

**TNO-rapport**

**TNO-060-DTM-2012-01993A**

**Audit LMS en NRM  
Syntheserapport**

Datum	29 juni 2012
Auteur(s)	Lóri Tavasszy, Maaïke Snelder, Marco Duijnsveld (TNO); Rinus Haaijer, Henk Meurs (μconsult); Rob van Nes (TU Delft), Erik Verroen, Cees van Schie (Twynstra Gudde); John Bates; Ben Jansen
Aantal pagina's	57 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	1
Projectnummer	034.23267

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, foto-kopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belang-hebbenden is toegestaan.



# Inhoudsopgave

	<b>Samenvatting .....</b>	<b>5</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding .....</b>	<b>9</b>
1.1	Achtergrond .....	9
1.2	Doel en opzet rapportage .....	9
1.3	Structuur van het onderzoek .....	10
1.4	Afbakening van de audit .....	11
<b>2</b>	<b>Toetsingskader .....</b>	<b>13</b>
2.1	Fit for Purpose .....	13
2.2	Opzet toetsingskader .....	13
2.3	Conclusies .....	15
<b>3</b>	<b>Toets op interne werking LMS en NRM .....</b>	<b>17</b>
3.1	Inleiding .....	17
3.2	Beschrijving model .....	17
3.3	Aandachtspunten .....	21
3.4	State of the art en state of practice .....	26
3.5	Conclusies .....	28
<b>4</b>	<b>Toets “fit for purpose” .....</b>	<b>33</b>
4.1	Inleiding .....	33
4.2	‘Fit for purpose’ vereiste exogene ontwikkelingen en maatregelen .....	33
4.3	‘Fit for purpose’ gewenste exogene ontwikkelingen en maatregelen .....	40
<b>5</b>	<b>Conclusie en aanbevelingen .....</b>	<b>45</b>
5.1	Algemene conclusies .....	45
5.2	Deelconclusies .....	46
5.3	Risico’s en beheersmaatregelen .....	48
5.4	Aanbevelingen .....	49
	<b>Bijlage A: Toetsingskader .....</b>	<b>55</b>



## Samenvatting

### Achtergrond van de audit

Het Landelijk Model Systeem (LMS) is eind jaren '80 ontwikkeld en in de loop van de jaren periodiek geactualiseerd en verbeterd om aan de huidige beleidswensen invulling te kunnen geven. Medio jaren '90 zijn de regionale modellen (Nederlands Regionaal Model, NRM) van Rijkswaterstaat op dezelfde leest geschoeid en geschikt gemaakt voor het ondersteunen van beleidsbeslissingen. Er zijn in het verleden diverse toetsen op het LMS en NRM uitgevoerd. Recentelijk is een volledig nieuwe versie van het LMS en NRM beschikbaar gekomen die nog niet is getoetst.

In mei 2008 (VENW/DGP-2008/4201) is door toenmalig minister Eurlings in een kamerbrief een onafhankelijke audit aangekondigd van de nieuwe versie van de regionale modellen (NRM) en het Landelijke Model Systeem (LMS) van Rijkswaterstaat (RWS). In dit kader heeft Rijkswaterstaat aan het consortium bestaande uit TNO, MuConsult en Twynstra Gudde, aangevuld met specifieke expertise vanuit de TU Delft, Ben Jansen en John Bates, gevraagd om een audit uit te voeren op de nieuwe versie van het LMS en NRM.

### Doelstelling

Het doel van de audit is om te toetsen:

- in welke mate de modellen geschikt zijn om voldoende gedetailleerde, plausibele en nauwkeurige antwoorden te kunnen genereren voor het beantwoorden van een breed scala aan beleidsvragen ('Fit for purpose');
- in welke mate de modellen aansluiten op hedendaagse (internationale) wetenschappelijke inzichten en ervaringen met verkeers- en vervoersmodellen ('State of the Art').

### Aanpak

De audit is in drie stappen uitgevoerd:

- 1 Allereerst is het toetsingskader ontwikkeld en getoetst met de opdrachtgever. Hierin is vastgelegd wat het bereik is van berekeningen die de modellen moeten kunnen uitvoeren, in de zin van beleidsmaatregelen, autonome externe ontwikkelingen, veronderstelde mechanismen en indicatoren voor beleidseffecten.
- 2 Ten tweede zijn de modellen, uitgaand van de beschikbare documentatie en aanvullende interviews met de ontwikkelaars en gebruikers, uitgebreid beoordeeld op de *interne werking*. De norm voor deze beoordeling betrof de internationale stand van zaken op het gebied van grootschalige verkeer- en vervoersmodellen. De nadruk lag hierbij op de wetenschappelijk geaccepteerde, bewezen toepasbare methoden en technieken.
- 3 In de derde stap vond de toetsing op 'fit for purpose' plaats. Aan de hand van de conclusies uit stap 2 en de opgedane kennis over het modelsysteem is bepaald in welke mate het LMS en het NRM in staat zijn om voor exogene ontwikkelingen en beleidsmaatregelen aan de eisen te voldoen die in het toetsingskader zijn opgesteld.

## Conclusies

De hoofdconclusie van de audit is dat het LMS en het NRM over het algemeen voldoen aan het gebruiksdoel van het maken van lange termijn prognoses en analyses van effecten van beleidsmaatregelen.

Het bereik van de modellen is qua input en output voldoende breed en de berekeningen voldoen voor de meeste toepassingen waarvan vereist is dat ze met het LMS/NRM moeten kunnen worden doorgerekend aan de criteria uit het toetsingskader. De modellen gaan uit van wetenschappelijk geaccepteerde theorieën en halen of overstijgen het niveau van andere grootschalige nationale modellen in Europa.

Er zijn enkele risico's geconstateerd bij de reguliere toepassing van de modellen voor netwerkberekeningen en bij beleidsmaatregelen voor het openbaar vervoer. Daarnaast worden er vanuit het huidige beleid meer en complexere vragen gesteld op het toepassingsgebied van LMS en NRM dan waar de modellen zich oorspronkelijk op hebben gericht. Dit betekent dat de modellen voor sommige maatregelen niet kunnen worden gebruikt, of alleen in combinatie met andere modellen dienen te worden toegepast.

Meer in detail worden, uitgaand van de beschikbare documentatie en de gemaakte aanvullende analyses, de volgende kanttekeningen gemaakt ten aanzien van de toepasbaarheid:

- De nauwkeurigheid van intensiteiten en reistijden op het wegennetwerk is niet overal gewaarborgd. Op geaggregeerd niveau en op een groot deel van de wegvakken van het hoofdwegennetwerk presteert het model goed, maar op wegvakniveau en trajectniveau kunnen soms ook grote verschillen met de data optreden. Deze problemen treden op wegvakken en trajecten op waar congestie een grote rol speelt. Door een minder nauwkeurige filemodellering en reistijdbepaling op het onderliggend wegennetwerk is er bovendien een substantiële kans dat de reistijden op het onderliggend wegennetwerk en dus de uitwisseling tussen het verkeer op het hoofd- en onderliggend wegennetwerk niet nauwkeurig zijn. Dit laatste kon door een gebrek aan data echter niet worden getoetst. Bij modeltoepassingen op projectniveau dient het NRM protocol goed opgevolgd te worden om de verkeersstromen in het modelbasisjaar te controleren. Indien onrealistische uitkomsten worden gevonden is een analyse nodig van de oorzaak van het probleem om hier vervolgens voor te kunnen corrigeren. Op LMS-niveau spelen deze aandachtspunten ook, maar zijn ze minder kritisch omdat het model niet bedoeld is om op wegvakniveau beleidsresultaten te produceren.
- De kosten- en tijdelasticiteiten van reizen in het openbaar vervoer zijn laag vergeleken bij bestaande inzichten uit de literatuur<sup>1</sup>. Dit wil zeggen dat reizen in het openbaar vervoer relatief ongevoelig zijn voor veranderingen in kosten en tijd als gevolg van maatregelen. Voor relaties waar het openbaar vervoer en de auto een vergelijkbaar kwaliteitsniveau hebben is er een risico op het onderschatten van het probleemoplossend vermogen van openbaarvervoerbeleid ten aanzien van congestie op het wegennet. Dit

---

<sup>1</sup> In 2012 heeft een herschatting van het model plaatsgevonden waardoor de OV-elasticiteiten zijn veranderd. Deze nieuwe elasticiteiten zijn niet in deze audit getoetst.

betekent dat de huidige versie van het LMS/NRM niet, of niet zonder meer, toepasbaar is voor het bepalen van het effect van OV-maatregelen.

- Een aantal andere beleidsmaatregelen kan niet doorgerekend worden met de beschouwde versies van de modellen; in sommige situaties is dit te ondervangen met aanvullende externe berekeningen. Het gaat hierbij om relatief nieuwe beleidsmaatregelen, zoals het bepalen van het effect van incidenten en massaevenementen, ketenmobiliteit en multimodale knooppunten, tactisch en operationeel verkeersmanagement en mobiliteitsmanagement., die van oudsher buiten het terrein van LMS en NRM vallen (dus geen vereiste).
- Het LMS/NRM is complex en de werking is, ondanks de uitgebreide documentatie, niet op alle punten traceerbaar. Dit zorgt voor risico's bij de communicatie van de uitkomsten van de modellen, bij het onderhoud en de kwaliteitszorg. Anderzijds zorgt het hoge niveau van detail/disaggregatie (dat voor een belangrijk deel de complexiteit bepaalt) voor veel flexibiliteit om antwoorden op specifieke beleidsvragen te kunnen genereren door gerichte aanpassingen in specifieke onderdelen van het model en daarmee voor een breed scala aan gebruiksmogelijkheden.

### **Aanbevelingen**

Op basis van de toets is een analyse verricht van risico's bij de toepassingen van de modellen. Hieruit kwamen de volgende aanbevelingen naar voren voor op korte termijn te nemen beheersmaatregelen:

- Bij de analyse van openbaarvervoermaatregelen, het op korte termijn opstellen van een richtlijn voor het communiceren van een bandbreedte of betrouwbaarheidsinterval bij uitkomsten en het gebruik van aanvullende informatie om effecten voor wegverkeer te berekenen.
- Bij netwerkberekeningen op projectniveau (NRM), en in het bijzonder bij toepassingen rond drukbezette trajecten en het onderliggend wegennet, toezien op de nauwkeurigheid van de modelresultaten voor het basisjaar en zo nodig aanscherpen van deze toets in het 'protocol NRM-gebruik'.
- Verbeteren van de modeldocumentatie en communicatie over modelruns, teneinde de berekende effecten van beleid beter te kunnen valideren en controleren.

Aanbevelingen voor onderzoek en ontwikkeling op de langere termijn betreffen:

- Nader onderzoek naar de gevoeligheid van het reizen in het openbaar vervoer voor veranderingen in kosten en tijd, c.q. de (huidige schattingen van) kosten- en tijdelasticiteiten van reizen in het openbaar vervoer. De huidige waarden zijn laag ten opzichte van de bekende referentiegetallen en indien zou blijken dat de werkelijke gevoeligheden inderdaad hoger zijn dienen de gedragsmodellen herschat te worden.
- Betere validatie en systematische documentatie van de werking en de kwaliteit van de netwerktoedelingen bij, in volgorde van prioriteit, wegvakken met zware congestie, het onderliggend wegennet en aan de randen van het netwerk (grensstreken en luchthavens).
- Kwaliteitszorg: kwaliteitsbewaking dient meer dan voorheen een integraal en permanent onderdeel van het uitvoerings- en ontwikkelprogramma van het LMS en het NRM te worden. Het protocol NRM-gebruik is een goede basis hiervoor. In aanvulling hierop is een structureel toetsingskader nodig. De documentatie en beheersprocessen dienen hiermee in lijn te worden gebracht.





# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

Het LMS is eind jaren '80 ontwikkeld en in de loop van de jaren periodiek geactualiseerd en verbeterd om aan de huidige beleidswensen invulling te kunnen geven. Sinds medio jaren '90 zijn de regionale modellen van Rijkswaterstaat op dezelfde leest geschoeid en geschikt gemaakt voor het ondersteunen van beleidsbeslissingen. Er zijn in het verleden diverse toetsen op het LMS en NRM uitgevoerd. Recentelijk is een volledig nieuwe versie van het LMS en NRM beschikbaar gekomen die nog niet is getoetst.

Ten opzichte van de vorige versie van het LMS/NRM is het basisjaar geüpdatet naar 2004. Qua segmentatie is het aantal zones uitgebreid, is langzaam verkeer gesplitst in lopen en fietsen en vinden er gedetailleerde(re) interne calculaties (o.a. dagdelen) plaats. De individuele modules zijn ook verbeterd. Zo is bereikbaarheid als verklarende variabele toegevoegd aan het toerfrequentiemodel van SES, vindt er nu integraal vervoerwijze, bestemmingskeuze en periodekeuze plaats en is het toedelingsmodel QBLOK verbeterd en geactualiseerd (o.a. simultane toedeling vrachtverkeer en personenverkeer). Er is een nieuwe specificatie van het "stationsmodel", en aparte submodellen voor voor/natransportkeuze x stationskeuze x treinkeuze. Daarnaast is er ook een nieuwe module voor de landzijdige componenten/effecten van vliegreizen van en naar Schiphol (AIRACC), grensoverschrijdende autoreizen (FOREIGN) en de ruimtelijke verdeling van het autobezit. Tot slot is ook de schatting en kalibratie verbeterd.

In mei 2008 (VENW/DGP-2008/4201) is door toenmalig minister Eurlings in een kamerbrief een onafhankelijke audit aangekondigd van de nieuwe versie van de regionale modellen (NRM) en het Landelijke Model Systeem (LMS) van Rijkswaterstaat (RWS). Een dergelijke audit is nodig om te bepalen in welke mate deze modellen de huidige stand van de wetenschap weerspiegelen en of zij bruikbare resultaten opleveren voor huidige beleidsmakers.

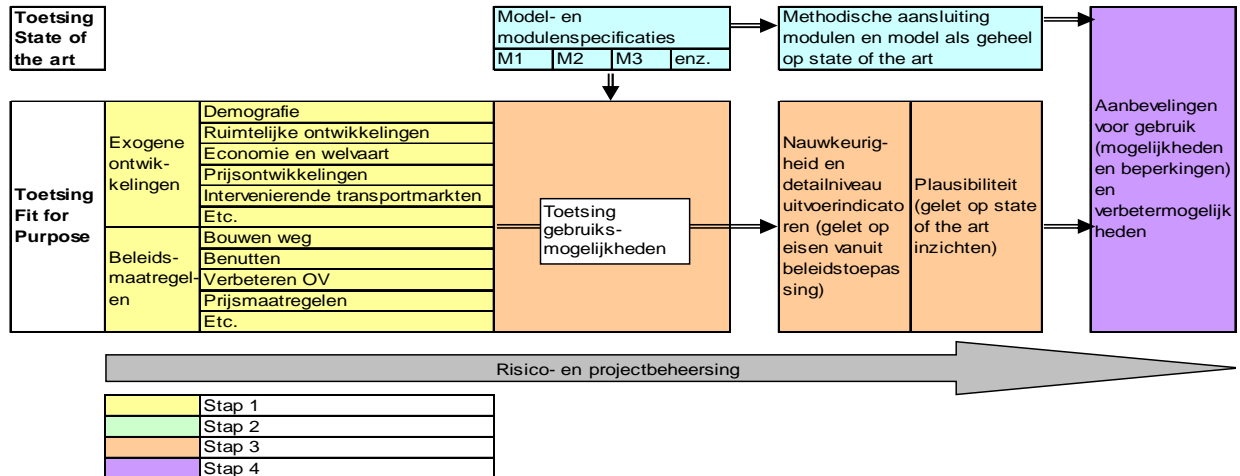
In dit kader heeft Rijkswaterstaat aan het consortium bestaande uit TNO, MuConsult en Twynstra Gudde, aangevuld met specifieke expertise vanuit de TU Delft, Ben Jansen en John Bates gevraagd om een audit uit te voeren op de nieuwe versie van het LMS en NRM.

## 1.2 Doel en opzet rapportage

Deze rapportage geeft stapsgewijs de belangrijkste conclusies weer van het auditonderzoek, inclusief aanbevelingen ten aanzien van de modellen zelf en het gebruik van de modeluitkomsten. Eerst wordt de structuur van het onderzoek toegelicht, waarna de doorlopen stappen in opeenvolgende hoofdstukken worden samengevat.

### 1.3 Structuur van het onderzoek

Het toetsingsonderzoek van het LMS en het NRM is in drie stappen uitgevoerd. In Figuur 1.1 is de onderlinge samenhang tussen de stappen visueel weergegeven.



Figuur 1.1: overzicht plan van aanpak gehele audit

- 1 Allereerst is het toetsingskader ontwikkeld en getoetst met de opdrachtgever. In dit kader is vastgelegd wat het bereik is van berekeningen die de modellen moeten kunnen uitvoeren, in de zin van beleidsmaatregelen, autonome externe ontwikkelingen, veronderstelde mechanismen en indicatoren voor beleidseffecten. Het uitgangspunt voor het kader was tweeledig: enerzijds het expliciete gebruiksdoel van het LMS en het NRM ten tijde van de ontwikkeling, anderzijds de verwachtingen ten aanzien van de rekencapaciteiten zoals geuit in de diverse beleidsdocumenten. Daarnaast zijn aanvullende wensen geformuleerd aan de modellen (niet noodzakelijkerwijs alleen LMS/NRM) waarmee ingespeeld kan worden op actuele beleidsontwikkelingen.
- 2 Ten tweede zijn de modellen, uitgaand van de beschikbare documentatie en aanvullende interviews met de ontwikkelaars en gebruikers, uitgebreid beoordeeld op de *interne werking*. De norm voor deze beoordeling betrof de internationale stand van zaken op het gebied van grootschalige verkeer- en vervoermodellen. De nadruk lag hierbij op de wetenschappelijk geaccepteerde, bewezen toepasbare methoden en technieken voor verkeer- en vervoersmodellen.
- 3 In de derde stap vond de toetsing op 'fit for purpose' plaats. Aan de hand van de conclusies uit stap 2 en de opgedane kennis over het modelsysteem is bepaald in welke mate het LMS en het NRM in staat zijn om voor exogene ontwikkelingen en beleidsmaatregelen aan de eisen te voldoen die in het toetsingskader zijn opgesteld. Naast de vraag of de modellen intern beperkingen kennen is hier dus de *externe* dimensie toegevoegd: in hoeverre spelen eventuele beperkingen een rol voor gebruik in beleidsanalyse?

Uit de drie stappen volgen eindconclusies over de kwaliteit en bruikbaarheid van het LMS/NRM en kunnen er aanbevelingen gegeven worden om op korte termijn

eventuele dringende problemen te verhelpen en, op langere termijn, de modellen doelgericht verder te ontwikkelen. Deze rapportage beschrijft de drie stappen in onderlinge samenhang en geeft de synthese van de bevindingen.

