, met name de inspanning die nodig is om de modellen te

koppelen, de mate waarin inzet van een modelkoppel de onderzoeksvraag beantwoord.

3.7 Modelimplementatie

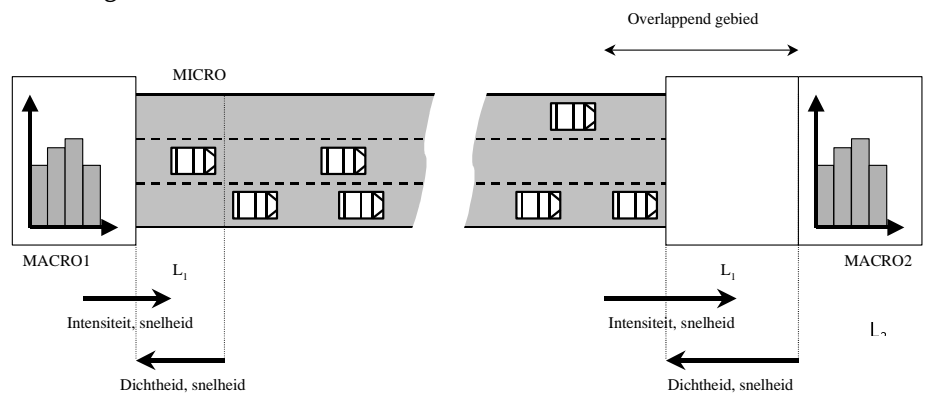
In deze fase zijn de volgende zaken relevant:

- Beschrijving van de datastromen tussen de modellen.
- Verkeerskundige en statistische randvoorwaarden en eisen.
- Technische specificatie modelkoppeling.

3.7.1 Datastromen, verkeerskundige en statistische randvoorwaarden

De verkeerskundige aspecten van de koppeling behelzen onder andere de volgende zaken:

1. Hoe kunnen de microscopische gegevens uit de macroscopische gegevens worden gedissaggreerd? Ofwel: hoe kan uit de macro-uitvoer de correcte micro-invoer worden gegenereerd (voertuiggeneratie).
2. Hoe wordt de koppeling op verkeerskundig correcte wijze bewerkstelligd? Hoe wordt bijvoorbeeld op correcte wijze zorggedragen voor congestie die terugslaat van het macromodel naar het micromodel.



Figuur 22 Koppeling macroscopisch model en microscopisch model (uit Lerner e.a., 1998); L_1 en L_2 beschrijven respectievelijk de lengte van de cellen gebruikt in de macroscopische modellen stroomopwaarts en stroomafwaarts van het microscopische model.

De koppeling MACRO1 \rightarrow MICRO behelst enerzijds het berekenen van de microscopische voertuiggegevens uit de macroscopische gegevens van het macromodel (bestaande uit het aantal voertuigen $q_1(k)T$ dat het 'microgebied' binnenstroomt en hun gemiddelde snelheid $v_1(k)$ voor de periode $[t_k, t_{k+1})$, waar $t_k = kT$). Deze gegevens worden derhalve *gedisaggreerd* en wel zodanig dat de statische eigenschappen van de microgegevens overeenkomen met de macrogegevens.

De resterende 'vrijheidsgraden' worden *zodanig gekozen dat een realistisch microscopische gedrag resulteert*, bijvoorbeeld ten aanzien van de (Lerner e.a., 1998):

- Verdeling van het verkeer over de rijstroken,
- Volgtijden en *time-to-collisions*
- Fluctuaties in de snelheden, en
- Autocorrelatie tussen de opvolgende snelheidswaarnemingen.

Met name de autocorrelatie blijkt in praktijk tot problemen te leiden; Kates en Poschinger (1999) beschrijven een bruikbare methode.

Anderzijds, beïnvloeden de microsimulatiresultaten de uitkomsten van het macroscopische model, via de gemiddelde snelheden en dichtheid in de eerste cel stroomopwaarts van het macromodel; zie Figuur 22.

De koppeling MICRO → MACRO2 wordt bewerkstelligd door het invoeren van een virtueel segment in het macromodel, dat overlapt met het microscopische model. De snelheid en de intensiteit in dit segment worden berekend door de microscopische gegevens te aggregeren.

De koppeling van verkeersstroommodellen is niet evident omdat de 'informatiestroom' zowel stroomafwaarts als stroomopwaarts kan plaatsvinden. Beschouw bijvoorbeeld de koppeling MICRO → MACRO. Indien de snelheid laag is, stroomt niet alleen informatie van het micromodel naar het macromodel, maar beïnvloeden de stroomafwaartse verkeerscondities ook het micromodel. Hiertoe is het bovengenoemde overlapgebied gedefinieerd. Het macroscopische model wordt hierbij als voorspeller voor de verkeerscondities gebruikt. Voorbeeld: indien in het macromodel de resultaten voor tijdstap $k-1$ zijn berekend, dan veronderstellen we dat deze resultaten van toepassing zijn op de komende 10 micro-tijdstappen m , waar we veronderstellen dat $T_{macro}/T_{micro} = 10$. Voor de berekening van tijdstap m in het micromodel zijn de microresultaten voor tijdstap $m-1$ en de macroresultaten voor tijdstap $k-1$ noodzakelijk. Wanneer de volgende 10 microtijdstappen zijn verstreken, kan macrotijdstap k worden berekend. Tegelijkertijd worden de microsimulatiresultaten voor een bepaalde tijdsperiode geaggregeerd en voor de opvolgende periode als invoer voor het stroomafwaarts gelegen macromodel gebruikt.

Tot slot dienen we op te merken dat het bij veel microsimulatiemodellen belangrijk is dat de gebruiker voldoende *instelafstand* betracht. Dit betekent dat er een ruime afstand moet zijn tussen de bottleneck en de locatie waar voertuigen worden gegenereerd, zodat het verkeer zich kan instellen. Afhankelijk van het gebruikte voertuiggeneratieproces kan deze instelafstand één tot twee kilometer behelzen (Vermijs, 1992). Een vergelijkbare opmerking van kan worden gemaakt aangaande de insteltijd. Instelafstand en -tijd worden bekort door een realistisch voertuiggeneratiemodel te gebruiken, dat nauw aansluit bij het microsimulatiemodel. Met name bij on-line toepassingen is dit van groot belang om ongewenste en niet realistische effecten te voorkomen.

3.7.2 Technische aspecten koppeling

De technische aspecten van de koppeling behelzen het vastleggen van een datastructuur en een hardware architectuur. In geval van een off-line koppeling speelt de hardware architectuur meestal geen rol.

Voorbeeld (Lerner e.a., 1998). Bij de koppeling tussen PELOPS en SIMONE is gekozen voor een *client-server systeem*. De verschillende modellen (MICRO, MACRO1, MACRO2) zijn afzonderlijke clients die communiceren met een server. De server controleert de communicatie tussen de modellen. De server verzorgt bovendien het omzetten van de gegevens naar formaten die voor de verschillende processen bruikbaar zijn.

3.8 Resultaten en evaluatie

Lerner e.a. (1996) passen de ontwikkelde methodiek toe op het macroscopische model SIMONE en het (sub-)micromodel PELOPS, met name om de effecten van bestuurdersondersteunende systemen te evalueren; ook wordt het verschaffen van verkeersinformatie – een toepassing die typisch op netwerkschaal moet worden beschouwd – onderzocht. De geschetste

voorzichten voor het gekoppelde model zijn goed. Vervolgonderzoek richt zich met name op toepassingen.

Deze laatste paragrafen beschrijven een drietal case-studies waarbij sprake is van een koppeling tussen microscopische en macroscopische verkeersafwikkelingsmodellen.