Bij stap 2 en stap 3 is systematisch te werk gegaan en is systematisch gerapporteerd om een zo volledig mogelijk beeld te schetsen. Dit betekent dat voor alle modules die onderdeel zijn van de audit aandachtspunten zijn geformuleerd en dat eveneens voor alle exogene ontwikkelingen en maatregelen een toets op 'fit for purpose' is uitgevoerd. Niet alle aandachtspunten zijn echter even belangrijk en voor sommige exogene ontwikkelingen en maatregelen is het veel belangrijker dat ze goed met het LMS/NRM kunnen worden doorgerekend dan voor andere exogene ontwikkelingen en maatregelen. Hier kan bij de interpretatie van de auditresultaten rekening mee worden gehouden. In de samenvatting en de conclusies wordt een genuanceerder beeld geschetst dat meer rekening houdt met het belang van de verschillende punten.

Door alle stappen heen heeft risico- en projectbeheersing plaatsgevonden. Hierbij is ingegaan op de risico's die bij de toepassing van de modellen kunnen optreden als gevolg van de geconstateerde beperkingen in de gebruiksmogelijkheden. Tevens is aangegeven welke beheersmaatregelen kunnen worden genomen om deze risico's te beheersen dan wel weg te nemen.

#### **1.4 Afbakening van de audit**

In deze audit is geen toets uitgevoerd op de voorspellingen van de modellen anders dan volgt uit de structuur, het detailniveau, de wetenschappelijke basis van de deelmodellen en de schattingen ervan. Dit betekent dat er geen validatie in de vorm van nieuwe statistische toetsing van modelberekeningen heeft plaatsgevonden. De bestaande, gedocumenteerde statistische toetsen zijn wel beoordeeld. Ook is inzicht verkregen in de plausibiliteit van oorzaak – gevolg relaties en gevoeligheden (bijvoorbeeld via elasticiteiten).

De kwaliteit van de in – en uitvoer van de modellen (onder andere basisgegevens), alsmede de kwaliteit van aanvullend instrumentarium (bijvoorbeeld DYNAMO) en gebruikerservaringen behoren eveneens niet tot de scope van deze audit. Als uitzondering hierop is het kalibratieproces om te komen tot de basismatrices wel beoordeeld. In deze audit is eveneens niet getoetst in hoeverre andere indicatoren dan de standaard uitvoervariabelen zoals een bereikbaarheidsindicator met het LMS/NRM kunnen worden berekend omdat vervolgberekeningen en analyses op basis van de LMS/NRM-uitvoer geen onderdeel zijn van deze audit.

Tot slot valt ook het gebruiksgemak van het instrumentarium buiten de audit.



## 2 Toetsingskader

### 2.1 Fit for Purpose

De audit van het LMS en NRM richt zich op de bruikbaarheid van deze modellen voor het doel waarvoor ze zijn ontwikkeld. Dit wordt de *'fit for purpose'* genoemd. De centrale vraag hierbij is of het LMS en het NRM in voldoende mate geschikt zijn om de informatie te genereren die plausibel, gedetailleerd en nauwkeurig genoeg is voor de beleidsvragen waar ze voor worden gebruikt.

Het toetsingskader dient concrete handvatten (variabelen, criteria en normen) te bieden voor formulering van een expertoordeel over de *'fit for purpose'*. Daartoe is typering van beleidsvragen opgesteld die relevant zijn voor LMS en NRM, geordend naar de verschillende fasen van het beleidsproces (Tabel 2.1):

Tabel 2.1: Typering beleidsvragen relevant voor LMS en NRM

Beleidsfase	Beleidsvragen op terrein verkeer en vervoer	Toepassingsgebied	
		LMS	NRM
Visie en strategie	1. Verkenning maatschappelijke ontwikkelingen	x	
	2. Generiek beleid bereikbaarheid	x	
	3. Generiek beleid overig	x	
Beleidsuitwerking en planvorming	4. Investeringsprogramma's en projecten		x
	5. Planuitwerking		x
	6. Gebiedsontwikkeling		x
	7. Benutten		x
Implementatie	8. Netwerkaanpak		(x)
Evaluatie	9. Ex post - monitoring	(x)	(x)
	10. Operationeel VM		

Per type beleidsvraag gelden andere relevante variabelen, criteria en normen voor LMS en NRM. Vanuit beleidsvragen worden eisen gesteld aan:

- Invoer (aansluiting variabelen op aard en abstractieniveau beleidsvragen).
- Uitvoer (mate waarin uitkomsten bruikbaar zijn voor beantwoorden vraag).
- Doorvoer (gevoeligheid en methodische validiteit berekeningen voor de betreffende beleidsvraag).

Voor een heldere *'fit for purpose'*-toetsing dienen deze eisen zo concreet mogelijk te worden uitgewerkt in criteria en normen voor:

- Plausibiliteit (in hoeverre sluiten de modelprincipes en modelgevoeligheden aan op theoretische inzichten en praktische ervaringen).
- Nauwkeurigheid (zijn de marges in de uitkomsten klein genoeg om verantwoorde uitspraken te doen).
- Gedetailleerdheid (sluit het detailniveau van de uitkomsten ruimtelijk, naar tijdsperiode en naar segmentatie (bevolkingscategorieën, wegcategorieën etc.) voldoende aan op de concreetheid van de beleidsvraag).

### 2.2 Opzet toetsingskader

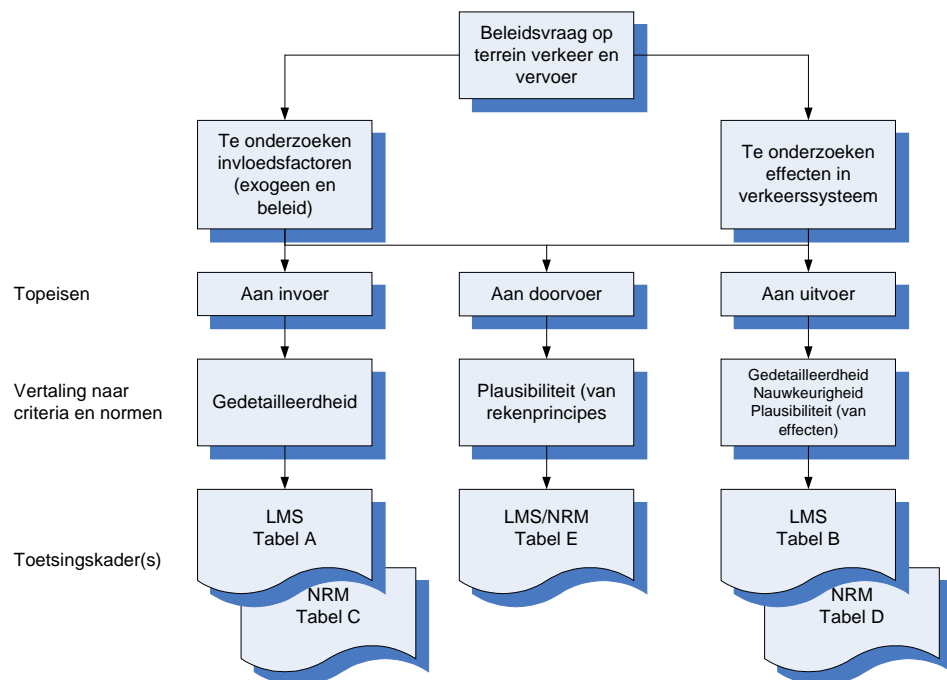
Het toetsingskader is ingevuld op basis van de eisen die vanuit het beleid aan het LMS en aan het NRM worden gesteld, gegeven de beoogde toepassingsgebieden van deze modellen. De eisen zijn ingevuld met behulp van de beschikbare literatuur en aangevuld op basis van expert judgement.

Het toetsingskader hanteert drie soorten criteria voor toetsing:

- Variabele of criterium/norm gebaseerd op de Rijkswaterstaat-specificaties van de modellen.
- Variabele toegevoegd vanuit literatuur voor bestaande, door Rijkswaterstaat en het Ministerie van Infrastructuur en Milieu, genoemde beleidsvragen.
- Nadere expertinvulling van de variabelen of criteria/normen.

Daarnaast is een aantal actuele wensen vanuit het beleid geïnventariseerd die leidt tot aangepaste of aanvullende wensen ten aanzien van de modellen. Deze aanvullende wensen zijn apart opgenomen in het toetsingskader en zijn globaal getoetst, zodat aanbevelingen voor toekomstige modelaanpassingen kunnen worden gedaan. Voorbeelden van deze aanvullende wensen zijn de effecten van gedragsveranderingen door ICT ontwikkelingen en het analyseren van de betrouwbaarheid van de infrastructuur.

Figuur 2.1 schets de opbouw van het toetsingskader. De resulterende tabellen met de onderscheiden in- en uitvoervariabelen en de daaraan gekoppelde criteria en normen zijn opgenomen in Bijlage A. Tabel 2.2 geeft een samenvatting van de belangrijkste in- en uitvoervariabelen waar de 'Fit for purpose' op is beoordeeld.



Figuur 2.1: Opzet toetsingskader

Tabel 2.2: Samenvatting belangrijkste in- en uitvoervariabelen voor toetsing Fit for Purpose

Invoer	Demografische en Sociaal Economische ontwikkelingen	Omvang samenstelling en ruimtelijke spreiding bevolking, arbeidsplaatsen etc.
		Inkomensontwikkeling
	Prijzontwikkelingen	Autobezit
		Reiskosten per kilometer
	Interveniërende transportmarkten	Lucht, grensoverschrijdend, vracht
	Beleidsmaatregelen	Bouwen
		Beprijzen
Benutten		
Verbetering OV		
Uitvoer	Vervoersprestaties naar vervoerswijze etc.	Verplaatsingen
		Kilometers
	Reistijden en –kosten	Auto (voertuiguren, VVU's, reistijdverhoudingen, kosten)
		OV (trein en BTM)
	Verkeersafwikkeling	Intensiteiten, IC verhoudingen
		Congestielocaties

### 2.3 Conclusies

Ten aanzien van de compleetheid van het toetsingskader kan worden geconcludeerd dat er vanuit het huidige beleid meer vragen worden gesteld op het toepassingsgebied van LMS en NRM dan waar de modellen zich oorspronkelijk op hebben gericht.

Gebleken is dat er vanuit het beleid maar in beperkte mate concrete, toetsbare criteria en normen zijn geformuleerd. Er zijn voornamelijk detaileisen geformuleerd in gebruiksrichtlijnen en -kaders ten aanzien van de uitvoer van het NRM voor toepassingen ten behoeven van verkenningen en planstudies. Er zijn nauwelijks tot geen eisen geformuleerd voor nauwkeurigheid en plausibiliteit.





## 3 Toets op interne werking LMS en NRM

### 3.1 Inleiding

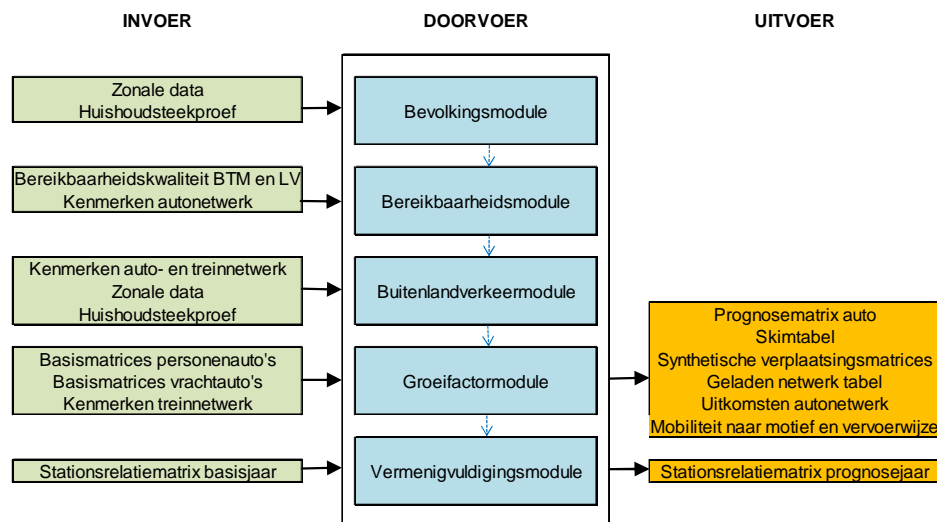
Dit onderdeel van de audit verschaft inzicht in:

- De belangrijke kenmerken van het LMS en NRM qua modelstructuur en werking van de afzonderlijke modulen;
- De aandachtspunten met betrekking tot de onderdelen van het LMS/NRM en de mate waarin uitkomsten overeenstemmen met verwachtingen op basis van literatuur en empirie.
- De kwaliteit van het model met aandacht voor de mate waarin het LMS en NRM passen binnen:
  - de internationale 'state of practice' ten aanzien van verkeersmodellen;
  - de wetenschappelijke 'state of the art' in de modellering van verplaatsingsgedrag en verkeer;

### 3.2 Beschrijving model

#### 3.2.1 Algemeen

Het LMS en NRM richten zich op het opstellen van landelijke en regionale prognoses van de mobiliteit op de middellange en lange termijn. De nadruk ligt daarbij op de personenmobiliteit – de groei van het vrachtvervoer is invoer voor LMS en NRM. Er wordt gebruik gemaakt van de 'pivot point'-methode. Deze methode houdt in dat een toekomstige situatie wordt afgeleid uit de relatieve veranderingen ten opzichte van een bekende, gegeven basissituatie. Figuur 3.1 geeft een overzicht van de wijze waarop het LMS/NRM in grote lijnen werkt. Weergegeven is van welke invoer het model gebruik maakt en welke uitvoer geproduceerd wordt. Hier tussenin zitten inhoudelijke modules, die de doorvoer verzorgen van gegevens via modelmatige bewerkingen.



Figuur 3.1: Overzicht in-, door- en uitvoer LMS/NRM

Startpunt is een zo goed mogelijke beschrijving van de basissituatie. Middels matrixkalibratie (zie hierna) wordt ervoor gezorgd dat deze basissituatie tot stand komt. Vervolgens berekent het Groeimodel groeifactoren per herkomstbestemmingsrelatie, per vervoerwijze, motief en dagdeel. Een groeifactor geeft aan wat de relatieve verandering is van het aantal verplaatsingen tussen het basis- en het prognosejaar. Door per cel van de basismatrix de celwaarden te vermenigvuldigen met bijbehorende groeifactoren ontstaan prognosematrices voor een zichtjaar.

Daarnaast is van belang dat het LMS/NRM werkt met het begrip reis (of 'tour'), en niet met verplaatsingen (of 'trips'). Een reis is gedefinieerd als 'keten van verplaatsingen die op een vast punt (in de praktijk de woning of de werkplek) begint en daar ook weer eindigt'. Een belangrijk voordeel van het modelleren van reizen in plaats van verplaatsingen is dat het nauwer aansluit bij het theoretisch uitgangspunt dat verkeer het gevolg is van deelname van personen aan activiteiten (die op een andere locatie plaatsvinden). Een activiteit genereert de verplaatsing naar de locatie waar de activiteit uitgeoefend wordt, en eveneens een verplaatsing terug naar huis. Het modelleren van reizen maakt het mogelijk om het onderweg bezoeken van andere (secundaire en tertiaire) bestemmingen te modelleren.

### 3.2.2 *Modules uit het LMS/NRM en kalibratie*

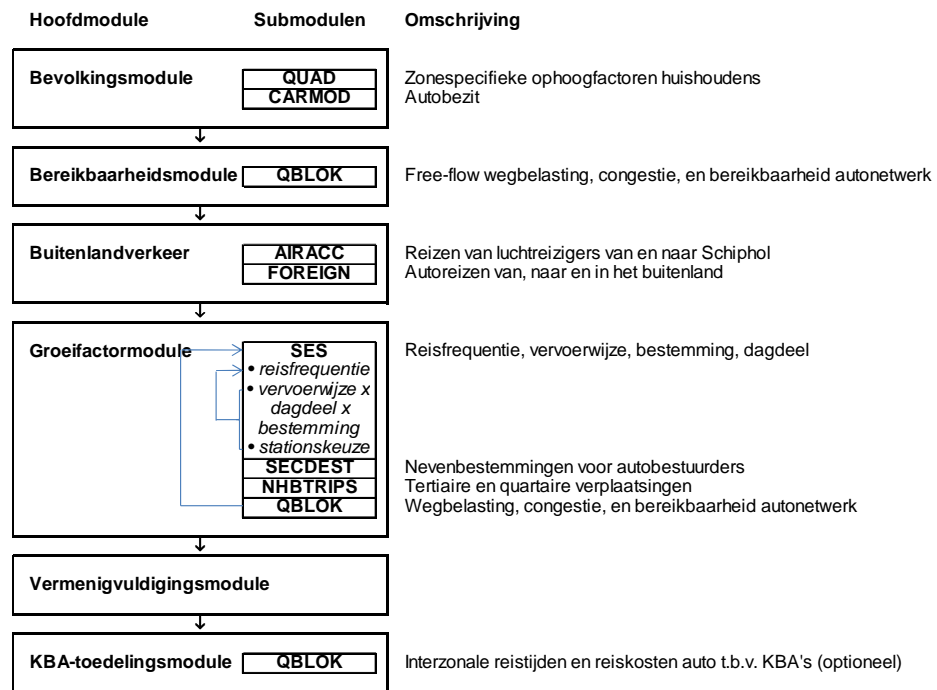
Voor het berekenen van de groeifactoren maakt het Groeimodel gebruik van datasets zoals sociaaleconomische gegevens, netwerken per vervoerwijze en beleidsindices (bijvoorbeeld voor brandstofprijzen, tarieven voor het openbaar vervoer enz.). Het Groeimodel geeft een zo goed mogelijke beschrijving van een basisjaar en toekomstjaar. De relatieve verhouding daarvan wordt gebruikt om van de basismatrices de prognosematrices af te leiden.

Figuur 3.2 geeft een overzicht van de plaats van de belangrijkste modules van het Groeimodel. De meeste modellen van het Groeimodel zijn keuzemodellen. Het gaat hierbij om modellen die de keuze van een beslissingseenheid (bijvoorbeeld een persoon) uit een aantal alternatieven (bijvoorbeeld auto of openbaar vervoer) beschrijven. De volgende (keuze)modellen worden onderscheiden:

- **Populatiemodel (QUAD)**. Dit model berekent ophoogfactoren die de omvang van de betreffende huishoudcategorie in de betreffende zone weergegeven. Van belang zijn de inkomensontwikkelingen en de demografische kenmerken van de huishoudens.
- **Autobezitmodel (CARMOD)**. In deze module wordt per zone het aantal huishoudens met 0, 1 en 2 en 2+ auto's vastgesteld op zodanige wijze dat de uitkomsten overeenkomen met landelijke totalen (extern bepaald).
- **Schipholmodel (AIRACC)**: Bij het bepalen van het Schiphol verkeer worden auto- en treinreizen bepaald van luchtreizigers die gebruik maken van de luchthaven Schiphol. Er wordt onderscheid gemaakt tussen twee motieven, zakelijk en overig. Gemodelleerd wordt welke verplaatsingen zij binnen Nederland van en naar Schiphol maken, en met welk vervoermiddel. De omvang van het aantal luchtreizigers wordt extern bepaald.
- **Buitenlandmodel (FOREIGN)**. Voor het bepalen van het grensoverschrijdende verkeer is een model opgezet dat de verdeling van het autoverkeer bepaald. Omdat de gegevens voor het buitenland minder gedetailleerd beschikbaar zijn (zonale gegevens, netwerk) wordt hiervoor een vereenvoudigd model gebruikt waarin het aantal autoreizen per motief per herkomstzone wordt vastgesteld, om deze met een motiefspecifiek

bestemmingskeuzemodel te verdelen over bestemmingen op basis van reistijden, intrazonale afstanden en dummies voor de landsgrenzen. Het Schipholmodel en het buitenlandmodel bepalen reizen op etmaalniveau. De omzetting naar dagdelen wordt gedaan op basis van vaste, motiefafhankelijke fracties.