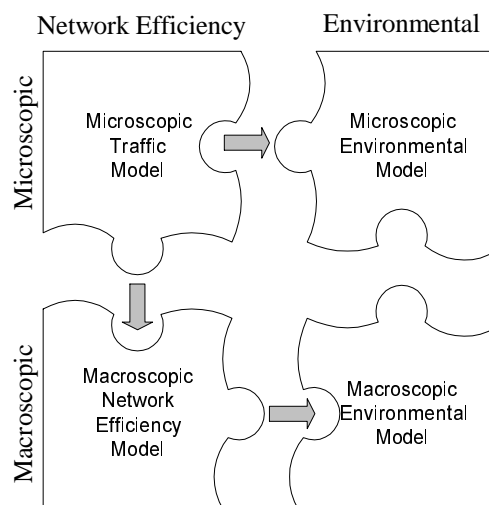
3.9 Case 1: ADVISORS

3.9.1 Doelstelling project

Het Europese project ADVISORS (*Road network efficiency and environmental impact assessment of Advanced Driver Assistance Systems*) beoogt zowel een generieke methodologie voor het ex-ante studies, als een organisatorisch / juridisch kader te ontwikkelen ter stimulering van de invoering van bestuurdersondersteunende systemen (ADAS). Deze case beschrijft een onderdeel van het project: het ontwikkelen van een methodologie voor het bestuderen van het effect van ADAS op de efficiency en het milieu, op lokale schaal en voor een heel netwerk (Yannis e.a.,2001).

3.9.2 Methodologie

Om tot betrouwbare en accurate uitspraken te komen aangaande de verkeersafwikkeling en de hieraan gerelateerde effecten van ADAS is een methodologie ontwikkeld die verschillende analyseniveaus combineert: microsimulatiemodellen worden gebruikt om de effecten op microscopische / lokaal niveau te bestuderen. De resultaten worden vervolgens gebruikt als invoer voor verschillende macroscopische modellen om de effecten van ADAS op netwerk niveau te bestuderen.



Figuur 23 Overzicht methodologie

Figuur 23 geeft een overzicht van de binnen ADVISORS gevolgde methodologie. De uitvoer van een microscopisch simulatiemodel, waaronder capaciteiten van knelpunten en snelheidsprofielen, worden gebruikt door milieueffectenmodellen (MEM's). Een microscopisch MEM berekent de emissies en het brandstofverbruik per voertuig. Een macroscopische verkeerssimulatiemodel bepaalt informatie betreffende de gemiddelde snelheid voor iedere link en voor het hele netwerk; een macroscopisch MEM berekent de emissies en de veranderingen in de samenstelling van de emissies per link en voor het hele netwerk.

De effecten van ADAS worden bepaald door voor- en nasituaties te vergelijken (ceteris paribus). De te evalueren systemen zijn met name gekozen op grond van een studie naar het potentieel van verschillende ADAS (ten aanzien van effecten, afzetmarkt, realisatiekans).

Om de koppeling tussen de modellen te faciliteren, is in de beginfase van het project een inventarisatie gemaakt van de in- en uitvoer van de in te zetten modellen door het invullen van inventarisatielijsten. Op basis van deze lijsten kon worden bepaald of er al dan niet aanpassingen aan met name de uitvoer van de modellen noodzakelijk waren. Bovendien zijn de te beschouwen situaties vastgelegd (met name de technische specificatie van de bestuurdersondersteunende systemen, de penetratiegraad, etc.). Er was sprake van een off-line informatiestroom tussen de modellen.