- **Bepaling van de mobiliteit (SES).** In deze module wordt de totale mobiliteit bepaald op basis van:
  - a. **Reisfrequentiemodel;** Dit model bepaalt een verwachting van het aantal reizen op een werkdag. Hierbij worden 12 motieven en een motiefafhankelijk aantal persoonstypen onderscheiden.
  - b. **Vervoerwijze-dagdeelcombinatie-bestemmingskeuzemodel.** Dit omvat de kans dat reizigers kiezen voor een bepaalde vervoerwijze, dagdeelcombinatie en bestemming op basis van kenmerken van de alternatieven. De dagdeelkeuze wordt alleen voor autobestuurders modelmatig bepaald, voor overige vervoerwijzen op basis van vaste fracties.
  - c. **Stationskeuzemodel,** waarin zijn opgenomen de keuze van het voor- en natransport, de keuze van het station en de keuze van het treintype.Na het bepalen van aantallen en verdeling van de mobiliteit vindt een terugkoppeling plaats naar de toedelingsmodule, waarna het geheel opnieuw wordt doorlopen.
- **Secundaire en tertiaire bestemmingen (nevenbestemmingen) (SECDEST en NHBTRIPS).** Hierbij wordt het bezoek van nevenbestemmingen voor autobestuurders bepaald. De nevenbestemmingen worden gemodelleerd door allereerst de kans te berekenen op het bezoek van een nevenbestemming. Vervolgens wordt voor iedere bestemming de kans bepaald dat deze als nevenbestemming wordt gekozen o.b.v. complexere tours. Ten slotte wordt het dagdeel van de nieuwe verplaatsingen bepaald.
- **Toedelingsmodel (QBLOK).** In dit model wordt het auto- en vrachtverkeer verdeeld over het autowegennet op basis van gegeneraliseerde reistijden tussen iedere herkomst en bestemming. De gegeneraliseerde reistijden bestaan uit een combinatie van de reistijd, de afstand gerelateerde kosten en eventuele toelastkosten op basis van gebruikersgroep afhankelijke reistijdwaarderingen. Het verkeer wordt per gebruikersgroep in elke iteratiestap aan de route met de laagste gegeneraliseerde reistijd toegedeeld. Vervolgens worden de stromen gemixt met de stromen uit de voorgaande iteraties. Als voldoende iteraties worden uitgevoerd convergeert QBLOK op deze wijze naar een gebruikersevenwicht. Hierbij wordt een heuristische benadering gevolgd door met een van tevoren vastgesteld aantal iteraties te werken. Dit vergemakkelijkt toepassing bij grote netwerken. Het nadeel is wel dat het evenwicht niet altijd even dicht wordt genaderd. Een groot verschil tussen QBLOK en andere statische evenwichtstoedelingen ligt in de congestiemodellering. De instroom op de beschouwde link wordt beperkt wanneer op de voorgaande links een capaciteitsoverschrijding optreedt. Er wordt een wachtrij gemodelleerd voor knelpunten, die terugslaat op voorgaande links. Ook wordt bepaald of er blokkades optreden.



Figuur 3.2: Structuur groeimodel op hoofdlijnen

In de matrixkalibratie worden de basismatrices personenauto en vrachtauto geschat. Deze basismatrices vormen de invoer bij de 'pivot point'-methode voor het berekenen van de prognosematrices. Het matrixkalibratieproces bestaat voor zowel het LMS als de 4 NRM's uit drie fasen:

1. De constructie van apriorimatrices, voor vrachtauto's met behulp van het Regionaal Groeimodel (RGM) en voor personenauto's met het Groeimodel (GM);
2. Verrijking van de apriorimatrices op basis van lokale informatie, voor vrachtauto's een eerste matrixschatting op basis van een alles of niets toedeling, voor personenauto's een aanpassing van de apriorimatrices aan de telcijfers op de landsgrens;
3. Matrixschatting op telcijfers op wegvakken en bij personenauto's ook op vertrekken en aankomsten per hoofdmotief. In deze fase worden de HB-relaties van de verrijkte apriorimatrices aangepast om een betere overeenkomst met telcijfers te verkrijgen. Omdat er een relatie is tussen de grootte van de HB-relaties, de stromen op de weg, de reistijden en dus ook de routevorming in het netwerk, bestaat deze fase uit drie iteraties, waarbij telkens op basis van de gewijzigde HB-relaties het verband tussen HB-relaties en telpunten wordt aangepast.

In het gehele matrixkalibratieproces wordt gestreefd naar een maximale consistentie tussen de a-priorimatrices en de gekalibreerde matrices.

### 3.3 Aandachtspunten

Deze paragraaf beschrijft de aandachtspunten die uit de audit naar voren zijn gekomen met betrekking tot de systeemarchitectuur, de verschillende modules en de kalibratie. Deze aandachtspunten zijn gebruikt om tot een 'fit for purpose' oordeel te komen per beleidsmaatregel en exogene ontwikkeling (zie hoofdstuk 4). Bij dit oordeel zijn sommige aandachtspunten relatief belangrijker dan andere. In deze paragraaf zijn voor de volledigheid toch alle aandachtspunten benoemd.

#### **Systeemarchitectuur**

De belangrijkste punten met betrekking tot de systeemarchitectuur zijn:

- Wensvraagconcept: in het LMS wordt verondersteld dat een deel van de mensen die in praktijk in de schouders van de spitsen reizen deze reis eigenlijk in de spits zouden willen maken. De vervoervraag in de spits wordt hierdoor in het model opgehoogd met een gedeelte van de vraag uit de schouders van de spits. Dit concept is consequent doorgevoerd in de vraagmodules, de toedelingsmodules en bij de kalibratie. Dat laatste wil zeggen dat het model is gekalibreerd op basis van opgehoogde telcijfers. Deze ophoging heeft plaatsgevonden op basis van de tonenmethodiek (drie patronen/grondtonen die de verdeling van verplaatsingen over de dag weergeven) afhankelijk van de locatie. Mogelijk zijn deze drie grondtonen niet altijd voldoende en lijkt de som van die drie componenten niet altijd voldoende op het werkelijke profiel. Hier is niet expliciet op getoetst maar het kan wel een verklaring zijn voor de (grote) verschillen die op sommige wegvakken voorkomen tussen gemodelleerde intensiteiten (qbb) en waargenomen niet-opgehoogde intensiteiten.

De toepassing van het wensvraagconcept bemoeilijkt de overdracht van de invoer- en uitvoergegevens van het LMS naar andere modellen en vervolgberekeningen omdat de HB-matrices een opgehoogde vraag bevatten. Voor maatregelen waarbij aanvullende modellen moeten worden gebruikt moeten die modellen opnieuw gekalibreerd worden (o.a. schatting van de HB-matrices). Dit behoort echter toch al standaardprocedure te zijn.

Het wensvraagconcept is uniek en wordt dus niet in andere modellen toegepast. Dit concept is geïntroduceerd omdat het noodzakelijk is voor een meer gedetailleerde filemodellering. In statische toedelingsmodellen is hier dus geen andere oplossing voor gevonden. In dynamische modellen wordt hier anders mee omgegaan om niet met vaste periodes wordt gewerkt, maar een hele periode dynamisch kan worden gemodelleerd.

- Voor de modellering van BTM worden weerstandsmatrices als invoer gebruikt. Deze matrices zijn gebaseerd op netwerkgegevens van NEA. Er worden echter geen HB-matrices met de BTM -verplaatsingen gekalibreerd en daarmee worden ook de BTM-netwerken niet getoetst op hun kwaliteit.
- Single constraint model: het is niet gegarandeerd dat er een één op één verband is tussen de berekende verplaatsingen en de attractievariabelen. Het is bijvoorbeeld dus niet gegarandeerd dat het aantal woon-werk verplaatsingen overeenkomt met het aantal verplaatsingen dat op basis van het aantal arbeidsplaatsen in de zone wordt verwacht, bijvoorbeeld als de bereikbaarheid van die zone slecht is. Het is mogelijk om het model double constraint te maken.

### Kalibratie

- In de verrijkingsfase voor de a priorimatrix vrachtauto zijn wijzigingen in de HB-matrices aangebracht die niet nader zijn geanalyseerd. De verschillen tussen a priorimatrices en basismatrices zijn hierdoor groter dan gerapporteerd. Een eerste analyse geeft geen directe aanleiding hier consequenties aan te verbinden voor de toepasbaarheid van de basismatrices vrachtauto.
- De relatief goede overeenstemming van berekende intensiteiten met de telgegevens: de basismatrices leiden bij toedeling aan het netwerk tot een relatief hoge overeenkomst met telgegevens. Dit roept de vraag op welke veranderingen in de matrices hiervoor nodig zijn geweest. De controleanalyses zijn op geaggregeerd niveau uitgevoerd en laten niet direct onlogische veranderingen zien. Een nadere argumentatie van de wat grotere veranderingen op provincieniveau, en voor de NRM's ook op COROP-niveau, kan het vertrouwen in de basismatrices door derden vergroten.
- De selectie van de telpunten: in alle studies zijn telgegevens van de Maandelijkse telpunten Rapportages (MTR+) meegenomen. Voor het onderliggend wegennet zijn vooral beschikbare telgegevens van voldoende kwaliteit gebruikt. Dit laatste heeft geleid tot een variatie tussen gebieden wat betreft aantallen en locaties van telpunten en dus in randvoorwaarden bij de matrixkalibratie. Consequentie is dat in gebieden waar een beperkt aantal telpunten is gebruikt er aanleiding kan zijn voor een discussie over de betrouwbaarheid van de basismatrices.
- De door de NS opgestelde stationsmatrices zijn invoer van het LMS/NRM. Er is beperkt gekeken naar de consistentie tussen de synthetische stationsmatrices trein en de NS-stationsmatrices (alleen naar het aantal instappers voor de top 10 stations), zodat geen uitspraken kunnen worden gedaan over de (in)consistentie tussen beide matrices. Bij de pivot-point methode kunnen verschillen tussen de synthetische matrix en de waargenomen matrix voor het basisjaar bij de prognose worden uitvergroot en als deze verschillen groot zijn kan dit op HB-niveau tot niet reële prognoses leiden.
- Uitvergroting verschillen basismatrix – synthetische matrix (personenauto en vracht). Ook voor de personenautomatrices en vrachtmatrix geldt dat bij toepassing van de pivot-point methode verschillen tussen de basismatrix en de synthetische matrix kunnen worden uitvergroot (algemeen probleem dat alle modellen hebben waarbij de pivot-point methode wordt gebruikt). Dit probleem is voor deze vervoerwijzen echter minder groot dan bij de stationsmatrices omdat bij de kalibratie expliciet gekeken is naar de relatie tussen de synthetische matrices en de basismatrices. Verschillen tussen de basismatrix en synthetische matrix zijn inherent aan het gebruik van pivot-point methodes.
- Nulcellen: bij de pivotpointmethode wordt bij grote wijzigingen in relatief lege gebieden de absolute groei volgens het Groeimodel verwerkt in plaats van de relatieve groei. Dit kan tot inconsistenties met andere zones leiden. Het probleem van nulcellen moet bij alle modellen die pivot-point methodes hanteren worden ondervangen. Er is echter geen methode beschikbaar die dit probleemloos en beter doet dan de gehanteerde methode in het LMS/NRM.

**Bevolkingsmodule: QUAD**

Geen specifieke aandachtspunten.

**Bevolkingsmodule: Carmod**

- CARMOD zorgt voor de ruimtelijke verdeling van het autobezit. Maatregelen die het autobezit, de verdeling over brandstofsoorten en dergelijk beïnvloeden werken door via DYNAMO en zijn input. Het LMS/NRM maakt geen onderscheid naar voertuigcategorieën en brandstofsoorten. Het LMS/NRM kan daardoor minder goed het effect bepalen van maatregelen die niet op alle autotypen een gelijk effect hebben. Voor elke auto wordt een vergelijkbaar effect bepaald, terwijl in de praktijk er verschillen kunnen optreden als gevolg van verschillen in de verdeling van autotypen (en huishoudtypen) tussen zones waardoor het effect van een maatregel voor de ene zone in de praktijk heel andere kan uitpakken dan voor de andere.

**Groefactormodule: SES**

- De OV-elasticiteiten zijn laag in verhouding tot bestaande inzichten<sup>2</sup>: Het effect van tijdveranderingen en kostenveranderingen in het OV werkt door met een lage elasticiteit vergeleken bij elasticiteiten die in de literatuur zijn gevonden; een verbetering van tijden en kosten leidt dan mogelijk tot een onderschatting van de toename van trein- en busreizigers en dus van het probleemoplossend vermogen bij verbeteringen in het OV. Daarnaast is er een zeer beperkte uitwisseling tussen de modaliteiten (vermoedelijk lage kruiselasticiteiten van OV veranderingen op autogebruik, maar moeilijk toetsbaar – zie volgende punt). Op drukke relaties waar trein een goed alternatief is voor auto, levert dit mogelijk problemen.
- Kruiselasticiteiten zijn niet te valideren: In de LMS2011-documentatie is een deel van de kruiselasticiteiten vermeld. Kruiselasticiteiten voor veranderingen in treintijden en -kosten zijn niet vermeld. De kruiselasticiteiten die wel zijn vermeld zijn op basis van de schattingsdata, dus zonder terugkoppeling naar het toufrequentiemodel, bepaald en daardoor lastig vergelijkbaar met de elasticiteiten uit LMS 2007. Daarnaast zijn in de (recente) literatuur nauwelijks bronnen beschikbaar waarmee de ordegrrootte van de kruiselasticiteiten in het LMS2011 goed vergeleken kunnen worden.
- Tijdwaardering (VoT): De tijdwaarderingen die uit de parameters van het LMS/NRM kunnen worden afgeleid en dus mede bepalend zijn voor het keuzegedrag in het LMS/NRM verschillen voor sommige combinaties van vervoerwijze, motief en inkomensklasse aanzienlijk van de tijdwaarderingen die Rijkswaterstaat onder andere in kosten-batenanalyses gebruikt. Dit heeft niet direct consequenties voor de kosten-batenanalyses en de LMS/NRM-berekeningen, maar het verdient wel aanbeveling om hier nader naar te kijken.
- Effecten van ontwikkelingen rondom stations in termen van parkeertarieven op P&R terreinen, het aantal parkeerplaatsen voor de auto en het aantal stallingmogelijkheden voor de fiets kunnen niet in het LMS/NRM worden

---

<sup>2</sup> In 2012 heeft een herschatting van het model plaatsgevonden waardoor de OV-elasticiteiten zijn veranderd. Deze nieuwe elasticiteiten zijn niet in deze audit getoetst.

ingevoerd en worden doorgerekend. De vervoerwijzekeuze in het voor- en natransport hangt niet van deze kenmerken af.

- Er kan geen direct effect van een veranderende punctualiteit en/of betrouwbaarheid worden bepaald met het LMS/NRM. Reistijden van de trein of van het BTM vervoer zijn namelijk gebaseerd op de onderliggende dienstregeling, punctualiteit en betrouwbaarheid zijn geen variabelen in het LMS/NRM. Indirect kan dit wel door bijvoorbeeld het effect van een generieke reistijdversnelling of vertraging te bepalen (of alleen op bepaalde verbindingen), via de invoer van een aangepaste treintijdentabel in de tarieftabel.
- De aantrekkelijkheid van het alternatief auto in de vervoerwijzekeuze voor het voortransport is niet afhankelijk van eventuele congestie op weg naar het station en parkeertarieven. De reistijd met de auto is namelijk gebaseerd op de free-flow reistijd uit QBLOK.
- De omvang van het buitenlandverkeer wordt in het LMS/NRM alleen voor de auto bepaald (extern). Veranderingen in kenmerken van het OV hebben dus alleen effect op het binnenlands verkeer. Dit betekent ook dat met het LMS/NRM bijvoorbeeld geen effecten bepaald kunnen worden van de aanleg van een nieuwe grensoverschrijdende hogesnelheidslijn (bv de HST Oost). Voor grensoverschrijdend luchtverkeer via Schiphol is de omvang van het treinverkeer van en naar Schiphol naast bovenstaande kenmerken wel mede afhankelijk van de hoeveelheid vliegpassagiers (dit is extern in het LMS/NRM).
- Hoewel de gecombineerde keuze middels een nesting structuur is gemodelleerd, zijn veel nesting-coëfficiënten gelijk aan 1, waardoor veelal sprake is van een multinomiale structuur. Dit betekent dat veel beslissingen worden geacht ineens genomen te worden en wijzigingen in een "laag" nest zonder "demping" (er is sprake van demping wanneer de nestingcoëfficiënt  $< 1$  is) doorwerken in een "hoger" nest.
- Capaciteitsrestricties in het OV worden niet gemodelleerd, wat erin wil, wordt aangenomen dat er in past.
- Generieke verbeteringen in het OV (bijvoorbeeld spoorboekloos rijden) maken het product makkelijker/aantrekkelijker. Dit kan een (subjectieve) meerwaarde hebben bovenop de objectieve verbetering (korte wachttijden). Deze meerwaarde kan nu niet in het LMS/NRM worden gespecificeerd. Het kan daarom wenselijk zijn om exogeen de vervoerwijzespecifieke constante te kunnen veranderen (dit geldt ook voor andere vervoerwijzen) onder de aanname dat bekend is hoe de constante verandert.
- Kostenverhoging is constant voor alle motieven (m.u.v. trein woon-werk).

Veel van de bovenstaande punten kunnen ondervangen worden door een nadere detaillering/segmentering. Hierbij merken we echter op dat het groeiemodel vergeleken met andere internationale modellen al met veel aspecten rekening houdt (zie paragraaf 3.4).



**Groefactormodule: SECDEST en NHBTRIPS**

In SECDEST en NHBTRIPS worden secundaire, tertiaire en quartaire reizen bepaald voor autobestuurders (en dus niet voor het OV). De reizen worden op basis van free-flow autoreistijden en alleen voor (primaire) autoverplaatsingen bepaald. Veranderingen in bereikbaarheid hebben hierdoor geen effect op het *aandeel* secundaire en “hogere” verplaatsingen. Overigens wordt het aantal primaire autoverplaatsingen wel mede op basis van bereikbaarheid bepaald. Met andere woorden, wanneer het aantal autoverplaatsingen daalt, geldt dit eveneens voor het *aantal* secundaire en “hogere” verplaatsingen, deze worden dus niet “overgenomen” door secundaire en “hogere” verplaatsingen met andere vervoerwijzen.