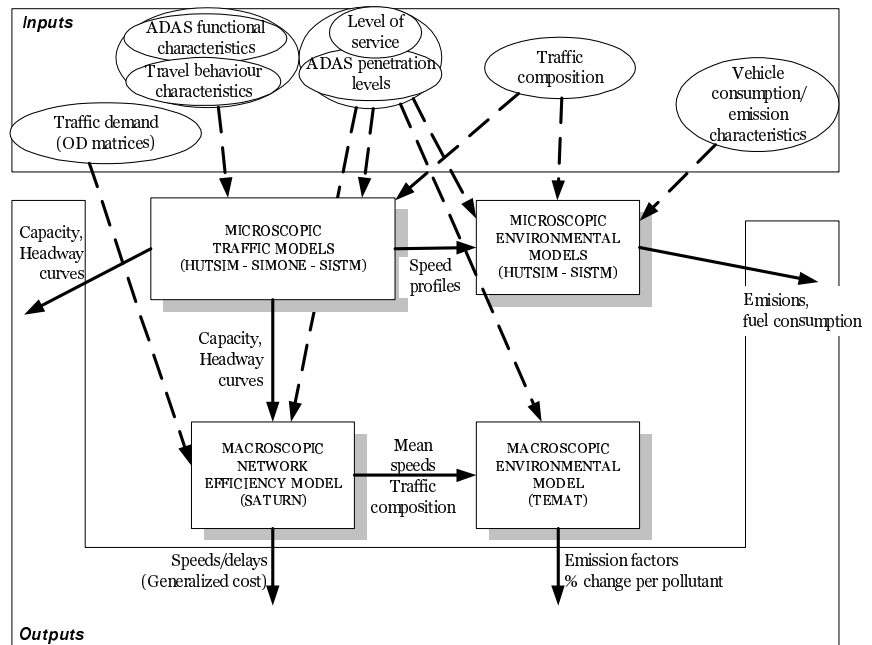
3.9.3 Gebruikte modellen

Binnen het ADVISORS project zijn drie microsimulatiemodellen gebruikt: SIMONE (Minderhoud,1999), SISTM (Stevens e.a.,2001) en HUTSIM (Kosonen,1999). Het macroscopische netwerkmodel SATURN (Hall e.a.,1980) gebruikt de resultaten van de microsimulatiemodellen om de gevoeligheid van de effecten op de afwikkeling van ADAS bepaald door de microsimulatiemodellen op netwerkniveau te bepalen. Binnen SISTM en HUTSIM worden op microscopisch niveau de milieueffecten berekend; op macroscopische schaal gebeurt dit met het model TEMAT (Meet,1999).

3.9.4 Informatiestromen tussen de modellen

De gevolgde methode bestaat uit een complexe wisselwerking tussen verschillende simulatiemodellen die invoer en uitvoer delen en uitwisselen. Hiertoe zijn gemeenschappelijke invoer en uitvoer bepaald, opdat de uitwisseling tussen de modellen betekenisvol en zo direct mogelijk zijn, de wisselwerking maximaal wordt benut en zo min mogelijk tijd wordt verloren door overdracht en aanpassing van data.

Om een naadloze informatiestroom te garanderen, zijn de invoer en de uitvoer gebaseerd op vooraf gedefinieerde formats. Dit is reeds in de startfase van het project gerealiseerd. Figuur 24 geeft een overzicht van de gevolgde methodologie, met daarin de invoer, uitvoer en interfaces tussen de modellen.



Figuur 24 Dataflows tussen modellen

De invoer van de microsимулатiemodellen en microscopische MEM's bestaat uit de verschillende parameters die het rijgedrag van de automobilisten bepalen (snelheidskeuze, volgedrag, strookwisselgedrag), de voertuigkarakteristieken (maximale acceleratie en deceleratie, etc.).

De uitvoer van de microsimulationmodellen bestaat onder andere uit capaciteiten en volgtijdverdelingen voor verschillende ADAS penetratiegraden en type knelpunten. Deze dienen vervolgens weer als invoer voor het macroscopische simulationmodel, die de dynamica binnen een groot stedelijk netwerk (met name Athene, Griekenland) simuleert met als doel het bepalen van de verandering in de congestieniveaus, voertuigverliesuren, etc.

De microscopische en macroscopische MEM's gebruiken respectievelijke de uitvoer van de microscopische en macroscopische verkeersmodellen voor het bepalen van emissies en brandstofverbruik.

3.9.5 Leerpunten

In het hier beschreven ADVISORS deelproject is de koppeling tussen de microscopische en macroscopische modellen zonder veel problemen verlopen. Gedurende het project is het belang van een goede afstemming van de invoer en uitvoer van de verschillende modellen gebleken. Hierbij dient opgemerkt te worden dat behalve de datastructuur, een gedetailleerde beschrijving van de te bestuderen cases van groot belang is. De procesgang van ADVISORS beschouwende, kan worden geconcludeerd dat met name de weg- en verkeerssituaties niet voldoende nauwkeurig zijn vastgelegd: de SIMONE modelstudie richtte zich met name op bottlenecks, terwijl de SISTM studie primair gericht was op homogene weggedeelten. De vergelijkbaarheid van de modellen en de modelresultaten is mede hierdoor beperkt.