**Groefactormodule: QBLOK + uitvoer op netwerkniveau**

Bij QBLOK is een aantal aandachtspunten geformuleerd die deels toe te schrijven zijn aan QBLOK en deels geconstateerd zijn bij de analyse van de uitvoer van QBLOK. De uitvoer van QBLOK is echter gerelateerd aan een volledige modelrun en wordt dus naast QBLOK mede bepaald door de kwaliteit van de invoer, de kalibratie en het vraagmodel. Desondanks worden deze aandachtspunten hieronder vermeld:

- Lokaal (op wegvakniveau of trajectniveau) worden de reistijden en intensiteiten soms flink onderschat of overschat: Als de resultaten van de toetsen op intensiteiten, reistijden en filelocaties worden gecombineerd kan worden geconcludeerd dat het model op geaggregeerd niveau en op een groot deel van de wegvakken van het hoofdwegennetwerk goed presteert, maar dat er op wegvakniveau en trajectniveau soms ook hele grote verschillen met de data kunnen optreden. Deze problemen treden op wegvakken en trajecten op waar veel congestie optreedt.
- Bij gelijkwaardige alternatieven kunnen zich routekeuze problemen voordoen waarbij grote verschuivingen optreden tussen routes. Overigens is dit een probleem bij alle deterministische toedelingen die uitgaan van evenwicht: als alternatieven gelijkwaardig zijn kunnen verschuivingen optreden in het iteratieve proces op basis van geringe verschillen.
- Reistijden op het onderliggend wegennetwerk: op het onderliggend wegennetwerk hanteert QBLOK speedflowcurves die gebaseerd zijn op kleine set niet representatieve testritten (Utrecht, najaar 2004). De speedflowcurves bepalen samen met filemodellering de reistijd en de voertuigverliesuren. De filemodellering wordt niet op het hele onderliggende wegennetwerk toegepast. Doordat essentiële mechanismen ontbreken is er een substantiële kans dat de reistijden op het onderliggend wegennetwerk niet nauwkeurig zijn. Dit betekent dat de effecten van maatregelen die leiden tot verschuivingen van verkeer van en naar het onderliggend wegennetwerk mogelijk verkeerd worden ingeschat. De mate waarin dit probleem optreedt, is niet vast te stellen omdat er ten tijde van de bouw van het model maar beperkt gegevens over reistijden op het onderliggend wegennetwerk beschikbaar waren en de reistijden op het onderliggend wegennetwerk daarom niet gevalideerd zijn. Het feit dat er verschil in detailniveau en kwaliteit van modellering is op verschillende schaalniveaus speelt in veel toedelingsmodellen een rol.
- De zeggingskracht van het LMS en NRM neemt af naarmate de maatregelen op lagere orde wegen worden genomen.

- Onvolledige convergentie na 50 iteraties (standaard aantal iteraties).

#### **Buitenlandverkeer: AIRACC**

- Het totaal aantal reizen is invoer van de module (kan met andere. AIRACC berekent het totaal aantal reizen van en naar Schiphol dus niet. Effecten van verandering van de omvang van luchtverkeer kunnen wel als scenario worden doorgerekend ten behoeve van lokale bereikbaarheid rondom Schiphol.
- AIRACC is een vereenvoudigd model. Het model bevat huishouden- en persoonskarakteristieken, er vindt geen tijdstipkeuze plaats en daarnaast wordt geen rekening gehouden met congestie. Reizen naar andere luchthavens dan Schiphol worden niet gemodelleerd (hoewel de module daar in principe wel geschikt voor is). Ontwikkelingen bij regionale luchthavens hebben in het LMS derhalve geen effect op de lokale bereikbaarheid bij deze luchthavens.

#### **Buitenlandverkeer: FOREIGN**

FOREIGN modelleert het verkeer van en naar het buitenland. FOREIGN is een vereenvoudigd model omdat reisfrequenties niet met keuzemodellen worden gemodelleerd, er wordt rekening gehouden met congestie, onderscheid naar dagdelen wordt niet gemodelleerd, het aantal buitenlandse zones is beperkt, het binnenlands verkeer als gevolg van grensoverschrijdend verkeer per trein, bus, boot of vliegtuig (m.u.v. Schiphol) wordt niet gemodelleerd en voor het verkeer van en naar het buitenland wordt aangenomen dat buitenlanders zich gedragen als Nederlanders, oftewel de modellen zijn geschat op Nederlandse verplaatsingsgegevens. Tot slot heeft de modellering van het buitenlands verkeer beperkingen voor wat betreft het bepalen van de omvang van het buitenlands verkeer. Bij de kalibratie is de hoeveelheid buitenlands verkeer zoals berekend met het groeimodel met bijna een factor twee verhoogd.

### **3.4 State of the art en state of practice**

In dit onderdeel is de wijze waarop onderdelen van het LMS2011 zijn geoperationaliseerd vergeleken met hoe dat in andere vergelijkbare modellen is vormgegeven.

#### **3.4.1 Groeimodel**

Het groeimodel van het LMS/NRM onderscheidt zich van andere modellen door de wijze waarop het totale keuzeproces is vormgegeven. Met name de koppeling van vervoerwijze x dagdeel x bestemmingskeuze en het stationsmodel (voor/natransport x station x treinsoort) in één geneste structuur kan als "state of the art" worden aangemerkt. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat uiteindelijk in veel gevallen een conventionele multinomiale structuur resulteert (doordat logsom coëfficiënten op 1 zijn gesteld). Daarnaast is in het LMS sprake van een zeer grote mate van segmentatie naar persoons- en huishoudkenmerken, meer dan waar in de meeste andere modellen sprake van is, waardoor het effect van veranderingen in demografie met een grote(re) mate van gedetailleerdheid kan worden bepaald. Deze structuur maakt ook een gedetailleerde interpretatie mogelijk van effecten van beleidsmaatregelen.

Het LMS maakt in de meeste modellen gebruik van het (geneste) logit model. Sinds midden jaren 90 is in de wetenschappelijke literatuur een groot aantal varianten voor het (genest) logit model ontwikkeld (waaronder Mixed Logit en Probit). Deze modellen bezitten een aantal belangrijke theoretische beperkingen van het logit model niet en laten veelal een aanzienlijk betere model fit zien dan het logit model. Strikt genomen is het LMS ten aanzien hiervan dus niet "state of the art". Echter, de toepasbaarheid van dit soort modellen in (grootschalige) out-of-sample voorspellingen zoals het LMS brengt nog veel praktische beperkingen met zich mee, ondanks de sterk toegenomen rekencapaciteiten van computers. Het feit dat ons hiervan vrijwel geen toepassingen bekend zijn, en zeker niet op een vergelijkbaar niveau als het LMS, onderschrijft dit. Ook vrijwel alle andere beschouwde soortgelijke landelijke en regionale verkeersmodellen maken gebruik van het (geneste) logit model. Deze specificatie kan daarom als "state of practice" worden aangemerkt.

#### 3.4.2 *Netwerkmodellering*

Op het vlak van routekeuze en evenwichtstoedelingmechanisme is QBLOK state of the art. In plaats van een deterministische toedeling zou een keuze gemaakt kunnen worden voor een stochastische toedeling. Beide modeltypes hebben echter hun voor- en nadelen. Een stochastische toedeling heeft als voordeel dat de problemen die in QBLOK optreden met betrekking tot routekeuze op gelijkwaardige routes voorkomen kunnen worden. De beschouwde toedelingsmodellen in andere landen zijn net als QBLOK deterministisch. Alleen het Europese model TRANS-TOOLS is stochastisch. De werking daarvan op een grootschalig netwerk is echter problematisch.

Het toedelingsmodel voor de weg van het LMS en NRM's onderscheidt zich van de landelijke modelsystemen in andere landen door de wijze van filemodellering. De landelijke modelsystemen waarin een toedeling is opgenomen (het model voor Groot-Brittannië en het Deense model PETRA bevatten helemaal geen toedelingsmodule), voeren de toedeling uit op basis van reistijd-/kostenfuncties waarbij geen rekening wordt gehouden met fileterugslag en stroomopwaartse capaciteitsrestricties (statisch). Daarmee heeft het LMS en NRM dus een meer realistisch mechanisme voor filemodellering dan de andere modellen.

Een vergelijking met de state of the art laat zien dat QBLOK qua toedelingstechniek beter scoort dan de statische toedelingsmodellen en minder goed dan de dynamische modellen. QBLOK valt in de klasse van 'semi' of 'quasi' dynamische modellen. De dynamische modellen worden nog niet in de landelijke modelsystemen toegepast, mede omdat ze hoge eisen stellen aan de invoer onder andere met betrekking tot het detailniveau van het netwerk en vertrektijdstipverdeling van de verplaatsingen. Dit zijn problemen die in QBLOK een vergelijkbare rol spelen. Daarnaast kan de rekentijd en het geheugengebruik behoorlijk oplopen. Binnen de klasse van semi of quasi dynamische modellen scoort QBLOK goed en komt alleen het recent ontwikkelde model STAQ (Brederode et al., 2010; Bliemer et al., 2012) beter overeen met de werkelijkheid. STAQ is bovendien beter navolgbaar omdat het meer in lijn is met de verkeersstroomtheorie in plaats van dat het zoals QBLOK een heuristische uitbreiding is van een statisch model. QBLOK is het enige semi of quasi dynamische model dat al wordt toegepast in landelijke modelsystemen. Voor zover bekend worden enkele semi-dynamische toedelingen wel geïmplementeerd in commerciële softwarepakketten waardoor toepassing in praktijk dichterbij komt.

Op het vlak van openbaar vervoer is in het Zweedse model SAMPERS, het Schotse model TMfS07, het Zwitserse en het Europese model TRANS-TOOLS een toedelingmodule opgenomen. Dit in tegenstelling tot het LMS en NRM waarbij geen toedeling voor OV binnen het modelsysteem wordt uitgevoerd.

#### 3.4.3 *Matrixkalibratie*

De matrixkalibratie van LMS en NRM's onderscheidt zich van andere regionale en landelijke modellen (model Schotland en model Zwitserland) door de aanpak en de grootte van de modellen. Het parallel en consistent kalibreren van 5 modellen voor ochtendspits, avondspits en etmaal is uniek. Het gevolgde proces is net als bij andere modellen in principe gericht op benutten van de kwaliteit van de a priorimatrixes. Wat betreft de individuele matrixkalibraties zijn met name de NRM's erg groot: veel zones (2.600 - 3.500), erg grote netwerken (100.000 - 130.000 links) en veel telpunten (1.900 - 2.900). Het aantal telpunten lijkt gezien de andere modellen goed te matchen met de netwerkomvang en is vooral voor het LMS relatief hoog.

De gebruikte schattingsmethode sluit goed aan op de state-of-the-art. Enige kanttekening is dat in het schattingsproces geen beperkingen zitten wat betreft de grootte van de veranderingen in de matrix. Wel is hier achteraf op geaggregeerd niveau een controle voor uitgevoerd. Een van de redenen om geen extra randvoorwaarden zoals een ritlengteverdeling mee te nemen was een praktische: de omvang van het optimalisatieprobleem werd te groot. De literatuur suggereert twee oplossingsrichtingen voor dit probleem. Een mogelijkheid is om niet op zoneniveau maar op sectorniveau de kalibratie uit te voeren. Ook kan overwogen worden expliciete onder- en bovengrenzen te gebruiken. Verder is geconstateerd dat er geen strategie is gehanteerd voor de selectie van de telpunten op het onderliggend wegennet.

### 3.5 **Conclusies**

#### 3.5.1 *Algemeen*

Het LMS/NRM voldoet aan wat als de internationale "state of the art" en de "state of practice" voor grootschalige modellen wordt gezien. In vergelijking met praktische software-implementaties van nationale verkeersmodellen in Europa zijn de Nederlandse modellen uitermate compleet en ook complex van opbouw.

In het LMS/NRM 2011 is een aantal veranderingen doorgevoerd die, ten opzichte van de vorige LMS versie (LMS7), meer mogelijkheden bieden om effecten van veranderingen in externe omstandigheden (o.a. demografie) en relevante beleidsaspecten op de omvang en verdelingen van mobiliteit goed in de kaart te brengen. De compleetheid betekent dat de modellen rekening houden met een breed spectrum van exogene ontwikkelingen en beleidsmaatregelen, inclusief de mechanismen die de effecten bepalen.

De complexiteit heeft zowel voor- als nadelen. De belangrijkste voordelen zijn dat vele eerste en tweede orde effecten berekend worden, dat het model vele aanknopingspunten biedt voor de vertaling van beleidsmaatregelen naar specifieke invoer (bijvoorbeeld per doelgroep), en dat de gedisaggregeerde structuur ook meer aangrijpingspunten/mogelijkheden biedt tot specifieke verbeteringen in

deelmodellen. Het grootste nadeel van de complexiteit van de modellen is dat de transparantie beperkt is, met als gevolg dat het modelgedrag niet volledig gedocumenteerd is en ook niet binnen het kader van deze audit volledig doorgrond kon worden. De audit heeft zich daardoor op sommige fronten moeten beperken tot eenvoudige outputindicatoren, waarbij bovendien een aantal geconstateerde afwijkingen met de state of the art niet verklaard kunnen worden. Hieronder worden de belangrijkste bevindingen per modelonderdeel samengevat.

### 3.5.2 *Vraagmodellering*

De wijze waarop het keuzeproces in het LMS is gemodelleerd gaat op onderdelen verder dan wat thans "state of the practice" is bij soortgelijke verkeersmodellen. Ten aanzien van de gebruikte specificatie voor de keuzemodellen (nested) logit kan gezegd worden dat dit "state of the practice" is. Weliswaar wordt geen gebruik gemaakt van specificaties die veelvuldig in de internationale literatuur aan bod komen, maar dat geldt, vooral vanwege praktische beperkingen, voor alle grote (verkeers)modellen waarin out-of-sample voorspellingen gemaakt moeten worden.

In het vraagmodel zijn de resulterende effecten van veranderingen in autokosten en reistijd met de auto op de automobiliteit (elasticiteiten, VoT) in lijn met de vorige LMS-versie en met waarden zoals deze in externe bronnen worden gevonden.

Voor het OV (trein en bus) is geconstateerd dat elasticiteiten en VoT (in absolute zin) laag zijn, soms sterk afwijken van de waarden zoals deze in het vorige LMS versie golden, maar ook buiten de ranges vallen die in de (inter)nationale literatuur worden genoemd. Dit geldt vooral voor de effecten van veranderingen in de kosten van trein en BTM, en in iets mindere mate voor veranderingen in (in-vehicle) OV-reistijden<sup>3</sup>.

Tevens is geconstateerd dat de LMS2011 OV-elasticiteiten (in absolute zin) veelal lager zijn dan die in de vorige LMS versie, terwijl op basis van economische en demografische ontwikkelingen in de periode tussen beide versies eerder een stijging van tijd- en kostengevoeligheden verwacht zou mogen worden in het OV. Ook geldt dat de hier beschouwde LMS elasticiteiten zogenaamde eerste orde elasticiteiten betreft (op basis van alleen de SES module). Verwacht mag worden dat gevoeligheden op basis van het totale model (inclusief een terugkoppeling naar bereikbaarheid via de QBLOK module) nog een fractie lager zullen zijn.

Deze afwijkende waarden voor tijd- en kostengevoeligheden in het LMS2011 worden mogelijk veroorzaakt door een aantal keuzes, dat in de ontwikkeling van het LMS2011 is gemaakt ten aanzien van de wijze waarop de kostenfunctie is vormgegeven, de gekozen nesting volgorde in de keuzebomen, het feit dat in een deel van het model uitgegaan is van gegeneraliseerde tijden waarbij kosten zijn vertaald naar tijd met de VOT en in een ander deel aparte parameters zijn geschat voor de bijdragen van tijden en kosten aan de nutsfunctie, en de bronnen waarvan gebruik is gemaakt in de schattingsdata (o.a. treinkosten zonder afstandsdegressie, loop- en fietsafstanden op basis van het autonetwerk). Of en in welke mate deze mogelijke oorzaken daadwerkelijk een verklaring vormen kan zonder aanvullend onderzoek echter niet bepaald worden.

---

<sup>3</sup> In 2012 heeft een herschatting van het model plaatsgevonden waardoor de OV-elasticiteiten zijn veranderd. Deze nieuwe elasticiteiten zijn niet in deze audit getoetst.

In de LMS2011 documentatie is overigens al vastgesteld dat elasticiteiten en VoT's afwijken, zowel van wat wordt verwacht op basis van de literatuur, als ten opzichte van het LMS7. Er zijn volgens het auditteam geen doorslaggevende argumenten gegeven waarom deze afwijkingen in het LMS2011 plausibel zouden zijn.

### 3.5.3 *Netwerkmodellering*

Op het vlak van routekeuze en evenwichtstoedelingmechanisme is QBLOK state of the art. In plaats van een deterministische toedeling zou een keuze gemaakt kunnen worden voor een stochastische toedeling om problemen die in QBLOK optreden met betrekking tot routekeuze op gelijkwaardige routes te voorkomen.

Het toedelingsmodel voor de weg van het LMS en NRM's onderscheidt zich van de landelijke modelsystemen in andere landen door de gedetailleerde vorm van filemodellering. Een vergelijking met de state of the art laat zien dat QBLOK qua toedelingstechniek beter scoort dan de statische toedelingsmodellen en minder goed dan de dynamische modellen. In de klasse van semi-dynamische modellen (waar QBLOK toe behoort) scoort QBLOK goed. QBLOK is het enige semi of quasi dynamische model dat al wordt toegepast in landelijke modelsystemen.

Een (logische) consequentie van de gedetailleerde filemodellering is dat QBLOK hoge eisen stelt aan de invoer onder andere met betrekking tot het detailniveau van het netwerk en de vervoervraag. Daarnaast kan de rekentijd en het geheugengebruik behoorlijk oplopen. Tot slot is QBLOK een heuristische uitbreiding van een statisch model en daardoor moeilijk navolgbaar.

Voor wat betreft de netwerkresultaten van het LMS/NRM kan worden geconcludeerd dat het model op geaggregeerd niveau en op een groot deel van de wegvakken van het hoofdwegennetwerk goed presteert, maar dat er op wegvakniveau en trajectniveau soms ook hele grote verschillen met de data kunnen optreden. Deze problemen treden op wegvakken en trajecten op waar congestie een grote rol speelt.

Op het onderliggend wegennetwerk hanteert QBLOK speedflowcurves die gebaseerd zijn op kleine set niet representatieve testritten (Utrecht, najaar 2004). De speedflowcurves bepalen samen met filemodellering de reistijd en de voertuigverliesuren. De filemodellering wordt niet op het hele onderliggende wegennetwerk toegepast. Doordat essentiële mechanismen ontbreken is er een substantiële kans dat de reistijden op het onderliggend wegennetwerk niet nauwkeurig zijn. Dit betekent dat de effecten van maatregelen die leiden tot verschuivingen van verkeer van en naar het onderliggend wegennetwerk mogelijk verkeerd worden ingeschat. De mate waarin dit probleem optreedt, is niet vast te stellen omdat de reistijden op het onderliggend wegennetwerk niet gevalideerd zijn.

In tegenstelling tot het Zweedse model SAMPERS, het Schotse model TMfS07, het Zwitserse en het Europese model TRANS-TOOLS wordt in het LMS/NRM geen OV-toedeling uitgevoerd.