Bovengenoemd probleem doet zich in zekere mate ook voor bij de te gebruiken methodologie voor het bepalen van de uitvoer: hoe wordt de gemiddelde snelheid bepaald? Hoe is de capaciteit gedefinieerd en hoe wordt deze geschat? Samenvattend zijn de volgende zaken van belang gebleken:

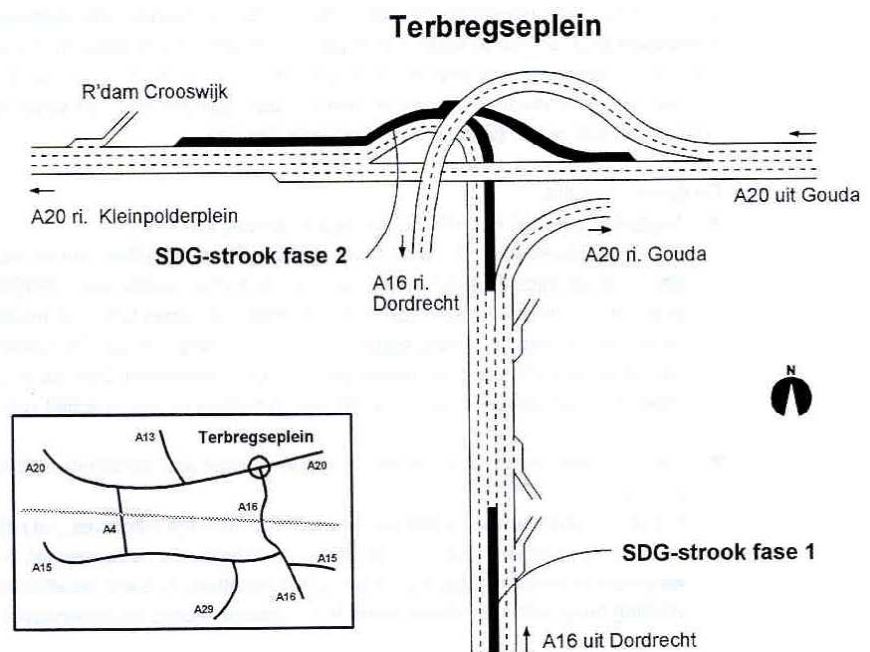
- Coördinatie procesgang en rol projectmanager, met name indien sprake is van de inzet van verschillende modellen.

- Verkrijgen van inzicht in de invoer en uitvoer van de in te zetten modellen, voorafgaand aan de simulatiestudies
- Vooraf vastleggen van datastructuren.
- Gedetailleerde beschrijven van de te simuleren situaties (weg- en verkeerssituatie, geometrie, etc.)
- Definitie in- en uitvoergrootheden en specificatie van meetmethodes en schattingsprocedures.

3.10 Case 2: Vrachstroken ruit Rotterdam

3.10.1 Introductie

De vrachstroken op de ruit van Rotterdam hebben tot doel het economisch belangrijke vrachtverkeer niet te laten lijden onder het minder noodzakelijk geachte woon-werkverkeer per auto. Hiermee wordt het vrachtverkeer, van groot economisch belang voor de Mainport Rotterdam, met minder reistijdverlies geconfronteerd dan het overige verkeer.



Figuur 25 Schematisatie Tebregseplein.