### 3.5.4 *Kalibratie*

De kalibratie van de matrices personenauto en vrachtverkeer zijn conform de state-of-the-art en state-of-practice uitgevoerd. De gekozen opzet heeft geleid tot een consistente aanpak voor elk van de 5 modellen (LMS en 4 NRM's) en voor de

deelperioden binnen elk model. Personenautomatrices en vrachtmatrixen zijn in onderling samenhang gekalibreerd.

Een belangrijk doel bij kalibratiemethodiek is ook de consistentie tussen de a priorimatrixen en de gekalibreerde matrixen. In de praktijk heeft men noodgedwongen een aantal concessies aan de oorspronkelijke werkwijze moeten doen. Op geaggregeerd niveau lijken deze keuzen geen problemen te geven met de beoogde consistentie tussen a priori- en basismatrixen. Op lokaal niveau hoeft dit echter niet altijd zo te zijn. Een specifiek aandachtspunt hierbij zijn de stedelijke netwerken rond autosnelwegen.

Bij projecttoepassingen is altijd aandacht nodig voor de kwaliteit van het toe te passen model in het specifieke studiegebied. Het gaat hierbij zowel om de netwerken als de te gebruiken matrixen. Aangezien bij prognosestudies eventuele lokale verschillen tussen a priori- en basismatrixen kunnen worden uitvergroot, vraagt dit aspect extra aandacht.





## 4 Toets “fit for purpose”

### 4.1 Inleiding

Op systematische wijze is volgens het toetsingskader uit stap 1 (Hoofdstuk 2 en Bijlage A), voor alle relevante subcategorieën van de exogene ontwikkelingen en beleidsmaatregelen nagegaan welke modules en de bij de module behorende aandachtspunten (resultaat stap 2) een cruciale rol spelen. Op basis hiervan is via expertbeoordeling en aanvullend desk-research met het gehele projectteam een score toegekend aan de mate waarin de invoer, doorvoer en uitvoer van het model voldoen aan de eisen ten aanzien van detailniveau, nauwkeurigheid en plausibiliteit. Hierbij is de volgende indeling gebruikt:

- Geen probleem
- Aandachtspunt
- Probleem

De uiteindelijke score is een combinatie van de score voor de invoer, doorvoer en uitvoer. Hierbij is een inschatting gemaakt van wat de consequenties van aandachtspunten en probleempunten zijn voor de mate waarin het LMS/NRM geschikt is voor de beoogde analyses van exogene ontwikkelingen en beleidsmaatregelen (fit for purpose):

- Geschikt voor toepassing
- Geschikt voor globale toepassing maar voorzichtig interpreteren in detail
- Niet zondermeer toepasbaar, verificaties met andere informatie nodig
- Niet geschikt

In dit hoofdstuk is onderscheid gemaakt naar maatregelen en exogene ontwikkelingen waarvan is geëist dat ze met het LMS/NRM kunnen worden doorgerekend (paragraaf 4.2) en de actuele wensen vanuit het beleid die leiden tot aangepaste of aanvullende wensen ten aanzien van de modellen (paragraaf 4.3). Voor de laatste categorie hoeft niet noodzakelijkerwijs het LMS/NRM te worden ingezet. Bij deze audit is echter wel aangegeven in hoeverre het huidige LMS/NRM ingezet kan worden voor de betreffende wens. In het volgende hoofdstuk (conclusies) worden de bevindingen afgezet tegen de ‘state of practice’ en ‘state of the art’.

### 4.2 ‘Fit for purpose’ vereiste exogene ontwikkelingen en maatregelen

In Tabel 4.1 zijn de scores weergegeven voor maatregelen en exogene ontwikkelingen waarvan vereist is dat ze met het LMS (L) en/of NRM (N) moeten kunnen worden doorgerekend. Exogene ontwikkelingen en beleidsmaatregelen die op elkaar lijken qua modules en aandachtspunten die relevant zijn, zijn gebundeld om op een efficiëntere en overzichtelijke wijze alle exogene ontwikkelingen en maatregelen te kunnen toetsen en beschrijven. Deze bundeling is weergegeven in de vijfde kolom. Alle exogene ontwikkelingen met nummer 1 zijn bijvoorbeeld gebundeld. Hetzelfde geldt voor de andere nummers.

De kolommen 'invoer' (I), 'doorvoer' (D) en 'uitvoer' (U) geven aan de hand van de in de in de inleiding van dit hoofdstuk weergegeven eerste reeks van drie kleuren aan hoe de invoer, doorvoer en uitvoer scoren. De laatste kolom geeft het totale geschiktheidsoordeel (T) met de tweede reeks van vier kleuren. In de tekst na de tabellen wordt de eindscore per cluster toegelicht.

Tabel 4.1: Bevindingen vereiste exogene ontwikkelingen en maatregelen

				I	D	U	T		
Exogene ontwikkeling	1a. Demografische ontwikkelingen	omvang en samenstelling bevolking naar leeftijdscategorieën	L/N	1					
		aantal huishoudens	L/N	1					
	1b. Ruimtelijke ontwikkelingen	ruimtelijke spreiding bevolking	L/N	1					
		omvang en ruimtelijke spreiding arbeidsplaatsen	L/N	1					
		omvang en ruimtelijke spreiding studenten HBO en WO	L/N	1					
	1c. Economie en welvaart	groot ontwikkelproject inwoners en/of arbeidsplaatsen	L/N	2	a		b		
		inkomen	L/N	3					
	1d. Prijs-ontwikkelingen	landelijk autobezit en autokosten per kilometer	L/N	4			c	d	
		parkeertarieven	L/N	5	e	f		g	
		treintarieven - op concurrerende relaties	L/N	6	h		i	j	
		treintarieven - op overige relaties	L/N	6	h		i	k	
		tarieven bus, tram en metrovervoer	L/N	6			l	k	
	1e. Interveniërende transportmarkten	goederenvervoer	L/N	7	m	n		o	
		landzijdige mobiliteit van luchtreizigers naar Schiphol	L/N	8	p			q	
landzijdige mobiliteit van luchtreizigers naar andere luchthavens		L/N	8	r	s		s		
Internationaal personenautoverkeer		L/N	8	t	u		v		
Beleidsmaatregel	Generiek beleid bereikbaarheid	verkeersmanagement op strategisch niveau (capaciteitseffecten als invoer)	L	9	w	x	y	z	
		generieke verbeteringen in het OV (zoals nieuwe dienstregeling NS)	L	10		aa	ab	j	
		beprijzen (brandstofaccijns, tol)	L	4	ac		y	ad	
		compleet bouwprogramma van nieuwe infrastructuur	L	11			y	ae	
	Investeringsprogramma's en projecten en planuitwerking	uitbreiding weginfrastructuur etmaal (extra rijstrook, nieuwe weg,	N	11			y	ae	
		uitbreiding weginfrastructuur spits (spitsstrook, plusstrook)	N	11	af		y	ae	
		instellen doelgroepstrook	N	11	ag	ah	y	ae	
		effecten verbetering OV op gebruik wegen op concurrerende relaties	N	12				ab	j
	Benutten en beprizen	effecten verbetering OV op gebruik wegen op overige relaties	N	12				ab	k
		verkeersmanagement op strategisch niveau (capaciteitseffecten als invoer)	N	9	v	x	y	z	
		beprijzen (brandstofaccijns, tol)	N	4				Zie beprizen	
	tariefswijzigingen OV	N	3				Zie 1d OV-tarieven		

- a -Effecten op vracht exogeen; -Grote lokale veranderingen (kalibratie -> groeifactoren) r Niet in het model (door gebrek aan data)
- b Met exogene vrachtmodellering en een check op de matrices wordt de score **groen** s Niet in het model (andere luchthavens kunnen vergelijkbaar met Schiphol worden gemodelleerd)
- c Onzekerheid uitwisseling HWN - OWN bij verandering autokosten per km t De omvang van het grensoverschrijdend verkeer is invoer
- d In combinatie met Dynamo (Groen LMS/lichtgroen NRM) u -Verkeer van buiten NL naar NL onbekend; -Netwerkmodellering buitenland
- e Geen parkeertarieven voor werk, zakelijk en educatie v -Modellering vanuit het buitenland
- f Geen effecten op de landzijdige mobiliteit van het luchtverkeer, ontwikkelingen rondom stations en tours w Verkeersmanagementmaatregelen kunnen alleen als effect op de capaciteit en/of maximumsnelheid worden ingevoerd (niet afhankelijk van de drukte)
- g **Rood** voor effect op werk, zakelijk en educatief verkeer x LMS/NRM modelleert gemiddelde evenwichtsomstandigheden (waarbij perfecte informatie wordt verondersteld). Voor de bepaling van het effect van verkeersmanagement zijn ook niet-evenwichtsituaties van belang
- h Tarieftabel y Onzekerheid toedeling zwaar belaste trajecten en OWN
- i Lage kostenelasticiteiten voor trein z **Oranje**: alleen voor maatregelen die als statisch capaciteits- of snelheidseffect zijn in te voeren -> anders **rood**
- j Onderschatting effect OV & OV -> weg agv lage elasticiteiten aa Stationsmatrix beperkt getoetst
- k Kleinere onderschatting effect OV -> weg ab Lage elasticiteiten
- l Lage kostenelasticiteiten voor BTM ac Drukke afhankelijke vormen van beprizen alleen via benadering mogelijk
- m -exogeen HB-matrix bepalen; -exogeen effect op PAE-factor bepalen ad -In combinatie met Dynamo; -Drukke afhankelijke vormen van beprizen alleen via benadering mogelijk
- n Geen gevalideerde effecten op tijdstipkeuze vracht ae Check op netwerkresultaten volgens NRM-protocol
- o In combinatie met externe modellen af Spitsstroken kunnen niet afhankelijk van de drukte worden opengesteld
- p Exogeen vast aantal luchtreizigers ag Exogeen de capaciteit bepalen bij samenvoeging.
- q Met exogene inschatting van het aantal luchtreizigers ah Problemen bij gelijkwaardige routes

### 1. Demografische en ruimtelijke ontwikkeling:

Dit betreft de volgende exogene ontwikkelingen:

- Omvang en samenstelling bevolking naar leeftijdscategorieën.
- Aantal huishoudens.
- Ruimtelijke spreiding bevolking.
- Omvang en ruimtelijke spreiding beroepsbevolking.
- Omvang en ruimtelijke spreiding studenten HBO en WO.

*Totaal score: groen*

Veranderingen van de bevolking werken op een plausibele wijze door in het LMS/NRM. Uitgangspunt hierbij is dat deze veranderingen passen bij de gehanteerde segmentatie van het LMS/NRM.

*Aandachtspunten*

Een aanvullend aandachtspunt is dat het LMS/NRM geen huishouden- en persoonskarakteristieken en persoonskarakteristieken onderscheidt.

### 2. Groot ontwikkelproject inwoners en/of arbeidsplaatsen

*Totaal score: Lichtgroen*

Wijziging socio-economische gegevens worden goed verwerkt in de verschillende keuzemodellen. Er zijn echter drie risico's die tot een lichtgroene score leiden:

- Bij grote werkgelegenheidsprojecten wordt het vrachtverkeer onvoldoende binnen het LMS/NRM meegenomen. Veranderingen in arbeidsplaatsen werken door in de opsplitsing van de vrachtmatrix over herkomst-bestemmingsrelaties. Het volume blijft echter gelijk. Indien het gaat om grote ontwikkelprojecten op bijvoorbeeld industrieel gebied, dan moeten de randtotalen exogeen worden aangepast. Daarbij is extra aandacht nodig voor de vertrekken en aankomsten van buitenlandse zones. Er zijn modellen beschikbaar (economimodule SMILE+ + bewerkingsslagen) die (kunnen) worden gebruikt om exogeen de vrachtmatrix aan te passen.
- Bij het gebruik van de pivotpointmethode kunnen afwijkingen in de basismatrices worden uitvergroot (geldt voor de matrices personenauto en vracht en in sterkere mate voor de stationsmatrices).
- Bij de pivotpointmethode wordt bij grote wijzigingen in relatief lege gebieden de absolute groei volgens het Groeimodel verwerkt in plaats van de relatieve groei waardoor mogelijk inconsistenties op kunnen treden ten opzichte van de wijze waarop andere zones/HB-relaties worden behandeld. Overigens is dit een veel gebruikte werkwijze en zijn er geen methodes voorhanden die wel consistent zijn.

Met exogene vrachtmodellering en een check op de matrices wordt de score groen.

*Overige aandachtspunten*

Hierbij zijn naast de bovengenoemde punten met name het feit dat het LMS/NRM single constraint is en dat er lokale verschillen tussen berekende en gemeten intensiteiten zijn relevant. Een specifiek aandachtspunt voor deze exogene ontwikkeling is bovendien dat veranderingen in arbeidsplaatsen niet van invloed zijn op de totale hoeveelheid verkeer van en naar het buitenland – wel op de hoeveelheden verkeer op specifieke relaties.

### 3. Inkomensveranderingen

*Totaal score: Groen*

Het LMS/NRM is geschikt voor het bepalen van het effect van inkomensveranderingen.

Een specifiek aandachtspunt is dat inkomen geen rol speelt bij de bepaling van luchtreizigers (AIRACC) en buitenlandverkeer (FOREIGN). Wat betreft de omvang van het vliegverkeer kan dit met een exogeen model worden ondervangen.

### 4. Landelijk autobezit en autokosten per kilometer

Dit betreft de volgende issues:

- Landelijk autobezit en autokosten per kilometer (exogeen)
- Beprijzen (brandstofaccijns, tol) (maatregel)

*Totaal score: Groen (LMS); Lichtgroen (NRM)*

In combinatie met het autobezitmodel Dynamo is het LMS geschikt voor bepalen van het effect van veranderingen in autobezit, autokosten per kilometer en verschillende beprijzingsvarianten. Voor het NRM is voorzichtigheid geboden bij de interpretatie van de resultaten (lichtgroene score) in verband de aandachtspunten met betrekking tot (de uitvoer van) QBLOK (zie hoofdstuk 3).

Vormen van beprijzen die afhangen van de drukte van het verkeer zijn lastiger door te rekenen omdat het in het LMS/NRM niet mogelijk is om de kosten te variëren afhankelijk van de drukt op de weg. Hier is wel een benaderingsmethode voor ontwikkeld. De kwaliteit daarvan is echter niet getoetst in deze audit.

*Aandachtspunten*

Hierbij zijn met name de aandachtspunten met betrekking tot (de uitvoer van) QBLOK relevant. Een specifiek aandachtspunt is dat de routekeuze op basis van reistijden en kosten niet is gevalideerd. Dit is in het bijzonder van bij de bovenstaande issues van belang omdat ze de autokosten beïnvloeden. Een kanttekening is dat validatie van routekeuze lastig is omdat de benodigde data nauwelijks beschikbaar is. Dit is dan ook geen standaard praktijk bij modelkalibratie.

### 5. Parkeertarieven

*Totaal score: Lichtgroen (Rood voor het effect op werk, zakelijk en overig verkeer)*

Voor werk, zakelijk en educatief verkeer zijn er geen parkeertarieven. Dit verkeer wordt dus niet door een algemene verandering in parkeertarieven beïnvloed. Daarbij hebben in het LMS/NRM veranderingen in parkeertarieven geen effect op het luchtverkeer, de effecten op het autoverkeer van ontwikkelingen rondom stations (in termen van parkeertarieven op P&R terreinen, het aantal parkeerplaatsen voor de auto en het aantal stallingmogelijkheden voor de fiets) en tours.

### 6. OV-tarieven

Dit betreft de volgende exogene ontwikkelingen:

- Veranderingen in treintarieven op concurrerende relaties.
- Veranderingen in treintarieven op overige relaties.
- Veranderingen in BTM-tarieven.

*Totaal score: rood (trein – concurrerende relaties) – oranje (trein – overige relaties en BTM)*

Door lage kostenelasticiteiten (in vergelijking tot bestaande inzichten) wordt het effect van een tariefsverhoging op het OV-gebruik mogelijk onderschat. Als gevolg daarvan wordt ook het effect op de weg onderschat. Dit laatste is met name relevant voor relaties met een hoog aandeel trein. Voor BTM zijn de problemen minder groot omdat dit kleinere vervoersvolumes betreft dan voor de trein.

Bijkomende aandachtspunten zijn:

- Geen eis aan het LMS/NRM maar wel een wens: het LMS/NRM is niet ingericht op differentiatie van tarieven naar spits-dal.
- De gevoeligheid voor treinkosten is bepaald op basis van een vereenvoudigde tarieftabel waarbij geen rekening is gehouden met afstanddegressie. Hierdoor zijn op lange afstanden treintarieven te laag waardoor een lagere kostengevoeligheid resulteert dan wanneer wel met degressie rekening gehouden zou zijn.

*Overige aandachtspunten*

Hierbij zijn naast de bovengenoemde punten met name het feit dat de consistentie tussen de NS-stationsmatrices en de synthetische stationsmatrices beperkt is getoetst, de vervoermiddelkeuze voor voortransport onafhankelijk is van congestie, de secundaire en tertiaire verplaatsingen niet voor het OV zijn gemodelleerd en kostenverhogingen voor alle motieven (m.u.v. woon-werk trein) gelijk worden doorgevoerd aandachtspunten.

## **7. Goederenvervoer**

Dit betreft verschillende maatregelen met betrekking tot het goederenvervoer zoals nieuwe infrastructuur (weg, andere modaliteiten, terminals), prijzen en nieuwe technologie (LZV).

*Totaal score: Lichtgroen*

De omvang van het vrachtverkeer wordt exogeen bepaald. Binnen het LMS/NRM wordt vervolgens met een gemiddelde beladingsgraad (tonnen per voertuig) en een pae-factor het vrachtverkeer toegedeeld. Voor maatregelen die de voertuigmix (en dus de beladingsgraad en pae-factor), de omvang van het vrachtverkeer, de bestemmingskeuze of de vertrektijdkeuze beïnvloeden moet dus een uitgebreide analyse met externe modellen en data (SMILE, Basgoed, RGM, Basisbestanden) worden gedaan.

*Overige aandachtspunten*

Hierbij zijn naast de bovengenoemde punten met name het feit dat er lokaal (grote) verschillen zijn tussen berekende en gemeten intensiteiten, er routekeuze problemen bij gelijkwaardige alternatieven zijn en de onzekerheid over de kwaliteit van de reistijden op het onderliggend wegennetwerk aandachtspunten.

## **8. Internationaal verkeer**

Dit betreft de volgende exogene ontwikkelingen:

- Internationaal autoverkeer.
- Landzijdige verplaatsingen luchtreizigers.

*Totaal score:*

- Internationaal autoverkeer (lichtgroen).
- Landzijdige verplaatsingen luchtreizigers Schiphol (lichtgroen).
- Landzijdige verplaatsingen luchtreizigers overige luchthavens (rood).

Een verandering in het internationale autoverkeer kan niet zonder meer met het LMS/NRM worden gemodelleerd omdat voor het buitenlandverkeer wordt aangenomen dat buitenlanders zich gedragen als Nederlanders, oftewel de modellen zijn geschat op Nederlandse verplaatsingsgegevens. Bij de kalibraties waren grote veranderingen op de grensovergangen nodig (ongeveer een factor 2). Daarbij is de netwerkmodellering (detailniveau en congestiemodellering) grof in het buitenland wat ook van invloed is op het grensoverschrijdend verkeer. Deze factoren samen leiden tot een grotere onnauwkeurigheid voor intensiteiten op wegen nabij de landsgrenzen.