Het project betrof het aanleggen van een 3,3 km lange, fysiek gescheiden, vrachstrook langs de verbindingssbaan die loopt van de A16 naar de A20. De strook wordt ingezet aan het einde van het weefvak op de A16 en eindigt 1,5 km voor de invoeging Crooswijk. Ideaal gezien zou het wenselijk zijn de vrachstrook na het knelpunt (invoeging Crooswijk) te beëindigen, maar dit is praktisch niet uitvoerbaar vanwege de lokale situatie (verhoogde ligging op viaduct en ruimtegebrek). Ook op de noordbaan van de A20 wordt een vrachstrook over een lengte van 700 m aangelegd, welke begint na de verbindingsweg naar de A16. Deze vrachstrook zal daarna invoegen op de vrachstrook komende van de A16. Daarnaast wordt tegelijkertijd de samenvoeging van de A20 en de A16 gereconstrueerd met als doel een betere verkeerafwikkeling en een hogere verkeersveiligheid. Hiertoe wordt de huidige

taper-samenvoeging vervangen door een samenvoeging met 2x2 rijstroken, waarna de linker rijstrook op de hoofdrijbaan afvalt.

3.10.2 Doelstelling project

Het onderzoek tracht de volgende vragen te beantwoorden:

1. Welke wijziging treedt op in de capaciteit van het beschouwde wegvak bij de overgang van de bestaande op de nieuwe situatie, incl. het effect van de TDI bij Crooswijk?
2. Welke effecten heeft deze capaciteitswijziging op de A20 noordbaan en de A16 oostbaan?
3. Zijn er aanvullende maatregelen, naast het plaatsen van een TDI bij Crooswijk, waarmee de capaciteit van de A20 of de effectiviteit van de vrachstroken verbeterd kan worden?

3.10.3 Methodologie

Er is besloten de onderzoeksvragen in 2 deelstudies te beantwoorden, te weten een microsimulatie en een macrosimulatie. De micro simulatie voor de beantwoording van vraag 1 en de macro simulatie voor de beantwoording van vraag 2. Daarnaast zijn de aanvullende maatregelen met beide modellen doorgerekend als extra variant.

3.10.4 Gebruikte modellen

De micro simulatie is uitgevoerd met het model FOSIM (Vermijs,1992). Dit model is ontwikkeld om de capaciteitseffecten van vormgevingsoplossingen op autosnelwegen te bepalen. De macro simulatie is uitgevoerd met het wachttijdenmodel en file-module (Transpute,1994). Dit model is ontwikkeld om netwerkeffecten in congestiesituaties op het hoofdwegenet te bepalen.

3.10.5 Informatiestromen tussen de modellen

Door middel van micro simulatie is de capaciteit van de nieuwe vormgevingsoplossing bepaald. Deze capaciteitswaarde is vervolgens als invoer gebruikt bij de macro simulatie. De netwerkeffecten zijn vervolgens uitgedrukt in voertuigverliesuren per voertuigcategorie en verliestijden in minuten per categorie. Verder is het aandeel vermijdbare congestie weergegeven als gevolg van blokkades in het knooppunt.

3.10.6 Leerpunten

De toegepaste type koppeling mico-macro (off-line) heeft modelmatig geen problemen opgeleverd. De aanpak heeft geleid tot een bruikbaar resultaat. Per variant is de winst voor het vrachtverkeer uitgezet tegen het verlies voor het overig verkeer. De modelstudie heeft geleid tot meer inzicht in de werking van het knelpunt na de voorgenomen reconstructie. Door de toerit Crooswijk van een TDI te voorzien, om daarmee de toeritintensiteit te beperken, bleek het mogelijk de geringe capaciteitsreductie als gevolg van de vrachstroom om te buigen naar een geringe capaciteitstoename. Verder bleek een alternatieve vormgeving voor het weggedeelte Crooswijk-Rotterdam Centrum in de vorm van een 3+1 weefvak zeer effectief. Vanwege de kosten is deze laatste oplossing niet gerealiseerd. Ook is er geen evaluatie uitgevoerd om het voorspelde effect daadwerkelijk te meten en de resultaten van de modelstudie te toetsen.