De landzijdige verplaatsingen van luchtreizigers op regionale luchthavens zijn niet gemodelleerd. Veranderingen in stromen van luchtreizigers van en naar die luchthavens kunnen dus niet worden gemodelleerd. Het aantal luchtreizigers naar Schiphol is exogeen. De gevolgen van veranderingen in luchtreizigers op het landzijdige verplaatsingsgedrag van en naar Schiphol kan dus met een extra inspanning in het model worden verwerkt.

*Overige aandachtspunten*

Hierbij zijn naast de bovengenoemde punten met name de aandachtspunten met betrekking tot de buitenlandmodule FOREIGN relevant.

### **9. Effecten verkeersmanagement op strategisch niveau (capaciteitseffecten als invoer) LMS en NRM**

In deze categorie zijn meerdere scores toegekend afhankelijk van het type verkeersmanagementmaatregel.

*Totaal score: Oranje*

Verkeersmanagementmaatregelen die kunnen worden vertaald naar een statisch langetermijneffect op de capaciteit en/of de maximumsnelheid kunnen globaal met het LMS/NRM worden doorgerekend. Op deze wijze kan bijvoorbeeld het effect van een algemene langetermijndoelstelling voor verkeersmanagement worden bepaald.

Een aandachtspunt is dat het LMS/NRM gemiddelde evenwichtsomstandigheden modelleert waarbij perfecte informatie wordt verondersteld. Voor de bepaling van het effect van verkeersmanagement zijn ook niet-evenwichtssituaties van belang.

Een ander aandachtspunt is dat de prestaties van het toedelingsmodel niet uitgebreid gevalideerd zijn op het OWN en dat de modelresultaten met name op zwaar belaste trajecten afwijkingen vertonen ten opzichte van de tellingen. Daarom moet, volgens het protocol NRM, een aparte validatieslag plaatsvinden. Het LMS wordt niet geacht toegepast te worden op trajectniveau.

*Totaal score: rood*

Verkeersmanagementmaatregelen die afhankelijk van de mate van congestie worden ingezet en dus variëren in de tijd kunnen niet met het LMS/NRM worden doorgerekend omdat het een statisch model is. Het effect van lokale verkeersmanagementmaatregelen kunnen eveneens niet met het LMS en NRM

worden doorgerekend omdat het LMS/NRM geen betrouwbare uitspraken kan doen op lokaal niveau. Verkeersmanagementmaatregelen gericht op persoonlijk advies kunnen niet in het LMS/NRM worden ingevoerd en dus ook niet doorgerekend.

Een combinatie met een dynamisch model is mogelijk maar niet eenvoudig. De uitwisselbaarheid van matrices en netwerk is een probleem omdat de kalibratie altijd modelspecifiek is, en het wensvraagconcept niet op dezelfde wijze in de gangbare dynamische modellen wordt gehanteerd.

#### *Overige aandachtspunten*

Hierbij zijn naast de bovengenoemde punten met name de aandachtspunten met betrekking tot (de uitvoer van) QBLOK relevant (zie hoofdstuk 3).

### **10. Generiek verbeteringen in het OV (nieuwe dienstregeling NS) (LMS)**

#### *Totaal score: Oranje*

Een nieuwe dienstregeling heeft effect op de reistijden. De tijdelasticiteiten voor de trein liggen net buiten de ranges van de literatuur daarnaast zijn er 'vreemde' verschillen in elasticiteiten voor een aantal motieven (zakelijk, educatie) ten opzichte van LMS7. Een belangrijk aandachtspunt is dat de synthetische stationsmatrices beperkt zijn getoetst aan de NS-stationsmatrices. In de schattingsprocedure is hier alleen naar de top 10 stations gekeken. Indien de verschillen tussen de synthetische stationsrelatiematrix en de NS-stationsrelatiematrix voor het basisjaargroot zijn, worden deze verschillen uitvergroot.

#### *Overige aandachtspunten*

Hierbij zijn naast de bovengenoemde punten met name het feit dat het binnenlands verkeer als gevolg van grensoverschrijdend verkeer per trein niet wordt gemodelleerd, de vervoerwijze van het voor- en natransport niet afhangt van ontwikkelingen rondom stations, effecten van veranderende punctualiteit niet wordt gemodelleerd, secundaire en tertiaire verplaatsingen OV niet worden gemodelleerd, capaciteitsrestricties in het OV niet worden gemodelleerd en aantrekkelijkheid/gemak van OV geen factor is bij de vervoerwijzekeuze aandachtspunten.

### **11. Effecten wegbreiding**

Dit betreft de volgende beleidsmaatregelen:

- compleet bouwprogramma van nieuwe infrastructuur;
- uitbreiding weginfrastructuur etmaal (extra rijstrook, nieuwe weg, knoopenreconstructie);
- uitbreiding weginfrastructuur spits (spitsstrook, plusstrook);
- instellen doelgroepstrook.

#### *Totaal score: Groen (LMS); Lichtgroen (NRM)*

Capaciteitsuitbreidingen kunnen goed in het model worden ingevoerd. De nauwkeurigheid van de resultaten op wegvakniveau is een belangrijk aandachtspunt. Zoals in het NRM-protocol is voorgeschreven is een plausibiliteitstoets op de uitvoer nodig. Dit geldt met name voor de druk belaste wegen en het onderliggend wegennetwerk (daar waar het een als belangrijk alternatief voor het hoofdwegennetwerk dient). Bij spitsstroken is een aandachtspunt dat deze niet afhankelijk van de drukte kunnen worden geopend. Voor doelgroepstroken moet de capaciteitsreductie bij de samenvoeging worden

bepaald. Voor het NRM is voorzichtigheid geboden bij de interpretatie van de resultaten (lichtgroene score) in verband de aandachtspunten met betrekking tot (de uitvoer van) QBLOK (zie hoofdstuk 3).

#### *Overige aandachtspunten*

Hierbij zijn naast de bovengenoemde punten met name het wensvraagconcept, de verschillen tussen de basismatrix en synthetische matrices, de lokale kwaliteitsverschillen bij de kalibratie, het feit dat congestie geen invloed heeft op verkeer naar Schiphol en verkeer van en naar het buitenland en secundaire en tertiaire verplaatsingen en (de uitvoer van) QBLOK (zie hoofdstuk 3)aandachtspunten.

### **12. Effecten verbetering OV op gebruik wegen (NRM)**

#### *Totaal score:*

- Op concurrerende relaties: Oranje.
- Op overige relaties: Lichtgroen.

De mate waarin het effect van een verbetering van het OV op het gebruik van het wegennetwerk kan worden doorgerekend is afhankelijk van het type verbetering. Verbeteringen in de tarieven kunnen minder goed worden doorgerekend dan verbeteringen die van invloed zijn op de reistijd omdat de kostenelasticiteiten meer afwijken van de in de literatuur gevonden en theoretisch aannemelijke range van elasticiteiten dan de tijdelasticiteiten. Als gevolg van de lage elasticiteiten wordt ook het effect op de weg onderschat. Dit laatste is met name relevant voor relaties met een hoog aandeel trein (oranje). Op overige relaties is de score Lichtgroen. De scores zijn hier beter dan bij de beoordeling van treintarieven (punt 6), omdat bij deze maatregel specifiek naar het probleemoplossend vermogen van de weg wordt gekeken en niet naar het directe effect op het OV en omdat in deze categorie ook tijd gerelateerde maatregelen vallen.

#### *Overige aandachtspunten*

Hierbij zijn naast de bovengenoemde punten met name het feit dat de consistentie tussen de NS-stationsmatrices en de synthetische stationsmatrices beperkt is getoetst, er lokaal (grote) verschillen zijn tussen berekende en gemeten intensiteiten, het grensoverschrijdend treinverkeer geen effect heeft op het grensoverschrijdend autoverkeer, de kruiselasticiteiten niet zijn gevalideerd en de aandachtspunten met betrekking tot (de uitvoer van) QBLOK aandachtspunten.

### **4.3 'Fit for purpose' gewenste exogene ontwikkelingen en maatregelen**

In Tabel 4.2 zijn de scores weergegeven voor exogene ontwikkelingen en beleidsmaatregelen waarvan het wenselijk is dat deze (in de toekomst) gemodelleerd kunnen worden. Dit hoeft niet noodzakelijkerwijs met het LMS /NRM te gebeuren. In deze paragraaf zijn de mogelijkheden van het huidige LMS/NRM weergegeven.



Tabel 4.2: Bevindingen exogene ontwikkelingen en maatregelen waarvan het wenselijk is dat deze (in de toekomst) gemodelleerd kunnen worden. Dit hoeft niet noodzakelijkerwijs met het LMS /NRM te gebeuren.

			Invoer	Doorvoer	Uitvoer	Totaal score
Exogene ontwikkeling	1a. Demografische ontwikkelingen	veranderingen sociaal recreatief verkeer en ouderen	13			
		gedragsveranderingen (ICT/attitude/..)	14	a	b	c
	1c.Economie en welvaart	duurzaamheid: gebruik nieuwe brandstoffen en samenstelling wagenpark	15	d	e	d
		betrouwbaarheid en robuustheid: temporele incidenten en verstoringen massa-evenementen	16	f	g	h
Beleidsmaatregel	Generiek beleid	generieke verbeteringen in het regionaal openbaar vervoer	17	i	j	k
	Investeringsprogramma's en projecten en	ketenmobiliteit en multimodale knooppunten	18	l		l
		verbeteren fietsvoorzieningen bij OV knooppunten	18	m		m
	Benutten en beprijsen	aanpassing maximum snelheden	19	n		
		ontwikkeling ITS	20	o	p	q
		operationeel verkeersmanagement	20			
	vraagbeïnvloeding / mobiliteitsmanagement	21	a	s	t	

- |  |  |
|--|--|
| a Kan niet worden gespecificeerd   | k Onderschatting effect OV en het effect van OV op de weg agv lage elasticiteiten  |
| b Keuzefuncties geschat obv bestaand gedrag                                  | l -Geen effect van ontwikkelingen rondom stations (parkeertarieven en aantal parkeerplaatsen); -Geen effect op tours   |
| c Toekomstig gedrag onbekend   | m -Geen effect van ontwikkelingen rondom stations (stallings-mogelijkheden); -Geen effect op tours   |
| d Kan nog niet met Dynamo-aannames vereist                                   | n Potentieel speedflowcurves aanpassen voor nieuwe max. snelheden  |
| e Geen onderscheid naar voertuigcategorieën en brandstofsoorten              | o - Maatregelen kunnen niet op voertuigniveau, afhankelijk van de drukte worden ingevoerd  |
| f Locatiespecifieke en tijdsgebonden specificatie vraag/aanbod niet mogelijk | p -LMS/NRM modelleert gemiddelde evenwichtsomstandigheden (waarbij perfecte informatie wordt verondersteld). Voor de bepaling van het effect van ITS en verkeersmanagement zijn ook niet-evenwichtsituaties van belang; - Niet online  |
| g Gericht op gemiddelde werkdag en op een evenwichtsituatie                  | q Onzekerheid toedeling zwaar belaste trajecten en OVN   |
| h Maatwerk kan wel o.b.v. LMS/NRM data                                       | r LMS/NRM data kan als input gebruikt worden voor dynamisch micro/meso/macro model. De uitwisselbaarheid van matrices en netwerk is een probleem omdat de kalibratie altijd modelspecifiek is, en het wensvraagconcept niet op dezelfde wijze in de gangbare dynamische modellen wordt gehanteerd. |
| i Stationsmatrix beperkt getoetst  | s Keuzefuncties niet geschat   |
| j Lage elasticiteiten  | t Richting <b>licht groen</b> als exogeen het effect op de vervoervraag kan worden bepaald   |

### 13. Veranderingen in de omvang en samenstelling van sociaal recreatief verkeer en ouderen

*Totaal score: groen*

Veranderingen in de omvang en samenstelling van sociaal-recreatief verkeer en vergrijzing werken op een plausibele wijze door in het LMS/NRM. Uitgangspunt hierbij is dat er geen trendbreuken en gedragsveranderingen (zie punt 14) optreden.

### 14. Gedragsveranderingen

*Totaal score: oranje*

Dit betreft een brede range aan gedragsveranderingen die zich kunnen voordoen. De parameters van het LMS/NRM zijn geschat op basis van het gedrag uit het basisjaar. Gedragsveranderingen kunnen via een aanpassing van die parameters worden gemodelleerd. Het probleem is echter dat niet bekend is op welke wijze de parameters zouden moeten worden aangepast. Dit vraagt dus om een scenario-achtige aanpak. Daarnaast kunnen sommige gedragsveranderingen niet worden gespecificeerd.

### **15. Duurzaamheid gebruik nieuwe brandstoffen en samenstelling van het wagenpark.**

*Totaal score: Oranje*

Om de effecten van het gebruik van nieuwe brandstoffen en een andere samenstelling van het wagenpark met het LMS/NRM te modelleren is input uit Dynamo nodig. De nieuwe brandstoffen zijn echter nog niet in Dynamo opgenomen waardoor de juiste input nog niet kan worden verkregen. Dit betekent dus dat scenarioveronderstellingen zijn vereist. Een bijkomend aandachtspunt is dat binnen het LMS/NRM het model CARMOD, bedoeld voor het bepalen van autobezitcoëfficiënten per huishoudentype en het autobezit per zone zodat de autobezittotalen consistent zijn met DYNAMO, geen onderscheid naar voertuigcategorieën en brandstofsoorten kan maken. Hierdoor kan de uitvoer niet op dat detailniveau worden gespecificeerd.

### **16. Temporele verstoringen**

Dit betreft de volgende exogene ontwikkelingen/verstoringen:

- Massa-evenementen.
- Verkeersincidenten.
- Wegwerkzaamheden.
- Afsluitingen.

*Totaal score: rood*

De bovenstaande verstoringen zijn vaak locatie specifiek en tijdgebonden en vinden vaak plaats in het weekend of 's nachts. Het LMS/NRM modelleert een gemiddelde werkdag en is daarmee niet geschikt voor veel van deze verstoringen. Daarnaast richt het LMS/NRM zich op een lange termijn evenwicht terwijl het bij deze verstoringen zich geen of geen volledig evenwicht heeft ingesteld.

Temporele verstoringen beïnvloeden de betrouwbaarheid van reistijd. De betrouwbaarheid van reistijd kan niet met het LMS/NRM wordt bepaald. Daarnaast wordt het keuzegedrag van reizigers in praktijk mede door de betrouwbaarheid van de reistijd bepaald. In het LMS/NRM worden de keuze van reizigers echter niet door de betrouwbaarheid van reistijd beïnvloed.

De invoergegevens (netwerk en HB-matrices) en uitvoer van een basisrun kunnen wel gebruikt worden als startpunt voor een aparte analyse (evt. met een ander model) die specifiek gericht is op het voorspellen van het effect van de genoemde verstoringen en de betrouwbaarheid van reistijd.

### **17. Generieke verbeteringen in het regionaal openbaar vervoer**

Dit betreft alle generieke verbeteringen in het Regionaal OV met uitzondering van ketenmobiliteit (punt 18).

*Totaal score: oranje*

De mate waarin het effect van een verbetering kan worden doorgerekend is afhankelijk van het type verbetering. Verbeteringen in de tarieven kunnen minder goed worden doorgerekend dan verbeteringen die van invloed zijn op de reistijd omdat de kostenelasticiteiten meer afwijken van de in de literatuur gevonden waarden en theoretisch aannemelijke range van elasticiteiten dan de tijdelasticiteiten. Als gevolg van de lage elasticiteiten wordt ook het effect op de weg

onderschat. Dit laatste is met name relevant voor relaties met een hoog aandeel trein.

Er kan geen direct effect van een veranderende punctualiteit en/of betrouwbaarheid worden bepaald. Reis- en wachttijden zijn gebaseerd op de onderliggende dienstregeling, punctualiteit en betrouwbaarheid zijn geen variabelen in het LMS/NRM. Indirect kan dit wel door bijvoorbeeld het effect van een generieke reistijdversnelling of vertraging te bepalen (of alleen op bepaalde verbindingen), via de invoer van een aangepaste treintijdentabel in de TPI-files. Ook veranderingen in BTM-weerstanden moeten exogeen worden bepaald.

### **18. Ketenmobiliteit**

Dit betreft de volgende maatregelen:

- ketenmobiliteit en multimodale knooppunten
- verbeteren fietsvoorzieningen bij OV knooppunten

*Totaal score: rood*

Effecten van ontwikkelingen rondom stations in termen van parkeertarieven op P&R terreinen, het aantal parkeerplaatsen voor de auto en het aantal stallingmogelijkheden voor de fiets kunnen niet in het LMS/NRM worden ingevoerd en worden doorgerekend. De vervoerwijzekeuze in het voor- en natransport hangt niet van deze kenmerken af.

### **19. Aanpassing maximumsnelheden**

*Totaal score: Groen*

In het LMS en het NRM kunnen de maximumsnelheden worden aangepast. Indien het een nieuwe maximumsnelheid of een andere combinatie van maximumsnelheid en wegtype betreft moeten de speedflowcurves worden aangepast. Dit is bijvoorbeeld gebeurd voor het doorrekenen van het effect van een verhoging van de maximumsnelheid naar 130 km/uur op sommige wegen.

### **20. Ontwikkeling ITS & operationeel/strategisch regionaal verkeersmanagement**

*Totaal score: rood*

Hierbij gelde dezelfde opmerkingen als bij punt 9 (Effecten verkeersmanagement op strategisch niveau (capaciteitseffecten als invoer) LMS en NRM). De score is hier echter rood omdat ITS maatregelen in deze categorie op voertuigniveau moeten worden ingevoerd wat niet kan in het LMS/NRM. Daarnaast is het LMS/NRM geen online model waardoor het niet gebruikt kan worden voor operationeel verkeersmanagement.

### **21. Mobiliteitsmanagement**

*Totaal score: Rood*

Mobiliteitsmanagementmaatregelen beïnvloeden de vervoervraag. Veel van de maatregelen in deze categorie kunnen niet worden omgezet in modelinvoer. Mogelijk zouden enkele parameters kunnen worden aangepast. Het probleem is echter dat niet bekend is op welke wijze de parameters zouden moeten worden aangepast.

Een mogelijkheid is om exogeen de vervoervraag aan te passen en alleen toedeling uit te voeren waardoor een eerste orde effect van de maatregelen kan worden ingeschat.



## 5 Conclusies en aanbevelingen

### 5.1 Algemene conclusies

De centrale vraag in deze audit was of de modellen LMS en NRM voldoende gedetailleerde, plausibele en nauwkeurige antwoorden kunnen genereren voor het beantwoorden van een breed scala aan beleidsvragen van I&M.

Qua bereik van beleidsvragen is uitgegaan van de volgende soorten maatregelen: uitbreiding van infrastructuur, prijs- en benuttingsmaatregelen alsmede verbeteringen in het openbaar vervoer. Relevante exogene ontwikkelingen betreffen demografische en sociaal economische ontwikkelingen, prijsontwikkelingen en technologie van vervoermodaliteiten. Criteria voor nauwkeurigheid, plausibiliteit en detail van modeluitkomsten zijn vooral geformuleerd in gebruiksrichtlijnen en -kaders ten aanzien van de uitvoer van het NRM voor toepassingen ten behoeven van verkenningen en planstudies, en in veel mindere mate voor het LMS.

De hoofdconclusie van de audit is dat het LMS en het NRM over het algemeen voldoen aan het gebruiksdoel van het maken van lange termijn prognoses en analyses van effecten van beleidsmaatregelen.

Het bereik van de modellen is qua input en output voldoende breed en de berekeningen voldoen voor de meeste toepassingen aan de criteria uit het toetsingskader. Alleen is het LMS/NRM niet, of niet zonder meer, toepasbaar voor het bepalen van het effect van OV-maatregelen. De modellen gaan uit van wetenschappelijk geaccepteerde theorieën en halen of overstijgen het wetenschappelijke niveau andere grootschalige nationale modellen in Europa.

Tegelijk worden er vanuit het huidige beleid meer en complexere vragen gesteld op het toepassingsgebied van LMS en NRM dan waar de modellen zich oorspronkelijk op hebben gericht. Dit betekent dat de modellen voor sommige maatregelen niet in isolatie maar in combinatie met andere modellen moeten worden toegepast.

De beperkingen van de modellen zijn redelijk goed terug te vinden in de huidige documentatie en richtlijnen voor gebruik en worden ook ondervangen met aanvullende modellen. Belangrijke bevindingen van meer kritische aard zijn de volgende:

- Een aantal maatregelen kan niet doorgerekend worden. In de meeste gevallen gaat het hier om relatief nieuwe beleidsmaatregelen, die van oudsher buiten het terrein van LMS en NRM vallen.
- Het model blijkt relatief ongevoelig voor maatregelen in het OV. Hier is een nader onderzoek nodig ter duiding van de oorzaken, en mogelijk een herschatting van het model.
- Beide modellen zijn complex en hun werking is, ondanks de uitgebreide documentatie, niet op alle punten traceerbaar. Dit zorgt voor risico's voor het gebruik van de (uitkomsten van de) modellen, het onderhoud en de kwaliteitszorg.

De volgende paragrafen geven in meer details de conclusies weer (par 5.2), omschrijven de belangrijkste beleidsrisico's en te nemen beheersmaatregelen (par 5.3) en vatten tot slot de aanbevelingen samen van het onderzoek (5.4).

## 5.2 Deelconclusies

Tabel 5.1 vat de scores uit hoofdstuk 4 samen voor de exogene ontwikkelingen en maatregelen waarvan is geëist dat ze met het LMS/NRM kunnen worden doorgerekend. Hierbij is de volgende legenda gebruikt:

- Geschikt voor toepassing
- Geschikt voor globale toepassing maar voorzichtig interpreteren in detail
- Niet zondermeer toepasbaar, verificaties met andere informatie nodig
- Niet geschikt

### *Groene en lichtgroene scores*

In de tabel is te zien dat het LMS/NRM geschikt (al dan niet met voorzichtige interpretatie van de resultaten) is voor een groot deel van de exogene ontwikkelingen en beleidsmaatregelen (groen en lichtgroen). De lichtgroene scores zijn toegekend aan exogene ontwikkelingen en beleidsmaatregelen waarbij het effect op de weg belangrijk is op NRM-niveau. Voor deze maatregelen zijn enkele aandachtspunten met betrekking tot (de uitvoer van) QBLOK van belang:

- Lokaal (op wegvakniveau of trajectniveau) worden de reistijden en intensiteiten soms flink onderschat of overschat.
- Bij gelijkwaardig gelijkwaardige alternatieven kunnen zich routekeuzeproblemen voordoen waarbij grote verschuivingen optreden tussen routes.
- Reistijden op het onderliggend wegennetwerk: doordat essentiële mechanismen ontbreken is er een substantiële kans dat de reistijden op het onderliggend wegennetwerk niet nauwkeurig zijn. Dit betekent dat de effecten van maatregelen die leiden tot verschuivingen van verkeer van en naar het onderliggend wegennetwerk mogelijk verkeerd worden ingeschat. De mate waarin dit probleem optreedt, is niet vast te stellen omdat de reistijden op het onderliggend wegennetwerk niet zijn gevalideerd.
- Onvolledige convergentie na 50 iteraties (standaard aantal iteraties).

Als het NRM-protocol in acht wordt genomen kunnen de bovenstaande aandachtspunten worden ondervangen. Op LMS-niveau spelen de bovenstaande aandachtspunten ook, maar zijn ze minder kritisch omdat op LMS-niveau in minder detail naar de modelresultaten wordt gekeken.

### *Oranje en rode scores*

Maatregelen met betrekking tot het OV scoren oranje of rood. Zowel in het LMS als in het NRM vallen de elasticiteiten van het OV voor tijd- en prijsveranderingen lager uit dan verwacht op basis van bestaande literatuur. Het consortium heeft enig onderzoek kunnen doen naar plausibele redenen hiervoor en heeft de meest voor de hand liggende redenen uit kunnen sluiten. Hiermee is nog niet het bewijs geleverd dat de modellen niet goed zijn. Het risico op verkeerd onderbouwde beleidsuitspraken op OV gebied, en grote afwijkingen van aanpalende studies met andere modellen, acht het consortium echter reëel. Wat is het effect hiervan op de betrouwbaarheid van uitspraken voor het autoverkeer? In situaties waar de aandelen van OV klein zijn en er weinig uitwisselingsmogelijkheid is tussen vervoerwijzen, verwachten wij dat deze bescheiden zullen zijn. Op relaties met een hoog aandeel OV en gemakkelijke uitwisseling kan het effect op het autoverkeer echter substantieel zijn. In dit geval geven modellen mogelijk een te bescheiden

beeld van het probleemoplossend vermogen van OV-maatregelen voor congestie. Nader onderzoek wordt dringend aanbevolen.

Tabel 5.1: Samenvatting bevindingen vereiste exogene ontwikkelingen en maatregelen

				Totaal score
Exogene ontwikkeling	1a. Demografische ontwikkelingen	omvang en samenstelling bevolking naar leeftijdscategorieën	LMS/NRM	
		aantal huishoudens	LMS/NRM	
	1b. Ruimtelijke ontwikkelingen	ruimtelijke spreiding bevolking	LMS/NRM	
		omvang en ruimtelijke spreiding arbeidsplaatsen	LMS/NRM	
		omvang en ruimtelijke spreiding studenten HBO en WO	LMS/NRM	
	1c. Economie en welvaart	groot ontwikkelproject inwoners en/of arbeidsplaatsen	LMS/NRM	
		inkomen	LMS/NRM	
	1d. Prijs-ontwikkelingen	landelijk autobezit en autokosten per kilometer	LMS/NRM	
		parkeertarieven	LMS/NRM	
		treintarieven - op concurrerende relaties	LMS/NRM	
		treintarieven - op overige relaties	LMS/NRM	
		tarieven bus, tram en metrovervoer	LMS/NRM	
		goederenvervoer	LMS/NRM	
	1e. Intervenierende transportmarkten	landzijdige mobiliteit van luchtreizigers naar Schiphol	LMS/NRM	
		landzijdige mobiliteit van luchtreizigers naar andere luchthavens	LMS/NRM	
Internationaal personenautoverkeer		LMS/NRM		
Beleidsmaatregel	Generiek beleid bereikbaarheid	verkeersmanagement op strategisch niveau (capaciteitseffecten als invoer)	LMS	
		generieke verbeteringen in het OV (zoals nieuwe dienstregeling NS)	LMS	
		beprijzen (brandstofaccijns, tol)	LMS	
		compleet bouwprogramma van nieuwe infrastructuur	LMS	
	Investeringsprogramma's en projecten en planuitwerking	uitbreiding weginfrastructuur etmaal (extra rijstrook, nieuwe weg,	NRM	
		uitbreiding weginfrastructuur spits (spitsstrook, plusstrook)	NRM	
		instellen doelgroepstrook	NRM	
		effecten verbetering OV op gebruik wegen op concurrerende relaties	NRM	
	Benutten en beprijzen	effecten verbetering OV op gebruik wegen op overige relaties	NRM	
		verkeersmanagement op strategisch niveau (capaciteitseffecten als invoer)	NRM	
		beprijzen (brandstofaccijns, tol) (NRM) – zie boven beprijzen (generiek beleid bereikbaarheid)		
		tariefswijzigingen OV (NRM) – zie 1D OV-tarieven		

Tabel 5.2 beschrijft de beoordeling van de mogelijkheden om actuele wensen vanuit het beleid te analyseren met de modellen. Voor deze wensen hoeft niet noodzakelijkerwijs het LMS/NRM te worden ingezet. Bij deze audit is echter wel aangegeven in hoeverre het LMS/NRM ingezet kan worden voor de betreffende wens. Deze tabel laat zien dat het huidige LMS/NRM geschikt is voor het analyseren van effecten van veranderingen in de omvang en samenstelling van sociaal recreatief gedrag. Daarnaast is het model geschikt voor het doorrekenen van aanpassingen van maximumsnelheden. Voor de andere wensen is het huidige LMS/NRM niet zondermeer geschikt of helemaal niet geschikt. Hiervoor zullen dus gepaste andere oplossingen gezocht moeten worden.

Tabel 5.2: Samenvatting ontwikkelingen en maatregelen waarvan het wenselijk is dat deze (in de toekomst) gemodelleerd kunnen worden, met LMS /NRM of andere modellen.

				Totaal score
Exogene ontwikkeling	1a. Demografische ontwikkelingen	veranderingen sociaal recreatief verkeer en ouderen		
		gedragsveranderingen (ICT/attitude/..)		
	1c. Economie en welvaart	duurzaamheid: gebruik nieuwe brandstoffen en samenstelling wagenpark		
		betrouwbaarheid en robuustheid: temporele incidenten en verstoringen		
Beleidsmaatregel	Generiek beleid	massa-evenementen		
		generieke verbeteringen in het regionaal openbaar vervoer		
	Investeringsprogramma's en projecten en	ketenmobiliteit en multimodale knooppunten		
		verbeteren fietsvoorzieningen bij OV knooppunten		
	Benutten en beprijzen	aanpassing maximum snelheden		
ontwikkeling ITS				
operationeel verkeersmanagement				
	vraagbeïnvloeding / mobiliteitsmanagement			

### 5.3 Risico's en beheersmaatregelen

In deze paragraaf wordt ingegaan op de risico's die bij de toepassing van de modellen kunnen optreden als gevolg van de geconstateerde beperkingen in de gebruiksmogelijkheden. Tevens wordt aangegeven welke beheersmaatregelen kunnen worden genomen om deze risico's te beheersen dan wel weg te nemen.

Bij de beschrijving van de risico's is naast de algemene risico's onderscheid gemaakt in drie onderdelen van het LMS en het NRM: vraagmodellering, matrixkalibratie en netwerktoedeling. Deze risico's zijn gekoppeld aan de beoordelingstabel die in stap 3 is opgesteld.

#### 5.3.1 Algemeen: complexiteit modellen

##### *Risico's*

De complexiteit van de modellen LMS en NRM maakt het bewaken van de (data)consistentie moeilijk. Om de verklaringskracht te versterken zijn veel segmentaties aangebracht en is een groot aantal deelmodulen ontwikkeld met veel dynamische onderlinge terugkoppelingen. Door de complexiteit van het model en het gebrek aan standaard componenten is de werking van de modellen soms moeilijk te begrijpen (zelfs voor experts), is het onderhoud van de modellen complex en is het ook moeilijk om de consistentie van de berekeningen en de gebruikte gegevens te bewaken. Dit kan leiden tot communicatieproblemen bij de overdracht van modelresultaten naar beleidsmakers en experts.

##### *Beheersmaatregelen*

- Tussenuitvoer en controleberekeningen inbouwen (voor zover dit niet al gebeurd via de tussentabellen in het groeiemodel en de logfiles bij de iteraties bij de toedeling)
- Beter toegankelijke documentatie van de werking van de modelonderdelen zodat de toetsbaarheid van de werking van het modelsysteem wordt verbeterd. Er is veel documentatie voor onderdelen beschikbaar, maar het overzicht op de samenhang ontbreekt. In een koepeldocument kan dit overzicht worden geboden en kan worden samengevat waar het model voor is bedoeld, hoe het op hoofdlijnen werkt en waar het wel en niet voor kan worden toegepast.
- Heldere en systematische communicatie over de werking van de modellen en het tot stand komen van de belangrijkste (tussen)uitkomsten ('storytelling').

#### 5.3.2 Onderdeel vraagmodellering

##### *Risico*

De kosten- en tijdelasticiteiten van trein en BTM zijn lager dan de bestaande state of the art inzichten. Hierdoor wordt de OV vraag relatief ongevoelig voor kosten- en snelheidontwikkelingen en de hierop gerichte beheersmaatregelen. Waar sprake is van samenhangende markten met de auto (substantiële substitutie, zoals op treincorridors naar de steden) wordt daarmee mogelijk ook het probleemoplossend vermogen voor de doorstroming onderschat.

##### *Beheersmaatregelen:*

- Het werken met bandbreedtes voor wat betreft de effecten van veranderingen in de kosten en de kwaliteit van het OV op het OV en bij samenhangende markten ook het autogebruik. Eventueel kan daarbij worden gewerkt met



correctiefactoren om de doorwerkingseffecten te versterken. Hiervoor dienen dan wel heldere richtlijnen te worden opgesteld.

- Het gebruik van aanvullende informatie of modellen om de effecten van OV verbeteringen op het gebruik van de weg beter inzichtelijk te maken.

### 5.3.3 Onderdeel toedeling

#### *Risico's:*

Ondanks de aandacht die wordt besteed aan kalibratie en validatie van de modellen, is geconstateerd dat er onzekerheden resteren bij de nauwkeurigheid van de toedelingen. Dit betreft met name de intensiteiten, de filelocaties en de reistijden op zwaarbelaste netwerkonderdelen op het HWN. Daar er geen informatie voorhanden is om de kwaliteit van de toedeling op het onderliggende wegennet te kunnen toetsen, is er ook onzekerheid over de uitwisseling tussen HWN en OWN. Dit probleem kan bij specifieke projecten leiden tot verschillen met andere modellen en onnodige onnauwkeurigheden. Omdat in de richtlijnen voor het gebruik van NRM voorzien is in een aparte toets op de intensiteiten in de basissituatie is al aan een belangrijke voorwaarde voldaan om dit risico te ondervangen.

#### *Beheersmaatregelen:*

- Toezien op het gebruik van aanvullende lokale informatie ter verificatie, zoals aangeven in NRM protocol en voor specifiek gebruik zoals bij ABvM ook verwerken in richtlijnen voor LMS.
- Waar nodig aanscherpen van richtlijnen voor het gebruik van NRM en LMS en het gebruik van aanvullende gegevens (zoals in NRM protocol c.q. het kwaliteitsplan verkeersgegevens planstudies).

### 5.3.4 Onderdeel matrixkalibratie

#### *Risico's:*

Vanwege de gevolgde procedures kunnen bij grote groeifactoren onnauwkeurigheden in het goederenvervoer worden 'uitvergroot'. Dit kan bijvoorbeeld optreden bij een grote groei van de bedrijvigheid op een bepaalde locatie. Hierdoor zijn uitkomsten bij dergelijke locaties minder nauwkeurig, wat de modellen minder betrouwbaar maakt bij grotere goederenvervoerprojecten. Daarnaast wordt grensoverschrijdend verkeer relatief onnauwkeurig gemodelleerd. Dit kan leiden tot verkeerde conclusies over veranderingen in netwerkindensiteiten in grensregio's.

#### *Beheersmaatregelen:*

Bij toepassing in de grensstreek en bij goederenvervoerprojecten is een toets op intensiteiten in de basissituatie en eventueel een gerichte matrixaanpassing benodigd.

## 5.4 Aanbevelingen

De aanbevelingen uit de audit vallen uiteen in drie categorieën: aanbevelingen voor het gebruik van de modellen, voor R&D en voor kwaliteitszorg.

#### 5.4.1 *Toepassing van de modellen*

In de audit is een duidelijk onderscheid gemaakt naar conventionele beleidsvragen (bv. uitbreiding van infrastructuur, economische scenario's) en nieuwe of bijzondere beleidsvragen (bv. evenementen) waarvoor de modellen gebruikt zouden kunnen worden.

Voor enkele van de conventionele maatregelen is een aantal aandachtspunten geconstateerd die buiten het reguliere rekenproces aandacht vragen in de vorm van aanvullend acties zoals toetsing van basissituatie of uitkomsten, aanvullende documentatie etcetera. Aanbevolen wordt deze acties in gang te zetten.

De modellen LMS en NRM zijn beperkt geschikt voor de zgn. 'nieuwe' beleidsvragen. De modellen kunnen niet rechtstreeks worden toegepast voor de meeste geïdentificeerde 'nieuwe' vragen zonder aanpassingen in de modellen, of alleen in combinatie met andere modellen. Aanbevolen wordt voor deze vragen duidelijke handreikingen op te stellen hoe berekeningen, buiten of i.c.m. LMS en NRM, kunnen plaatsvinden.

De functionele en technische documentatie van de modellen is zeer uitgebreid maar daardoor niet geheel overzichtelijk. Aanbevolen wordt enige koepeldocumenten te produceren die de beschikbare onderliggende onderzoeksnotities en rapporten ordenen. Dit komt ook ten goede aan de auditeerbaarheid van het model.

Betere verantwoording van het proces dat wordt doorlopen bij complexe berekeningen met de modellen. Het betreft schattingen van modelparameters, aanpassingen bij matrixkalibratie en de algoritmen voor de netwerktoedelingen.

#### 5.4.2 *Onderzoek en ontwikkeling*

Tijdens de audit zijn enkele vragen gerezen over de werking en de validiteit van het model. Om deze vragen te beantwoorden is enig onderzoek nodig. Hiervoor wordt het volgende aanbevolen:

- Een specificatieonderzoek van de uitgevoerde schattingen en een eventuele herschatting van de (OV) parameters om nader te toetsen hoe de elasticiteiten zich hebben ontwikkeld en welke verbetermogelijkheden er zijn om tot een betere fit te komen tussen de OV gevoeligheden van het model en de inzichten uit de literatuur. Dit kan ook leiden tot een analyse die een onderbouwing geeft van de verschillen tussen de nu resulterende elasticiteiten en de in de literatuur gevonden waarden uit het verleden, waarmee aannemelijker wordt gemaakt dat de waarden plausibel zijn.
- Nieuw empirisch onderzoek naar Nederlandse OV-elasticiteiten.
- Een nadere empirische validatie van de toedeling op het OWN, zodat meer inzicht ontstaat in de wisselwerking tussen HWN en OWN, en in welke situaties aanvullende berekeningen c.q. aanvullende bronnen voor de toedeling nodig zijn.
- Een nadere analyse van convergentieproblemen en het aanscherpen van de eisen aan de nauwkeurigheid en de stabiliteit bij de iteraties.
- Nadere analyse van het grensoverschrijdend verkeer en de verschillen die kunnen optreden bij het gebruik van MON en kentekenenquêtes.