3.11 Case 3: Smalle rijstroken

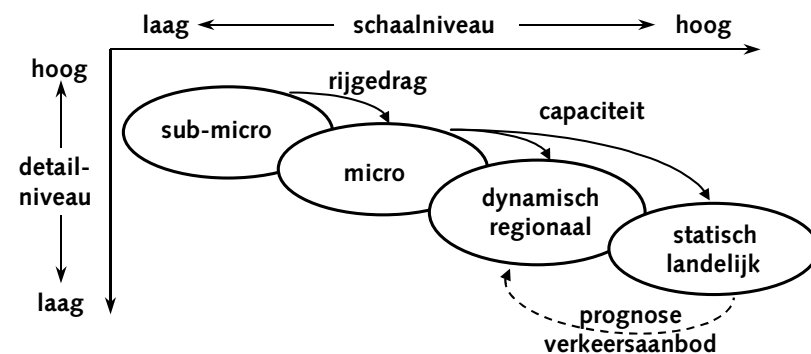
3.11.1 Doelstelling project

Bij de herziening van de richtlijnen voor het ontwerpen van autosnelwegen (ROA) is discussie ontstaan over de vraag of het wegontwerp ook soberder (en daarmee goedkoper) uitgevoerd kan worden dan aangegeven in de huidige ROA en wat de consequenties zijn van een dergelijk ontwerp. Het doel van het project BkA (basiskwaliteit autosnelwegen) is het verkrijgen van een indicatie van de effecten van een groot aantal aspecten op wegvak- en netwerkniveau bij het toepassen van versmalde dwarsprofielen. Voor de modelstudie(s) zijn de volgende aspecten van belang:

- het effect op de verkeersafwikkeling;
- het effect op de verkeersveiligheid;
- het effect op het milieu.

3.11.2 Methodologie

In theorie zou de onderzoekslijn eruit zien zoals weergegeven in figuur X. Op sub-micro niveau wordt kennis over het bestuurdersgedrag op versmalde dwarsprofielen vergaard. Dit rijgedrag wordt 'vertaald' in een microscopisch simulatiemodel. Hiermee wordt vervolgens het effect op de verkeersafwikkeling, de verkeersveiligheid en het milieu op wegvakniveau bepaald. In een netwerkmodel kan vervolgens op regionaal en op landelijk niveau de effecten bepaald worden. Hiervoor geldt de capaciteit van een wegvak (=output micro model) als input. Voor het regionale model wordt het verkeeraanbod van de regio gegenereerd door het landelijke statische model.



Figuur 26 Theoretische ex-ante onderzoekslijn smalle rijstroken

In het project BkA is door tijdgebrek en een te grote kennislacune echter een andere, meer pragmatische, aanpak gekozen. Er is op sub-micro niveau onderzoek gedaan naar met name verkeersveiligheidsaspecten. Op micro niveau is een laterale module binnen een bestaand micro simulatiemodel ontwikkeld voor smalle rijstroken. Deze research module moet echter in een volgende fase nog gekalibreerd worden op basis van de rijsimulator experimenten. De regionale en landelijke studies zijn uitgevoerd op basis van door experts geschatte capaciteiten van versmalde rijstroken.

3.11.3 Gebruikte modellen

Voor het onderdeel sub-micro is de rijsimulator van TNO-TM gebruikt. Op micro niveau is binnen het microscopische simulatiemodel FOSIM de versie capsmaal ontwikkeld. De regionale netwerkstudie naar de effecten op de verkeersafwikkeling is uitgevoerd met het microscopisch simulatiemodel INTEGRATION. De uitvoer van INTEGRATION is vervolgens gebruikt als invoer voor de modellen SILENCE (geluidscontouren), ARLI (verkeersveiligheid) en de

milieumodule van TNO-Inro (brandstofverbruik, uitstoot). De landelijke netwerkstudie is uitgevoerd met het LMS.

3.11.4 Informatiestromen tussen de modellen

Tussen de rijnsimulator en FOSIM worden gegevens over het individuele rijgedrag (= inhaalgedrag, koershoudgedrag, volgggedrag) uitgewisseld. Met deze kennis kan het model gekalibreerd worden. De belangrijkste uitvoer van FOSIM is de capaciteit. Omdat het model nog niet gekalibreerd is, is de capaciteit middels een expert opinion bepaald. De capaciteit geldt als invoer voor de netwerkmodellen. Waar en hoe versmalde profiele en toe te passen is een ontwerpkeuze. Voor de regionale, dynamische netwerkstudie is het verkeersaanbod afkomstig uit de statische, landelijke modelrun.

3.11.5 Leerpunten

Aangezien de studie nog loopt is er nog geen evaluatie beschikbaar. In ieder geval sluit een onderzoeksopzet met een lange tijdshorizon niet goed aan op de korte termijn advisering richting beleid. Hierdoor worden andere keuzes gemaakt. Gebleken is dat de problematiek van smalle rijstroken niet eerder onderzocht is en daardoor lastig te modelleren is. De uitkomsten hangen sterk af van de in de deelstudies gehanteerde uitgangspunten en aannamen. Deze kunnen ten dele getoetst worden bij de in 2003 geplande veldmeting (pilot FBI, flexibele rijbaanindeling)

4 Referenties

AVV, Leidraad modelstudies verkeersbeheersingsmaatregelen versie 2, 1999. Contactpersoon Avv H. Schuurman.

Hall, M. D., Van Vliet, D., and Willumsen, L. G. (1980). SATURN – A simulation-assignment model for the evaluation of traffic management schemes, *Traffic Engineering and Control*, 21, pp168-176.

Kates, R. and A. Poschinger (1999). Investigation of a Stochastic Dissagregation Model. Unpublished paper.

Kosonen, I. (1999). HUTSIM – Urban traffic simulation and control model: principles and applications. Helsinki University of Technology Transportation Engineering Publication 100, Helsinki University of Technology, Finland.

Lerner-G; Hochstaedter-A, Meier-J, Poschinger-A, (1998). Kopplung Von Verkehrsflussmodellen Unterschiedlichen Detaillierungsgrades - Realisierung Und Anwendungen. Aachener Kolloquium Fahrzeug- Und Motorentchnik, 5.-7. Oktober 1998. 1998. Pp629-45 (8 Refs.).

MEET (1999). Methodology for calculating transport emissions and energy consumption. Transport research, Fourth Framework Programme, Strategic Research, DG VII, ISBN 92-828-6785-4.

Minderhoud, M., and P.H.L. Bovy (1999). Modelling Driver Behavior on Motorways – Description of the SIMONE model. Report VK22206.302, Delft University of Technology, Transportation and Traffic Engineering Section.

Stevens, A., and Hardman, E (2001). Microscopic traffic and environmental modelling using SISTM. ADVISORS Task 4.5 Internal Report TRL_4_5_2.

TRANSPUTE (1994). Het probleemoplossend vermogen van verkeersbeheersing, Transpute in opdracht van AVV, 1994

TRANSPUTE (1996). Prognose Verkeersafwikkeling Terbregseplein; effecten van het project vrachstroken A20 en A16 – 2^e fase op de verkeersafwikkeling, eindrapport, Transpute en TU-Delft in opdracht van Rijkswaterstaat Directie Zuid Holland, 1996

Vermijs, R.G.M.M. (1992) Het microscopisch simulatiemodel FOSIM, beschrijving van het computerprogramma, rapportnr. VK2205.306A, TU-Delft, 1992

Yannis, G., J. Golias, , C. Antoniou, S. Pelantakis, A. Stevens, E. Hardman, C. Cuypers, R. Dieleman, H. Bruneel, M. van Poppel, S. Hoogendoorn, M. Minderhoud, M. Penttinen, V. Antilla, and J. Niittymäki (2001). Road network efficiency and environmental impact *assessment*. Deliverable D1/4.5

ADVISORS - Competitive And Sustainable Growth Programme.

Projectleden:

PLATOS modelstelsel, Functioneel Kader

Wim van der Hoeven (DHV)

Willem-Jan Knibbe (AVV)

Henk Taale (AVV)

Bert van Velzen (Grontmij)

PLATOS modelstelsel, koppeling statisch-dynamisch

Michael van Egeraat (AVV)

Tjeu Giessen (DHV)

Marcel Schoemakers (Goudappel Coffeng)

Marco Schreuder (AVV)

PLATOS modelstelsel, koppeling micro-macro

Serge Hoogendoorn (TU-Delft)

Henk Schuurman (AVV)

Raymond Vermijs (RWS-DON),