De modellen zijn beperkt geschikt voor het evalueren van een aantal zgn. "nieuwe" beleidsmaatregelen. Nagegaan dient te worden wat de mogelijkheden zijn voor het

vergroten van de uitwisselbaarheid met andere toedelingsmodellen (zowel gericht op aanvullende berekeningen als voor feedback van de resultaten van aanvullende modellen in het rekenproces van het LMS of NRM). Daarnaast kunnen ten aanzien van nieuwe beleidsvragen de mogelijkheden voor externe strategische Quick Scan modellen worden verkend, waarmee deze nieuwe vragen kunnen worden bestudeerd. Hierbij is consistentie met het LMS/NRM uiteraard wel van belang.

Ook verdient het aanbeveling om nader te kijken naar de mogelijkheden om in aansluiting op de audit ook een validatie uit te voeren van de prognoses met de modellen, zodat meer zicht komt op de 'voorspellingskracht' van het LMS en het NRM.

#### 5.4.3 *Kwaliteitszorg*

In de audit is gebleken dat in een aantal gevallen scherpe criteria en normen ontbreken voor de nauwkeurigheid van de modelvariabelen en de plausibiliteit van modeluitkomsten. De plausibiliteit van uitkomsten is nu voornamelijk beoordeeld op basis van de kwaliteit van de rekenprincipes van de deelmodules en de overeenkomst van modelgevoeligheden (elasticiteiten) met de in de literatuur gerapporteerde waarden. Wij bevelen aan om het toetsingskader dat in het kader van deze audit is opgesteld verder uit te werken zodat het structuur (en dus niet alleen voor deze audit) kan worden gebruikt in het kader van de kwaliteitszorg van de modellen.

Hoewel er een uitgebreide (functionele en technische) gebruiksdokumentatie voorhanden is, verdient het aanbeveling om ook de documentatie van het aan het model ten grondslag liggende onderzoek te bundelen en te ordenen. Uiteindelijk zou deze documentatie toegevoegd moeten worden aan de gebruiksdokumentatie teneinde een integrale verantwoording over de kwaliteit van het model mogelijk te maken. Hieraan verbonden willen wij aanbevelen om kwaliteitsbewaking meer dan voorheen een integraal en permanent onderdeel van het uitvoerings- en ontwikkelprogramma van het LMS en het NRM te maken.



## Referenties

Bliemer, M., L. Brederode, L. Wismans, E. Smits (2012), Quasi-dynamic network loading: adding queuing and spillback to static traffic assignment, TRB.

Brederode L., M. Bliemer, L. Wismans (2010), STAQ: static traffic assignment with queing, ETC paper



## Bijlage A: Toetsingskader

Tabel A.1: Toetsingskader invoer LMS (Tabel A uit Figuur 2.1)

Model	LMS		
Onderdeel	Invoer	Welke invoervariabelen op welk detailniveau?	
Beschrijving van de invoervariabelen			
Invoervariabele	Categorie	Exogene ontwikkeling	Criteria/normen t.a.v. detailniveau van de invoer
Exogene ontwikkelingen	1a. Demografische ontwikkelingen	> omvang en samenstelling bevolking naar leeftijdscategorieën > aantal huishouders	> door VROM geregionaliseerde randvoorwaarden voor 19 deelgebieden
	1b. Ruimtelijke ontwikkelingen	> ruimtelijke spreiding bevolking > omvang en ruimtelijke spreiding beroepsbevolking > omvang en ruimtelijke spreiding studenten HBO en WO	> WLD- variabelen meenemen > prognosetermijn 10 tot 20 jaar
	1c. Economie en welvaart	> omvang en ruimtelijke spreiding werkgelegenheid in aantal economische sectoren > inkomen	
	1d. Prijsontwikkelingen	> landelijk autobezit en autokosten per kilometer > parkeertarieven > tarieven bus, tram en metrovervoer	> autobezit > brandstofkosten per kilometer > samenstelling wagenpark (aandrijving, brandstof) > onderscheid naar kaartsorten (Train en BTM)
	1e. Interagerende transportmarkten	> goederenvervoer > aantal luchtreizigers > internationaal personenautoverkeer	> landelijke vrachtautomatrix
Beleidsmaatregelen LMS	Type beleidsvraag	Beleidsmaatregel	Criteria/normen detailniveau
	2. Generiek beleid bereikbaarheid	> compleet bouwprogramma van nieuwe infrastructuur  > effecten verkeersmanagementmaatregelen op strategisch niveau (Capaciteitsfactoren als invoer) > generieke verbeteringen in het OV (zoals nieuw dienstregelingsconcept NS) > beprijzen (brandstofaccijns, tol, tariefwijziging OV)	> aansluiting door lenM gedefinieerde scope nationale auto en ov-net  > geen uitwerking in deelmaatregelen maar mee te nemen als generieke capaciteitsgroei 5% HWN > treinbediening conform maatwerk 6/6-variant

expertvoeging

literatuurvoeging tov uitvraag

Tabel A.2: Toetsingskader uitvoer LMS (Tabel B uit Figuur 2.1)

Model	LMS			
Onderdeel	Uitvoer	Welke criteria/normen worden gesteld aan de indicatoren van de uitvoer van		
Beschrijving van de uitvoervariabelen				
Uitvoervariabele	Categorie	Getailleerdheid	Criteria/normen	
			Nauwkeurigheid	
			Plausibiliteit	
Vervoersprestaties	afgelegde kilometers	> randstad, rest van Nederland (voor spits en dal) > vervoerwijze (voor spits en dal) > motief (voor spits en dal)	> toets op basis van afstandverdeling	
	aantal reizen	> randstad, rest van Nederland (voor spits en dal) > vervoerwijze (voor spits en dal) > motief (voor spits en dal)		> richtlijn voor de LT elasticiteit effect kosten op verplaatsingskilometers (Ab 0,2 - 0,6; BTM 0,4 - 0,8; Trein 0,6 - 1,1)
	afgelegde autokilometers	> randstad, rest van Nederland > motief (inc. wachverkeer) > per dagdeel (spitsen, rest etmaal, eventueel verrijnden) > HWN, OWN > opgesplitst naar voertuigcategorieën		
	Rail, verandering vervoersomvang Rail	> reizigerskilometers > per station - station relatie		> richtlijn voor de LT elasticiteit effect reistijd op verplaatsingskilometers (BTM 1,1 - 1,3; Trein ?)
Reistijden (kosten)	aantal voertuigen	> randstad, rest van Nederland > motief (inc. wachverkeer) > per dagdeel (spitsen, rest etmaal, eventueel verrijnden) > HWN, OWN		> richtlijn voor de elasticiteit effect reistijd op verplaatsingskilometers (Ab 0,5 - 1,0; Ap 0,4 - 0,7)
	aantal voertuigverliesuren	> randstad, rest van Nederland > motief (inc. wachverkeer) > per voertuigtype > per dagdeel (spitsen, rest etmaal, eventueel verrijnden) > HWN, OWN		
	reistijdverhoudingen	> tussen spits en dal > voor in NoMo gedefinieerde trajecten	> globaal	
	Reiskosten auto Reistijden (en -kosten) OV-reizigers	> HWN, OWN > reistijd in uren (dienstregelingsreistijd, vertragingreistijd, reistijd door uitval treinen) > bestaande reizigers, veranderende bestaande reizigers, nieuwe reizigers (modal shift) > reiskosten		VOT (auto) € 9 (wo-we), € 30 (za), € 6 (overig)
Verkeersafwikkeling	locatie van de files		> globaal	> basisjaar: controle van top 50 filelocaties
	verkeersstromen	HWN (voor spits en dal)	> globaal > overeenkomst tussen toedeling en telling (T-statistic): - full day: T<4,5 good match - peak: T<3,5 good match	

expertvoeging

literatuurvoeging tov uitvraag

Tabel A.3: Toetsingskader invoer NRM (Tabel C uit Figuur 2.1)

Model	NRM		Welke invoer variabelen op welk detailniveau?
Onderdeel	Invoer		
Invoer variabele	Categorie	Exogene ontwikkeling	Criteria/normen t.a.v. detailniveau van de invoer
Exogene ontwikkelingen	1a. Demografische ontwikkelingen	> omvang en samenstelling bevolking naar leeftijds categorieën > aantal huishoudens	> door VROM geregionaliseerde randvoorwaarden voor 19 deelgebieden
	1b. Ruimtelijke ontwikkelingen	> ruimtelijke spreiding bevolking > omvang en ruimtelijke spreiding beroepsbevolking > omvang en ruimtelijke spreiding studenten HBO en WO	> WLO- variabelen meenemen > prognose termijn 10 tot 20 jaar
	1c. Economie en welvaart	> omvang en ruimtelijke spreiding werkgelegenheid in aantal economische sectoren > inkomen	
	1d. Prijsontwikkelingen	> landelijk autobezit en autokosten per kilometer > tarieven > tarieven bus, tram en metrovervoer	> autobezit: in mln. > brandstofkosten per kilometer > samenstelling wagenpark (aandrijving, brandstof) > onderscheid naar kaartsorten (Train en BTM)
	1e. Intervenierende transportmarkten	> goederenvervoer > aantal luchtreizigers > internationaal personenautoverkeer	> landelijke vrachtautomatrix
Beleidsmaatregel en NRM	Type beleidsvraag	Beleidsmaatregel	Criteria/normen detailniveau
	4. Investeringsprogramma's en projecten en 5. Planuitwerking	> uitbreiding weginfrastructuur etmaal (extra rijstrook, nieuwe weg, knoopenreconstructie) > uitbreiding weginfrastructuur spits (spitsstrook, plusstrook) > instellen doelgroepstrook > effecten verbetering OV (train, BTM) op gebruik wegennet	> aansluiting door lenM gedefinieerde scope nationale auto- en ov-net > WLO: Gobaal Economy > treinbediening conform maatwerk 6/6-variant > verbetermaatregelen streek- en stadsvervoer per regio
	7. Benutten en bezijden	> effecten verkeersmanagementmaatregelen op strategisch niveau (capaciteitseffecten als invoer) > bezijden (brandstofaccijns, tol, tariefwijziging OV)	> geen uitwerking in deelmaatregelen maar mee te nemen als generieke capaciteitsgroei 5% HWN

expertevoeging  
literatuurovoeging tov uitvraag

Tabel A.4: Toetsingskader uitvoer NRM (Tabel D uit Figuur 2.1)

Model	NRM		Welke criteria/normen worden gesteld aan de indicatoren van de uitvoer van het LMS?
Onderdeel	Uitvoer		
Beschrijving van de uitvoer variabelen	Categorie	Gedetailleerdheid	Criteria/normen
Uitvoer variabele			Nauwkeurigheid
			Plausibiliteit
Vervoersprestaties	afgelegde kilometers	> randstad, rest van Nederland, regionaal, stedelijk (voor spitsen en dal) > vervoerwijze (voor spitsen en dal) > motief (woon-werk, zakelijk, overig) > HB relaties	> plausibiliteits toets: controle op logica > richtlijn voor de LT elasticiteit effect kosten op verplaatsingskilometers (Ab 0.2 - 0.6, BTM 0.4 - 0.8, Train 0.6 - 1.1)
	aantal reizen	> randstad, rest van Nederland, regionaal, stedelijk > motief (woon-werk, zakelijk, overig) > HB relaties	> de analyses ten behoeve van de KBA dienen op een zo gededageerd mogelijk niveau plaats te vinden.
	afgelegde autokilometers	> randstad, rest van Nederland, regionaal, stedelijk > motief (inc. vrachverkeer) > per dagdeel (spitsen, rest etmaal, eventueel verijnder) > HWN, OVN, eventueel BiBeKo, BuBeKo > opgesteld naar reëel gebruik > bestaand verkeer, nieuw gegenereerd verkeer	
	OV: verandering vervoerswijze Rand en OV	> reizigerskilometers rail > per station - station relatie > prestaties Regionaal OV per HB relatie	> richtlijn voor de LT elasticiteit effect reistijd op verplaatsingskilometers (BTM 1.1 - 1.3, Train 7)
	aantal voertuigen	> randstad, rest van Nederland, regionaal, stedelijk > motief (inc. vrachverkeer) > per dagdeel (spitsen, rest etmaal, eventueel verijnder) > HWN, OVN	> plausibiliteits toets: controle op logica > richtlijn voor de elasticiteit effect reistijd op verplaatsingskilometers (Ab 0.5 - 1.0, Ap 0.4 - 0.7)
	aantal voertuigverliesuren	> randstad, rest van Nederland, regionaal, stedelijk, studiegebied > motief (inc. vrachverkeer) > per voertuigtype > per dagdeel (spitsen, rest etmaal, eventueel verijnder) > HWN, OVN in indices t.o.v. basisjaar NRM 2011	
Reistijden (kosten)	reistijdverhoudingen (reistijdfactor)	> beperkte lijst met enkele relevante trajecten > per richting > voor in Nolklo gedefinieerde trajecten > afgerond op 0.05	globaal
	Reistijd en -kosten auto	> reistijdwaarde per verplaatsing (minuten) > dagdelen (ochtend, avond, reistijd) > reiskosten HWN/OVN	VOT (auto) € 9 (wo-we), € 30 (za), € 6 (overig)
	Reistijden (en -kosten) OV	> reistijd in uren (dienstregelingsreistijd, vervoersreistijd, reistijd door uitval treinen) > bestaande reizigers, veranderende bestaande reizigers, nieuwe reizigers (modaal shift) > reiskosten	
	Verkeersafwikkeling congestieoklaties	> beschrijving in tabel > toe en afname > HWN en OVN	> basisjaar: controle van top 50 filelocaties
	verkeersstromen (etmaalintensiteit)	> wegakken realisatie project en beïnvloede wegakken > personenverkeer, vrachverkeer > kaartbeeld met tabel, op kaart nummering met themapuntpunten voor geselecteerde doornedens- etmaalintensiteit (werkdag, beide richtingen opgeteld)	> globaal > overeenkomst tussen toedeling en telling (T-statistic): - full day: T<4.5 good match - peak: T<3.5 good match - evening < 0.1 > Gem afwijking < 20% bij 95% teipunten
Verkeersstromen voor vervolgonderzoek	> gebied personenvervoer, vrachverkeer, werkdag, 7 - 19, 19-23, 23-7, cat. 1, 2 en 3 > lichte: wekdag, ochtendspits, avondspits (2 uur), in de file, % zware v.a. h.v.v.a.	globaal	
Benutting wegennet	> wegakken waar project gerealiseerd wordt > kaartbeeld met I/O-verhouding, grove classificering (0,85 < I/O > 0,85 en I/O > 0,95) > per richting	> plausibiliteits toets: controle op logica	
kwantiteit verkeersafwikkeling	> gemiddelde afgewikkelde rijnsnelheid voor personenauto's > van beide spitsen de laagste > laagste spits hoger dan 75 km/u, boven 50 tot en met 75 km/u, boven 25 tot en met 50 km/u, lager dan 25 km/u	> plausibiliteits toets: controle op logica	
robustheid netwerk		kwantitatief	

expertevoeging  
literatuurovoeging tov uitvraag



Tabel A.5: Toetsingskader doorvoer LMS en NRM (Tabel E uit Figuur 2.1)

Model	LMS	
Onderdeel	Doorvoer	Welke rekenprincipes zijn gewenst gezien van uit de invloedsfactoren?
Categorie	Plausibiliteit rekenprincipes	Relevantie
Demografie	> desaggregatie vraagmodellering	> groepspecifieke gedragseffecten
Ruimtelijke ontwikkeling	> Land Use Transport Interaction > ketenmobiliteit	> LT effecten agglomeratievorming > effecten op MS en toedeling
Prijsontwikkeling en -beleid	> tijd- en kostengevoeligheid	> prijsbeleid en parkeren

Model	NRM	
Onderdeel	Doorvoer	Welke rekenprincipes zijn gewenst gezien van uit de invloedsfactoren?
Categorie	Plausibiliteit rekenprincipes	Relevantie
Ruimtelijke ontwikkeling	> ketenmobiliteit > tijd- en kostengevoeligheid	> effecten op MS en toedeling > prijsbeleid en parkeren
Beleidsmaatregelen	> realistische reistijdprognoses > dynamische toedeling > verkeersafwikkeling	> beleidsdoelen en OEI > complexe netwerken en verkeersregelingen > effecten VM en ITS op doorstroming en capaciteit
Intervenerende transportmarkten	> vraageffecten goederenvervoer	> effecten bereikbaarheid op goederenstromen

expertoeloeving  
literatuurtoeloeving tov uitdraag

Tabel A.6: Toetsingskader aanvullende beleidswensen

LMS		
Invoer	Welke invoervariabelen op welk detailniveau? (variabelen of criteria/normen voortkomend uit nieuwe beleidsvraag)	
Categorie	Exogene ontwikkeling	Criteria/normen t.a.v. detailniveau van de invoer
1a. Demografische ontwikkelingen	> gedragsveranderingen (ICT/attitude/...) > verklarende variabele sociaal recreatief verkeer en ouderen	> door VROM geregionaliseerde randvoorwaarden voor 19 > WLO- variabelen meenemen
1c. Economie en welvaart	> duurzaamheid: gebruik nieuwe brandstoffen en samenstelling wagenpark > temporele incidenten en verstoringen	> nadere leeftijdssegmentatie 65+
1d. Prijsontwikkelingen	> landelijk autobezit en autokosten per kilometer	> autobezit: in mln. > brandstofkosten per kilometer > tijd- en plaatsafhankelijke heffing
Type beleidsvraag	Beleidsmaatregel	Criteria/normen detailniveau
2. Generiek beleid bereikbaarheid	> generieke verbeteringen in het ROV (serviceniveau's Regionaal OV)	> aansluiting gedefinieerde scope auto- en ov-net
NRM		
Categorie	Exogene ontwikkeling	Criteria/normen t.a.v. detailniveau van de invoer
1a. Demografische ontwikkelingen	> gedragsveranderingen (ICT/attitude/...) > verklarende variabele sociaal recreatief verkeer en ouderen	> door VROM geregionaliseerde randvoorwaarden voor 19 deelgebieden
1c. Economie en welvaart	> massa evenementen > temporele incidenten en verstoringen	> WLO- variabelen meenemen > nadere leeftijdssegmentatie 65+
1d. Prijsontwikkelingen	> landelijk autobezit en autokosten per kilometer	> autobezit: in mln. > brandstofkosten per kilometer > tijd- en plaatsafhankelijke heffing
Type beleidsvraag	Beleidsmaatregel	Criteria/normen detailniveau
4. Investeringsprogramma's en projecten	> ketenmobiliteit en multimodale knooppunten > verbeteren fietsvoorzieningen	
7. Benutten en beprizen	> aanpassing maximum snelheden > ontwikkeling ITS > vraagbeïnvloeding/mobiliteits management > operationeel verkeersmanagement	

LMS		
Uitvoer	Welke criteria/normen worden gesteld aan de indicatoren van de uitvoer van het LMS?	
Gedetailleerdheid	Nauwkeurigheid	Plausibiliteit
> multimodaal		
NRM		
Gedetailleerdheid	Nauwkeurigheid	Plausibiliteit
> multimodaal > betrouwbaarheid weg > rail: punctualiteit reizigers- en goederentreinen		